

**FS1 Fiedler Stöffler · Ziviltechniker GmbH**

A-6020 Innsbruck · Wilhelm-Greil-Straße 18 · Tel. 0512.26.04.40



**DI Dr. Michael Fiedler**

**Glasbemessung**

**Die Inhalte dieses Vortrages wurden mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Es wird jedoch keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der bereitgestellten Inhalte übernommen. Die Nutzung der Inhalte erfolgt auf eigene Gefahr des Nutzers.**

# Europäische Bauteilbemessung

- **Umstellung auf neues Normenkonzept  
EUROCODE**
- **Lasten auf Grundlage der 50-jährigen Wiederkehr**
- **Angabe von Regeln für Lastkombinationen**
- **Bemessungsregeln**  
**Tragfähigkeit**  
**Gebrauchstauglichkeit**

# Sicherheit von Bauwerken / Bauteilen

## Anforderungen an ein Tragwerk

- Standsicherheit
- Tragfähigkeit
- Gebrauchstauglichkeit
- Resttragfähigkeit

## Risikobehandlung

- Begrenzung der Versagenswahrscheinlichkeit
- Begrenzung des Schadensumfanges

# Gegenüberstellung von Beanspruchungen und Bauteil-Widerständen

- Beanspruchung durch
  - Eigengewicht
  - Nutzlasten
  - Atmosphärische Lasten (Wind, Schnee)
- Bauteil-Widerstand
  - Werkstoff-Festigkeit
  - Querschnitts-Festigkeit
  - Tragfähigkeit des Bauteils

## **Einwirkungen**

- **Charakteristische Einwirkungen nach**
  - **den einschlägigen Belastungsnormen**
  - **Behördenvorschreibungen (Lawinendruck)**
- **Druck- und Temperaturdifferenz bei Isolierverglasungen**
  - **Berücksichtigung der Klimalasten**
- **Kombinationsregeln nach EN 1990**
  - **Klimalasten wie Temperatureinwirkungen betrachten**
  - **Ausfall der oberen Scheibe als außergewöhnlicher Lastfall zu behandeln**

# Einwirkungen auf Tragwerke

- **Eigengewicht** (ÖNORM B/EN 1991-1-1)
- **Schnee** (ÖNORM B/EN 1991-1-3)
- **Wind** (ÖNORM B/EN 1991-1-4)
- **Verkehrslasten** (ÖNORM B/EN 1991-1-1)
  
- **Klimalasten (Isolierglas)** (ÖNORM B 3716-1)
- **Stoßlasten** (ÖNORM B 3716-3)

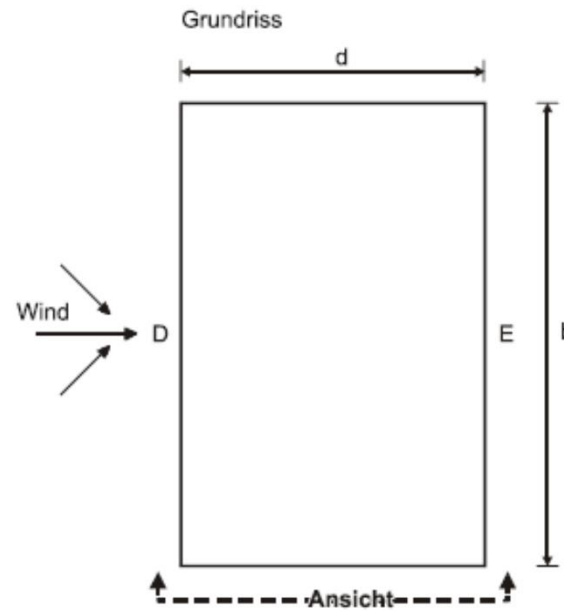
# Nutzlasten nach ÖNORM B/EN 1991-1-1

- Einteilung der Gebäude in Nutzungskategorien
  - Kategorie A: Wohnflächen
  - Kategorie B: Büroflächen
  - Kategorie C: Flächen mit Personenansammlungen
  - Kategorie D: Verkaufsflächen
  - Kategorie H: Dachflächen
- Horizontallasten
  - Linienlast: zwischen 0,5 und 3,0 kN/m
- Vertikallasten
  - Gleichlast: zwischen 2,0 und 5,0 kN/m<sup>2</sup>
  - Punktlast: zwischen 1,5 und 5 kN für Begeh- und Betretbarkeit
  - Punktlast 1,0 kN an Dachkanten und Gesimsen (B 8.1.3)



# Windlasten

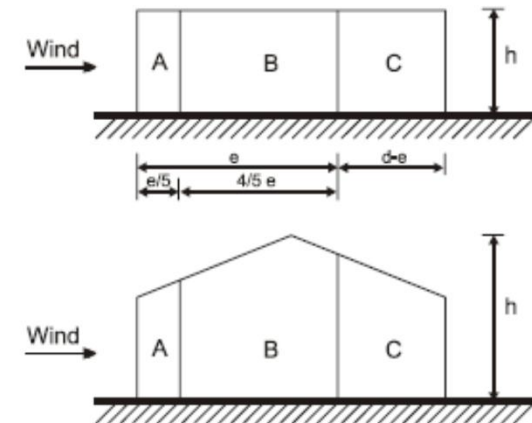
## Winddruck auf Wände



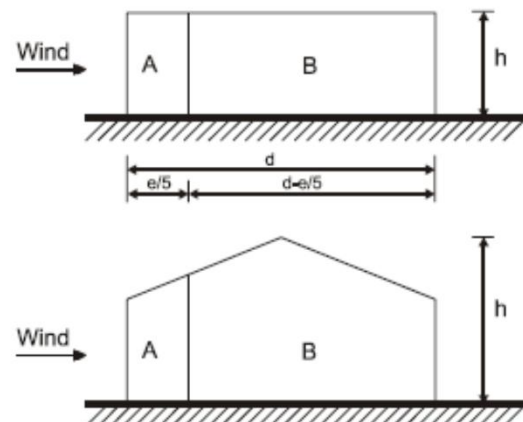
$e = b$  oder  $2h$ ,  
der kleinere Wert ist maßgebend

b: Abmessung quer zum Wind

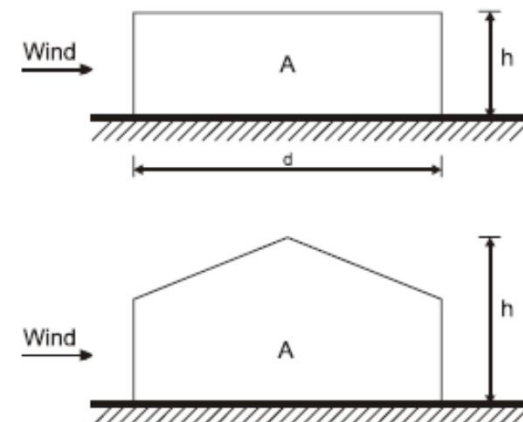
**Ansicht für  $e < d$**



**Ansicht für  $e \geq d$**



**Ansicht für  $e \geq 5d$**



## Sonderfall Isolierglas - Klimalasten

### Druck- und Temperaturdifferenz bei Isolierverglasungen

Einwirkungs- kombination	$\Delta T$ in K	$\Delta p_{\text{met}}$ in kN/m <sup>2</sup>	$\Delta H$ in m	$p_0$ in kN/m <sup>2</sup>
Sommer	+20	-2	+600	+16
Winter	-25	+4	-300	-16

**Es bedeutet:**

$-\Delta T$  Temperaturdifferenz zwischen Herstellung und Gebrauch,

$-\Delta p_{\text{met}}$  Differenz des meteorologischen Luftdrucks am Einbauort und bei der Herstellung,

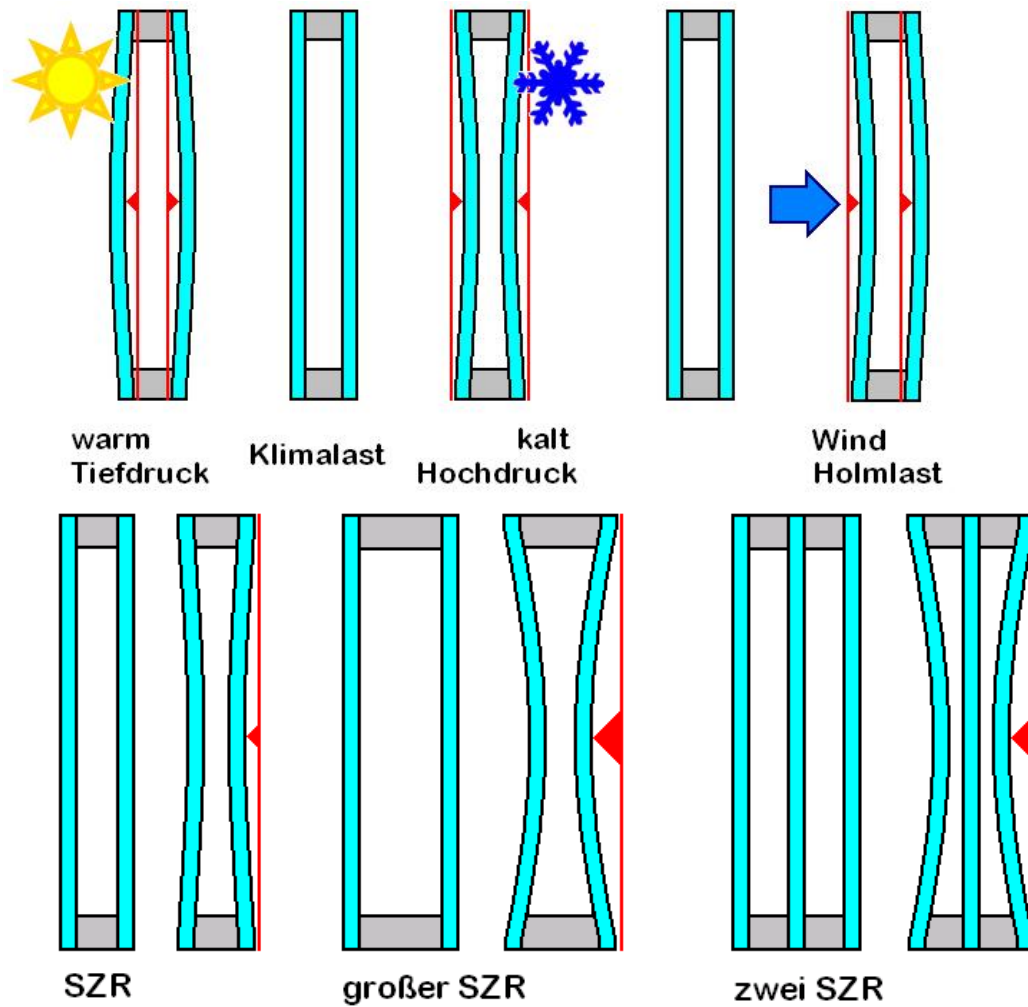
$-\Delta H$  Differenz der Ortshöhe zwischen Einbauort und Herstellungsort,

$-p_0$  aus  $\Delta T$ ,  $\Delta p_{\text{met}}$  und  $\Delta H$  resultierender isochorer Druck (siehe Gleichung A5 in Anhang A).

Falls die Differenz der Ortshöhen  $\Delta H$  bekannt ist, so ist statt der Rechenwerte nach Tabelle 2 der tatsächliche Wert zu berücksichtigen.

Voraussetzung für den Ansatz der Rechenwerte für die Temperaturdifferenz  $\Delta T$  nach Tabelle 2 ist die Verwendung von Isolierglas, das einen Gesamtabsorptionsgrad von weniger als 30 % aufweist und nicht durch andere Bauteile oder Sonnenschutzeinrichtungen aufgeheizt wird.

# Klimalasten



## **Glasbruch durch Klimalasten**



## **Klimalasten**

- **Achtung bei gebogenen Scheiben**
- **Hohe Steifigkeit – Dadurch hohe Spannungen**
- **Floatglas problematisch**

## Rechenwerte der Belastungen

- Bisher Grundwerte der Belastungen aus den jeweiligen Belastungsnormen  
= **Charakteristische Werte**
- Tatsächlich auftretende Werte ohne Sicherheiten
- Einführung eines Sicherheitsbeiwertes

- Für ständig wirkende Lasten

$$\gamma_G = 1,35$$

- Für veränderliche Lasten

$$\gamma_F = 1,5$$

- Für außergewöhnliche Lasten

$$\gamma_A = 1,0$$

## Rechenwerte der Belastungen

- Rechenwerte: charakteristische Werte mal Sicherheitsbeiwert = **Designlasten**
- Gewichtslasten
  - $S_d = 1,35 G_k$
- Windlasten
  - $w_d = 1,5 w_k$
- Schneelasten
  - $s_d = 1,5 s_k$
- Anpralllasten
  - $A_d = 1,0 A_k$

## Lastkombinationen, EN 1990

- Gleichzeitiges Auftreten von Belastungen unter Einbeziehung der Häufigkeit des Auftretens
- Kombinationsbeiwerte  $\psi$

Bemessungssituation	ständige Einwirkungen $G_d$	Vorübergehende oder veränderliche Einwirkungen $Q_d$		außergewöhnliche Einwirkungen $A_d$
		führende veränderliche Einwirkung	begleitende veränderliche Einwirkungen	
Ständig und Vorübergehend	$\gamma_G \cdot G_k$	$\gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$	---
Außergewöhnlich	$\gamma_{GA} \cdot G_k$	$\psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$	$\gamma_A \cdot A_k$ (sofern $A_d$ nicht direkt festgelegt wird)
Erdbeben	$G_k$	$\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$	$\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$	$\gamma_I \cdot A_{Ed}$



## Lastkombinationen, EN 1990

### Vertikalverglasungen, Tragfähigkeit

- Wind und Nutzlast
  - $S_d = 1,35 G_k + 1,5 W_k + 1,05 H_k$
  - Oder
  - $S_d = 1,35 G_k + 0,9 W_k + 1,5 H_k$
- Weicher Stoß
  - $S_d = 1,35 G_k + 1,0 A_k$

