

# VISS Fassadenstatik

Vordimensionierung und konstruktive Hinweise

# Calculs statiques de façade VISS

Prédimensionnement et remarques sur la construction

# VISS façade statics

Preliminary structural analysis and design notes



<b>Grundlagen</b>	<b>Principes de base</b>	<b>Basic principles</b>	<b>4</b>
<b>Bemessungskonzept</b>	<b>Concept de dimensionnement</b>	<b>Calculation concept</b>	<b>8</b>
<b>Materialeigenschaften</b>	<b>Propriétés des matériaux</b>	<b>Material properties</b>	<b>12</b>
<b>Einwirkungen auf Fassaden</b>	<b>Actions sur les façades</b>	<b>Actions on façades</b>	<b>13</b>
<b>Statisches Grundmodell</b>	<b>Modèle de base statique</b>	<b>Basic structural model</b>	<b>19</b>
<b>Vordimensionierung / Beispiele</b>	<b>Prédimensionnement / Exemples</b>	<b>Preliminary structural analysis / examples</b>	<b>22</b>
<b>Konstruktive Ausführung</b>	<b>Conception constructive</b>	<b>Structural design</b>	<b>30</b>
<b>Diagramme zur Vordimensionierung</b>	<b>Diagrammes pour le prédimensionnement</b>	<b>Diagrams for preliminary structural analysis</b>	<b>32</b>

Alle Ausführungen dieser Dokumentation haben wir sorgfältig und nach bestem Wissen zusammengestellt. Wir können aber keine Verantwortung für die Benutzung der vermittelten Vorschläge und Daten übernehmen. Wir behalten uns technische Änderungen ohne Vorankündigung vor.  
Aktuelle Version auf [www.jansen.com](http://www.jansen.com)

Nous avons apporté le plus grand soin à l'élaboration de cette documentation. Cependant, nous déclinons toute responsabilité pour l'utilisation faite de nos propositions et de nos données.  
Nous nous réservons le droit de procéder à des modifications techniques sans préavis.  
Version actuelle sur [www.jansen.com](http://www.jansen.com)

All the information contained in this documentation is given to the best of our knowledge and ability. However, we decline all responsibility for the use made of these suggestions and data.  
We reserve the right to effect technical modifications without prior warning.  
Current version available at [www.jansen.com](http://www.jansen.com)

## **1 Grundlagen**

### **1.1 Einleitung**

Der statische Nachweis einer Fassade stellt eine Ingenieurleistung dar, welche es zu beauftragen und zu honorieren gilt. Die hier dargestellten vereinfachten Bemessungsansätze sind lediglich als Möglichkeit einer Vordimensionierung anzusehen. Sie ersetzen keine prüffähige Statik sondern dienen primär zur Unterstützung während der Entwurfsphase.

Die vorliegenden Berechnungen basieren auf den Bemessungsregeln der Produktnorm Vorhangfassaden EN 13830:2015, da bzw. soweit diese den anerkannten Regeln der Technik entspricht. Davon abweichende Anforderungen, die sich aus dem baurechtlichen Umfeld eines Projektes ergeben können, sind darin nicht berücksichtigt.

### **1.2 Begriffe, Symbole und Abkürzungen**

#### *(a) Vorhangfassade*

Konstruktion als Teil der Gebäudehülle, die im Allgemeinen aus miteinander verbundenen horizontalen und vertikalen Profilen besteht, mit der tragenden Konstruktion des Baukörpers verankert ist und mit fest eingebauten und/oder zu öffnenden Ausfachungen ausgestattet ist, alle erforderlichen Funktionen einer Innen- oder Aussenwand oder eines Teils davon erfüllt, jedoch nicht zur Tragfähigkeit oder Stabilität der Gebäudestruktur beiträgt. Vorhangfassaden sind als selbsttragende Konstruktionen ausgelegt, die Eigengewicht, Nutzlasten, Lasten aus der Umgebung (Wind, Schnee, usw.) sowie seismische Lasten an die Hauptstruktur des Gebäudes übertragen.

## **1 Principes de base**

### **1.1 Introduction**

La vérification statique d'une façade est une prestation d'ingénieur qui doit être confiée à des professionnels et rétribuée. Les principes de dimensionnement simplifiés présentés ci-après constituent simplement une possibilité de prédimensionnement. Ils ne se substituent pas à des calculs statiques vérifiables, mais représentent plutôt une aide pendant la phase de conception.

