

BEMESSUNG VON HINTERLÜFTETEN FASSADENPLATTEN

Merkblatt 17-1

Stand 18.09.2023

ersetzt

Stand -----

Teil 1: Ermittlung der Schnittgrößen

1 Vorwort

Mit Hilfe dieses Merkblattes können die Schnittgrößen von hinterlüfteten Fassadenplatten näherungsweise ermittelt werden. Für das jeweilige Fassadenmaterial erfolgt die Bemessung der Befestigung und der Fassadenplatte. Das Merkblatt besteht aus den folgenden Teilen:

- Teil 1: Ermittlung der Schnittgrößen
- Teil 2: Bemessung Feinsteinzeugplatten
- Teil 3: Bemessung Faserzementtafeln
- Teil 4: Bemessung HPL-Platten

Die Teile 2 bis 4 gelten immer in Verbindung mit Teil 1

2 Anwendungsbereich

Mit Hilfe dieses Merkblattes können die Schnittgrößen von hinterlüfteten Fassadenplatten näherungsweise ermittelt werden. Für das jeweilige Fassadenmaterial erfolgt die Bemessung der Befestigung und der Fassadenplatte. Eine statische Berechnung erfolgt stets objektbezogen und liegt in der Verantwortung des Ausstellers.

3 Verwendete Symbole

L	Länge Fassadenplatte
H	Höhe Fassadenplatte
L_1	horizontaler Abstand Befestigungen
H_1	vertikaler Abstand Befestigungen
H_2	Abstand der Winkelverbindungen
H_2	Abstand der äußeren Winkelverbindungen
E_L	Plattenüberstand längs
E_H	Plattenüberstand vertikal
d	Plattendicke Fassadenmaterial
E	Elastizitätsmodul Fassadenmaterial
A_F	Fassadenfläche
A_R	Rasterfläche
W_{Ek}	charakteristische Einwirkung Wind
W_{Ed}	Bemessungseinwirkung Wind
$W_{F,Ed}$	Bemessungseinwirkung Fassadenfläche
$W_{R,Ed}$	Bemessungseinwirkung Rasterfläche
ρ	Rohdichte Fassadenmaterial
G_F	Gewicht Fassadenplatte
E	Elastizitätsmodul Fassadenmaterial
σ_{Rk}	charakteristische Widerstand der Biegefestigkeit Fassadenmaterial

σ_{Rd}	Bemessungswiderstand Fassadenmaterial
N_{Rk}	charakteristischer Widerstand zentrischer Zug
N_{Rd}	Bemessungswiderstand zentrischer Zug
V_{Rk}	charakteristischer Widerstand Querkzug
V_{Rd}	Bemessungswiderstand Querkzug
γ_M	Teilsicherheit Fassadenmaterial
γ_F	Teilsicherheit Einwirkung
$N_{1,Ed}$	Bemessungswert zentrischer Zug, Nachweisstelle 1, starre Lagerung
$N_{2,Ed}$	Bemessungswert zentrischer Zug, Nachweisstelle 2, starre Lagerung
$N_{3,Ed}$	Bemessungswert zentrischer Zug, Nachweisstelle 3, starre Lagerung
$N_{4,Ed}$	Bemessungswert zentrischer Zug, Nachweisstelle 4, starre Lagerung
V_{Ed}	Bemessungswert Querkzug, starre Lagerung
$m_{H,Ed}$	Bemessungswert horizontales Feldmoment, starre Lagerung
$m_{V,Ed}$	Bemessungswert vertikales Feldmoment, starre Lagerung
$m_{2,Ed}$	Bemessungswert Stützmoment, Nachweisstelle 2, starre Lagerung
$m_{3,Ed}$	Bemessungswert Stützmoment, Nachweisstelle 3, starre Lagerung
$m_{4,Ed}$	Bemessungswert Stützmoment, Nachweisstelle 4, starre Lagerung
$f_{S,R}$	Einflussbeiwert Randlager
$f_{S,M}$	Einflussbeiwert Mittellager
$f_{C,NHR}$	Einflussfaktor elastische Lagerung, horizontale Randlager, Feldmoment
$f_{C,NHM}$	Einflussfaktor elastische Lagerung, horizontale Mittellager
$f_{C,MH}$	Einflussfaktor elastische Lagerung, horizontales Feldmoment
$f_{C,MV}$	Einflussfaktor elastische Lagerung, vertikales Feldmoment
$N_{1,Ed,E}$	Bemessungswert zentrischer Zug, Nachweisstelle 1, elastische Lagerung
$N_{2,Ed,E}$	Bemessungswert zentrischer Zug, Nachweisstelle 2, elastische Lagerung
$N_{3,Ed,E}$	Bemessungswert zentrischer Zug, Nachweisstelle 3, elastische Lagerung
$N_{4,Ed,E}$	Bemessungswert zentrischer Zug, Nachweisstelle 4, elastische Lagerung
X	Grenzwert für lineare Interaktion zentrischer Zug / Querkzug
Y	Exponent für Interaktion zentrischer Zug / Querkzug
$m_{H,Ed,E}$	Bemessungswert horizontales Feldmoment, elastische Lagerung
$m_{V,Ed,E}$	Bemessungswert vertikales Feldmoment, elastische Lagerung
$m_{2,Ed,E}$	Bemessungswert Stützmoment, Nachweisstelle 2, elastische Lagerung
$m_{3,Ed,E}$	Bemessungswert Stützmoment, Nachweisstelle 3, elastische Lagerung
$m_{4,Ed,E}$	Bemessungswert Stützmoment, Nachweisstelle 4, elastische Lagerung
$\sigma_{H,Ed,E}$	Bemessungswert Biegespannung horizontales Feldmoment
$\sigma_{V,Ed,E}$	Bemessungswert Biegespannung vertikales Feldmoment
$\sigma_{2,Ed,E}$	Bemessungswert Biegespannung Nachweisstelle 2
$\sigma_{3,Ed,E}$	Bemessungswert Biegespannung Nachweisstelle 3
$\sigma_{4,Ed,E}$	Bemessungswert Biegespannung Nachweisstelle 4
$f_{M0,H}$	Grundwert horizontales Feldmoment
$f_{M0,V}$	Grundwert vertikales Feldmoment
α_S	Momentenbeiwert Stützmoment (Platte mit 4 oder 3 Befestigungen)
α_F	Momentenbeiwert Feldmoment (Platte mit 4 oder 3 Befestigungen)

α_{S2}	Momentenbeiwert Nachweisstelle 2
α_{S3}	Momentenbeiwert Nachweisstelle 3
α_{S4}	Momentenbeiwert Nachweisstelle 4
f_n	Produkt der Auflagerfaktoren
f_M	Faktor Materialart
f_E	Faktor behinderte Auflagerverdrehung
f_S	Faktor für die Lage der Schraube der Winkelverbindung
v	Durchbiegung Unterkonstruktion
F	Einheitsbelastung Unterkonstruktion
L_U	Stützweite Unterkonstruktion
E_U	Elastizitätsmodul Unterkonstruktion
I	Trägheitsmoment vertikales Tragprofil
n	Anzahl der horizontalen Felder
C_0	Grundwert Federsteifigkeit Unterkonstruktion
C_E	Ersatzfedersteifigkeit Unterkonstruktion
σ_{Ed}	Bemessungswert der Biegespannung
w_P	horizontale Winkelverschiebung infolge Biegung der Platte
w_L	horizontale Winkelverschiebung infolge Biegung der Leibung
w_W	horizontale Verschiebung des Winkels
w	Gesamtverschiebung des Winkels
$C_{q,P}$	Federsteifigkeit der Platte
$C_{q,L}$	Federsteifigkeit der Leibung
$C_{q,W}$	Federsteifigkeit Winkel
C_q	resultierende Federsteifigkeit Winkel
t	Winkeldicke
E_W	Elastizitätsmodul Winkelverbindung
t_E	Ersatzwinkeldicke
a	Winkelbreite
b_1	Randabstand Schraube
b_2	Randabstand Schraube
ΔL	Längenänderung Leibung
n_W	Anzahl Winkelverbindungen
n_G	wirksame Anzahl Winkelverbindungen
ΔT	Temperaturdifferenz
α_T	Wärmeausdehnungskoeffizient
Z_1	wirksamer Hebelarm Windsog
Z_2	wirksamer Hebelarm Winddruck
Z_3	wirksamer Hebelarm Querzug
F_{Z1}	zentrischer Zug Befestigung infolge Windsog
F_{Z2}	zentrischer Zug Befestigung infolge Winddruck
F_{Z3}	zentrischer Zug Befestigung infolge Querzug

4 Belastung

4.1 Allgemeines

Fassaden bzw. Außenwandbekleidungen werden nach dem Stand der Technik so geplant, dass die Zwängungen infolge behinderter Verformung so gering wie möglich gehalten werden. Eine zwängungsfreie Konstruktion ist nicht ausführbar.

Die Belastung von Fassadenkonstruktionen ergibt sich nach folgenden Regelwerken:

DIN EN 1991-1-1 12.2010: Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau
/NA 12.2010 Nationaler Anhang zu DIN EN 1991-1-1
/NA/A1 05.2015 Änderung A1

DIN EN 1991-1-4 12.2010: Windlasten
/NA 12.2010 Nationaler Anhang zu DIN EN 1991-1-4

DIN 18516-1 06.2010 Außenwandbekleidungen, hinterlüftet
– Teil 1: Anforderungen, Prüfgrundsätze

4.2 Eigenlast

Die Eigenlast kann, soweit keine Angaben in den Bewertungen oder Bauartgenehmigungen vorhanden sind, nach DIN EN1991-1-1: 2010-12; DIN EN1991-1-1/NA: 2010-12; DIN EN 1991-1-1/NA/A1: 2015-05 ermittelt werden.

Die Eigenlast von senkrechten Fassadenplatten führt zu einer Querkraftbeanspruchung von Befestigungen. Bei Befestigungen auf der Rückseite der Fassadenplatte, z.B. Hinterschnittanker, muss der Querkraft aus Eigenlast beim Nachweis der Befestigung berücksichtigt werden.

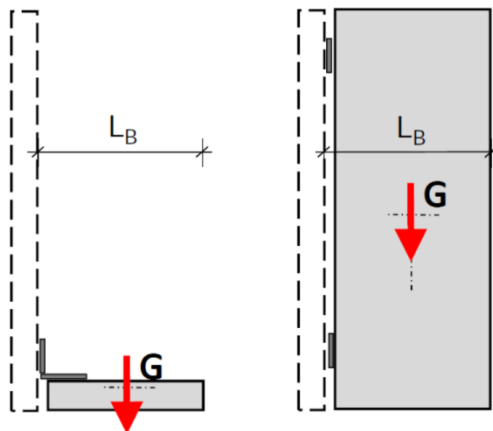


Bild 1: Beanspruchung durch Eigenlast

Bei Untersichten führt die Eigenlast der Fassadenplatte zu einer zentrischen Beanspruchung der Befestigung. Bei Sturzleibungen werden die Winkelverbindungen durch die exzentrische Lasteinleitung auf Biegung beansprucht. Die Eigenlasten von Leibungsplatten führen zu einer Zusatzbeanspruchung von Plattenbefestigungen.

4.3 Windbelastung

Die Belastung aus Wind ist nach DIN EN1991-1-4: 2010-12; DIN EN1991-1-4/NA: 2010-12 zu ermitteln.

Unter der Voraussetzung, dass eine dauerhaft wirksame vertikale Windsperre vorhanden ist, die lichte Dicke der Luftschicht im Hinterlüftungsraum kleiner als 100 mm ist und der Anteil der offenen Fugen der Fassade $\geq 0,75\%$ beträgt, kann die Windbelastung reduziert werden.

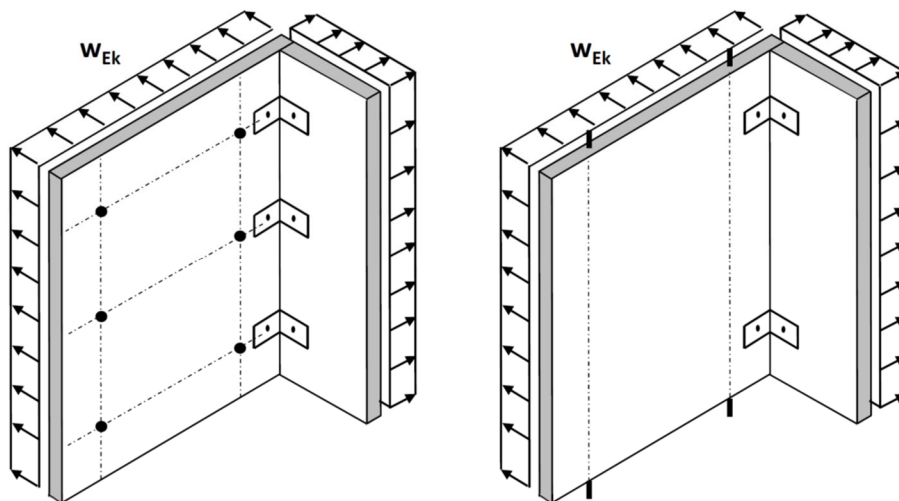


Bild 2: Windbelastung Leibung

4.4 Temperatur

Die Belastung durch Temperatur stellt eine wesentliche Beanspruchung der Winkelplatten bzw. geklebten Leibungsplatten dar. Die DIN 18516-1 macht allgemeine Vorgaben für Schwerpunkttemperaturdifferenzen bei Außenwandbekleidungen. Im Regelfall sind folgende Temperaturen zu berücksichtigen_

Temperatur Montage	+10 °C
Untere Temperatur	-20 °C
Obere Temperatur	+80 °C

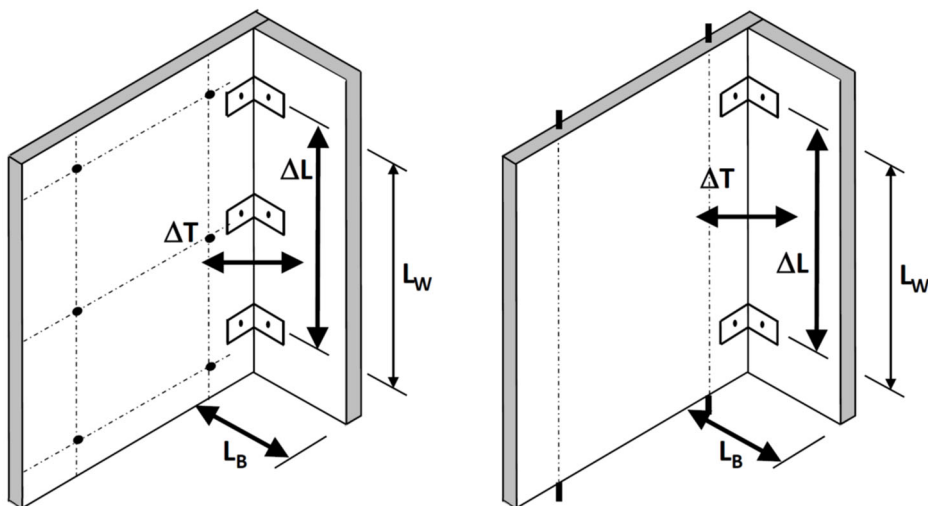


Bild 3: Temperaturunterschied Plattenteilflächen

Da an Bekleidungs-elementen aufgrund ihrer Lage, bezogen auf die Himmelsrichtungen, Temperaturunterschiede auftreten können, sind diese Temperaturunterschiede nur bei unverschieblich miteinander verbundenen Bekleidungs-elementen (z. B. Fassadenplatte und Leibungsplatte) zu berücksichtigen.