# Resttragfähigkeit



# Tragfähigkeit der Konstruktion



## **OIB-Richtlinie 4**

### **Relevante Bestimmungen für Verglasungen**

- **4.3 Verglasungen mit absturzsichernder Funktion**
- **5.1 Glastüren und Verglasungen ohne absturzsichernde Funktion**
- **5.3 Glasdächer, Oberlichten, Dachflächenfenster und Glashäuser (Horizontalverglasungen)**

# **OIB-Richtlinie 4**

## **Absturzsichernde Verglasungen**

- **Verwendung von geeignetem VSG**
- **Bei Isolierglas mind. eine Scheibe aus VSG**
- **Die „Eignung“ des VSG ist von der Lagerung, der Dicke und der Art und Größe der Scheibe abhängig**

# **OIB-Richtlinie 4**

## **Nicht absturzsichernde Verglasungen**

- **Geeignetes Sicherheitsglas**
  - Bis 1,5 m Höhe bei möglichem Menschengedränge
  - Bis 1,0 m Höhe in allen anderen Fällen
- **Ausnahmen**
  - Fenster mit Parapethöhe von mind. 85 cm
  - Bei Vorhandensein von Schutzvorrichtungen oder konstruktiven Maßnahmen gegen Gefahr bringendes Splintern sind auch andere Glasarten zulässig
  - Konstruktive Maßnahmen: Anbringung von Schutzgittern, Sperrflächen, entsprechende Bemessung mit vierseitiger Lagerung

# **OIB-Richtlinie 4**

## **Verglasungen in Türen, Ganzglastüren**

- **Verwendung von geeignetem Sicherheitsglas**
- **Ausnahme**
  - **Bei konstruktiven Maßnahmen gegen Gefahr bringendes Splintern sind auch andere Glasarten zulässig**
  - **Nach den FAQ ist unter den konstruktiven Maßnahmen auch eine entsprechende Bemessung zu verstehen**

## OIB-Richtlinie 4

### Vertikale Verglasungen mit Absturzhöhen über 4 m

- **Verwendung von Floatglas oder geeignetem VSG**
- **Ausnahme:**
  - **Bei Schutzvorrichtungen oder konstruktiven Maßnahmen gegen Gefährdung von Personen durch herabfallende Glasteile ist ESG zulässig**
  - **ESG-HST nach ÖNORM EN 14179-2 gilt als Ausnahme im Sinne einer „konstruktiven Maßnahme“, wenn dieses CE-gekennzeichnet**  
**Nur bei vierseitiger Lagerung**



# **OIB-Richtlinie 4**

## **Horizontal-Verglasungen**

- **Verwendung von geeignetem VSG**
- **Bei Isolierglas die unterste Scheibe aus VSG**
- **Die „Eignung“ des VSG ist hinsichtlich der Resttragfähigkeit zu beurteilen (kein VSG/ESG)**
- **Ausnahme**
  - **Bei Schutzvorrichtungen auch andere Glasarten**
  - **Schutznetze**

# ÖNORM B 3716

- **ÖNORM B 3716-1 (02.2013):** Glas im Bauwesen – Konstruktiver Glasbau  
**Teil 1: Grundlagen**
- **ÖNORM B 3716-2 (04.2013):** Glas im Bauwesen – Konstruktiver Glasbau  
**Teil 2: Linienförmig gelagerte Verglasungen**
- **ÖNORM B 3716-3 (11.2009):** Glas im Bauwesen – Konstruktiver Glasbau  
**Teil 3: Absturzsichernde Verglasungen**
- **ÖNORM B 3716-4 (11.2009):** Glas im Bauwesen – Konstruktiver Glasbau  
**Teil 4: Begehbare und befahrbare Verglasungen**
- **ÖNORM B 3716-5 (04.2013):** Glas im Bauwesen – Konstruktiver Glasbau  
**Teil 5: Punktförmig gelagerte Verglasungen**

# **ÖNORM B 3716-1: Glas im Bauwesen**

## **Konstruktiver Glasbau Teil 1: Grundlagen**

- **Ausgabedatum 02.2013**
- **Anwendungsbereich**
  - **Grundlagen des Konstruktiven Glasbaus**
  - **Gilt für alle Verglasungskonstruktionen, die nicht in anderen Normen geregelt sind**

**Klotzung**

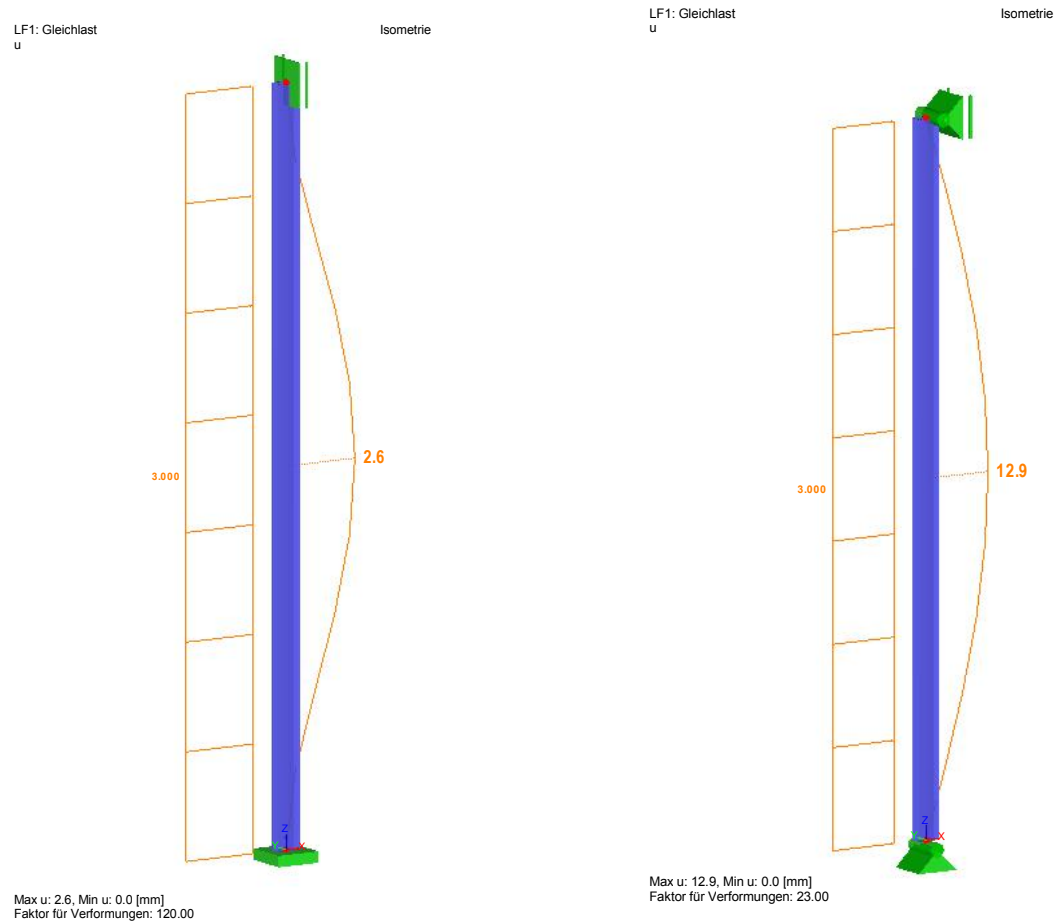


## **Diskontinuierliche Lagerung**



## Modellierung der Lagerung

- Unterschied Einspannung – gelenkige Lagerung



**Faktor 5 bei den  
Verformungen**

## Modellierung der Lagerung

- Unterschied Einspannung – gelenkige Lagerung



- **Glasaufbau eingebaut**  
**10 ESG / 6 ESG / 8 ESG**  
nachträglich „schöngerechnet“ mit  
Einspannung unten
- **Glashöhe 3024 mm**
- **Verformungen unter Windlast 60,6 mm**
- **Zulässige Verformung  $L/70 = 43,2$  mm**
- **Glasaufbau benötigt**  
**12 ESG / 6 ESG / 8 ESG**
- **Verstärkung Flachstahl 50x25**

## Berechnung 4seitig – Einbau 2seitig

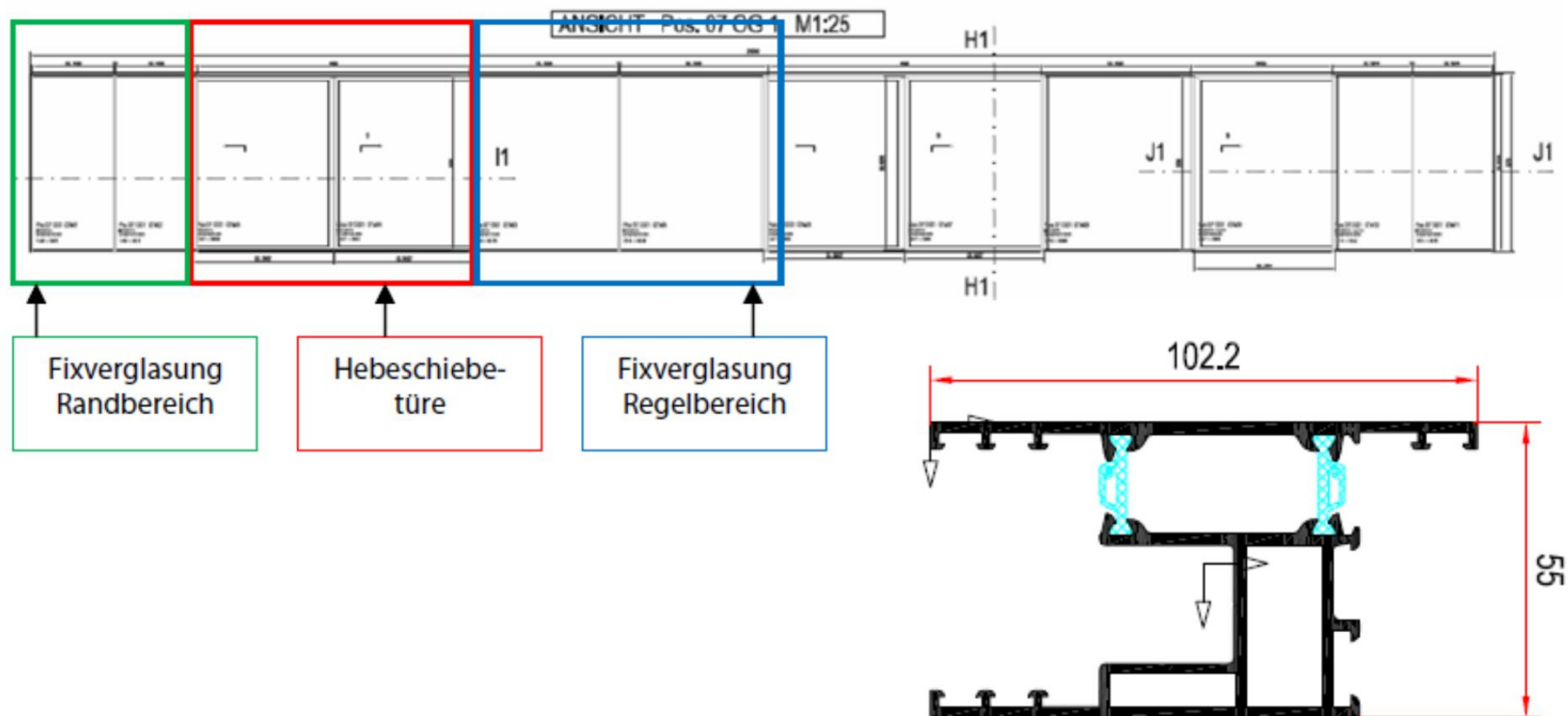


- **Eingebauter Glasaufbau 10 mm ESG /SZR / 8 mm ESG**
- **Glashöhe 3904 mm**
- **Verformungen unter Winddruck 270 mm**
- **Sehnenverkürzung größer als Glaseinstand**