Les calculs actuels sont basés sur les règles de conception des murs-rideaux conformes à la norme EN 13830:2015, dans la mesure où ils sont conformes aux règles technologiques reconnues. Les exigences divergentes, qui peuvent découler de l'environnement du droit de la construction d'un projet, ne sont pas incluses.

### **1.2 Termes, symboles et abréviations**

#### *(a) Façade rideau*

Construction faisant partie de l'enveloppe du bâtiment, en général constituée de profilés horizontaux et verticaux reliés entre eux, fixée à la structure portante de l'ouvrage bâti et dotée d'éléments de remplissage intégrés de façon fixe ou à ouvrir. Cette construction remplit toutes les fonctions d'un mur intérieur ou extérieur ou une partie d'entre elles, mais ne contribue pas à la capacité portante ou à la stabilité de la structure du bâtiment. Les façades rideaux sont conçues comme des constructions autoportantes qui transfèrent le poids propre, les charges utiles, les charges de l'environnement (vent, neige, etc.) de même que les charges sismiques à la structure principale du bâtiment.

## **1 Basic principles**

### **1.1 Introduction**

The proof of structural integrity for a façade must be carried out by an engineer who has been commissioned and remunerated.

The simplified calculation methods shown here are only intended as possible examples of a preliminary structural analysis. They are not a substitute for a professional structural analysis and are intended primarily to support the design phase.

The present calculations are based on the design rules of the product standard curtain walls EN 13830:2015, since or far as it complies with the recognized rules of technology. Deviating requirements, which may arise from the environment of the building law of a project, are not included.

### **1.2 Terms, symbols and abbreviations**

#### *(a) Curtain wall*

Construction as part of the building envelope, which generally consists of horizontal and vertical profiles that are joined together, is anchored to the load-bearing structure of the building and fitted with fixed infills and/or infills which can be opened. It fulfils all of the required functions of an inner or outer wall or a part thereof, but does not contribute to the load-bearing capacity or the stability of the building structure. Curtain walls are designed as self-supporting constructions, which transfer the dead load, dynamic loads, loads from the surroundings (wind, snow, etc.) and seismic loads to the main structure of the building.

*(b) Schwerachsen*

Die statischen Kennwerte (Flächenträgheitsmoment  $I$  und Widerstandsmoment  $W$ ) sind immer achsenbezogen. Bei Lasteinwirkung normal zur Fassadenfläche (z.B. Windlast) werden erforderliche Querschnittswerte  $I_x$  und  $W_x$  berechnet während bei Lasteinwirkung in der Fassadenebene (z.B. Eigenlast)  $I_y$  und  $W_y$  massgebend sind.

*(c) Flächenträgheitsmoment  $I$  [ $\text{cm}^4$ ]*

Das Flächenträgheitsmoment beschreibt den Einfluss des Querschnitts eines Profils auf dessen Durchbiegung infolge Lasteinwirkung. Es handelt sich um eine rein formabhängige Grösse - je mehr Fläche von der Schwereachse entfernt liegt, desto grösser wird das Flächenträgheitsmoment. Dabei sinken die resultierende Verformung und der im Querschnitt entstehende Spannungszustand unter Belastung entsprechend.

*(d) Elastizitätsmodul  $E$  [ $\text{N/mm}^2$ ]*

Der Elastizitätsmodul ist ein rein materialabhängiger Kennwert, der den Zusammenhang zwischen Spannung und Dehnung eines Bauteils bei linear-elastischem Verhalten beschreibt. Der Kennwert ist umso grösser, je mehr Widerstand ein Material seiner elastischen Verformung entgegensetzt. Bei gleichem Querschnitt ist ein Bauteil aus einem Material mit hohem Elastizitätsmodul (z. B. Stahl) entsprechend steifer als ein Bauteil aus einem Material mit niedrigerem Elastizitätsmodul (z. B. Aluminium).

*(e) Biegesteifigkeit  $E \cdot I$  [ $\text{N/mm}^2$ ]*

Das Produkt aus Elastizitätsmodul  $E$  und Flächenträgheitsmoment  $I$  bildet die Material- und Formeigenschaft eines Querschnitts ab. Somit kann es als Vergleichsgrösse für verschiedene Profilsysteme verwendet werden. Mit zunehmender Biegesteifigkeit sinken die resultierenden Deformationen eines Systems unter Lasteinwirkung.