Temperaturunterschied Fassadenplatte/ Leibung 35 °C

Der Temperaturunterschied zwischen Leibung und Fassadenplatte (Mutterplatte), wie ihn die DIN 18516-1 vorgibt, führt zu einer wesentlichen Beanspruchung von Fassaden- und Leibungsplatte. Die Beanspruchung ist abhängig vom Abstand der äußeren Winkel und der wirksamen Steifigkeit der Winkelverbindung. Durch eine Auswahl von geeigneten Winkelverbindungen ist die Aufnahme der Verformungen aus Temperatur möglich.

Der Temperaturunterschied zwischen Oberfläche und Rückseite der Fassade führt zur Verwölbung von Fassadenplatten. Bei einer Befestigung der Fassadenplatten an vier Punkten, die auf einem Kreis liegen, sind keine wesentlichen Beanspruchungen (Zwängungen) aus einer Verwölbung zu erwarten. Bei mehr als vier Befestigungen der Fassadenplatte ergeben sich aus dem Temperaturunterschied zwischen Oberfläche und Rückseite ein Behinderung der Verformung und hieraus Beanspruchungen der Befestigung und der Fassadenplatte. Die Größe der Beanspruchung ist abhängig von der Plattendicke und dem Elastizitätsmodul.

Gegebenenfalls ist ein Temperaturunterschied zwischen der äußeren und der inneren Oberfläche der Bekleidungs-elemente zu berücksichtigen: Näherungsweise gilt für mineralische Baustoffe

Temperaturunterschied der Oberflächen

$$\Delta T = 1,5 \times d \quad (\Delta T = \text{Temperaturunterschied in K})$$

(d = Plattendicke in cm)

5 Materialkennwerte

5.1 Bemessungswiderstände

5.1.1 Niet- und Schraubbefestigung

Nieten und Schrauben zur Befestigung von Fassadenplatten erfordern eine Europäisch technische Bewertung oder eine allgemeine Bauartgenehmigung. Mit den Nieten und Schrauben werden Fassadenplatten bündig auf Tragprofilen aufgeschraubt. Dies führt dazu, dass eine Verdrehung der Platten im Bereich der Befestigung in Längsrichtung der Tragprofile nicht möglich ist und zu einer zusätzlichen Beanspruchung der Platte und Befestigung führen.

Die Widerstände der Befestigung und die Form der Interaktion von zentrischem Zug und Querzug sind durch Bewertung bzw. Bauartgenehmigung vorgegeben.

5.1.2 Hinterschnittanker

Hinterschnittanker dienen zur rückseitigen Befestigung von Fassadenplatten. Die Montage kann bündig oder mit Abstand erfolgen. Hinterschnittanker zur Befestigung von Fassadenplatten erfordern eine Europäisch technische Bewertung oder eine allgemeine Bauartgenehmigung. Die Lastabtragung erfolgt mittels Agraffen, die in horizontale Tragprofile eingehängt werden. Bündig montierte Hinterschnittanker können durch die behinderte Verdrehung der Fassadenplatte zu einer zusätzlichen Beanspruchung der Platte und Befestigung führen. Bei einer Montage der Hinterschnittanker mit Abstand ist darauf zu achten, dass sich die Agraffe nicht bei Belastung die Fassadenplatte nicht berührt. Aus diesem Grunde sind die Auflagerverdrehungen der Fassadenplatte zu begrenzen.

Die Widerstände der Befestigung und die Form der Interaktion von zentrischem Zug und Querzug sind durch Bewertung bzw. Bauartgenehmigung vorgegeben.

5.1.3 Fassadenplatte

Die Fassadenplatte muss für deren Eigenschaften den Anforderungen der jeweiligen Produktnorm entsprechen. Eine Anwendung der Fassadenplatte und die nutzbaren technischen Eigenschaften werden in Verbindung mit der Bewertung bzw. Bauartgenehmigung der Befestigung geregelt.

Feinsteinzeug:	DIN EN 14411: 2016 Keramische Fliesen und Platten - Definitionen, Klassifizierung, Eigenschaften, Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit und Kennzeichnung
Faserzement:	DIN EN 12467: 2018 Faserzement-Tafeln - Produktspezifikation und Prüfverfahren
HPL-Platte:	DIN EN 438-7: 2005 Dekorative Hochdruck-Schichtpressstoffplatten (HPL) - Platten auf Basis härtbarer Harze (Schichtpressstoffe) - Teil 7: Kompaktplatten und HPL-Mehrschicht-Verbundplatten für Wand- und Deckenbekleidungen für Innen- und Außenanwendung

5.2 Raumgewichte

Das Raumgewicht dient zur Ermittlung der Eigengewichtslast der Fassadeplatte. Angaben zum Raumgewicht sind im Regelfall in der Bewertung bzw. Bauartgenehmigung enthalten.

5.3 Elastizitätsmodul

Der Elastizitätsmodul dient zur Ermittlung der Verformung und ist für jede Materialart unterschiedlich. Aus der Materialdicke und dem Elastizitätsmodul ergibt sich die Steifigkeit des Fassadenmaterials. Je größer die Steifigkeit des Fassadenmaterials ist, umso größer ist der Einfluss einer nachgiebigen Lagerung auf die Schnittgrößen des Fassadensystems.

Feinsteinzeug:	E = 40000 – 70000 N/mm ²
Faserzement:	E = 5000 – 15000 N/mm ²
HPL-Platte:	E = 9000 – 11000 N/mm ²

5.4 Thermische Ausdehnung

Die thermische Ausdehnung ist materialspezifisch. Ihre Größe wird durch den Wärmeausdehnungskoeffizienten angegeben. Mit diesem Wert lässt sich die Längenänderung der Fassadeplatte und die erforderliche Fugenbreite ermitteln.

Die unterschiedliche Verformung von Fassadeplatte und Leibung führt zu einer Beanspruchung der Winkelverbindungen. Das Maß der Beanspruchung ist von der Querkzugsteifigkeit der Winkel und dem Abstand der äußeren Winkel abhängig.

Die Längenänderung zwischen den äußeren Winkeln bei vorgegebener Temperaturdifferenz ermittelt sich zu:

$$\Delta L = L_W \cdot \Delta T \cdot \alpha_T$$

In der Gleichung bedeuten:

L_W (m)	Abstand der äußeren Winkel
ΔL (mm)	Verschiebung Winkel aus Temperatur
α_T (mm/mK)	Wärmeausdehnungskoeffizient
ΔT (Kelvin)	Temperaturdifferenz

Für die Bemessung von Fassadeplatten kann mit einem Wärmeausdehnungskoeffizient von

Feinsteinzeug:	$\alpha_T = 0,006$ (mm/mK)
Faserzement:	$\alpha_T = 0,010$ (mm/mK)
HPL-Platte: (quer)	$\alpha_T = 0,090$ (mm/mK)
(längs)	$\alpha_T = 0,016$ (mm/mK)

gerechnet werden.

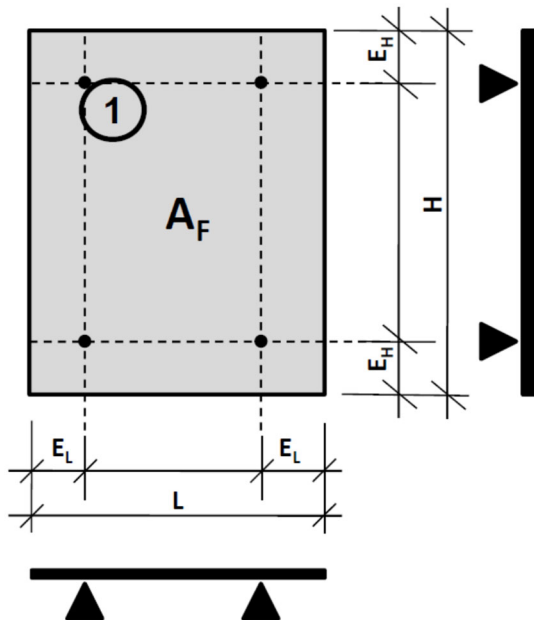
6 Schnittgrößen starr gelagertes System:

6.1 Einwirkungen:

ρ (kN/m ³)	Rohdichte Fassadenmaterial
$G_{F,Ed}$ (kN) = $L \cdot H \cdot d \cdot \rho / 1000$	Gewicht Fassadenplatte
γ_F	Teilsicherheitsbeiwert
w_{Ek} (kN/m ²)	charakteristische Einwirkung Wind
w_{Ed} (kN/m ²) = $\gamma_F \cdot w_{Ek}$	Bemessungseinwirkung Wind
$W_{F,Ed}$ = $w_{Ed} \cdot A_F$	Bemessungseinwirkung Fassadenfläche
$W_{R,Ed}$ = $w_{Ed} \cdot A_R$	Bemessungseinwirkung Rasterfläche

6.2 Systeme mit vier Befestigungen:

Systeme mit vier Befestigungen setzen eine symmetrische Unterkonstruktion oder vier Befestigungen mit gleicher Federsteifigkeit voraus. Die Ermittlung der Schnittgrößen setzt eine symmetrische Lage der Befestigungen voraus.



$$N_{1,Ed} \text{ (Nm/m)} = 0,25 \cdot W_{F,Ed}$$

$$m_{1,Ed} \text{ (Nm/m)} = 1000 \cdot \alpha_S \cdot W_{F,Ed} \cdot f_M \cdot f_E$$

$$m_{F,Ed} \text{ (Nm/m)} = 1000 \cdot \alpha_F \cdot W_{F,Ed}$$

α_S = **Momentenbeiwert Stützmoment**

α_F = **Momentenbeiwert Feldmoment**

f_M = **Faktor Materialart**

f_E = **Faktor behinderte Auflagerverdrehung**

Bild 4: System

Die Berechnung der Auflagerkräfte und der Biegemomente erfolgt auf der Basis der Gesamtbelastung der Fassadenplatte. Für das Stützmoment ist eine Korrektur des ermittelten Wertes durch den Faktor für die Materialart und den Faktor für eine behinderte Auflagerverdrehung erforderlich. Bei einer Abstandmontage eines Hinterschnittankers ist eine Korrektur für eine behinderte Auflagerverdrehung nicht erforderlich. Die Momentenbeiwerte können den Tabellen 1 bis 14 entnommen werden.

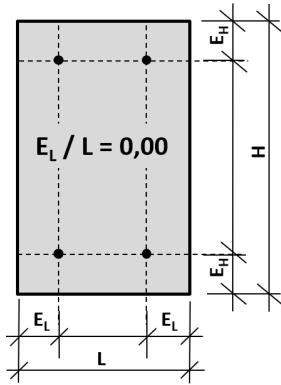


Bild 5

E_L / L 0,00	Momentenbeiwert α_s					
H / L	bezogener Überstand E_H / H					
	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	0,167	0,185	0,144	0,157	0,385	0,230
0,10	0,161	0,174	0,161	0,169	0,271	0,210
0,15	0,159	0,171	0,166	0,173	0,233	0,204
0,20	0,158	0,169	0,169	0,175	0,214	0,201
0,25	0,157	0,168	0,171	0,174	0,203	0,199
0,33	0,156	0,167	0,173	0,178	0,192	0,197
0,50	0,154	0,164	0,169	0,174	0,180	0,193
1,00	0,147	0,155	0,160	0,166	0,174	0,189
2,00	0,164	0,162	0,180	0,192	0,213	0,237
3,00	0,169	0,171	0,191	0,214	0,245	0,281
4,00	0,168	0,180	0,201	0,233	0,274	0,324
5,00	0,168	0,183	0,212	0,252	0,303	0,365
20,00	0,168	0,227	0,376	0,533	0,741	0,980

Tabelle 1

E_L / L 0,00	Momentenbeiwert α_f					
H / L	bezogener Überstand E_H / H					
	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	2,485	2,489	2,492	2,495	2,498	2,500
0,10	1,247	1,248	1,249	1,250	1,251	1,251
0,15	0,834	0,834	0,834	0,835	0,835	0,835
0,20	0,627	0,627	0,627	0,627	0,627	0,627
0,25	0,503	0,503	0,503	0,503	0,503	0,502
0,33	0,380	0,379	0,379	0,378	0,378	0,377
0,50	0,258	0,257	0,255	0,254	0,252	0,251
1,00	0,211	0,141	0,135	0,129	0,126	0,129
2,00	0,209	0,161	0,112	0,063	0,068	0,070
3,00	0,305	0,231	0,156	0,082	0,054	0,054
4,00	0,403	0,304	0,204	0,104	0,048	0,049
5,00	0,502	0,378	0,253	0,128	0,045	0,046
20,00	1,989	1,488	0,985	0,482	0,005	0,002

Tabelle 2

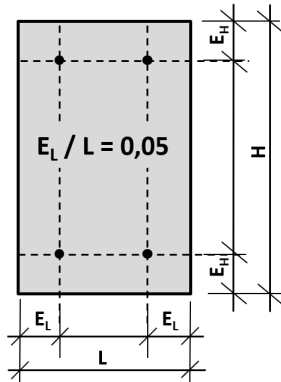


Bild 6

E_L / L 0,05	Momentenbeiwert α_s						
H / L	bezogener Überstand E_H / H						
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	0,163	0,109	0,090	0,077	0,072	0,072	0,069
0,10	0,167	0,100	0,083	0,077	0,078	0,082	0,087
0,15	0,168	0,097	0,080	0,077	0,080	0,085	0,092
0,20	0,168	0,095	0,079	0,077	0,081	0,087	0,095
0,25	0,168	0,095	0,081	0,077	0,081	0,088	0,097
0,33	0,169	0,093	0,078	0,077	0,082	0,089	0,099
0,50	0,164	0,092	0,078	0,080	0,084	0,091	0,101
1,00	0,147	0,083	0,082	0,085	0,090	0,099	0,113
2,00	0,154	0,092	0,094	0,099	0,114	0,134	0,159
3,00	0,156	0,093	0,098	0,112	0,133	0,164	0,201
4,00	0,157	0,095	0,100	0,121	0,152	0,193	0,242
5,00	0,158	0,095	0,104	0,132	0,171	0,221	0,286
20,00	0,164	0,109	0,172	0,307	0,453	0,651	0,932