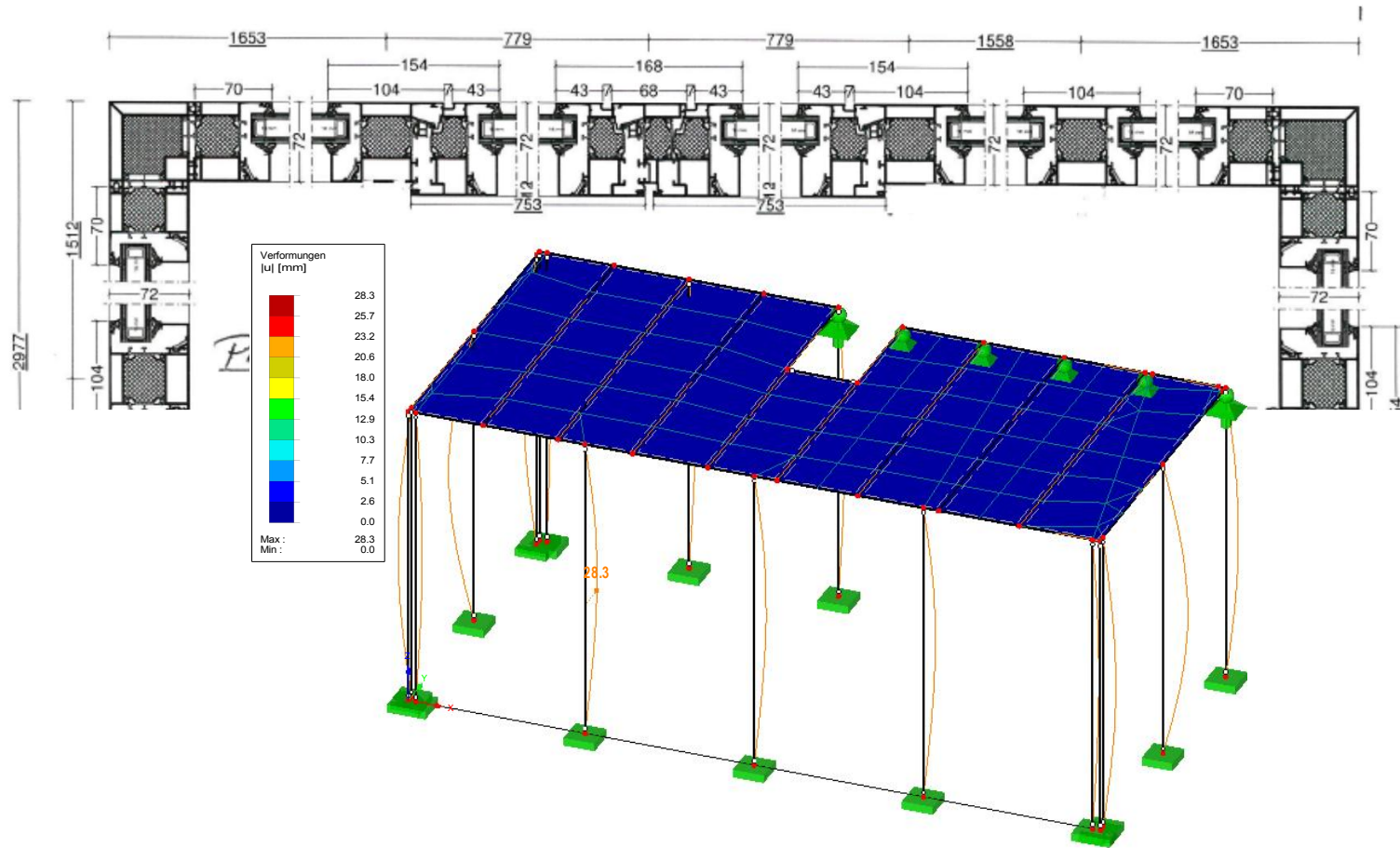


## Modellierung der Lagerung - Rahmensteifigkeit

- Linienförmige Lagerung nur wenn  $u < L/200$
- Problematik weiche Rahmen

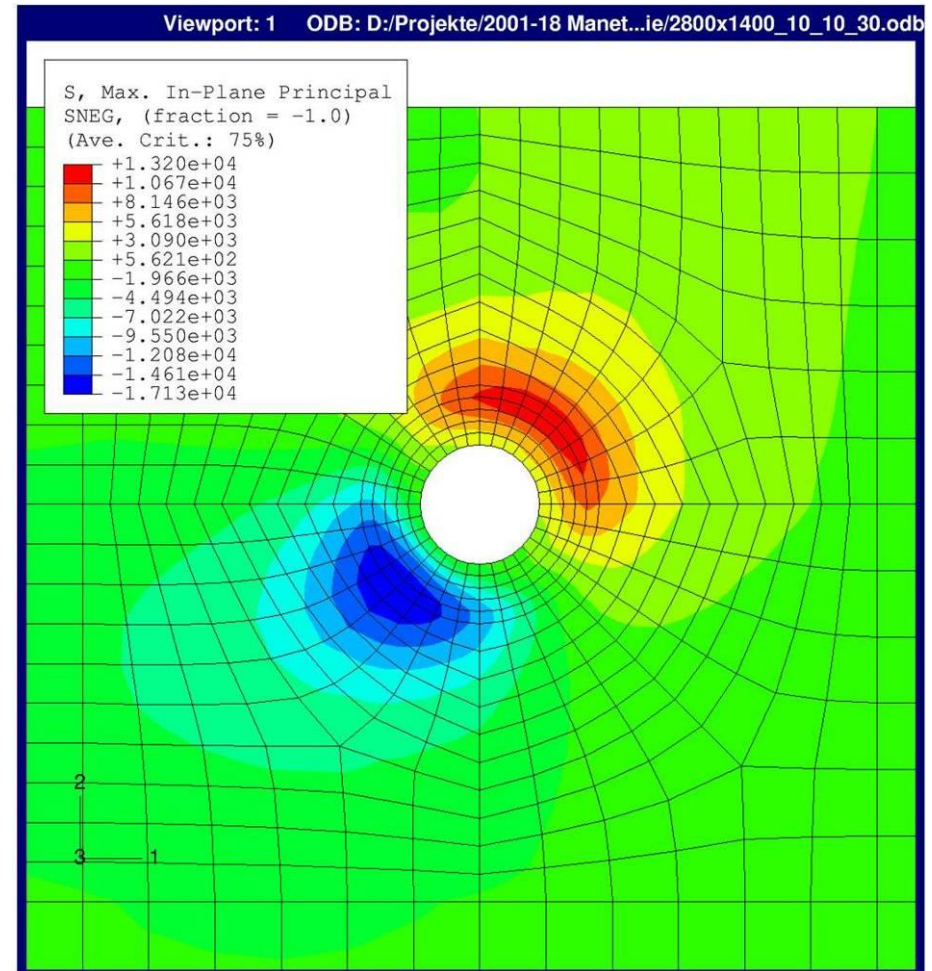


# Modellierung der Lagerung - Rahmensteifigkeit



# Spannungskonzentrationen

- Berücksichtigung von
  - Lochbohrungen
  - Durchbrüchen
  - Einsatzecken



# Spannungskonzentrationen

**Klemmung  
in Teilbereichen**



# Terrassentrennwand

Windlasten für frei stehende Wände

$c_{p,net} = 1,2$  bis  $1,4$   $w_k = 1,0$  kN/m<sup>2</sup> und mehr

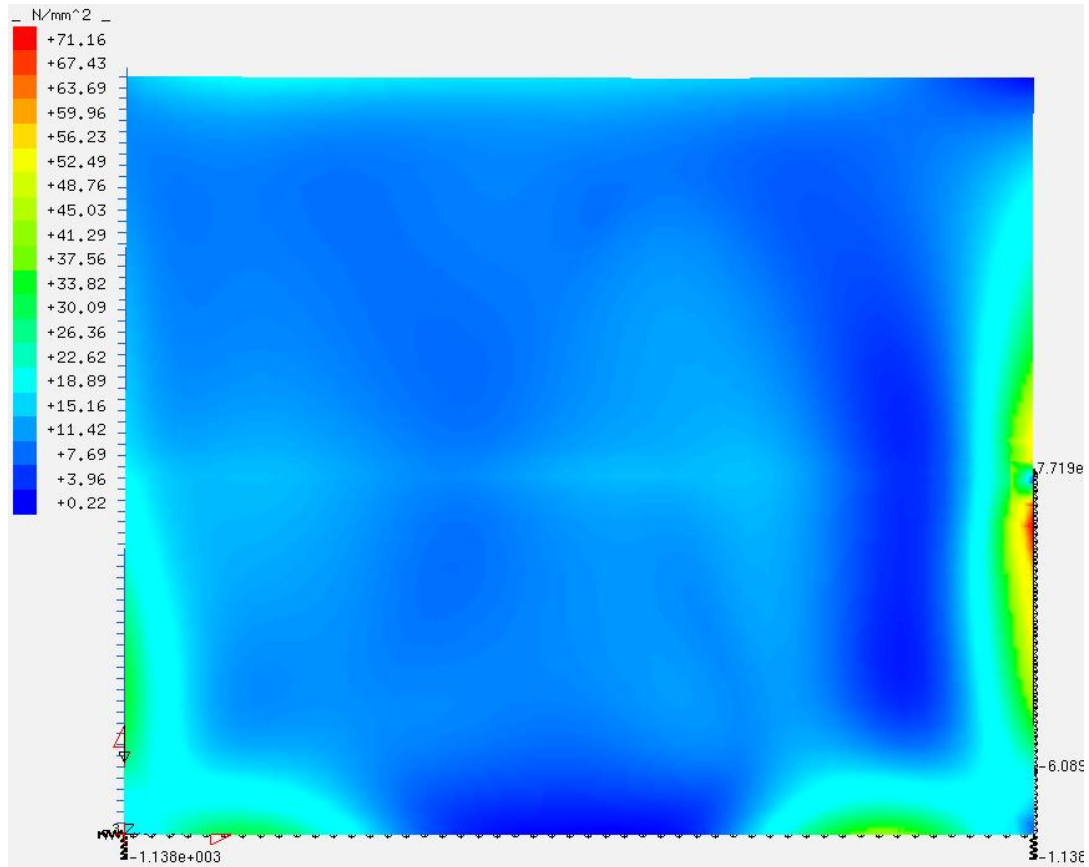


# Terrassentrennwand

**Offt unterbrochene Lagerungen und VSG / Float**



# Terrassentrennwand

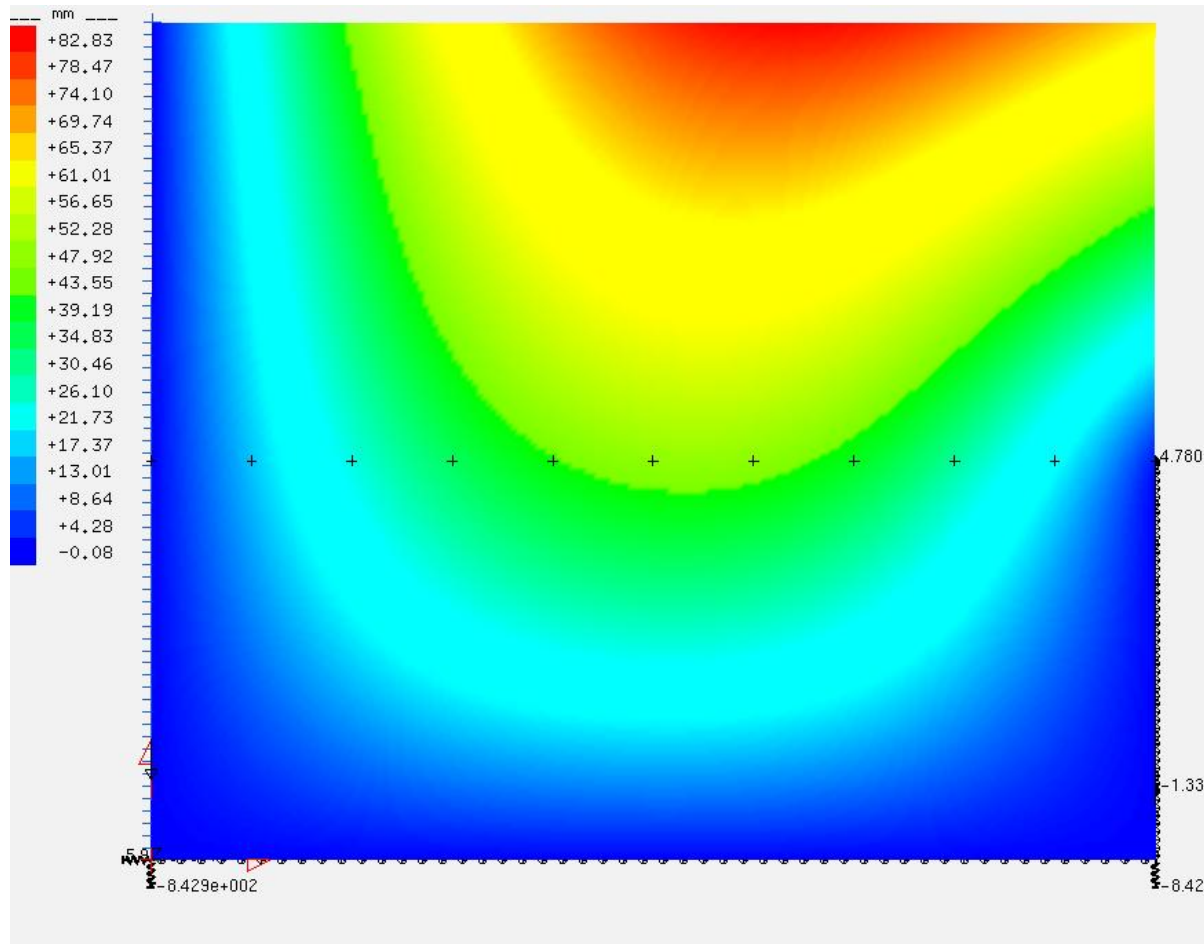


**Breite 2500 mm**  
**Höhe 2100 mm**  
**Eingebaut VSG 2x6 Float**  
**Lagerung**  
**Links und unten**  
**Rechts teilweise**