*(b) Axes de gravité*

Les paramètres statiques (moment d'inertie de surface  $I$  et le couple résistant  $W$ ) se rapportent toujours aux axes. En cas d'application de charge perpendiculaire à la surface de façade (par ex. charge de vent), on calcule les valeurs de section transversale nécessaires  $I_x$  et  $W_x$ . En cas d'application de charges sur le plan de la façade (par ex. charge résultant du poids propre), par contre, les valeurs  $I_y$  et  $W_y$  sont déterminantes.

*(c) Moment d'inertie de surface  $I$  [ $\text{cm}^4$ ]*

Le moment d'inertie de surface décrit l'influence de la section d'un profilé sur sa flèche suite à l'action d'une charge. Ce paramètre dépend exclusivement de la forme - plus la surface est distante de l'axe de gravité, plus le moment d'inertie de surface est grand. La déformation résultante et l'état de tension créé dans la section sous charge diminuent.

*(d) Module d'élasticité  $E$  [ $\text{N/mm}^2$ ]*

Le module d'élasticité est un paramètre uniquement tributaire du matériau, qui décrit la relation entre la tension et la dilatation d'un élément de construction en cas de comportement élastique linéaire. La valeur est proportionnelle à la résistance d'un matériau à sa déformation élastique. Pour une même section, un élément formé d'un matériau à module d'élasticité élevé (par ex. acier) est plus rigide qu'un élément réalisé dans un matériau à plus faible module d'élasticité (par ex. aluminium).

*(e) Rigidité à la flexion  $E \cdot I$  [ $\text{N/mm}^2$ ]*

Le produit du module d'élasticité  $E$  et du moment d'inertie de surface  $I$  exprime la caractéristique de matériau et de forme d'une section. On peut donc l'utiliser comme paramètre de comparaison pour divers systèmes de profilés. Lorsque la rigidité à la flexion augmente, les déformations résultantes d'un système soumis à une charge diminuent.

*(b) Gravitational axes*

The key structural values (geometrical moment of inertia  $I$  and moment of resistance  $W$ ) are always axis-related. For loads applied normal to the façade surface (e.g. wind load), the required cross section values  $I_x$  and  $W_x$  are calculated, whereas for loading in the façade level (e.g. dead load)  $I_y$  and  $W_y$  are used.

*(c) Moment of inertia  $I$  [ $\text{cm}^4$ ]*

The geometrical moment of inertia describes the influence of the cross section of a profile on its deflection following the application of loads. It is a purely shape-related dimension – the greater the area away from the gravitational axis, the greater the geometrical moment of inertia. The resulting deformation and the stresses occurring in the cross section sink accordingly under loading.

*(d) Modulus of elasticity  $E$  [ $\text{N/mm}^2$ ]*

The modulus of elasticity is a purely material-related value, which describes the relationship between the stress and deflection of a component with linear-elastic behaviour. The more resistance a material has to elastic deformation, the higher the value will be. A component made from a material with a high modulus of elasticity (e.g. steel) will be more rigid than one with the same cross section made from a material with a lower modulus of elasticity (e.g. aluminium).

*(e) Flexural rigidity  $E \cdot I$  [ $\text{N/mm}^2$ ]*

The product of the modulus of elasticity  $E$  and the geometrical moment of inertia  $I$  represents the material and formal property of a cross section. It can therefore be used as a benchmark for different profile systems. The deformation occurring in a system under the influence of loading falls as flexural rigidity increases.