Tabelle 3

E_L / L 0,05	Momentenbeiwert α_F						
H / L	bezogener Überstand E_H / H						
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	1,981	1,990	1,988	1,992	1,995	1,998	2,001
0,10	0,995	0,998	0,998	0,999	1,000	1,001	1,002
0,15	0,667	0,668	0,667	0,668	0,668	0,668	0,669
0,20	0,502	0,502	0,502	0,502	0,502	0,502	0,502
0,25	0,403	0,403	0,403	0,403	0,403	0,403	0,402
0,33	0,305	0,305	0,304	0,304	0,303	0,303	0,302
0,50	0,211	0,209	0,207	0,205	0,204	0,202	0,201
1,00	0,147	0,121	0,115	0,109	0,104	0,101	0,103
2,00	0,258	0,209	0,159	0,110	0,060	0,045	0,052
3,00	0,380	0,305	0,230	0,155	0,081	0,026	0,031
4,00	0,503	0,403	0,303	0,203	0,104	0,017	0,021
5,00	0,627	0,502	0,377	0,253	0,128	0,012	0,014
20,00	2,492	1,990	1,490	0,989	0,486	-0,063	-0,080

Tabelle 4

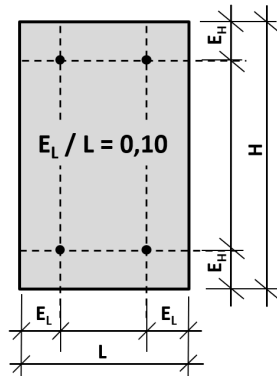


Bild 7

E_L / L 0,10	Momentenbeiwert α_s						
H / L	bezogener Überstand E_H / H						
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	0,227	0,133	0,128	0,142	0,119	0,097	0,088
0,10	0,197	0,114	0,101	0,102	0,094	0,088	0,088
0,15	0,188	0,107	0,092	0,089	0,085	0,085	0,088
0,20	0,183	0,104	0,088	0,082	0,081	0,083	0,088
0,25	0,180	0,102	0,085	0,078	0,079	0,082	0,088
0,33	0,171	0,098	0,082	0,076	0,077	0,082	0,089
0,50	0,162	0,093	0,076	0,072	0,075	0,082	0,090
1,00	0,155	0,082	0,070	0,070	0,076	0,086	0,099
2,00	0,164	0,079	0,076	0,083	0,097	0,117	0,141
3,00	0,167	0,080	0,082	0,093	0,116	0,146	0,183
4,00	0,168	0,081	0,085	0,104	0,134	0,175	0,224
5,00	0,169	0,082	0,088	0,113	0,152	0,203	0,265
20,00	0,184	0,094	0,128	0,256	0,410	0,602	0,837

Tabelle 5

E_L / L 0,10	Momentenbeiwert α_f						
H / L	bezogener Überstand E_H / H						
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	1,479	1,483	1,492	1,492	1,495	1,499	1,502
0,10	0,745	0,746	0,749	0,749	0,750	0,751	0,752
0,15	0,500	0,500	0,501	0,501	0,501	0,502	0,502
0,20	0,378	0,377	0,377	0,377	0,377	0,377	0,377
0,25	0,304	0,303	0,303	0,302	0,302	0,302	0,302
0,33	0,231	0,230	0,229	0,229	0,228	0,228	0,227
0,50	0,161	0,159	0,157	0,155	0,154	0,152	0,151
1,00	0,141	0,094	0,089	0,083	0,078	0,074	0,078
2,00	0,257	0,207	0,157	0,107	0,057	0,033	0,037
3,00	0,379	0,304	0,229	0,154	0,080	0,020	0,023
4,00	0,503	0,403	0,303	0,203	0,103	0,013	0,015
5,00	0,627	0,502	0,377	0,252	0,127	0,010	0,011
20,00	2,493	1,993	1,492	0,990	0,489	-0,043	-0,049

Tabelle 6

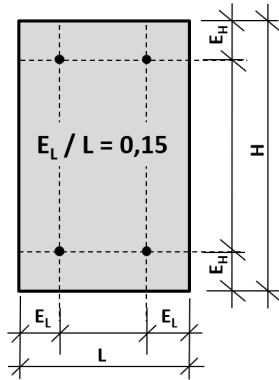


Bild 8

E_L / L 0,15	Momentenbeiwert α_s						
H / L	bezogener Überstand E_H / H						
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	0,371	0,279	0,261	0,248	0,248	0,253	0,213
0,10	0,265	0,181	0,162	0,153	0,150	0,152	0,138
0,15	0,229	0,148	0,130	0,121	0,118	0,118	0,113
0,20	0,212	0,131	0,113	0,105	0,101	0,101	0,100
0,25	0,201	0,122	0,104	0,096	0,091	0,090	0,091
0,33	0,191	0,112	0,094	0,086	0,082	0,081	0,085
0,50	0,180	0,101	0,083	0,076	0,074	0,078	0,085
1,00	0,160	0,085	0,070	0,066	0,070	0,080	0,093
2,00	0,169	0,080	0,073	0,076	0,090	0,110	0,134
3,00	0,173	0,077	0,076	0,086	0,108	0,138	0,175
4,00	0,171	0,077	0,079	0,096	0,126	0,166	0,216
5,00	0,169	0,077	0,082	0,105	0,144	0,195	0,257
20,00	0,144	0,081	0,113	0,248	0,414	0,618	0,865

Tabelle 7

E_L / L 0,15	Momentenbeiwert α_f						
H / L	bezogener Überstand E_H / H						
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	0,975	0,982	0,987	0,995	0,997	1,002	1,006
0,10	0,493	0,496	0,497	0,500	0,500	0,502	0,503
0,15	0,333	0,333	0,334	0,335	0,335	0,335	0,336
0,20	0,253	0,253	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252
0,25	0,204	0,203	0,203	0,203	0,202	0,202	0,202
0,33	0,156	0,155	0,154	0,154	0,153	0,152	0,152
0,50	0,112	0,110	0,107	0,105	0,103	0,101	0,100
1,00	0,135	0,093	0,069	0,056	0,052	0,051	0,052
2,00	0,255	0,205	0,155	0,105	0,055	0,021	0,023
3,00	0,379	0,304	0,229	0,154	0,079	0,013	0,014
4,00	0,503	0,403	0,303	0,203	0,103	0,010	0,010
5,00	0,627	0,502	0,377	0,252	0,127	0,008	0,008
20,00	2,493	1,993	1,495	0,995	0,495	-0,020	-0,022

Tabelle 8

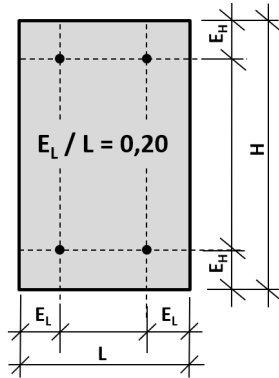


Bild 9

E_L / L 0,20	Momentenbeiwert α_s						
H / L	bezogener Überstand E_H / H						
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	0,538	0,450	0,425	0,415	0,409	0,408	0,409
0,10	0,443	0,357	0,334	0,324	0,319	0,318	0,319
0,15	0,284	0,202	0,183	0,174	0,170	0,169	0,170
0,20	0,252	0,171	0,152	0,144	0,140	0,139	0,140
0,25	0,233	0,152	0,134	0,126	0,122	0,121	0,122
0,33	0,214	0,133	0,116	0,108	0,104	0,103	0,104
0,50	0,192	0,113	0,097	0,090	0,086	0,085	0,086
1,00	0,166	0,089	0,076	0,070	0,068	0,078	0,090
2,00	0,174	0,084	0,075	0,073	0,086	0,106	0,131
3,00	0,178	0,082	0,077	0,082	0,104	0,134	0,171
4,00	0,174	0,081	0,078	0,091	0,122	0,161	0,212
5,00	0,175	0,081	0,081	0,101	0,140	0,191	0,252
20,00	0,190	0,077	0,113	0,250	0,409	0,632	0,860

Tabelle 9

E_L / L 0,20	Momentenbeiwert α_f						
H / L	bezogener Überstand E_H / H						
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	0,472	0,479	0,485	0,492	0,497	0,503	0,508
0,10	0,243	0,245	0,247	0,249	0,250	0,252	0,254
0,15	0,166	0,167	0,167	0,168	0,168	0,169	0,169
0,20	0,128	0,128	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127
0,25	0,104	0,104	0,103	0,102	0,102	0,101	0,101
0,33	0,082	0,081	0,080	0,079	0,078	0,077	0,076
0,50	0,063	0,060	0,057	0,055	0,053	0,051	0,049
1,00	0,129	0,104	0,078	0,052	0,027	0,027	0,027
2,00	0,254	0,204	0,154	0,103	0,053	0,001	0,009
3,00	0,378	0,303	0,228	0,153	0,078	0,008	0,006
4,00	0,503	0,403	0,303	0,202	0,102	0,007	0,005
5,00	0,627	0,502	0,377	0,252	0,127	0,007	0,005
20,00	2,495	1,996	1,496	0,998	0,497	0,002	0,005

Tabelle 10

BEMESSUNG VON HINTERLÜFTETEN FASSADENPLATTEN

Teil 1: Ermittlung der Schnittgrößen

Seite 14

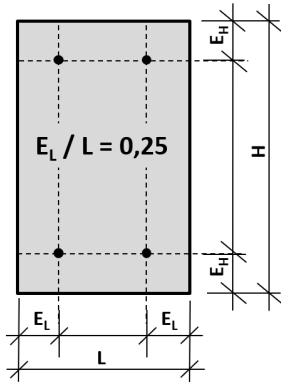


Bild 10

E_L / L 0,25	Momentenbeiwert α_s						
H / L	bezogener Überstand E_H / H						
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	0,742	0,653	0,630	0,618	0,612	0,611	0,611
0,10	0,449	0,365	0,345	0,336	0,331	0,330	0,331
0,15	0,352	0,269	0,250	0,242	0,237	0,236	0,237
0,20	0,303	0,221	0,203	0,195	0,191	0,189	0,190
0,25	0,274	0,193	0,175	0,167	0,162	0,161	0,162
0,33	0,245	0,164	0,146	0,138	0,134	0,133	0,134
0,50	0,213	0,134	0,117	0,110	0,106	0,105	0,106
1,00	0,174	0,099	0,086	0,080	0,078	0,077	0,098
2,00	0,180	0,091	0,082	0,078	0,085	0,105	0,130
3,00	0,192	0,089	0,082	0,081	0,103	0,133	0,170
4,00	0,203	0,088	0,082	0,090	0,121	0,161	0,209
5,00	0,214	0,087	0,083	0,100	0,139	0,189	0,251
20,00	0,389	0,074	0,098	0,247	0,409	0,611	0,880

Tabelle 11

E_L / L 0,25	Momentenbeiwert α_f						
H / L	bezogener Überstand E_H / H						
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	-0,016	-0,095	-0,064	-0,032	-0,003	0,025	0,029
0,10	0,025	-0,024	-0,015	-0,005	0,004	0,012	0,012
0,15	0,039	0,000	0,002	0,004	0,006	0,007	0,007
0,20	0,045	0,012	0,010	0,008	0,007	0,005	0,004
0,25	0,048	0,017	0,013	0,012	0,008	0,004	0,003
0,33	0,054	0,026	0,020	0,013	0,008	0,003	0,001
0,50	0,068	0,045	0,033	0,021	0,010	0,000	0,001
1,00	0,126	0,101	0,076	0,051	0,027	0,003	0,003
2,00	0,252	0,202	0,152	0,101	0,051	0,000	0,006
3,00	0,378	0,303	0,228	0,152	0,077	0,003	0,002
4,00	0,503	0,403	0,302	0,202	0,102	0,004	0,000
5,00	0,627	0,502	0,377	0,252	0,127	0,005	0,002
20,00	2,496	1,996	1,499	1,001	0,502	0,016	0,032

Tabelle 12

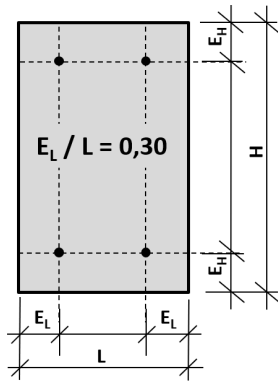


Bild 11

E_L / L 0,30	Momentenbeiwert α_s						
H / L	bezogener Überstand E_H / H						
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	0,994	1,035	1,009	0,996	0,989	0,986	1,014
0,10	0,574	0,562	0,539	0,529	0,523	0,521	0,531
0,15	0,435	0,405	0,383	0,373	0,368	0,366	0,370
0,20	0,365	0,326	0,305	0,295	0,290	0,289	0,290
0,25	0,324	0,279	0,258	0,248	0,244	0,242	0,242
0,33	0,281	0,231	0,211	0,202	0,197	0,196	0,197
0,50	0,237	0,183	0,163	0,155	0,151	0,149	0,151
1,00	0,189	0,130	0,113	0,107	0,103	0,102	0,105
2,00	0,193	0,117	0,104	0,098	0,099	0,122	0,151
3,00	0,197	0,113	0,102	0,098	0,120	0,155	0,197
4,00	0,199	0,111	0,102	0,105	0,140	0,187	0,242
5,00	0,201	0,109	0,102	0,116	0,161	0,219	0,290
20,00	0,225	0,083	0,102	0,287	0,470	0,703	1,014

Tabelle 13

E_L / L 0,30	Momentenbeiwert α_f						
H / L	bezogener Überstand E_H / H						
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	-0,020	0,435	0,514	0,505	0,497	0,490	0,485
0,10	0,024	0,226	0,253	0,250	0,248	0,246	0,245
0,15	0,038	0,156	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165
0,20	0,046	0,121	0,122	0,123	0,124	0,124	0,125
0,25	0,049	0,103	0,096	0,098	0,099	0,100	0,101
0,33	0,054	0,079	0,070	0,072	0,074	0,076	0,077
0,50	0,070	0,054	0,054	0,053	0,050	0,052	0,053
1,00	0,129	0,103	0,078	0,046	0,030	0,030	0,037
2,00	0,251	0,201	0,151	0,101	0,051	0,001	0,053
3,00	0,377	0,302	0,227	0,152	0,075	0,000	0,077
4,00	0,502	0,402	0,302	0,202	0,101	0,002	0,101
5,00	0,627	0,502	0,377	0,252	0,127	0,004	0,125
20,00	2,498	1,999	1,499	1,002	0,505	0,032	0,485

Tabelle 14

6.3 Systeme mit mindestens sechs Befestigungen:

Die Berechnung der Auflagerkräfte erfolgt auf der Basis der Auflagerkräfte von Durchlaufträgern. Die Einflussfaktoren von zwei Durchlaufträgern werden kombiniert und mit der Belastung der Rasterfläche multipliziert