**Erforderlicher**  
**Glasaufbau**  
**VSG 2x8 TVG**

**Hohe Spannungen an den Enden der Linienlagerungen**

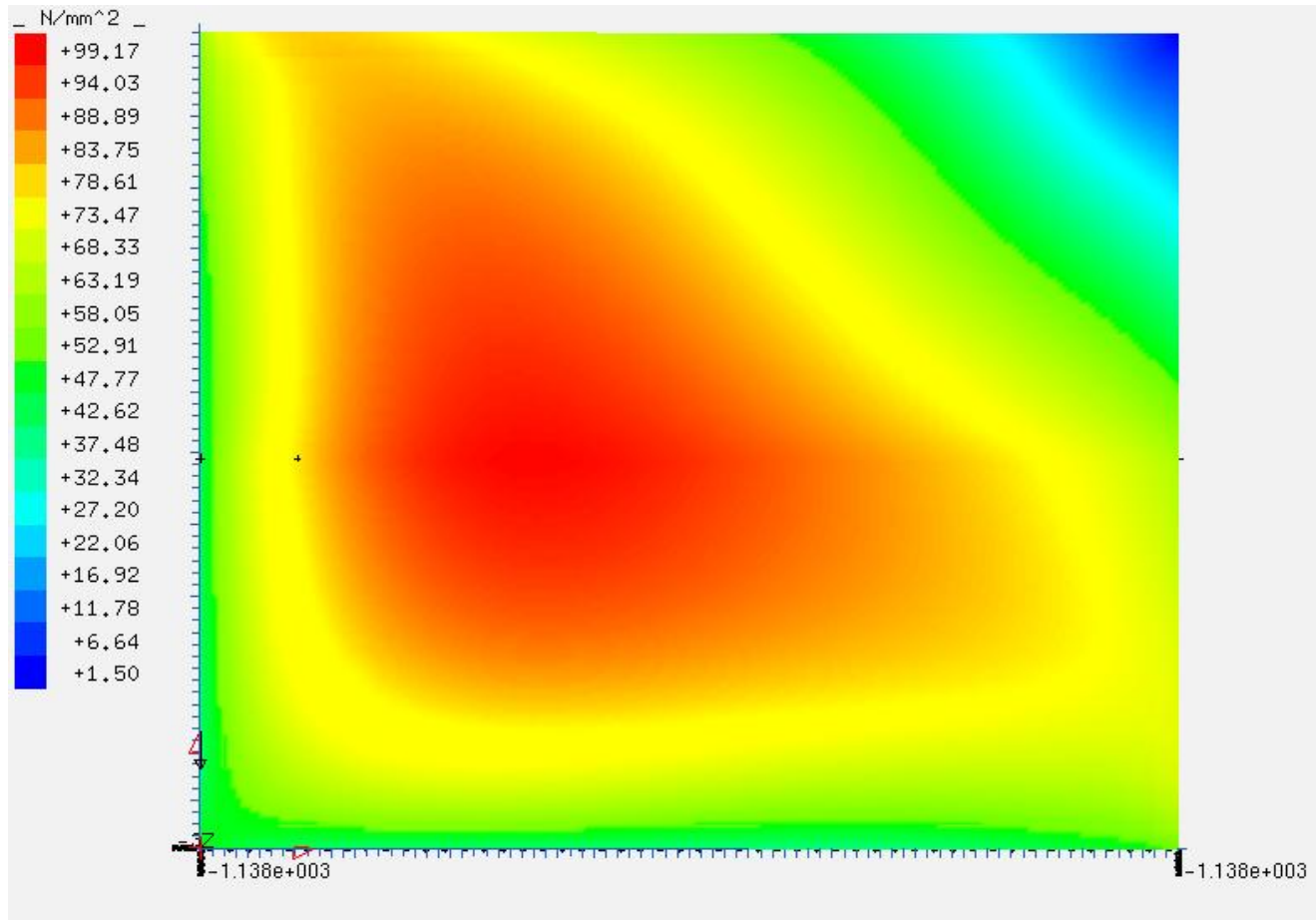
# Terrassentrennwand



Hohe Verformungen



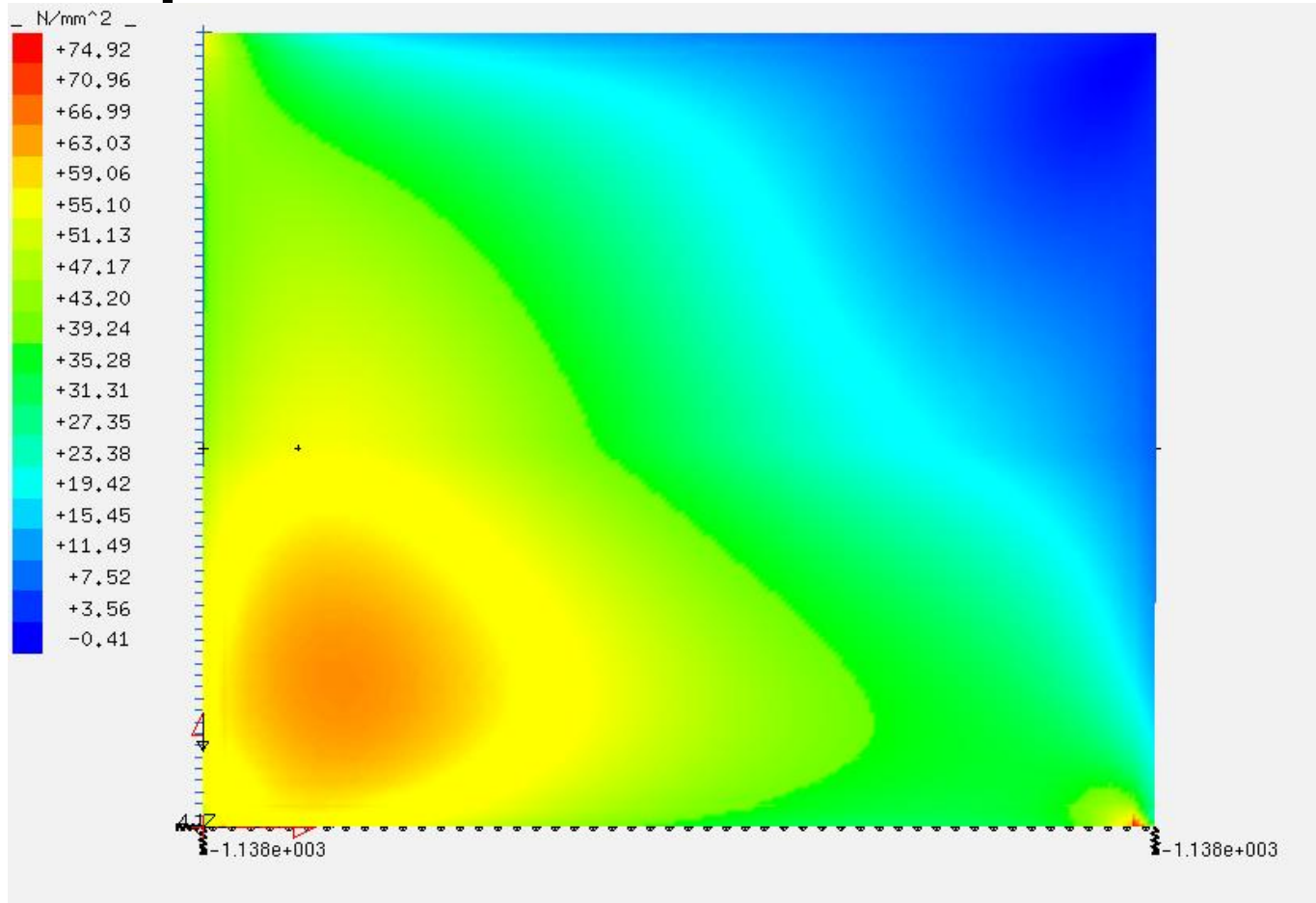
# Terrassentrennwand



**Breite 2500 mm**  
**Höhe 2100 mm**  
**VSG 2x6 Float**  
**Lagerung**  
**Links und unten**

**Hohe Spannungen**

## Beispiel Terrassentrennwand



Hohe Spannungen an den Enden der Linienlagerungen

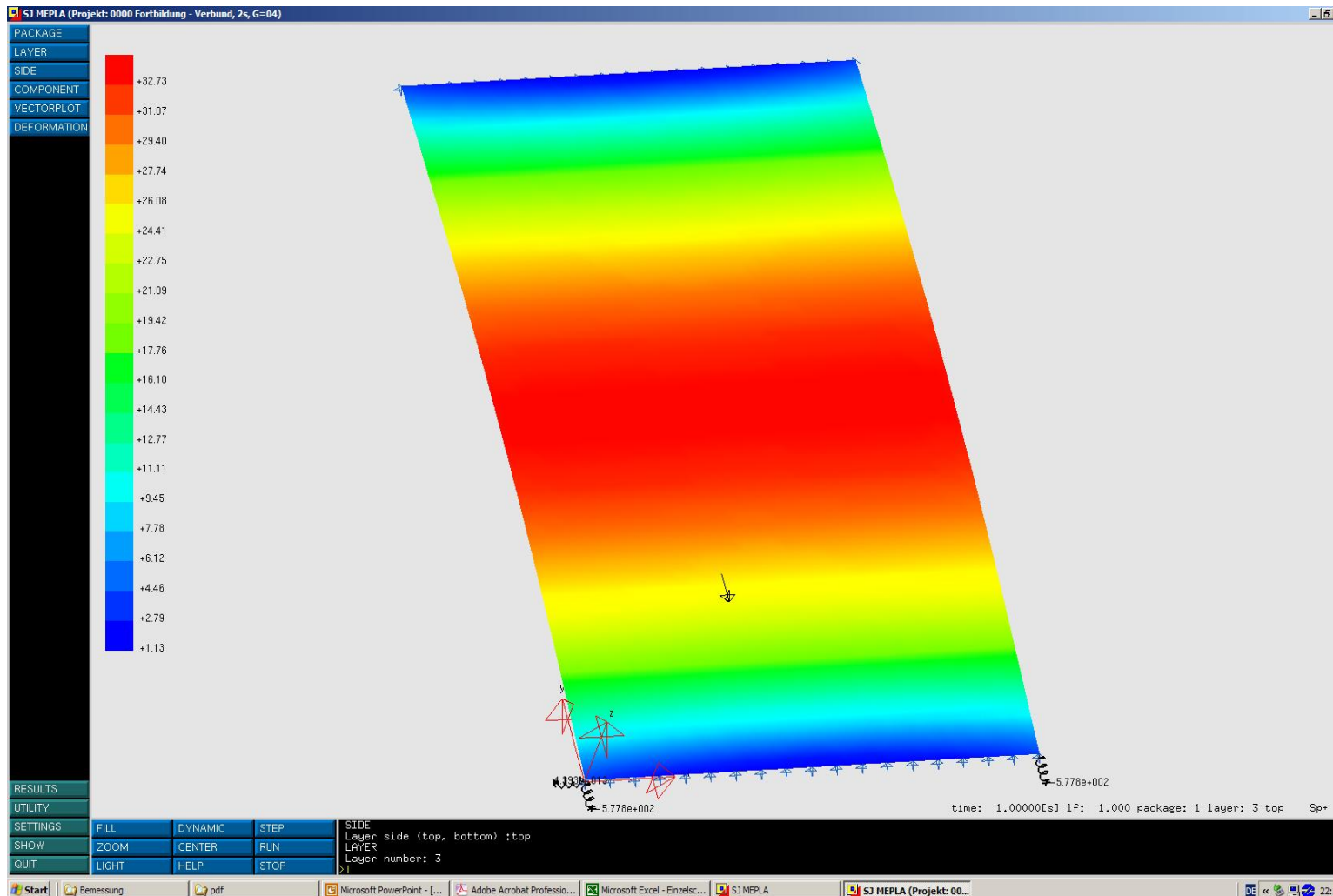
## Schubverbund bei VSG

- **Nur bei**
  - **Vertikalverglasungen ( $\alpha < 15^\circ$ )**
  - **Kurzfristigen Einwirkungen (Wind, Holmlast)**
  - **VSG mit PVB-Folie**
    - **Reißfestigkeit  $> 20 \text{ N/mm}^2$**
    - **Bruchdehnung  $> 250\%$**
- **Schubmodul  $G = 0,4 \text{ N/mm}^2$**
- **Bei Stoßbelastung voller Verbund**
- **Randverbund nicht berücksichtigt**
- **Bei ungünstiger Wirkung voller Verbund**

## Beispiel

- **Einfachverglasung**
  - **1500 x 2500 mm**
  - **Vierseitige und zweiseitige Lagerung**
  - **Belastung  $p = 1,0 \text{ kN/m}^2$**
- **Schubverbund**
  - **Ohne Schubverbund,  $G = 0 \text{ N/mm}^2$**
  - **Schubverbund  $G = 0,4 \text{ N/mm}^2$**
  - **Voller Verbund  $G = \infty$**

# Beispiel



## Beispiel

Vierseitige Lagerung	G=0	$\sigma = 13,1 \text{ N/mm}^2$	u = 12,9 mm
	G=0,4	$\sigma = 10,1 \text{ N/mm}^2$	u = 5,5 mm
	voll	$\sigma = 8,1 \text{ N/mm}^2$	u = 4,0 mm
Zweiseitige Lagerung	G=0	$\sigma = 60,2 \text{ N/mm}^2$	u = 181 mm
	G=0,4	$\sigma = 32,7 \text{ N/mm}^2$	u = 62,3 mm
	voll	$\sigma = 29,4 \text{ N/mm}^2$	u = 43,1 mm

# Loggienverglasungen

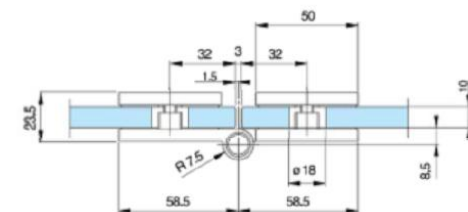
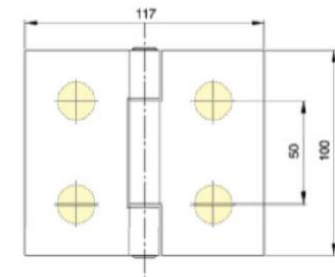
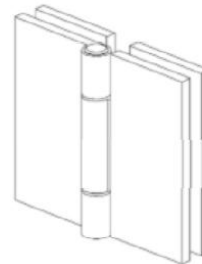


## Loggienverglasungen

- **Windbelastung**
  - Gebäudehöhe ca. 30 m
  - Staudruck  $q_p = 0,94 \text{ kN/m}^2$
  - Druckbeiwert für frei stehende Wände  $c_{p,net} = 1,2 - 1,4$
  - Winddruck  $w_k = 1,32 \text{ kN/m}^2$
- **Glasaufbau**
  - VSG aus 2x5 mm ESG
- **Türbänder**