<b>Symbol</b> <b>Symbole</b> <b>Symbol</b>	<b>Bedeutung</b> <b>Signification</b> <b>Meaning</b>	<b>Einheit</b> <b>Unité</b> <b>Unit</b>
A	Querschnittfläche Surface de section Cross section area	mm <sup>2</sup>
E	Elastizitätsmodul Module d'élasticité Modulus of elasticity	N/mm <sup>2</sup>
F	Einwirkung, Kraft Action, force Action, force	kN
I	Flächenträgheitsmoment Moment d'inertie de surface Moment of inertia	cm <sup>4</sup>
W	Widerstandsmoment Couple résistant Moment of resistance	cm <sup>3</sup>
l	Länge, Spannweite, Systemlänge Longueur, portée, longueur système Length, span, system length	mm
G, g	Ständige Einwirkung Action permanente Constant action	kN, kN/m, kN/m <sup>2</sup>
Q, q	Veränderliche Einwirkung Action variable Variable action	kN, kN/m, kN/m <sup>2</sup>
h	Höhe Hauteur Height	mm
b	Breite Largeur Width	mm
$\sigma$	Zugspannung Contrainte de traction Tensile stress	N/mm <sup>2</sup>
$f_y$	Streckgrenze Limite élastique apparente Yield strength	N/mm <sup>2</sup>
$f_{zul.}$	Zulässige Deformation Déformation tolérée Permissible deformation	mm
k (Index)	Charakteristischer Wert (exklusiv Teilsicherheitsbeiwerte) Valeur caractéristique (coefficients partiels de sécurité exclus) Characteristic value (excluding partial safety factors)	mm
d (Index)	Bemessungswert (inklusive Teilsicherheitsbeiwerte) Valeur de calcul (coefficients partiels de sécurité inclus) Design value (including partial safety factors)	mm

### 1.3 Randbedingungen

Die Kenntnis der objektspezifischen Randbedingungen bildet die notwendige Grundlage zum statischen Nachweis einer geplanten Fassadenstruktur. Je nach Entwurfskonzept, geografischer Lage und baurechtlichem Umfeld eines Bauprojektes können die technischen Grundlagen variieren. Nachfolgend sind Beispiele für Randbedingungen aufgeführt, die zur statischen Bemessung einer Fassade im Planungsteam definiert werden sollten.

### 1.3 Conditions aux limites

La connaissance des conditions aux limites spécifiques à un objet constitue la base de la vérification statique d'une structure de façade planifiée. Selon le concept de conception, l'emplacement géographique et la réglementation s'appliquant à un projet de construction, les principes techniques peuvent varier. Ci-après quelques exemples de conditions aux limites, que l'équipe de planification devrait définir dans le cadre du dimensionnement statique d'une façade.

### 1.3 Parameters

Knowledge of the project-specific parameters forms the required basis for proving the structural integrity of a planned façade structure. The technical basis may vary depending on the design concept, geographical location and site conditions of a building project. The following are example parameters that need to be defined by the planning team for the structural analysis of a façade.

**Bemessungskonzept (siehe Kapitel 2)**  
Normative Grundlage  
Sicherheitskonzept  
Deformationsgrenzen

**Concept de dimensionnement (voir le chapitre 2)**  
Principes normatifs  
Concept de sécurité  
Limites de déformation

**Calculation concept (see section 2)**  
Normative basis  
Safety concept  
Deformation limits

**Materialeigenschaften (siehe Kapitel 3)**  
E-Modul  
Streckgrenze  
Dehnungskoeffizient

**Caractéristiques du matériau (voir le chapitre 3)**  
Module d'élasticité  
Limite élastique apparente  
Coefficient de dilatation

**Material properties (see section 3)**  
Modulus of elasticity  
Yield strength  
Expansion coefficient

**Einwirkungen (siehe Kapitel 4)**  
Wind  
Temperatur  
Personenlast  
Eigenlast

**Actions (voir le chapitre 4)**  
Vent  
Température  
Charge de personne  
Charge résultant du poids propre

**Actions (see section 4)**  
Wind  
Temperature  
Load from people  
Dead load

**Systembeschreibung (siehe Kapitel 5)**  
Abmessungen  
QS Werte  
Bauanschlüsse  
Knotenpunkte  
Elementierung

**Description du système (voir le chapitre 5)**  
Dimensions  
Valeurs AQ  
Fixation au bâtiment  
Points d'intersection  
Structure par éléments

**System features (see section 5)**  
Dimensions  
Cross section values  
Attachments to building structure  
Points of intersection  
Unitised sections



## 2 Bemessungskonzept

### 2.1 Ansatz

Ein Bauwerk muss so geplant und ausgeführt werden, dass es über die vorgesehene Nutzungsdauer neben seiner Tragfähigkeit auch seine Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit bei angemessenem Unterhaltungsaufwand behält. Die statische Berechnung einer Tragstruktur umfasst sowohl den Nachweis der Tragsicherheit (Spannungen, Stabilität) wie auch den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (Verformungen). Der Bemessungsansatz nach Eurocode (EN 1990) basiert auf dem Prinzip der Teilsicherheitsbeiwerte. Dabei werden die einzelnen Komponenten der Nachweisführung (Lasteinwirkungen, Materialwiderstände) mit entsprechenden Faktoren beaufschlagt um planerische Unsicherheiten in der Berechnung genauer zu erfassen.