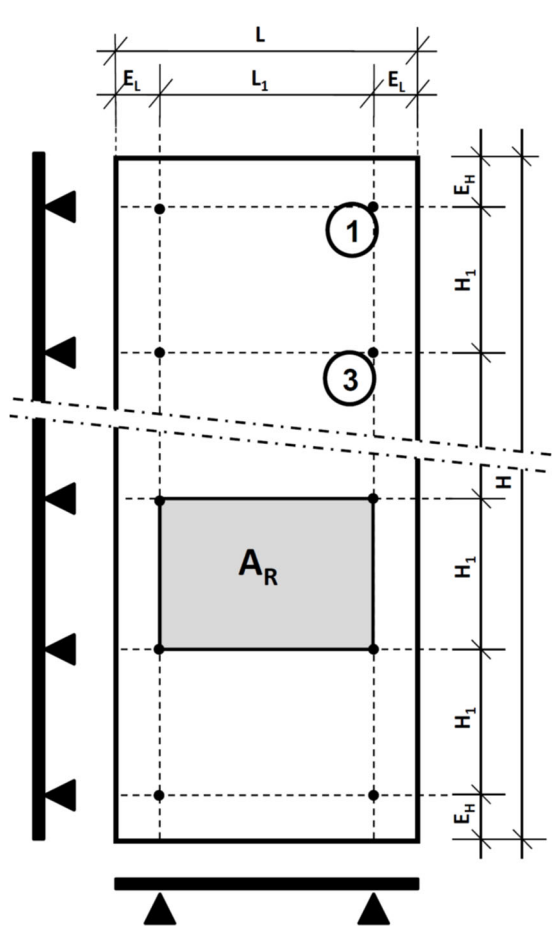


Bild 12: zweireihiges System

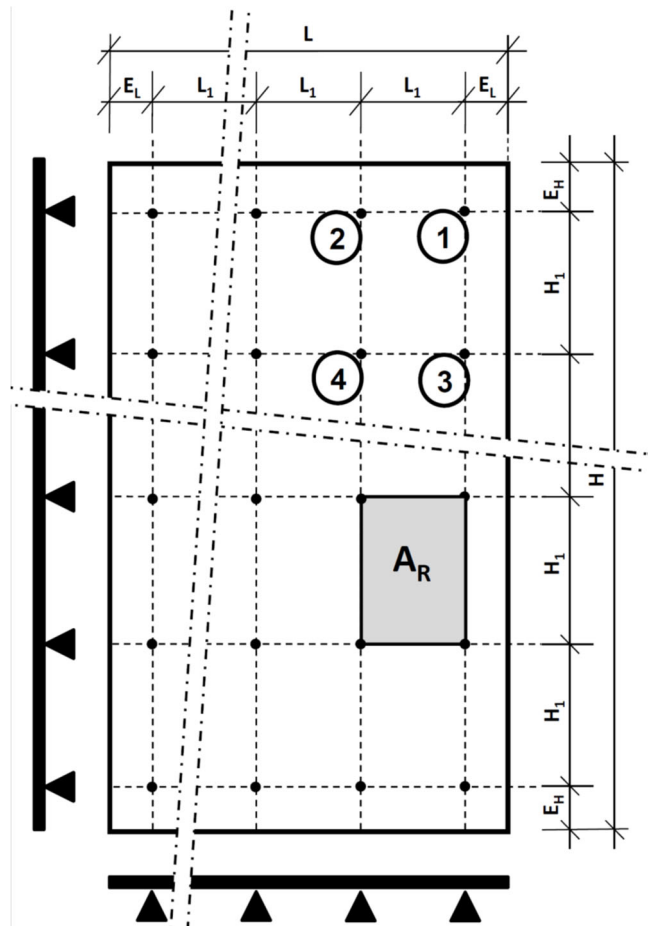


Bild 13: mehrreihiges System

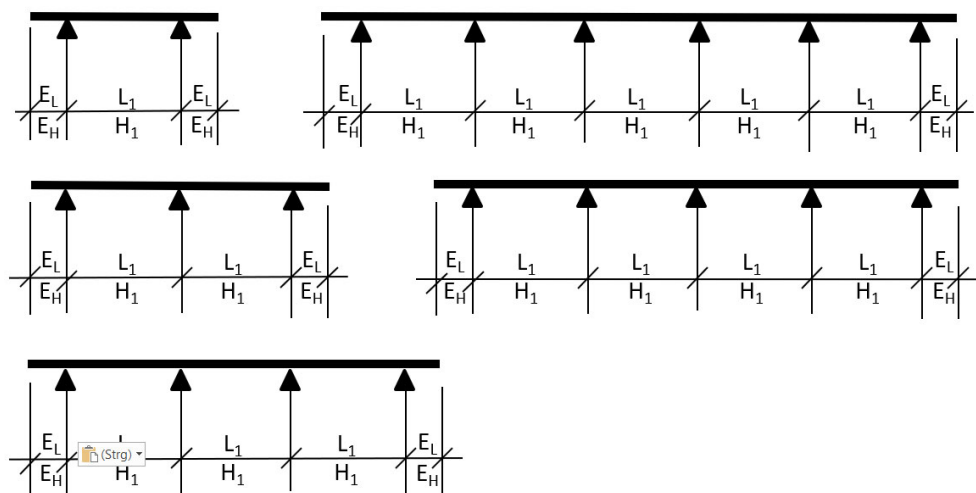


Bild 14: Durchlaufträger

Je nach Lage der Nachweisstelle werden Rand- und Mittelauger für die Ermittlung der Auflagerkräfte miteinander kombiniert.

n	Lager	$W_{R,Ed}$	$f_{S,R,H}$	$f_{S,R,V}$	$f_{S,M,H}$	$f_{S,M,V}$	f_n	f_E	$N_{n,Ed}$
		kN							kN
1	Ecklager	$W_{R,Ed}$	X	Y			$X \cdot Y$	X	$f_1 \cdot f_E W_{R,Ed}$
2	Randlager (horizontal)			Y	X		$X \cdot Y$	X	$f_2 \cdot f_E W_{R,Ed}$
3	Randlager (vertikal)		X			Y	$X \cdot Y$	X	$f_3 \cdot f_E W_{R,Ed}$
4	Mittellager				X	Y	$X \cdot Y$	X	$f_4 \cdot f_E W_{R,Ed}$

Tabelle 15: Kombination Einflussfaktoren

Für die Berechnung der Auflagerkraft ist eine Korrektur des ermittelten Wertes durch den Faktor für eine behinderte Auflagerverdrehung erforderlich. Bei einer Abstandmontage eines Hinterschnittankers ist eine Korrektur für eine behinderte Auflagerverdrehung nicht erforderlich.

Systemfaktor $f_{S,R}$					
E_L / L_1	Anzahl Felder				
E_H / H_1	1	2	3	4	≥ 5
0,00	0,500	0,375	0,400	0,393	0,395
0,05	0,550	0,428	0,453	0,446	0,448
0,10	0,600	0,484	0,508	0,501	0,503
0,15	0,650	0,544	0,566	0,559	0,561
0,20	0,700	0,607	0,626	0,621	0,622
0,25	0,750	0,674	0,690	0,685	0,687
0,30	0,800	0,745	0,757	0,753	0,754
0,35	0,850	0,820	0,826	0,825	0,825

Tabelle 16: Einflussfaktor Randauger

Systemfaktor $f_{S,M}$				
E_L / L_1	Anzahl Felder			
E_H / H_1	2	3	4	≥ 5
0,00	1,250	1,100	1,143	1,132
0,05	1,246	1,099	1,141	1,130
0,10	1,235	1,094	1,134	1,124
0,15	1,216	1,086	1,124	1,114
0,20	1,190	1,076	1,109	1,100
0,25	1,156	1,063	1,089	1,082
0,30	1,115	1,046	1,066	1,061
0,35	1,066	1,027	1,038	1,035

Tabelle 17: Einflussfaktor Mittelauger

Die Feldmomente werden auf der Basis von Grundwerten ermittelt und mit der Flächenbelastung multipliziert.

$$m_{H,Ed} = w_{Ed} \cdot f_{M0,H} \quad \text{Feldmoment horizontal}$$

$$m_{V,Ed} = w_{Ed} \cdot f_{M0,V} \quad \text{Feldmoment vertikal}$$

Die Stützmomente werden auf der Grundlage der Auflagerkräfte bestimmt. Das Stützmoment ergibt sich aus dem Produkt aus der Auflagerkraft und dem Momentenbeiwert.

Faktor $f_{M0,H}$							
L_1 m	bezogener Überstand E_l / L_1						
	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
0,3	16,160	12,280	8,800	6,461	2,781	0,476	-3,734
0,4	23,246	20,126	17,031	14,403	11,297	8,334	5,372
0,5	31,417	28,957	26,234	23,489	20,898	18,247	15,597
0,6	40,674	38,774	36,408	33,718	31,584	29,260	26,937
0,7	51,017	49,577	47,554	45,089	43,358	41,377	39,397
0,8	62,446	61,366	59,671	57,604	56,217	54,595	52,973
0,9	74,960	74,140	72,759	71,261	70,161	68,913	67,665

Tabelle 18: Grundwert horizontales Feldmoment

Faktor $f_{M0,V}$							
H_1 m	bezogener Überstand E_H / H_1						
	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
0,3	16,160	15,140	14,160	13,799	12,779	11,977	11,167
0,4	23,246	22,354	21,414	20,730	19,814	18,965	18,116
0,5	31,417	30,583	29,582	28,532	27,615	26,649	25,684
0,6	40,674	39,826	38,664	37,206	36,201	35,045	33,888
0,7	51,017	50,083	48,661	46,751	45,573	44,151	42,729
0,8	62,446	61,354	59,572	57,168	55,731	53,969	52,208
0,9	74,960	73,640	71,397	68,456	66,674	64,498	62,323

Tabelle 19: Grundwert vertikales Feldmoment

$$m_{H,Ed} = w_{Ed} \cdot f_{M0,H} \quad \text{Feldmoment horizontal}$$

$$m_{V,Ed} = w_{Ed} \cdot f_{M0,V} \quad \text{Feldmoment vertikal}$$

$$m_{2,Ed} \text{ (Nm/m)} = 1000 \cdot \alpha_{S2} \cdot N_{2,Ed} \quad \text{Biegemoment Nachweisstelle 2}$$

$$\alpha_{S2} = (0,0028 \cdot e^{(4,9-0,049 \cdot E_H)} + 0,36) \cdot f_M$$

$$\geq 0,36 \cdot f_M$$

$$m_{3,Ed} \text{ (Nm/m)} = 1000 \cdot \alpha_{S3} \cdot N_{3,Ed} \quad \text{Biegemoment Nachweisstelle 3}$$

$$\alpha_{S3} = (0,0028 \cdot e^{(4,9-0,049 \cdot E_L)} + 0,36) \cdot f_M$$

$$\geq 0,36 \cdot f_M$$

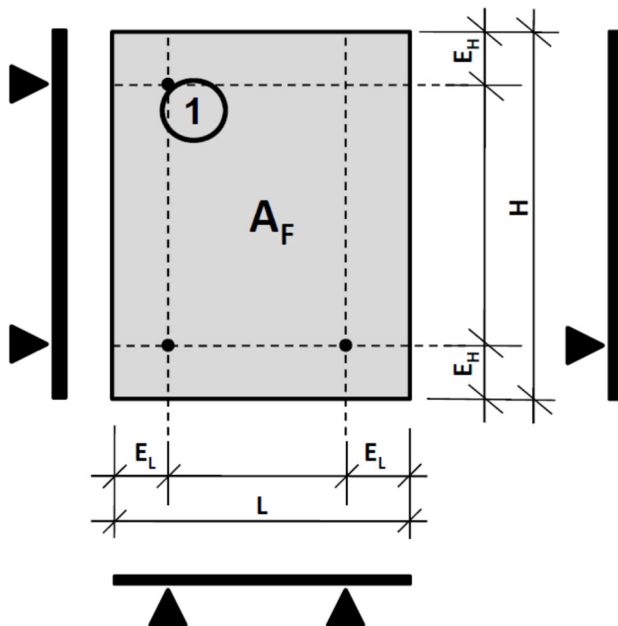
$$m_{4,Ed} \text{ (Nm/m)} = 1000 \cdot \alpha_{S4} \cdot N_{4,Ed} \quad \text{Biegemoment Nachweisstelle 4}$$

$$\alpha_{S4} = 0,36 \cdot f_M$$

7 Einfluss der nachgiebigen Lagerung:

7.1 Systeme mit vier Befestigungen:

Die Befestigung von Systemen mit vier Befestigungen auf einer unsymmetrischen Unterkonstruktion kann je nach Steifigkeit und Stützweite der Unterkonstruktion zu einer nachgiebigen Lagerung führen. Im Extremfall sind von den vier Befestigungen nur 3 für die Lastabtragung wirksam. Vereinfachend kann daher eine nachgiebig gelagerte Platte ersatzweise mit drei Befestigungen nachgewiesen werden.



$$N_{1,Ed} \text{ (Nm/m)} = 0,25 \cdot W_{F,Ed}$$

$$m_{1,Ed} \text{ (Nm/m)} = 1000 \cdot \alpha_S \cdot W_{F,Ed} \cdot f_M \cdot f_E$$

$$m_{F,Ed} \text{ (Nm/m)} = 1000 \cdot \alpha_F \cdot W_{F,Ed}$$

α_S = Momentenbeiwert Stützmoment

α_F = Momentenbeiwert Feldmoment

f_M = Faktor Materialart

f_E = Faktor behinderte
Auflagerverdrehung

Bild 15: System

Die Berechnung der Auflagerkräfte und der Biegemomente erfolgt auf der Basis der Gesamtbelastung der Fassadenplatte. Für das Stützmoment ist eine Korrektur des ermittelten Wertes durch den Faktor für die Materialart und den Faktor für eine behinderte Auflagerverdrehung erforderlich. Bei einer Abstandsmontage eines Hinterschnittankers ist eine Korrektur für eine behinderte Auflagerverdrehung nicht erforderlich. Die Momentenbeiwerte können den Tabellen 20 bis 33 entnommen werden

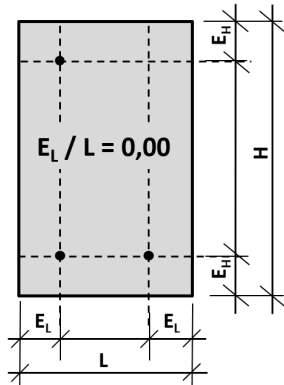


Bild 16

E_L / L 0,00	Momentenbeiwert α_s					
H / L	bezogener Überstand E_H / H					
	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	0,363	0,407	0,270	0,412	0,456	0,462
0,10	0,357	0,397	0,351	0,411	0,437	0,442
0,15	0,355	0,394	0,378	0,411	0,431	0,435
0,20	0,354	0,392	0,392	0,411	0,428	0,432
0,25	0,354	0,391	0,400	0,410	0,427	0,430
0,33	0,353	0,390	0,408	0,411	0,424	0,428
0,50	0,351	0,387	0,405	0,415	0,420	0,424
1,00	0,344	0,378	0,395	0,406	0,414	0,419
2,00	0,361	0,394	0,416	0,436	0,462	0,493
3,00	0,379	0,409	0,436	0,462	0,492	0,528
4,00	0,393	0,424	0,450	0,482	0,522	0,571
5,00	0,402	0,432	0,461	0,500	0,551	0,612
20,00	0,541	0,545	0,633	0,781	0,983	1,232