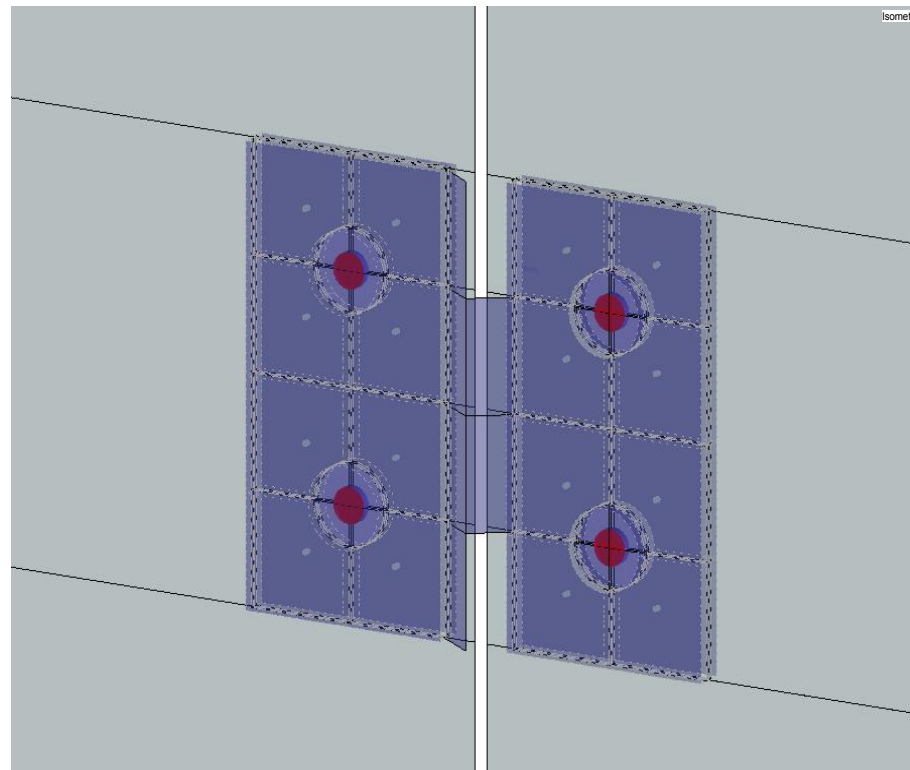
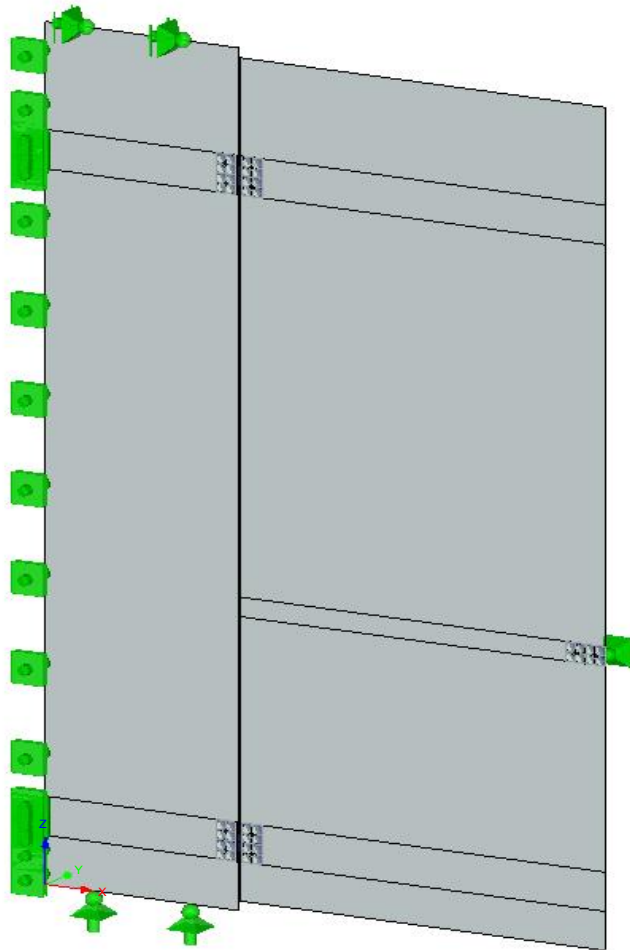


- Cerniera doppia vetro-vetro. 180°.
- Bisagra doble vidrio-vidrio. 180°.
- Double side hinge glass to glass. 180°.
- Doppelscharnier Glas-Glas. 180°.





## Modellierung als Gesamtsystem



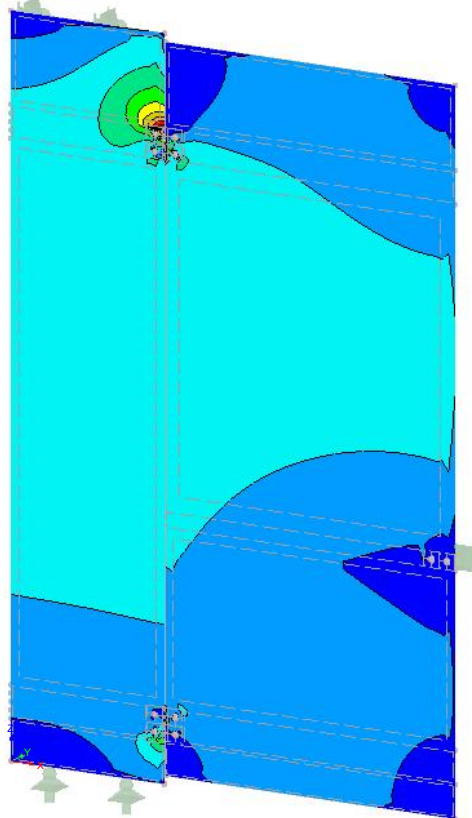
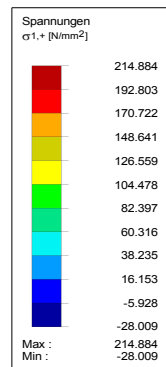
# Berechnungsergebnisse voller Verbund

LG1: 1.35\*LF1 + 1.5\*LF2  
Flächen Sigma-1,+

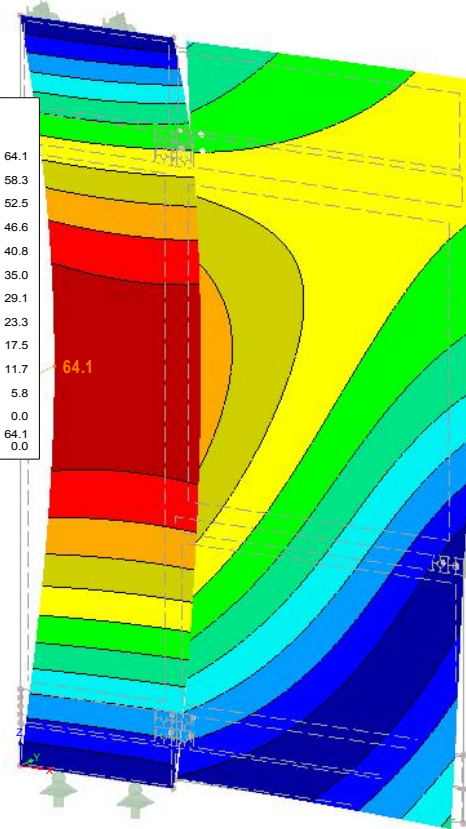
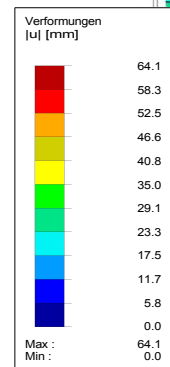
Isometrie

LF2: Windsog  
u

Isometrie



Flächen Max Sigma-1,+ : 214.884, Min Sigma-1,+ : -28.009 [N/mm<sup>2</sup>]

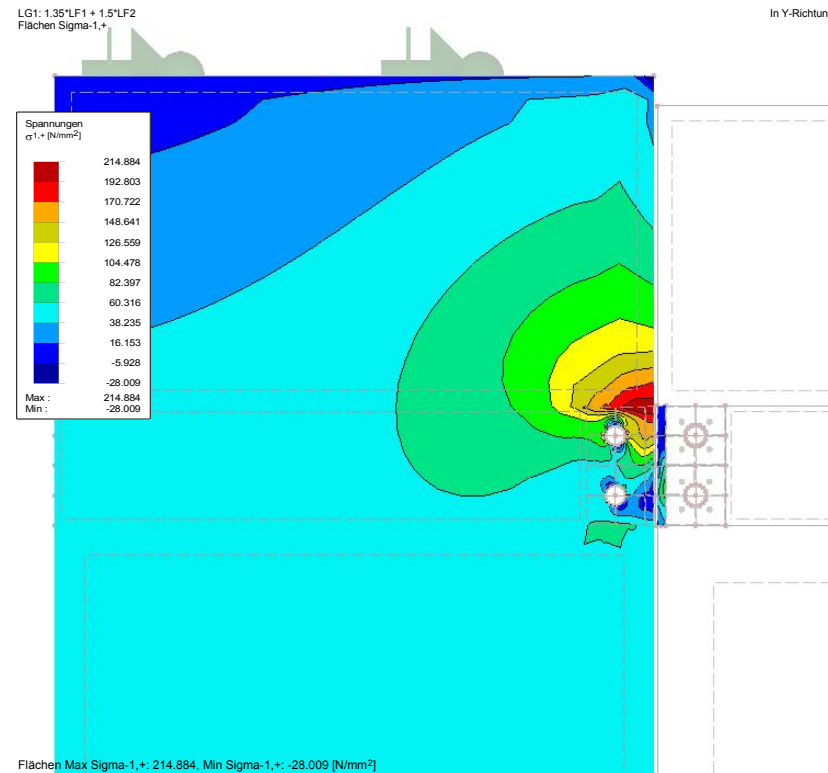


Max u: 64.1, Min u: 0.0 [mm]  
Faktor für Verformungen: 3.00

**Spannungen 214 N/mm<sup>2</sup>**

**Verformungen 64,1 mm**

# Berechnungsergebnisse voller Verbund



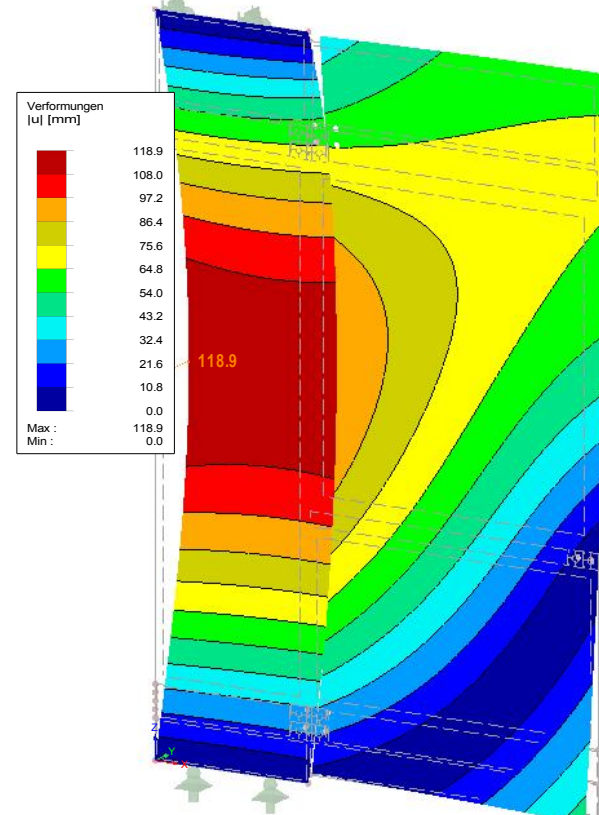
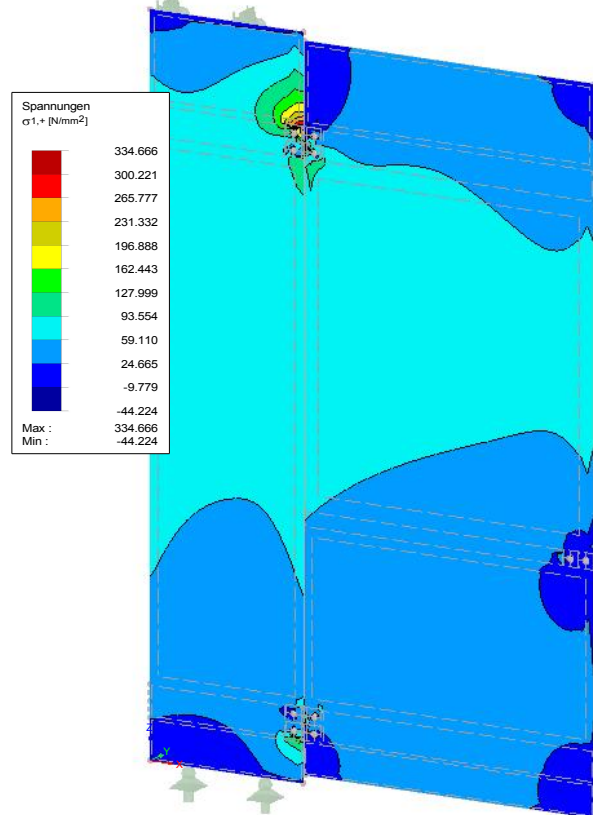
# Berechnungsergebnisse teilweiser Verbund

LG1: 1.35\*LF1 + 1.5\*LF2  
Flächen Sigma-1,+

Isometrie

LF2: Windsog  
u

Isometrie



Flächen Max Sigma-1,+ : 334.666, Min Sigma-1,+ : -44.224 [N/mm<sup>2</sup>]

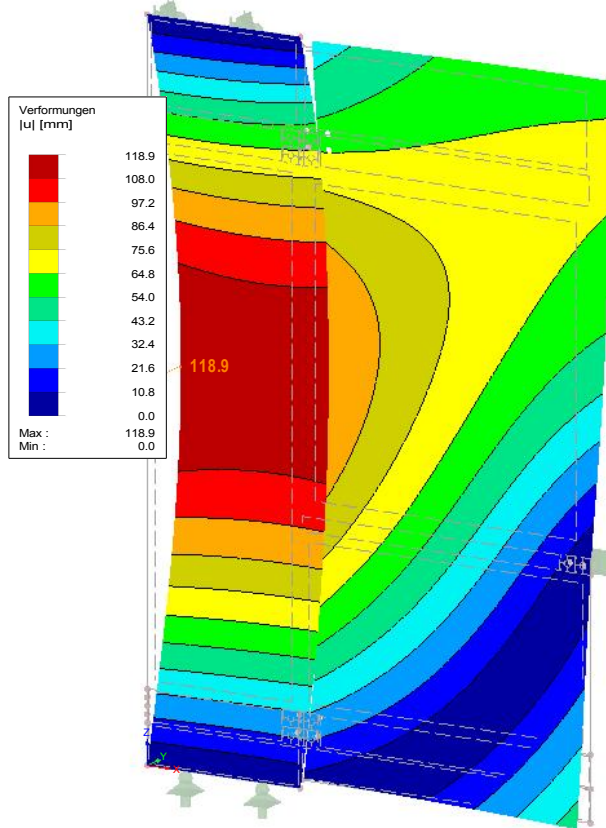
Max u: 118.9, Min u: 0.0 [mm]  
Faktor für Verformungen: 1.60

**Spannungen 334,7 N/mm<sup>2</sup>**

**Verformungen 118,9 mm**

# Variation Lagerung Fixteil – 2seitig und 3seitig

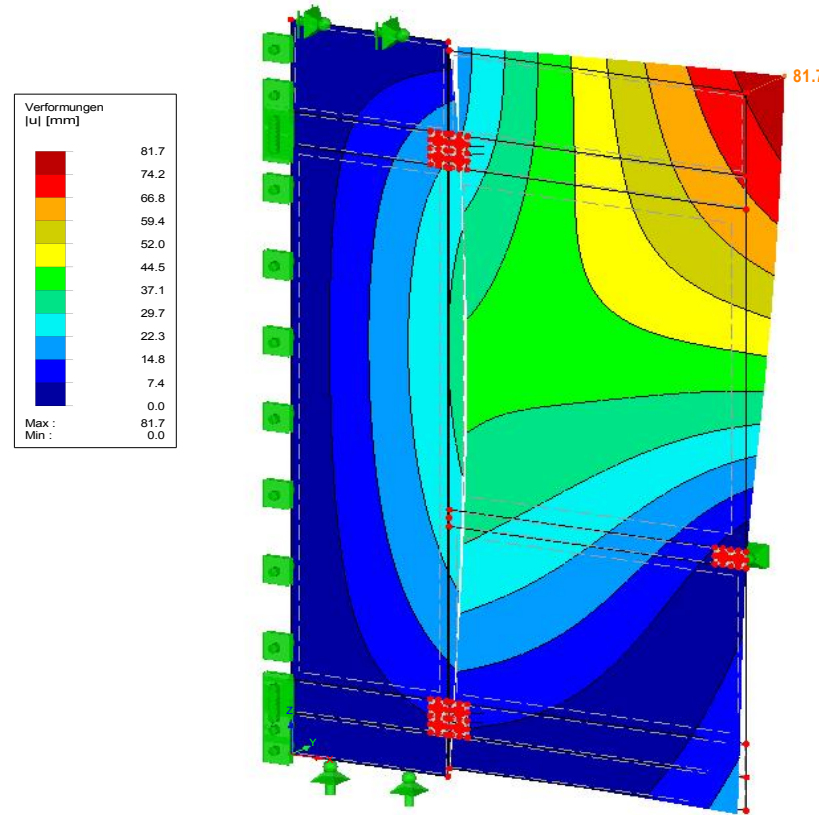
LF2: Windsog  
u



Max u: 118.9, Min u: 0.0 [mm]  
Faktor für Verformungen: 1.60

**Verformungen 118,9 mm**

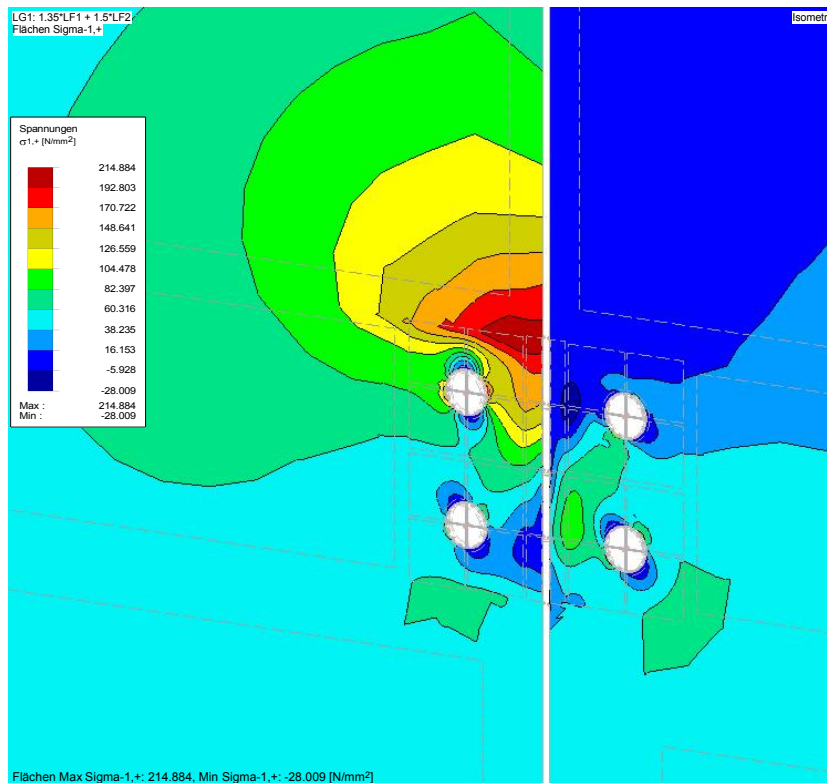
Isometri LF2: Windsog  
u



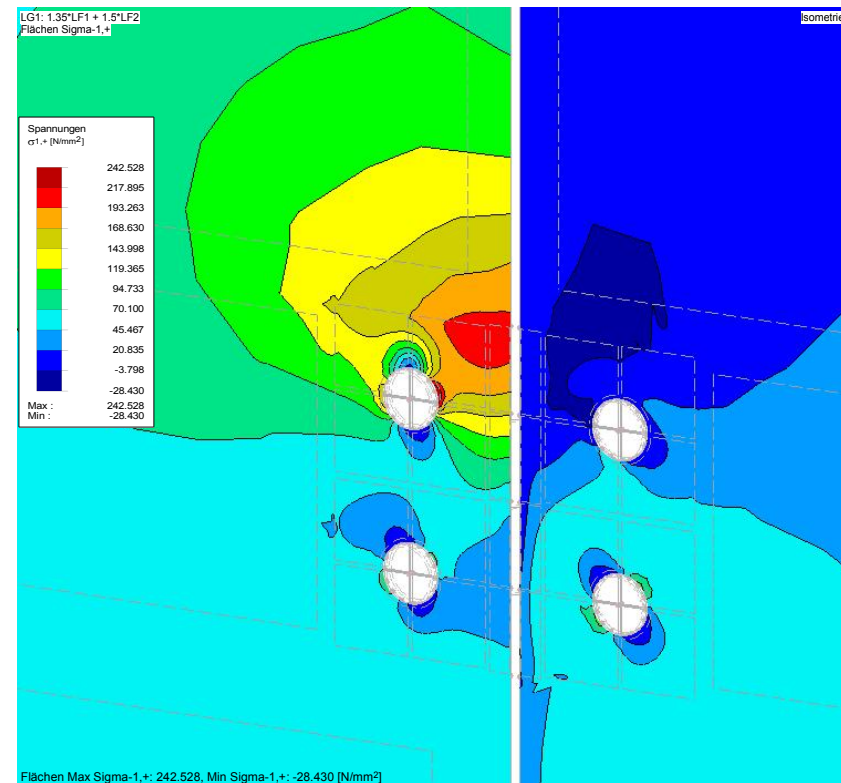
Max u: 81.7, Min u: 0.0 [mm]  
Faktor für Verformungen: 2.60

**Verformungen 81,7 mm**

## Variation Steifigkeit Zwischenschicht



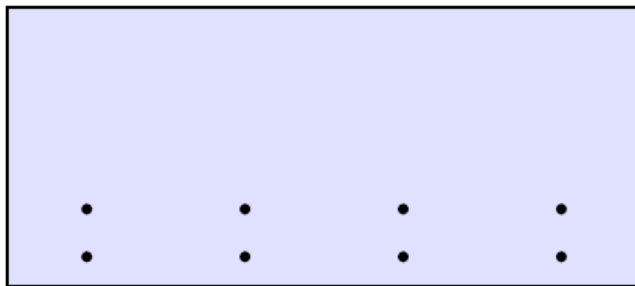
Spannungen 214,8 N/mm<sup>2</sup>



Spannungen 242,5 N/mm<sup>2</sup>

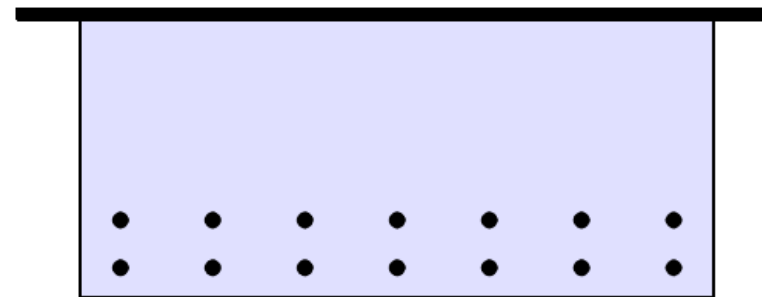
## Brüstungsverglasungen

- Einspannung unten über Punkthalter
- Kein Handlauf
- Emaillierung auf Ebene 4



Traum

und



Wirklichkeit

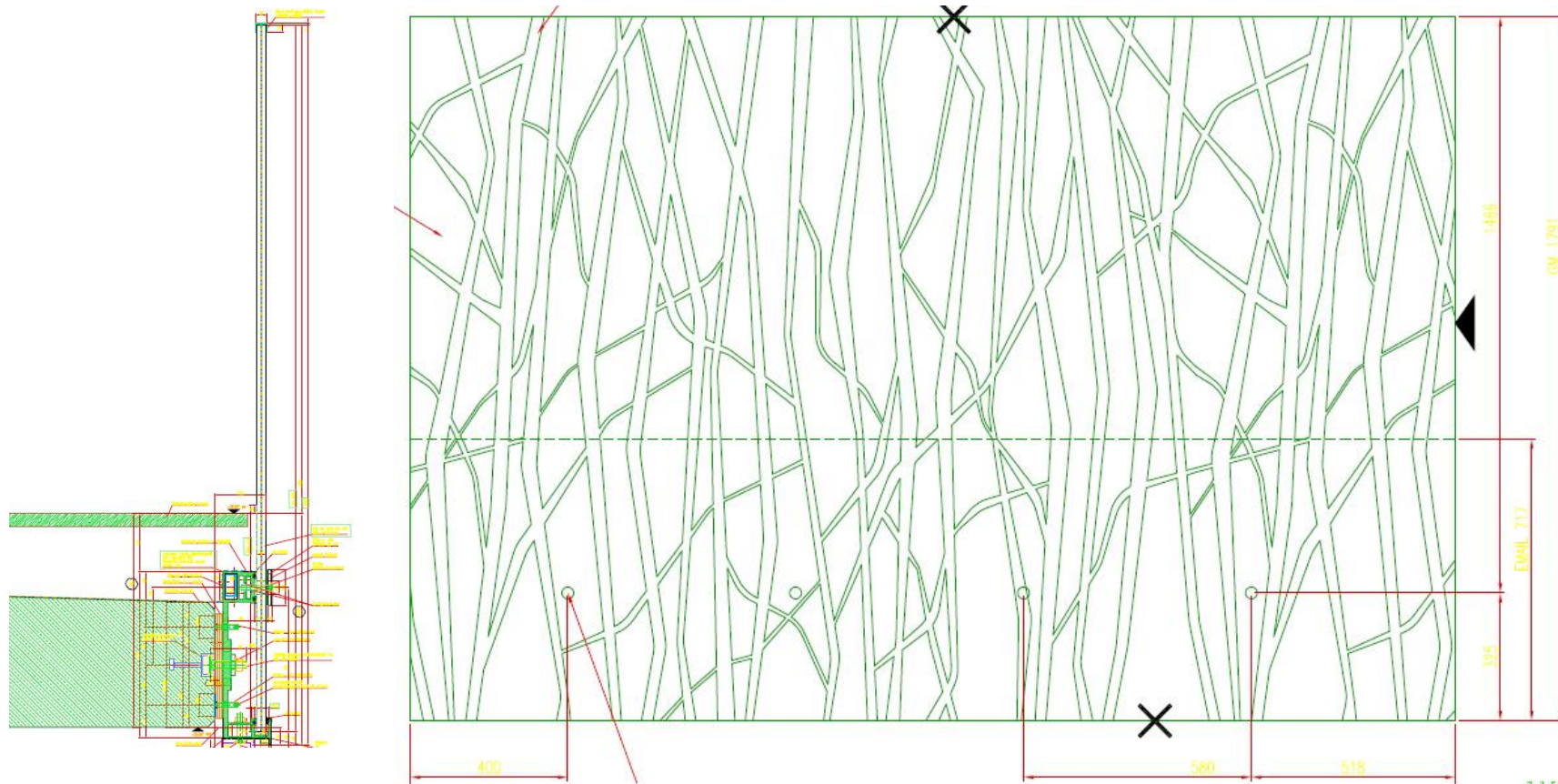
## Charakteristische Festigkeitswerte

Glasart	$f_k$
	N/mm <sup>2</sup>
Float	45
TVG	70
TVG-emailliert <sup>a</sup>	45
ESG	120
ESG-emailliert <sup>a</sup>	75
Drahtglas	25
Gussglas	25
TVG Gussglas	55
ESG Gussglas	90

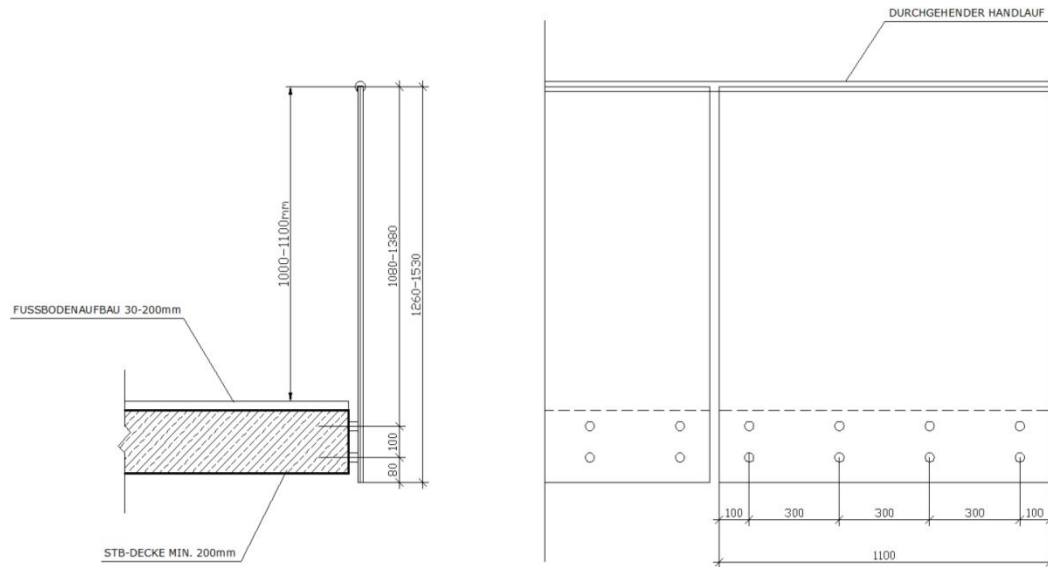
<sup>a</sup> auch teilemailliert und siebbedruckt mit Keramikfarbe. Die geringeren Festigkeitswerte von emailliertem, teil-emailliertem und siebbedrucktem Glas gelten nur für Emaille auf der Zugseite.