Tabelle 20

E_L / L 0,00	Momentenbeiwert α_f					
H / L	bezogener Überstand E_H / H					
	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	2,419	2,445	2,480	2,489	2,474	2,484
0,10	1,238	1,241	1,255	1,256	1,247	1,249
0,15	0,844	0,840	0,847	0,845	0,838	0,837
0,20	0,647	0,640	0,643	0,639	0,633	0,631
0,25	0,527	0,518	0,522	0,518	0,510	0,507
0,33	0,411	0,399	0,398	0,393	0,388	0,384
0,50	0,301	0,286	0,282	0,274	0,267	0,261
1,00	0,217	0,202	0,190	0,174	0,163	0,154
2,00	0,266	0,227	0,178	0,162	0,139	0,121
3,00	0,349	0,285	0,225	0,174	0,136	0,110
4,00	0,439	0,348	0,263	0,188	0,133	0,099
5,00	0,532	0,415	0,304	0,204	0,131	0,089
20,00	1,922	1,414	0,919	0,458	0,098	-0,066

Tabelle 21

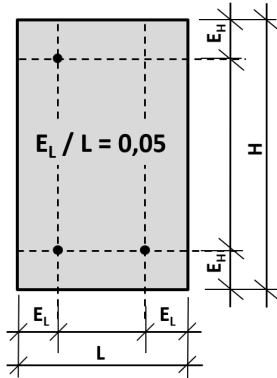


Bild 17

E_L / L 0,05	Momentenbeiwert α_s						
H / L	bezogener Überstand E_H / H						
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	0,580	0,382	0,310	0,188	0,155	0,138	0,110
0,10	0,462	0,308	0,259	0,205	0,190	0,183	0,172
0,15	0,422	0,283	0,242	0,211	0,201	0,198	0,193
0,20	0,402	0,270	0,234	0,214	0,207	0,206	0,204
0,25	0,393	0,264	0,231	0,216	0,209	0,209	0,208
0,33	0,379	0,256	0,224	0,217	0,214	0,215	0,216
0,50	0,361	0,239	0,217	0,223	0,225	0,227	0,229
1,00	0,344	0,221	0,220	0,241	0,249	0,255	0,259
2,00	0,351	0,241	0,263	0,269	0,284	0,302	0,326
3,00	0,353	0,256	0,276	0,293	0,306	0,333	0,372
4,00	0,354	0,265	0,279	0,303	0,324	0,362	0,409
5,00	0,354	0,270	0,281	0,313	0,348	0,390	0,453
20,00	0,363	0,382	0,315	0,468	0,663	0,811	1,059

Tabelle 22

E_L / L 0,05	Momentenbeiwert α_F						
H / L	bezogener Überstand E_H / H						
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	1,899	1,996	1,929	1,943	1,959	1,969	1,983
0,10	0,987	1,023	0,991	0,992	0,995	0,996	0,999
0,15	0,684	0,699	0,678	0,675	0,674	0,672	0,671
0,20	0,532	0,536	0,521	0,517	0,513	0,510	0,507
0,25	0,439	0,432	0,427	0,420	0,415	0,411	0,408
0,33	0,349	0,342	0,334	0,327	0,320	0,315	0,310
0,50	0,266	0,256	0,246	0,236	0,227	0,219	0,212
1,00	0,217	0,199	0,182	0,166	0,152	0,140	0,130
2,00	0,301	0,257	0,215	0,178	0,148	0,123	0,104
3,00	0,411	0,342	0,276	0,214	0,161	0,121	0,095
4,00	0,527	0,432	0,340	0,253	0,176	0,119	0,085
5,00	0,647	0,536	0,409	0,295	0,193	0,117	0,075
20,00	2,419	1,996	1,405	0,909	0,438	0,090	-0,075

Tabelle 23

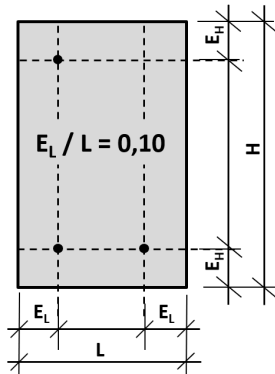


Bild 18

E_L / L 0,10	Momentenbeiwert α_s						
H / L	bezogener Überstand E_H / H						
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	0,602	0,356	0,365	0,269	0,265	0,248	0,200
0,10	0,488	0,280	0,290	0,240	0,232	0,220	0,198
0,15	0,451	0,255	0,265	0,230	0,220	0,210	0,197
0,20	0,432	0,242	0,252	0,225	0,215	0,205	0,197
0,25	0,424	0,236	0,245	0,225	0,212	0,203	0,197
0,33	0,409	0,227	0,237	0,220	0,208	0,200	0,196
0,50	0,394	0,211	0,229	0,213	0,205	0,204	0,202
1,00	0,378	0,212	0,212	0,212	0,215	0,220	0,225
2,00	0,387	0,218	0,223	0,234	0,248	0,267	0,283
3,00	0,390	0,224	0,237	0,248	0,267	0,297	0,329
4,00	0,391	0,230	0,245	0,262	0,288	0,323	0,367
5,00	0,392	0,235	0,252	0,267	0,305	0,348	0,407
20,00	0,404	0,302	0,357	0,340	0,556	0,709	1,005

Tabelle 24

E_L / L 0,10	Momentenbeiwert α_f						
H / L	bezogener Überstand E_H / H						
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	1,389	1,405	1,420	1,436	1,451	1,466	1,480
0,10	0,740	0,741	0,741	0,743	0,745	0,747	0,749
0,15	0,523	0,519	0,515	0,512	0,509	0,507	0,505
0,20	0,415	0,409	0,402	0,397	0,392	0,387	0,384
0,25	0,348	0,341	0,333	0,327	0,320	0,315	0,310
0,33	0,285	0,276	0,267	0,258	0,250	0,243	0,237
0,50	0,227	0,215	0,204	0,192	0,182	0,173	0,166
1,00	0,202	0,182	0,163	0,146	0,131	0,118	0,106
2,00	0,286	0,247	0,204	0,165	0,133	0,107	0,088
3,00	0,399	0,334	0,267	0,203	0,148	0,107	0,079
4,00	0,518	0,426	0,333	0,244	0,164	0,105	0,071
5,00	0,640	0,522	0,402	0,287	0,182	0,104	0,063
20,00	2,445	1,927	1,420	0,921	0,441	0,088	-0,056

Tabelle 25

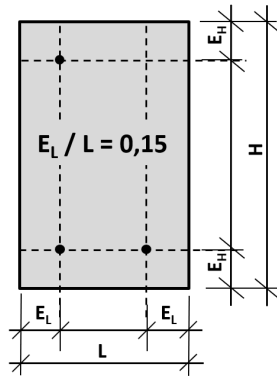


Bild 19

E_L / L 0,15	Momentenbeiwert α_s						
H / L	bezogener Überstand E_H / H						
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	0,647	0,404	0,376	0,380	0,335	0,331	0,324
0,10	0,523	0,338	0,303	0,290	0,265	0,257	0,249
0,15	0,482	0,317	0,279	0,260	0,242	0,233	0,224
0,20	0,461	0,306	0,267	0,245	0,230	0,221	0,212
0,25	0,450	0,299	0,262	0,237	0,222	0,213	0,204
0,33	0,436	0,293	0,253	0,228	0,216	0,206	0,197
0,50	0,416	0,277	0,234	0,216	0,208	0,199	0,196
1,00	0,395	0,241	0,212	0,201	0,201	0,205	0,208
2,00	0,405	0,221	0,214	0,216	0,231	0,245	0,262
3,00	0,408	0,214	0,216	0,228	0,248	0,273	0,304
4,00	0,400	0,213	0,225	0,237	0,264	0,299	0,343
5,00	0,392	0,214	0,225	0,245	0,278	0,324	0,383
20,00	0,269	0,229	0,234	0,371	0,482	0,695	0,977

Tabelle 26

E_L / L 0,15	Momentenbeiwert α_f						
H / L	bezogener Überstand E_H / H						
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	0,899	0,909	0,921	0,934	0,947	1,015	1,020
0,10	0,502	0,500	0,498	0,498	0,497	0,520	0,518
0,15	0,370	0,364	0,358	0,352	0,348	0,355	0,350
0,20	0,304	0,295	0,287	0,280	0,273	0,273	0,267
0,25	0,263	0,253	0,244	0,235	0,227	0,220	0,214
0,33	0,225	0,214	0,203	0,192	0,183	0,174	0,166
0,50	0,190	0,178	0,165	0,153	0,142	0,131	0,117
1,00	0,187	0,166	0,146	0,128	0,111	0,096	0,083
2,00	0,282	0,237	0,192	0,153	0,119	0,092	0,071
3,00	0,398	0,327	0,258	0,192	0,135	0,092	0,064
4,00	0,522	0,421	0,327	0,235	0,152	0,092	0,057
5,00	0,643	0,517	0,397	0,280	0,172	0,091	0,051
20,00	2,480	1,942	1,436	0,934	0,446	0,084	-0,042

Tabelle 27

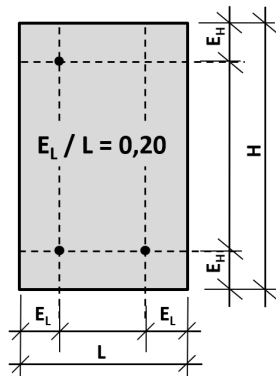


Bild 20

E_L / L 0,20	Momentenbeiwert α_s						
H / L	bezogener Überstand E_H / H						
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	0,791	0,558	0,524	0,522	0,500	0,477	0,462
0,10	0,597	0,414	0,376	0,359	0,341	0,326	0,314
0,15	0,533	0,366	0,326	0,305	0,288	0,275	0,264
0,20	0,500	0,342	0,301	0,278	0,262	0,250	0,240
0,25	0,482	0,327	0,284	0,262	0,246	0,235	0,224
0,33	0,462	0,313	0,271	0,245	0,232	0,220	0,210
0,50	0,436	0,292	0,252	0,228	0,216	0,206	0,199
1,00	0,406	0,249	0,215	0,200	0,198	0,197	0,200
2,00	0,415	0,225	0,206	0,205	0,216	0,229	0,248
3,00	0,411	0,214	0,208	0,216	0,232	0,255	0,288
4,00	0,410	0,209	0,209	0,222	0,246	0,276	0,327
5,00	0,411	0,207	0,212	0,230	0,262	0,307	0,366
20,00	0,426	0,179	0,265	0,352	0,500	0,776	0,958

Tabelle 28

E_L / L 0,20	Momentenbeiwert α_F						
H / L	bezogener Überstand E_H / H						
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	0,435	0,457	0,441	0,446	0,465	0,459	0,468
0,10	0,281	0,281	0,269	0,263	0,263	0,255	0,252
0,15	0,230	0,223	0,211	0,202	0,195	0,186	0,180
0,20	0,204	0,193	0,182	0,172	0,162	0,152	0,144
0,25	0,188	0,176	0,164	0,153	0,142	0,131	0,122
0,33	0,174	0,158	0,148	0,135	0,123	0,112	0,101
0,50	0,162	0,148	0,133	0,119	0,106	0,093	0,081
1,00	0,174	0,152	0,131	0,111	0,093	0,079	0,061
2,00	0,274	0,227	0,182	0,142	0,106	0,076	0,054
3,00	0,393	0,321	0,250	0,183	0,123	0,078	0,049
4,00	0,518	0,416	0,320	0,227	0,142	0,078	0,044
5,00	0,639	0,513	0,392	0,273	0,162	0,078	0,039
20,00	2,465	1,968	1,463	0,958	0,465	0,080	-0,028

Tabelle 29

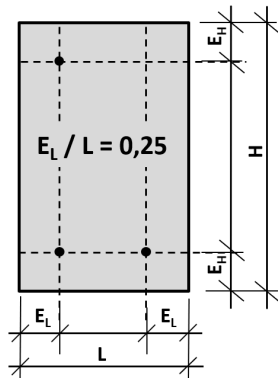


Bild 21

E_L / L 0,25	Momentenbeiwert α_s						
H / L	bezogener Überstand E_H / H						
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	0,990	0,811	0,730	0,706	0,713	0,693	0,718
0,10	0,697	0,530	0,475	0,451	0,443	0,427	0,429
0,15	0,599	0,436	0,390	0,366	0,353	0,339	0,333
0,20	0,551	0,390	0,348	0,324	0,309	0,295	0,285
0,25	0,522	0,367	0,323	0,298	0,277	0,268	0,244
0,33	0,492	0,333	0,297	0,273	0,255	0,244	0,227
0,50	0,462	0,294	0,264	0,246	0,235	0,219	0,210
1,00	0,414	0,255	0,221	0,204	0,198	0,195	0,196
2,00	0,420	0,227	0,203	0,201	0,204	0,219	0,237
3,00	0,424	0,215	0,201	0,204	0,218	0,244	0,276
4,00	0,427	0,209	0,203	0,213	0,235	0,268	0,315
5,00	0,428	0,206	0,203	0,218	0,250	0,295	0,354
20,00	0,448	0,153	0,211	0,305	0,482	0,693	0,941

Tabelle 30

E_L / L 0,25	Momentenbeiwert α_f						
H / L	bezogener Überstand E_H / H						
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	0,094	0,090	0,088	0,059	0,080	0,074	0,068
0,10	0,118	0,108	0,099	0,078	0,079	0,068	0,057
0,15	0,127	0,114	0,102	0,085	0,078	0,066	0,054
0,20	0,131	0,117	0,104	0,088	0,078	0,065	0,052
0,25	0,133	0,119	0,105	0,093	0,079	0,065	0,052
0,33	0,136	0,121	0,107	0,092	0,078	0,064	0,050
0,50	0,139	0,123	0,107	0,092	0,076	0,061	0,046
1,00	0,163	0,140	0,118	0,096	0,079	0,057	0,040
2,00	0,267	0,219	0,173	0,131	0,093	0,061	0,037
3,00	0,388	0,315	0,243	0,174	0,112	0,064	0,034
4,00	0,510	0,412	0,315	0,220	0,131	0,065	0,031
5,00	0,633	0,510	0,387	0,267	0,152	0,065	0,028
20,00	2,351	1,873	1,395	0,916	0,439	0,074	-0,011

Tabelle 31

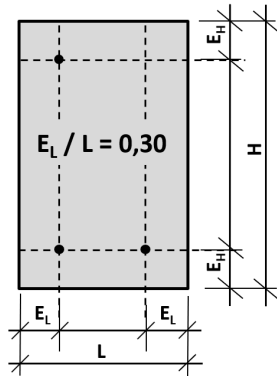


Bild 22

E_L / L 0,30	Momentenbeiwert α_s						
H / L	bezogener Überstand E_H / H						
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	1,242	1,063	1,008	0,963	0,946	0,941	0,935
0,10	0,822	0,654	0,607	0,576	0,560	0,550	0,542
0,15	0,682	0,517	0,474	0,447	0,431	0,419	0,411
0,20	0,612	0,449	0,407	0,383	0,366	0,354	0,345
0,25	0,571	0,413	0,369	0,343	0,328	0,315	0,301
0,33	0,528	0,367	0,327	0,305	0,289	0,276	0,266
0,50	0,493	0,327	0,286	0,262	0,250	0,239	0,229
1,00	0,419	0,259	0,224	0,209	0,200	0,196	0,198
2,00	0,424	0,229	0,203	0,195	0,193	0,210	0,229
3,00	0,428	0,216	0,196	0,197	0,210	0,233	0,266
4,00	0,430	0,208	0,197	0,204	0,224	0,258	0,301
5,00	0,432	0,204	0,198	0,209	0,240	0,286	0,345
20,00	0,462	0,114	0,209	0,301	0,462	0,677	0,935

Tabelle 32

E_L / L 0,30	Momentenbeiwert α_F						
H / L	bezogener Überstand E_H / H						
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,05	-0,071	-0,064	-0,056	-0,046	-0,032	-0,014	0,009
0,10	0,035	0,029	0,023	0,019	0,015	0,014	0,015
0,15	0,071	0,060	0,050	0,040	0,031	0,023	0,017
0,20	0,089	0,076	0,063	0,051	0,039	0,028	0,018
0,25	0,099	0,085	0,071	0,057	0,044	0,031	0,018
0,33	0,110	0,095	0,079	0,064	0,049	0,034	0,019
0,50	0,121	0,104	0,088	0,071	0,054	0,037	0,020
1,00	0,154	0,130	0,106	0,083	0,061	0,040	0,021
2,00	0,261	0,213	0,166	0,122	0,081	0,046	0,020
3,00	0,384	0,310	0,237	0,166	0,101	0,050	0,019
4,00	0,507	0,409	0,310	0,214	0,122	0,051	0,018
5,00	0,631	0,507	0,384	0,262	0,144	0,052	0,018
20,00	2,361	1,884	1,407	0,930	0,446	0,067	0,010

Tabelle 33

7.2 Systeme mit mehr als sechs Befestigungen:

Der Einfluss einer nachgiebigen Lagerung wird durch Faktoren berücksichtigt. Grundlage sind die Grenzwerte der in den Bildern 23 bis 25 dargestellten Systeme. Hierbei wurden die Federsteifigkeit der Unterkonstruktion und die vertikale Stützweite der Systeme variiert. Die Berechnungen wurden für die Platte mit einem Elastizitätsmodul von $E = 70000 \text{ N/mm}^2$ und einer Plattendicke von $d = 12 \text{ mm}$ durchgeführt. Für andere Eigenschaften der Fassadenplatte erfolgt eine Korrektur der Federsteifigkeit der Unterkonstruktion.

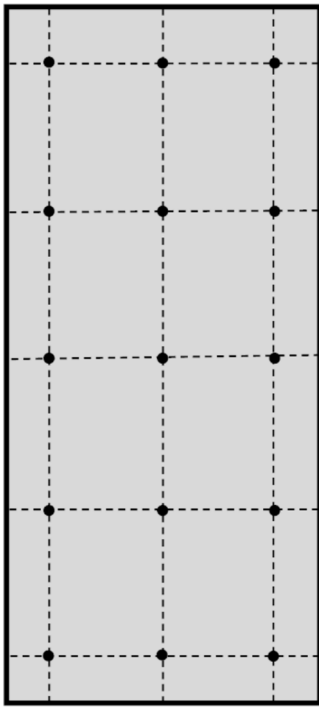


Bild 23: System 1

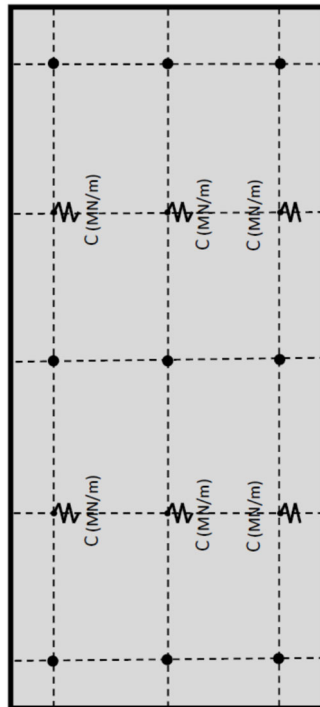


Bild 24: System 2

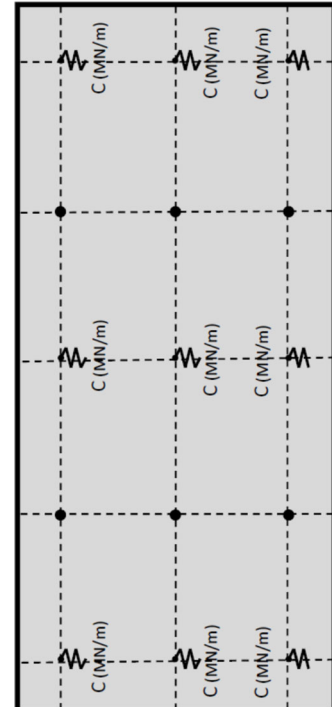


Bild 25: System 3

Die Federsteifigkeit der Unterkonstruktion wird näherungsweise an einem Ersatzsystem ermittelt. Grundlage ist ein Einfeldträger mit einseitiger Einspannung von 50% mit einer Belastung in Feldmitte.

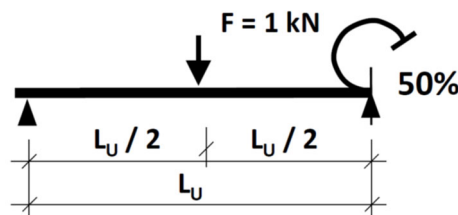


Bild 26: statisches System Unterkonstruktion

$$v \text{ (m/MN)} = \frac{0,724 \cdot F \cdot L_U^3}{48 \cdot E_U \cdot I} \quad \text{Einheitsverformung Unterkonstruktion}$$

Die Federsteifigkeit der Unterkonstruktion wird unter Berücksichtigung der Anzahl der vertikalen Tragprofile auf die Plattenbreite als eine Linienfeder umgerechnet.

$$C_0 \text{ (MN/m}^2\text{)} = \frac{1000 \cdot (n + 1)}{v \cdot L} \quad \text{Federsteifigkeit Unterkonstruktion}$$

Aus der ermittelten Linienfeder wird entsprechend dem vorhandenen Fassadenmaterial eine Ersatzfedersteifigkeit ermittelt, die als Grundlage zur Berücksichtigung der Nachgiebigkeit der Unterkonstruktion dient.

$$C_E \text{ (MN/m}^2\text{)} = C_0 \cdot \frac{12^3 \cdot 70000}{d^3 \cdot E} \quad \text{Ersatzfedersteifigkeit Unterkonstruktion}$$

Zur Berücksichtigung der Nachgiebigkeit der Unterkonstruktion werden die Schnittgrößen aus den Werten des starr gelagerten Systems durch Faktoren berechnet.

Erhöhungsfaktoren

$f_{C,NHR}$	horizontale Randbefestigungen
$f_{C,NHR}$	horizontale Mittelbefestigungen
$f_{C,MH}$	horizontale Feldmoment
$f_{C,MV}$	vertikales Feldmoment

Faktor $f_{C,MV}$	
C_E MN/m ²	
0,1	3,559
0,5	2,368
1,0	1,881
1,5	1,651
2,0	1,517
2,5	1,429
5,0	1,230
10,0	1,119
50,0	1,000
200,0	1,000

Tabelle 34: Einflussfaktor vertikales Feldmoment, nachgiebige Lagerung

Faktor $f_{C,MH}$							
C_E MN/m ²	Abstand H_1 (m)						
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,1	1,819	1,766	1,712	1,652	1,590	1,527	1,459
0,5	1,723	1,600	1,493	1,395	1,311	1,243	1,186
1,0	1,632	1,489	1,368	1,271	1,199	1,147	1,120
1,5	1,559	1,416	1,295	1,207	1,147	1,106	1,098
2,0	1,501	1,364	1,247	1,168	1,116	1,083	1,085
2,5	1,452	1,323	1,212	1,141	1,096	1,068	1,076
5,0	1,303	1,209	1,125	1,079	1,052	1,036	1,052
10,0	1,187	1,123	1,069	1,042	1,027	1,018	1,017
50,0	1,044	1,029	1,015	1,009	1,006	1,004	1,008
200,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabelle 35: Einflussfaktor horizontales Feldmoment, nachgiebige Lagerung

Faktor $f_{C,NHM}$							
C_E MN/m ²	Abstand H_1 (m)						
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,1	1,889	1,790	1,701	1,624	1,559	1,502	1,458
0,5	1,674	1,569	1,473	1,390	1,317	1,254	1,203
1,0	1,591	1,470	1,367	1,280	1,212	1,160	1,126
1,5	1,533	1,408	1,303	1,220	1,159	1,116	1,096
2,0	1,488	1,363	1,258	1,181	1,127	1,092	1,084
2,5	1,452	1,328	1,225	1,151	1,106	1,076	1,078
5,0	1,317	1,221	1,137	1,088	1,058	1,040	1,052
10,0	1,199	1,135	1,077	1,047	1,031	1,021	1,030
50,0	1,048	1,032	1,017	1,010	1,006	1,004	1,008
200,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabelle 36: Einflussfaktor horizontale Mittelaufleger, nachgiebige Lagerung

Faktor $f_{C,NHR}$							
C_E MN/m ²	Abstand H_1 (m)						
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,1	1,819	1,766	1,712	1,652	1,590	1,527	1,459
0,5	1,723	1,600	1,493	1,395	1,311	1,243	1,186
1,0	1,632	1,489	1,368	1,271	1,199	1,147	1,120
1,5	1,559	1,416	1,295	1,207	1,147	1,106	1,098
2,0	1,501	1,364	1,247	1,168	1,116	1,083	1,085
2,5	1,452	1,323	1,212	1,141	1,096	1,068	1,076
5,0	1,303	1,209	1,125	1,079	1,052	1,036	1,052
10,0	1,187	1,123	1,069	1,042	1,027	1,018	1,017
50,0	1,044	1,029	1,015	1,009	1,006	1,004	1,008
200,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabelle 37: Einflussfaktor horizontale Randaufleger, nachgiebige Lagerung

Bemessungsschnittgrößen

$$N_{1,Ed,E} \text{ (kN)} = f_{C,NHR} \cdot N_{1,Ed}$$

$$N_{2,Ed,E} \text{ (kN)} = f_{C,NHR} \cdot N_{2,Ed}$$

$$N_{3,Ed,E} \text{ (kN)} = f_{C,NVM} \cdot N_{3,Ed}$$

$$N_{4,Ed,E} \text{ (kN)} = f_{C,NHR} \cdot N_{4,Ed}$$

$$m_{H,Ed,E} = f_{C,MH} \cdot m_{H,Ed}$$

$$m_{V,Ed,E} = f_{C,MV} \cdot m_{V,Ed}$$

$$m_{2,Ed,E} = f_{C,MH} \cdot m_{2,Ed}$$

$$m_{3,Ed,E} = f_{C,MV} \cdot m_{3,Ed}$$

$$m_{4,Ed,E} = f_{C,NHM} \cdot m_{4,Ed}$$

Die oberste Befestigungsreihe wird zur Abtragung der Gewichtslasten herangezogen

$$V_{Ed} = \gamma_F \cdot \frac{G_F}{2}$$

$$\sigma_{Ed,H} = \frac{6 \cdot m_{H,Ed,E}}{d^2}$$

$$\sigma_{Ed,V} = \frac{6 \cdot m_{V,Ed,E}}{d^2}$$

$$\sigma_{Ed,2} = \frac{6 \cdot m_{2,Ed,E}}{d^2}$$

$$\sigma_{Ed,3} = \frac{6 \cdot m_{3,Ed,E}}{d^2}$$

$$\sigma_{Ed,4} = \frac{6 \cdot m_{4,Ed,E}}{d^2}$$

8 Bündigmontage von Fassadenplatten

Die Bündigmontage von Fassadenplatten führt zu einer Behinderung der Verdrehung der Fassadenplatte im Bereich der Befestigung. Hierdurch ergeben sich zusätzliche Zugkräfte für die Befestigung.



Bild 28

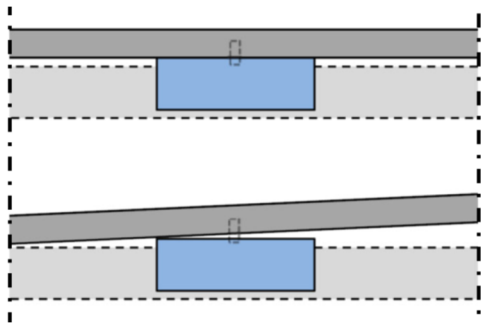


Bild 29

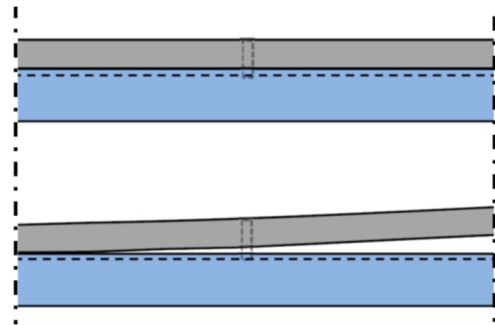


Bild 30

Bei einer gleichzeitigen Behinderung der Verformung in vertikaler und horizontaler Richtung müssen die Zusatzkräfte nicht überlagert werden. Der größere Wert ist maßgebend.

Ist die Tragfähigkeit einer Befestigung für die Abtragung von Gewichtslast und Windbeanspruchung nicht ausreichend werden vielfach Agraffen mit zwei Befestigung eingesetzt. Beim Nachweis wird die Beanspruchung des Auflagers der Fassade auf zwei Befestigungen zu Gleichen Teilen aufgeteilt und der Nachweis geführt. Aufgrund der behinderten Verformung der Fassadenplatte erfolgt eine zusätzliche Beanspruchung der Befestigung. Die hieraus resultierenden Zwängungskräfte verteilen sich jedoch nicht gleichmäßig auf der beiden Befestigungen der Agraffe

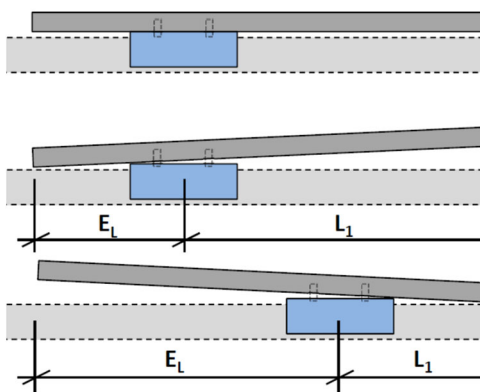


Bild 31

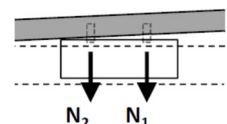
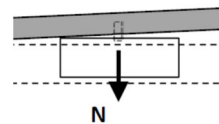


Bild 32

Durch die Verformung der Fassadenplatte (Bild 56) ergibt sich eine Hebelwirkung auf die Befestigung. Welche der beiden Befestigungen die größte Beanspruchung aus behinderter Verformung erfährt ist abhängig vom Überstand E_L der Fassadenplatte.