# Problematik Emaillierung



# Verglasungsgruppe 2



Holmlast:  $q = 1,0 \text{ kN/m}$

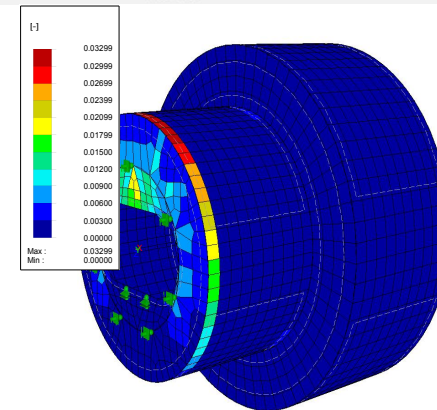
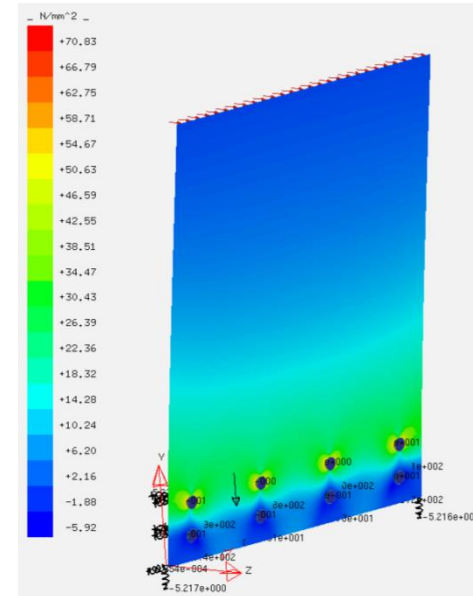
8 Senkkopfhalter, Verglasung 2 x 12 mm ESG

**Spannungen:**  $\sigma = 70,83 \text{ N/mm}^2 < 80,0 \text{ N/mm}^2 \gg$  Nachweis erfüllt.

**Kräfte im Punkthalter:** (Designlasten) Zugkraft = max. 5,47 kN  $\gg$  maßgebend!

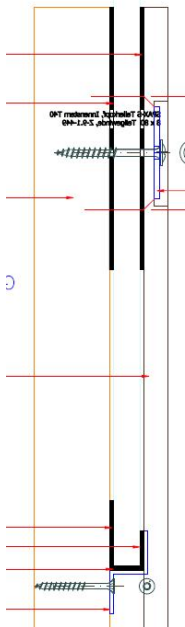
Querkraft = max. 0,16 kN

Moment = max.  $11,0 \times 10^{-5} \text{ kNm} \gg$  vernachlässigbar

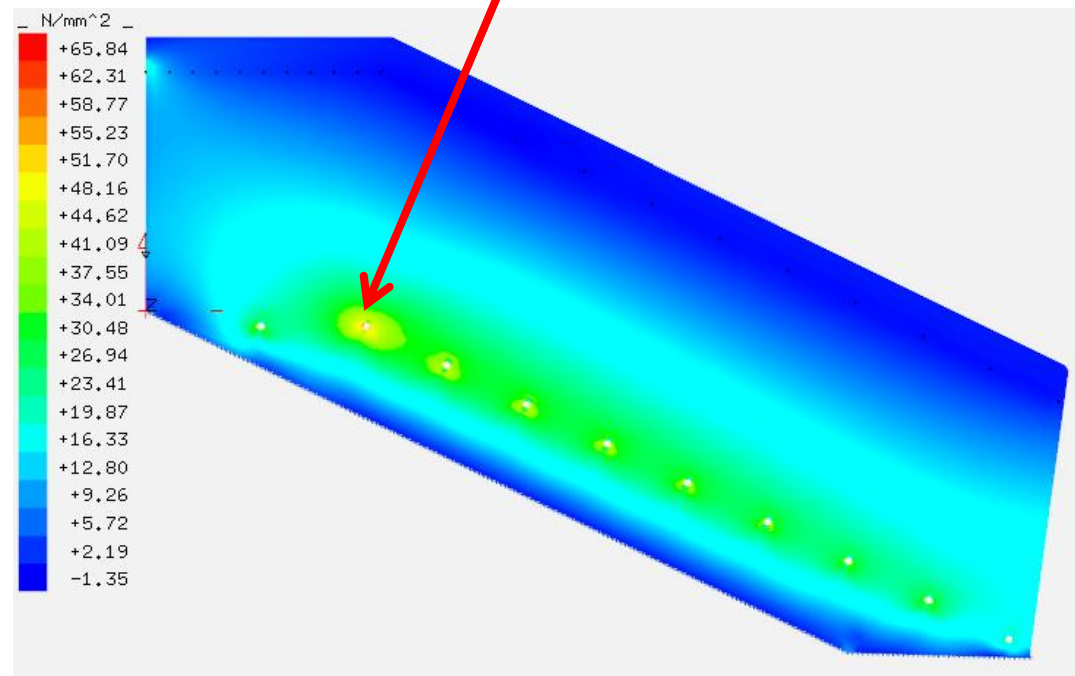


# Verglasungsgruppe 2

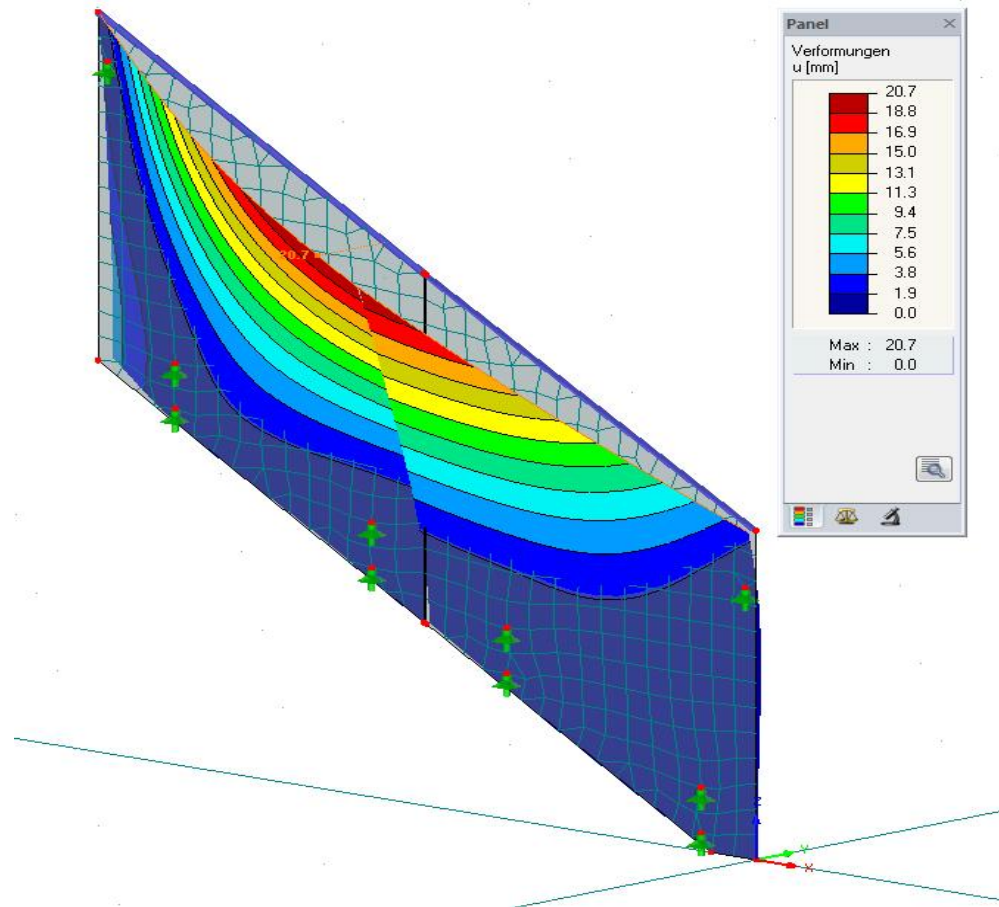
Kombination von  
Linienlagerung  
und Klemmung