Der Einfluss auf seiner behinderten Verformung der Fassadenplatte ist abhängig vom Überstand der Fassadenplatte, von der Stützweite des Systems und der Steifigkeit der Fassadenplatte.

8.1 Einfluss von Eigenlasten auf die Befestigung

Zusätzlich zu den Einwirkungen aus Eigengewicht und Windlast sind die folgenden Einwirkungen als ständige Lasten in Richtung der Befestigungsmittelachsen zu berücksichtigen.

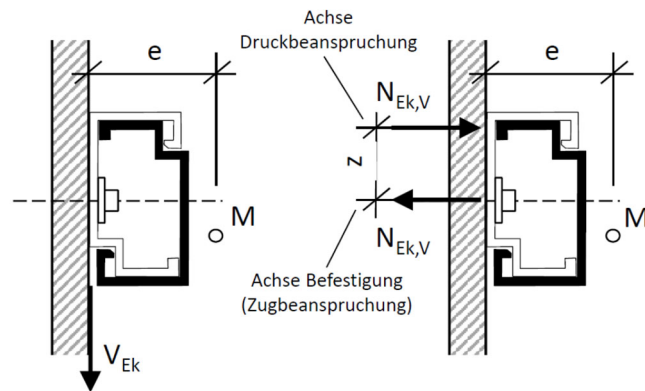


Bild 33: Torsion von horizontalen Tragprofilen infolge Eigengewicht der Fassadeplatte

Bei flächenbündiger Befestigung der Agraffe (Bild 33) und bei Verwendung von horizontalen Tragprofilen ist aufgrund der Torsion des Tragprofils infolge der Eigenlast der Fassadeplatte die folgende Belastung $N_{V,Ek}$ zu berücksichtigen:

$$N_{Ek,V} = V_{Ek} \cdot e / z$$

$$N_{Ed,V} = \gamma_F \cdot N_{Ek,V}$$

- mit
- V_{Ek} = Scherbelastung durch Eigengewicht der Fassadeplatte
 - e = Abstand zwischen der Oberfläche der Platte und dem Schermittelpunkt (M) des horizontalen Tragprofils
 - z = Abstand zwischen Zug- und Druckkräften aufgrund des Torsionsmoments
 - $N_{Ek,V}$ = charakteristische Zusatzbeanspruchung Befestigung
 - $N_{Ed,V}$ = Bemessungswert der Zusatzbeanspruchung der Befestigung

Auch bei Agraffen mit vollflächigem elastischem Untergrund sind die Spannungen auf die Befestigung nach Bild 33 zu ermitteln. Beim Nachweis der zusätzlichen Zugbeanspruchung der Befestigung kann die Fassadeplatte zur Stabilisierung des horizontalen Tragprofils genutzt werden.

8.2 Zusatzbeanspruchung der Befestigung durch Windbelastung

Bei einer Bündigmontage der Fassadeplatte an die Unterkonstruktion ergeben sich aufgrund der behinderten Auflagerverdrehung zusätzliche Zugkräfte für die Befestigung. Die Zusatzbeanspruchung der Befestigung wird durch den Faktor f_E berücksichtigt. Der Faktor wurde mit einer Federsteifigkeit von 1 MN/m ermittelt. Dieser Wert berücksichtigt die Federwirkung der Befestigung und der lokalen Verformung der Unterkonstruktion.

$$1000 \cdot E \cdot I = 1000 \cdot \frac{E}{12} \cdot \left(\frac{d}{1000}\right)^3 \quad \text{Steifigkeit Platte}$$

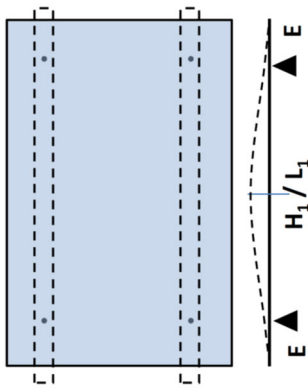


Bild 34

L_1 bzw. H_1 (m)	Erhöhungsfaktor Randbefestigung f_E							
	Einfeldsystem (E_L bzw. $E_H = 50$ mm)							
	Steifigkeit Platte ($1000 \cdot E \cdot I$)							
	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
0,4	1,226	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,5	1,511	1,237	1,067	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,6	1,796	1,484	1,274	1,134	1,000	1,000	1,000	1,000
0,7	2,083	1,739	1,506	1,333	1,100	1,000	1,000	1,000
0,8	2,379	2,010	1,749	1,557	1,281	1,103	1,000	1,000
0,9	2,707	2,302	2,013	1,800	1,489	1,280	1,142	1,022

Tabelle 38

L_1 bzw. H_1 (m)	Erhöhungsfaktor Randbefestigung f_E							
	Einfeldsystem (E_L bzw. $E_H = 100$ mm)							
	Steifigkeit Platte ($1000 \cdot E \cdot I$)							
	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
0,4	1,086	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,5	1,248	1,166	1,096	1,032	1,000	1,000	1,000	1,000
0,6	1,411	1,322	1,250	1,183	1,067	1,000	1,000	1,000
0,7	1,576	1,488	1,419	1,340	1,222	1,123	1,044	1,000
0,8	1,751	1,662	1,582	1,511	1,387	1,280	1,191	1,116
0,9	1,919	1,831	1,750	1,673	1,544	1,435	1,343	1,262

Tabelle 39

L_1 bzw. H_1 (m)	Erhöhungsfaktor Randbefestigung f_E							
	Einfeldsystem (E_L bzw. $E_H = 150$ mm)							
	Steifigkeit Platte ($1000 \cdot E \cdot I$)							
	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
0,4	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,5	1,056	1,022	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,6	1,167	1,133	1,103	1,074	1,020	1,000	1,000	1,000
0,7	1,284	1,249	1,218	1,191	1,138	1,089	1,044	1,004
0,8	1,399	1,363	1,331	1,302	1,250	1,202	1,153	1,113
0,9	1,526	1,478	1,448	1,419	1,367	1,315	1,270	1,230

Tabelle 40

L_1 bzw. H_1 (m)	Erhöhungsfaktor Randbefestigung f_E							
	Einfeldsystem (E_L bzw. $E_H = 200$ mm)							
	Steifigkeit Platte ($1000 \cdot E \cdot I$)							
	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
0,4	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,5	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,6	1,031	1,013	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,7	1,113	1,097	1,081	1,069	1,040	1,012	1,000	1,000
0,8	1,211	1,185	1,170	1,156	1,130	1,104	1,078	1,056
0,9	1,322	1,271	1,257	1,243	1,216	1,192	1,168	1,144

Tabelle 41

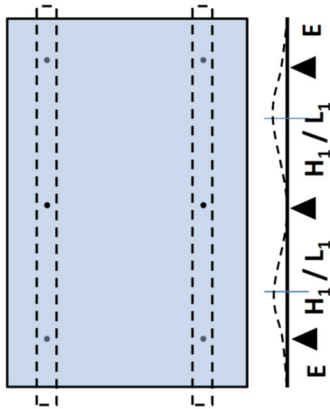


Bild 35

L_1 bzw. H_1 (m)	Erhöhungsfaktor Randbefestigung f_E Zweifeldsystem (E_L bzw. $E_H = 50$ mm) Steifigkeit Platte ($1000 \cdot E \cdot I$)							
	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
	0,4	1,193	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,5	1,444	1,167	1,019	1,037	1,046	1,065	1,074	1,093
0,6	1,696	1,352	1,160	1,040	1,032	1,040	1,048	1,056
0,7	1,942	1,547	1,309	1,158	1,014	1,022	1,029	1,036
0,8	2,265	1,800	1,529	1,342	1,103	1,019	1,026	1,032
0,9	2,587	2,070	1,756	1,535	1,256	1,081	1,052	1,017

Tabelle 42

L_1 bzw. H_1 (m)	Erhöhungsfaktor Randbefestigung f_E Zweifeldsystem (E_L bzw. $E_H = 100$ mm) Steifigkeit Platte ($1000 \cdot E \cdot I$)							
	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
	0,4	1,050	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,5	1,235	1,125	1,044	0,985	1,029	1,037	1,044	1,051
0,6	1,421	1,289	1,197	1,118	1,013	1,026	1,033	1,039
0,7	1,619	1,476	1,369	1,280	1,149	1,054	1,042	1,030
0,8	1,826	1,679	1,554	1,451	1,299	1,185	1,098	1,033
0,9	2,045	1,880	1,745	1,635	1,465	1,335	1,235	1,155

Tabelle 43

L_1 bzw. H_1 (m)	Erhöhungsfaktor Randbefestigung f_E Zweifeldsystem (E_L bzw. $E_H = 150$ mm) Steifigkeit Platte ($1000 \cdot E \cdot I$)							
	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
	0,4	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,5	1,024	1,015	1,006	1,012	1,012	1,018	1,024	1,030
0,6	1,166	1,110	1,072	1,033	1,017	1,017	1,022	1,028
0,7	1,311	1,255	1,204	1,163	1,092	1,036	0,995	1,020
0,8	1,453	1,392	1,340	1,292	1,217	1,151	1,099	1,057
0,9	1,610	1,535	1,478	1,430	1,346	1,276	1,215	1,167

Tabelle 44

L_1 bzw. H_1 (m)	Erhöhungsfaktor Randbefestigung f_E Zweifeldsystem (E_L bzw. $E_H = 200$ mm) Steifigkeit Platte ($1000 \cdot E \cdot I$)							
	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
	0,4	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,5	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,6	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,7	1,106	1,075	1,053	1,031	1,000	1,000	1,000	1,000
0,8	1,219	1,186	1,161	1,136	1,095	1,058	1,029	1,000
0,9	1,354	1,300	1,272	1,245	1,202	1,163	1,128	1,097

Tabelle 45

9 Abstandsmontage von Fassadenplatten

Wird die Befestigung auf Abstand montiert, muss die Auflagerverdrehung der Platte im Bereich der Befestigung begrenzt werden.

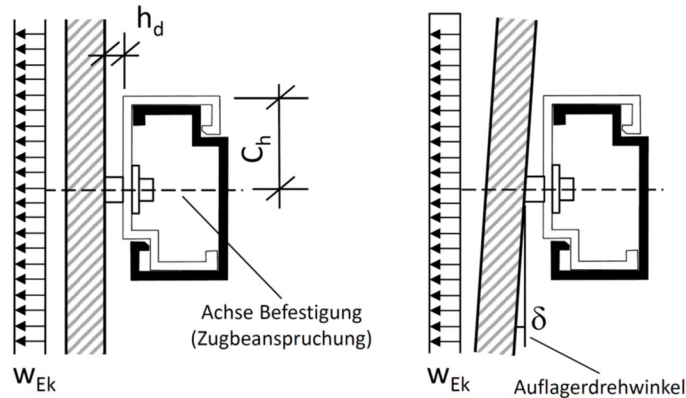


Bild 36: vertikale Auflagerverdrehung infolge Windbelastung

$$\delta \leq \delta_U / 2$$

$$\leq \arctan (h_d / C_h)$$

$$\delta = w_{Ek} \cdot \delta_0 \cdot f_v$$

$$f_v = \frac{10^7}{d^3 \cdot E}$$

mit

w_{Ek} = Windbelastung

δ = Auflagerverdrehung (Grad)

δ_U = maximal ermittelte Verdrehung durch Versuche

h_d = Abstand zwischen Fassadenplatte und Unterkonstruktion (mm)

C_h = Abstand zwischen Befestigungsachse und Agraffenrand (mm)

f_v = Faktor zur Berücksichtigung unterschiedlicher Materialien und Dicken

d = Plattendicke (mm)

E = Elastizitätsmodul (N/mm²)

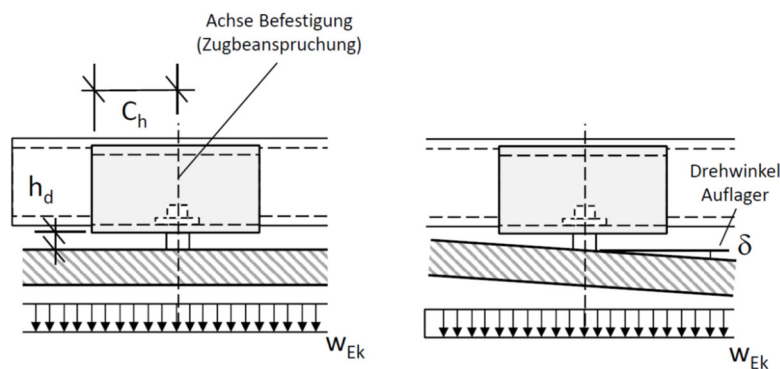


Bild 37: horizontale Auflagerverdrehung infolge Windbelastung

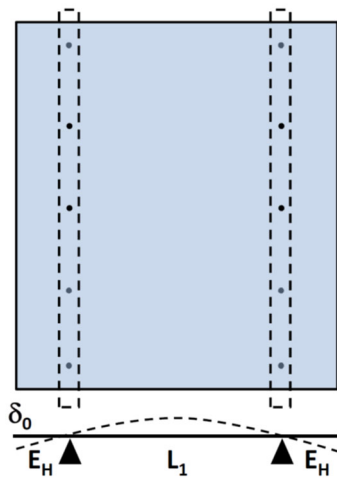


Bild 38

Auflagerverdrrehung Einfeldsystem δ_0 (Grad)						
L_1 (m)	Überstand E_H (m)					
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25
0,4	0,171	0,156	0,107	0,025	-0,091	-0,241
0,5	0,338	0,320	0,259	0,155	0,010	-0,179
0,6	0,589	0,568	0,495	0,370	0,196	-0,031
0,7	0,942	0,919	0,833	0,688	0,483	0,218
0,8	1,415	1,389	1,291	1,105	0,890	0,585
0,9	2,024	1,996	1,886	1,698	1,434	1,090

Tabelle 46

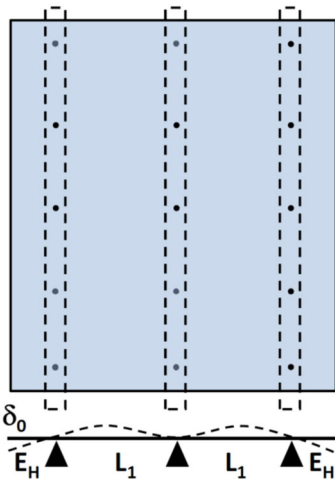


Bild 39

Auflagerverdrrehung Zweifeldsystem δ_0 (Grad)						
L_1 (m)	Überstand E_H (m)					
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25
0,4	0,086	0,078	0,054	0,012	-0,046	-0,122
0,5	0,168	0,159	0,128	0,077	0,004	-0,090
0,6	0,292	0,282	0,245	0,184	0,097	-0,016
0,7	0,466	0,455	0,413	0,340	0,239	0,106
0,8	0,700	0,687	0,639	0,556	0,440	0,289
0,9	1,000	0,987	0,933	0,840	0,709	0,539

Tabelle 47

10 Leibungsplatten

Leibungsplatten werden mit Winkel an der Fassadeplatte befestigt. Durch die Temperaturunterschiede zwischen Fassadeplatte und Leibung ergeben sich Verschiebungen, die die Winkel quer beanspruchen.

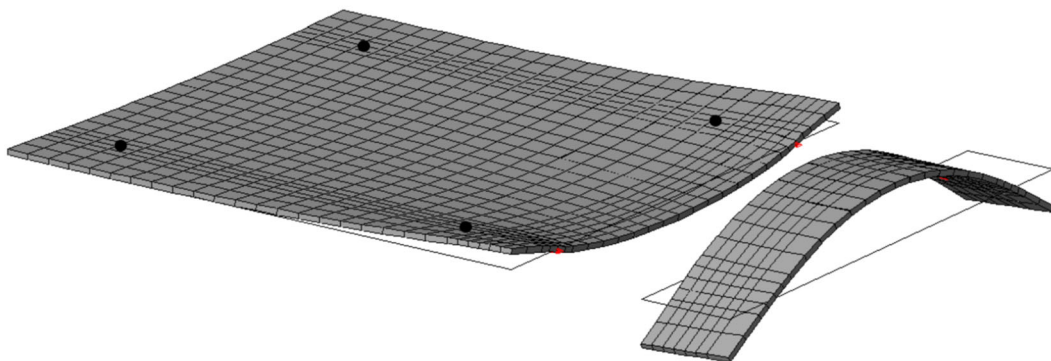


Bild 40: Verformung Platte / Leibung

Die hieraus resultierenden Kräfte der Winkelbefestigung sind von der Steifigkeit der Winkelverbindung abhängig.

Die Verschiebung der Winkel setzt sich aus den Verformungen der Fassadenplatte, des Winkels und der Leibung zusammen. Aus der resultierenden Verschiebung ergibt sich die Querkzugsteifigkeit der Winkelverbindung.

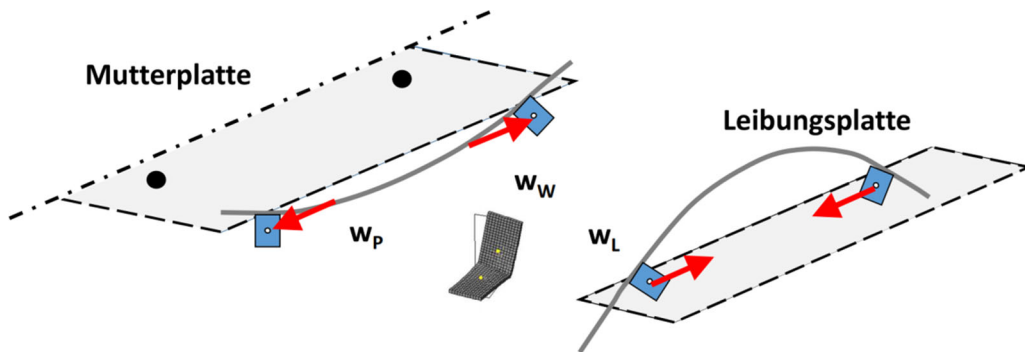


Bild 41: Verschiebungsanteile einer Winkelverbindung

10.1 Steifigkeit Winkel:

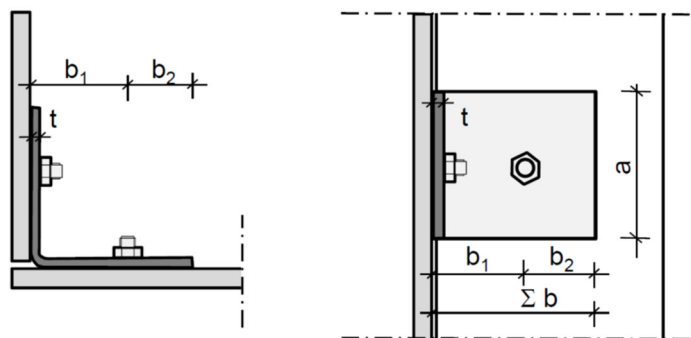


Bild 42: Abmessungen Winkelverbindung

Soweit keine objektbezogenen Berechnungen durchgeführt werden kann die Querkzugsteifigkeit bzw. Verformung für die jeweiligen Bauteile vereinfachend ermittelt werden.

Die Steifigkeit der Winkel kann für Schraubendrehmomente von 4 Nm und 10 Nm ermittelt werden.

$M_D = 4 \text{ Nm}$	$M_D = 10 \text{ Nm}$
$c = 14,394 \cdot b_1^{-0,683}$	$c = 21,083 \cdot b_1^{-0,828}$
$d = 0,0282 \cdot b_1^{0,6189}$	$d = 0,0311 \cdot b_1^{0,6447}$
$f = 0,0005$	$f = 0,0010$

$$t_E = t \cdot \sqrt[3]{\frac{E_W}{70000}}$$

$$e = c \cdot t_E^d$$

$$C_{q,w} = f \cdot a^e$$

Federsteifigkeit Winkel

$$f_s = \frac{b_1}{50} \quad \text{Faktor für die Lage der Schraube der Winkelverbindung}$$

$$f_{st} = \frac{70000}{E} \cdot \left(\frac{12}{d}\right)^3 \quad \text{Faktor Plattensteifigkeit}$$

10.2 Steifigkeit Platte:

Je nach horizontalem Abstand zwischen Befestigung und Winkelverbindung kann eine gegenüber der Befestigung der Fassadeplatte eine versetzte Anordnung der Winkelverbindungen erforderlich sein.

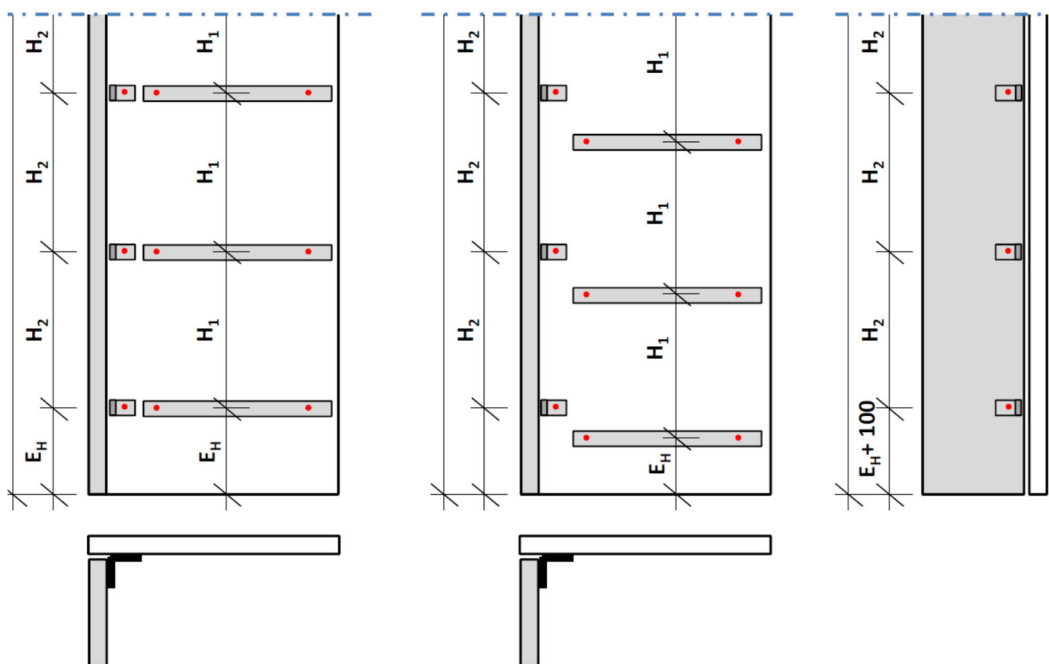


Bild 43: Winkel mit und ohne Versatz

ohne Versatz der Winkel

$$n_w = 2 \quad w_p = (-0,0971 \cdot H_2^2 + 0,2764 \cdot H_2 + 0,0962) \cdot f_s \cdot f_{st}$$

$$n_w \geq 3 \quad w_p = (-0,0807 \cdot H_2^2 + 0,2230 \cdot H_2 + 0,0484) \cdot f_s \cdot f_{st}$$

mit Versatz der Winkel

$$n_w = 2 \quad w_p = (0,0550 \cdot H_2^2 - 0,0351 \cdot H_2 + 0,1113) \cdot f_s \cdot f_{st}$$

$$n_w \geq 3 \quad w_p = (-0,0557 \cdot H_2^2 + 0,1359 \cdot H_2 + 0,0518) \cdot f_s \cdot f_{st}$$

10.3 Steifigkeit Leibung:

$$n_w = 2 \quad w_L = (0,0679 \cdot L_B^{-0,947} \cdot H_2 + 0,2297 \cdot L_B - 0,0244) \cdot f_s \cdot f_{st}$$

$$n_w \geq 3 \quad w_L = (0,0679 \cdot L_B^{-0,947} \cdot H_2 + 0,2297 \cdot L_B - 0,0244) \cdot f_s \cdot f_{st}$$

$$w_w = \frac{1}{C_{q,W}} \quad \text{Federsteifigkeit Leibung}$$

10.4 wirksame Steifigkeit Winkel:

$$w = w_p + w_L + w_w$$

$$C_q = \frac{1}{w_p + w_L + w_w} \quad \text{resultierende Federsteifigkeit Winkel}$$

10.5 Belastung Befestigung:

Je nach horizontalem Abstand zwischen Befestigung und Winkelverbindung kann eine gegenüber der Befestigung der Fassadeplatte eine versetzte Anordnung der Winkelverbindungen erforderlich sein.

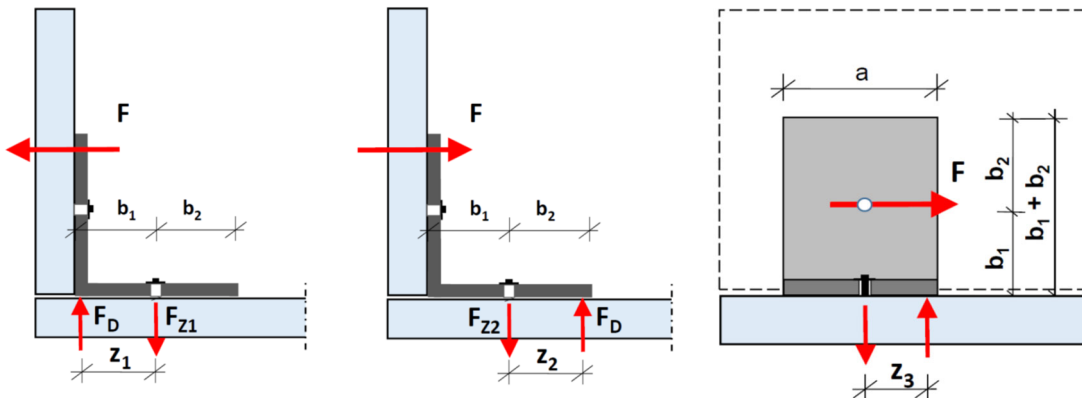


Bild 44: normale Winkelbreite

$$\Delta L = 0,5 \cdot (n_w - 1) \cdot H_2 \cdot \Delta T \cdot \alpha_T$$

$$F = C_q \cdot \Delta L \quad \text{Querzugbeanspruchung Winkel}$$

In der Gleichung bedeuten

H_2 (m)	Abstand der äußeren Winkel
n_w	Anzahl Winkelverbindungen
ΔL (mm)	Verschiebung Winkel aus Temperatur
α_T (m/mK)	Wärmeausdehnungskoeffizient
ΔT (Kelvin)	Temperaturdifferenz

Der Hebelarm zur Ermittlung der Beanspruchung der Befestigung wird mit einem konstanten Faktor von 5 / 6 für alle Beanspruchungsrichtungen angenommen. Der real wirksame Hebelarm ist vom Verhältnis Randabstand und Winkeldicke abhängig.

$$z_1 = \frac{5 \cdot b_1}{6} \qquad z_2 = \frac{5 \cdot b_2}{6} \qquad z_3 = \frac{5 \cdot a}{2 \cdot 6}$$

$$F = C_q \cdot \Delta L$$

$$F_{z1} = \frac{F \cdot L_B}{2 \cdot z_1} \qquad F_{z2} = \frac{F \cdot L_B}{2 \cdot z_2} \qquad F_{z3} = \frac{F \cdot b_1}{z_3}$$

11 Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit**11.1 Nachweis Fassadenplatte**

$$\sigma_{Rd} = \frac{\sigma_{Rk}}{\gamma_M}$$

$$\frac{\sigma_{Ed,2}}{\sigma_{Rd}} \leq 1,0 \qquad \frac{\sigma_{Ed,3}}{\sigma_{Rd}} \leq 1,0 \qquad \frac{\sigma_{Ed,4}}{\sigma_{Rd}} \leq 1,0$$

11.2 Nachweis Befestigung

$$N_{Rd} = \frac{N_{Rk}}{\gamma_M} \qquad V_{Rd} = \frac{V_{Rk}}{\gamma_M}$$

$$\frac{N_{\max,Ed,E}}{N_{Rd}} \leq 1,0 \qquad \frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{N_{1,Ed,E}}{N_{Rd}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq X$$

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}}\right)^Y + \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}}\right)^Y \leq 1,0$$

N_{Ed} = Bemessungswert der vorhandenen Zuglast / Drucklast des Verbindungselements

N_{Rd} = Bemessungswert der Tragfähigkeit des Befestigungsmittels unter Zug- oder Druckbelastung nach Gleichung (26)

V_{Ed} = Bemessungswert der vorhandenen Querkzuglast des Verbindungselements

V_{Rd} = Bemessungswert der Tragfähigkeit des Befestigungsmittels unter Querkzugbelastung nach Gleichung (26)

X = Grenzwert für lineare Interaktion zentrischer Zug / Querkzug

Y = Exponent für Interaktion zentrischer Zug / Querkzug

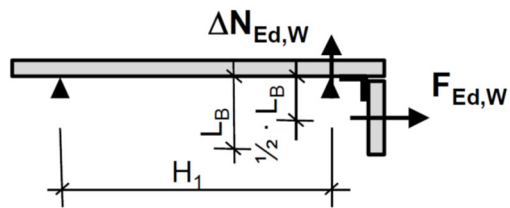


Bild 45: Zusatzbeanspruchung aus Windbelastung Leibung

$$F_{Ed,W} \approx w_{Ed} \cdot L_B \cdot H_1$$

$$\Delta N_{Ed,W} \approx \frac{F_{W,Ed} \cdot L_B}{2 \cdot L_1}$$