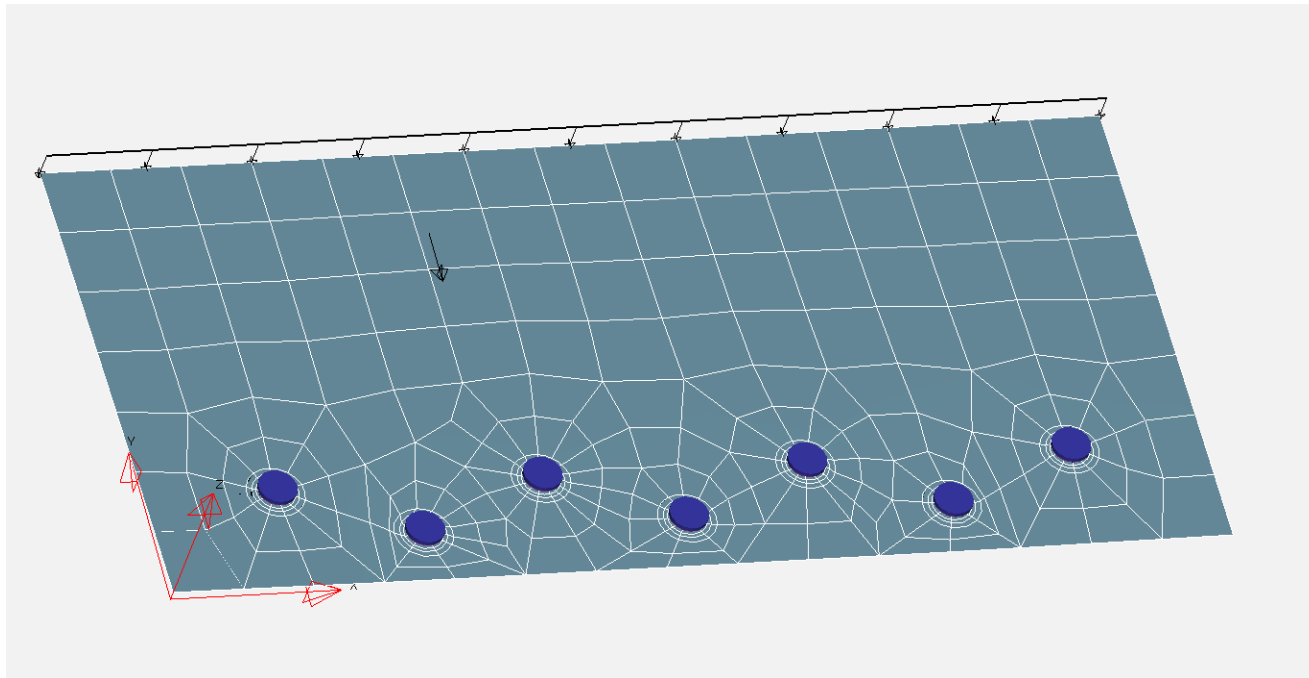
Spannungskonzentration



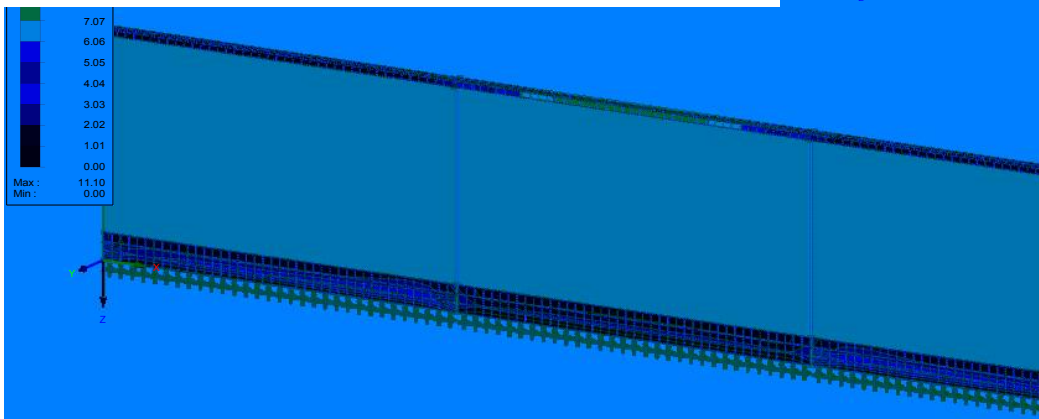
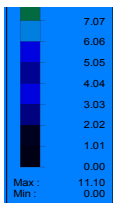
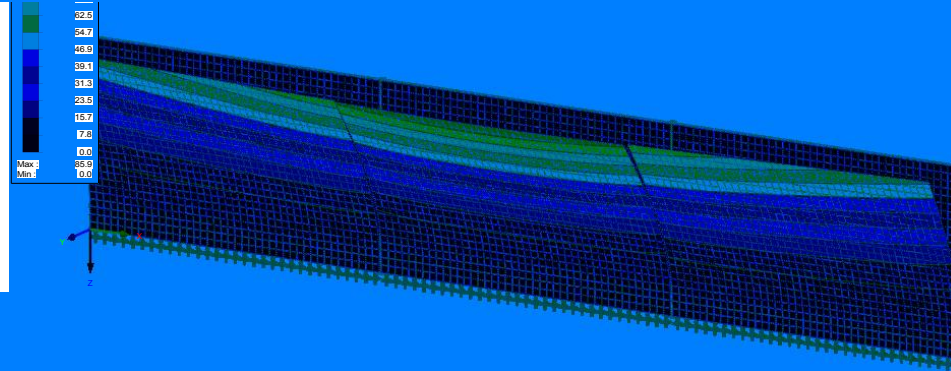
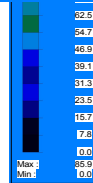
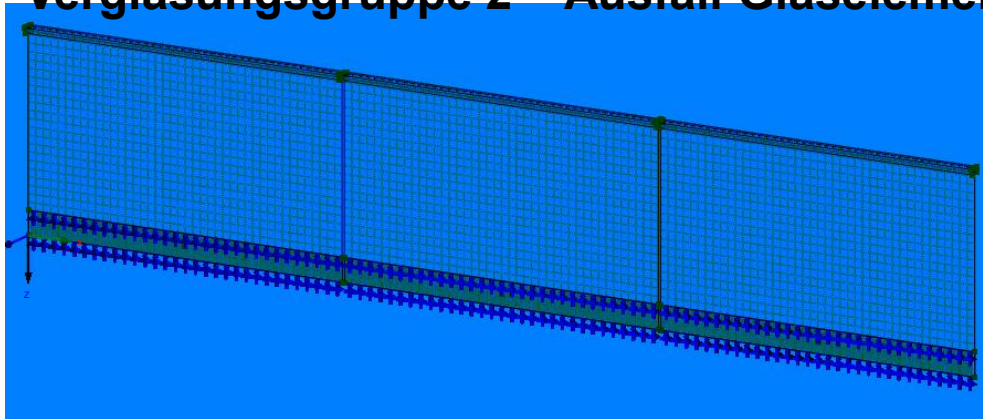
# Räumliche Tragwirkung



## Verglasungsgruppe 2



Verglasungsgruppe 2 – Ausfall Glaselement



# Problematik Verankerung



**Steher oft  
unterdimensioniert**

**Dübel**

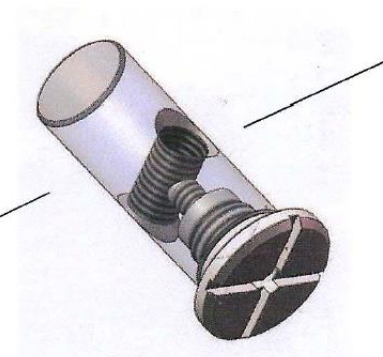
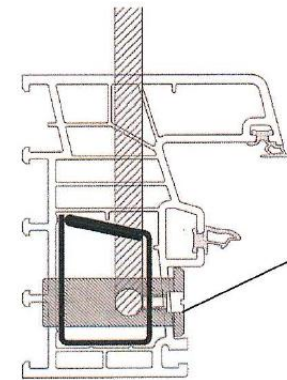
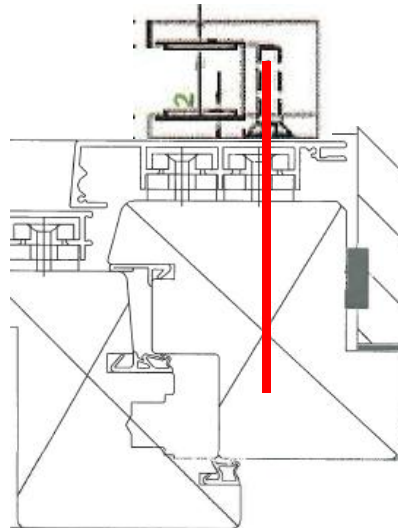
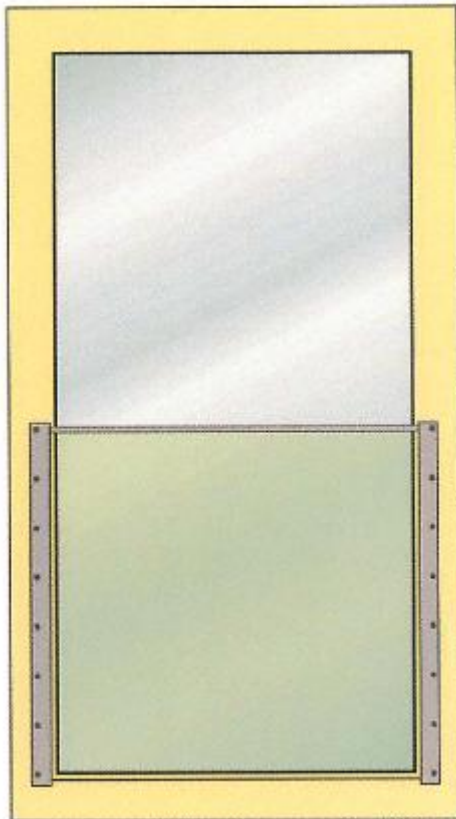
# Problematik Verankerung



**Dübel  
VWS**



# Problematik Verankerung



Befestigungsschraube inklusive Manipulationsschutz

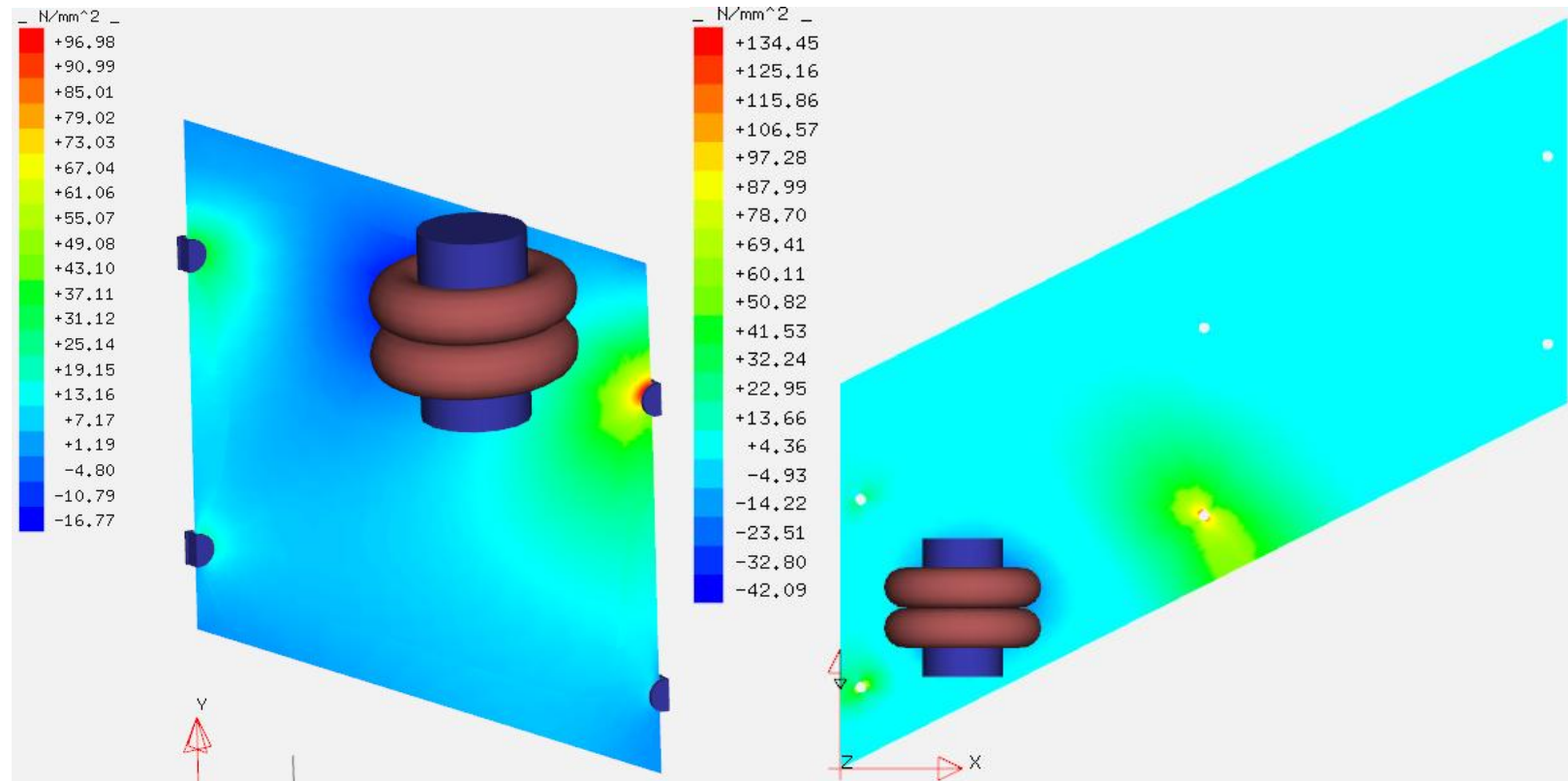
## Beispiel

Gewindeschraube Würth Assy 3.0

Durchmesser 6 mm, Länge 60 mm, Vorbohren notwendig

Erforderlicher Schraubenabstand 180 mm

# Berechnung Pendelstoß



## Konstruktive Vorgaben

- **Glaseinstand**
  - Bei allseitiger Lagerung 12 mm
  - Bei zweiseitiger Lagerung 18 mm (empfohlen)
- **Klemmleisten**
  - Tragkraft 10 kN/m
  - Verschraubung 3 kN,  $e = 300$  mm
- **Punkthalter**
  - Tragkraft 2,8 kN bei Verglasungsgruppe 3
- **Bohrungen**
  - Nachbildung im Modell
  - Oder experimenteller Nachweis
- **Festigkeitsreduzierende Oberflächenbehandlung berücksichtigen**

# ÖNORM B 3716-5: Glas im Bauwesen

## Konstruktiver Glasbau Teil 5: Punktförmig gelagerte Verglasungen und Sonderkonstruktionen

- **Ausgabedatum 01.04.2013**
- **VSG mit 0,76 mm PVB Folie oder gleichwertiger anderer Folie**
- **Lochabstand**  
**mindestens 50 mm von der Kante zum Lochrand**  
**mindestens 80 mm zwischen den Lochrändern von Bohrungen**
- **Mechanische Sicherung gegen Abrutschen bei 2-seitiger Lagerung**

# Gebrauchstauglichkeit Durchbiegungsbegrenzung

Lagerung	Horizontalverglasung	Vertikalverglasung
vierseitig	1/100 der Scheibenstützweite in Haupttragrichtung	Keine Anforderungen
Zwei- und dreiseitig	Einfachverglasung: 1/100 der Scheibenstützweite in Haupttragrichtung	1/50 der freien Kante <sup>1)</sup>
	Isolierverglasung: 1/200 der freien Kante	1/70 der freien Kante <sup>2)</sup>

1) Größere Durchbiegungen zulässig bei Mindestglaseinstand von 5 mm im belasteten Zustand

2) Die Durchbiegungsbegrenzungen des Isolierglasherstellers sind zu beachten

## Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_m$

Glasant	$\gamma_m$
Float	1,5
VSG aus Float	1,5
TVG	1,5
ESG	1,5
Drahtglas	2,0
Gussglas	2,0

$k_b = 0,8$  bei Floatglas und zugbeanspruchter, **unbearbeiteter** Kante

# Traglast Spannungsbegrenzung

Glasart	Verwendung	Lagerung	
		zweiseitig	vierseitig
Float	Vertikalverglasung	24 / 30 N/mm <sup>2</sup>	30 N/mm <sup>2</sup>
Float	Horizontalverglasung	14,4 / 18 N/mm <sup>2</sup>	18 N/mm <sup>2</sup>
TVG	46,67 N/mm <sup>2</sup>		
ESG	80,0 N/mm <sup>2</sup>		

## Fehlerquellen Glasbemessung

Fehler	Mögliche Probleme
Falsche Klotzung	Verrutschen der Verglasung, Kantenbruch
Überschreiten der Widerstandswerte	Zu geringe Glasdicken und Glasbruch bei Belastung
Zu dünne Verglasungen	Zu geringe Resttragfähigkeit Zu große Verformungen Überbeanspruchung des Randverbunds und Undichtigkeiten
„Vergessen“ auf Klimalasten in der Lastkombination	Große Pumpbewegungen infolge Klimalasten Glasbruch bei kleinen Glasscheiben infolge Spannungsüberschreitung



## Fehlerquellen Linienförmig gelagerte Verglasungen

Fehler	Mögliche Probleme
Falscher Glasaufbau	Horizontalverglasungen ohne VSG  Keine Resttragfähigkeit
Zu weiche Unterkonstruktion	große Verformungen, Scheibe kann nicht mehr als linienförmig gelagert berechnet werden, Beanspruchung größer als bei allseitiger Lagerung
Zu dünne VSG-Scheibe bei Isolierglas	Bei Bruch der oberen Scheibe kann die untere Scheibe die Lasten nicht aufnehmen, ein Gesamtversagen des Bauteils wäre möglich
Einsatz von ESG	Keine Heißlagerung (ESG-H)  ESG bei zweiseitiger Lagerung und Einbau über 4 m über Verkehrsflächen

## Fehlerquellen absturzsichernde Verglasungen

Fehler	Mögliche Probleme
Falscher Glasaufbau	Kein oder zu dünnes VSG Kein Sicherheitsglas auf der zugänglichen Seite
Unterkonstruktion ist zu wenig tragfähig	Verglasungen würden der Stoßbelastung widerstehen, verlassen aber die Lagerung und stürzen ab
Außenscheibe bricht	Gefährdung von darunter liegenden Verkehrsbereichen