Der Teilsicherheitsbeiwert für den Materialwiderstand (Stahl) ist gemäss Eurocode mit  $\gamma_{mo} = 1.0$  festgelegt. Die Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungsseite ( $\gamma_Q$  bzw.  $\gamma_G$ ) sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt. Im Grenzzustand der Tragsicherheit sind die Lasten mit den entsprechenden Faktoren zu beaufschlagen. Der Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit wird hier vereinfachend mit charakteristischen Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte geführt.

## 2 Concept de dimensionnement

### 2.1 Principe

Un ouvrage doit être planifié et exécuté de façon à ce qu'il conserve pendant la durée d'utilisation prévue aussi bien sa capacité portante que son aptitude au service et sa durabilité en cas d'entretien approprié. Le calcul statique d'une structure portante englobe la vérification de la capacité portante (tensions, stabilité) et celle de l'aptitude au service (déformations). Le dimensionnement selon l'Eurocode (EN 1990) se base sur le principe des coefficients partiels de sécurité. Selon cette démarche, les différents composants faisant l'objet de l'analyse (actions de charge, résistances de matériaux) sont assignés à des facteurs pour mieux tenir compte des incertitudes de planification dans le calcul.

Le coefficient partiel de sécurité pour la résistance du matériau (acier) est défini selon l'Eurocode par la valeur  $\gamma_{mo} = 1.0$ . Les coefficients partiels de sécurité pour le côté subissant la charge ( $\gamma_Q$  ou  $\gamma_G$ ) sont répertoriés dans le tableau suivant. Dans l'état limite de la sécurité structurale, les charges doivent être assorties des facteurs correspondants. La vérification dans l'état limite de l'aptitude au service est effectuée ici de façon simplifiée avec les charges caractéristiques sans coefficients partiels de sécurité.

## 2 Calculation concept

### 2.1 Method

A building must be designed and constructed so that, in addition to its load-bearing capacity, it also retains its fitness for purpose and durability with the appropriate level of maintenance throughout its intended useful life. The structural analysis of a load-bearing structure includes the proof of structural safety (stresses, stability) as well as the proof of serviceability (deformations). The calculation method in accordance with the Eurocode (EN 1990) is based on the principle of partial safety factors. For this, the corresponding factors are applied to the individual components of the analysis (impact of loads, material resistance) in order to incorporate planning uncertainties more accurately into the calculation.

The partial safety factor for material resistance (steel) is defined as  $\gamma_{mo} = 1.0$  in accordance with the Eurocode. The partial safety factors for the action side ( $\gamma_Q$  or  $\gamma_G$ ) are listed in the following table. For the Ultimate Limit State, the corresponding factors are applied to the loads. For proof of the Ultimate Limit State, the calculation is simplified here by using the characteristic loads without the partial safety factors.



**Bemessungskonzept**  
**Concept de dimensionnement**  
**Calculation concept**

VISS Fassadenstatik  
 Calculs statiques de façade VISS  
 VISS façade statics

**Vorgeschlagene Teillastbeiwerte  
 nach EN 13830:2015  
 (Informativ)**

**Coefficients partiels de sécurité  
 roposés selon EN 13830:2015  
 (Informatif)**

**Suggested partial safety factors  
 in accordance with EN 13830:2015  
 (informative)**

Typ des zu berechnenden Elements Type d'élément à calculer Type of unit to be calculated	$\gamma_a$ Veränderliche Einwirkung (z.B. Wind) Action variable (par ex. vent) Variable action (e.g. wind)		$\gamma_G$ Ständige Einwirkung (z.B. Eigenlast) Action permanente (par ex. charge résultant du propre poids) Constant action (e.g. dead load)	
	günstig favorable favourable	ungünstig défavorable unfavourable	günstig favorable favourable	ungünstig défavorable unfavourable
	$\gamma_{a, inf}$	$\gamma_{a, sup}$	$\gamma_{G, inf}$	$\gamma_{G, sup}$
Vorhangfassadenstruktur einschliesslich der Befestigungen und T-Verbinder Structure de façade rideau avec fixations et raccords en T Curtain wall including fixings and connecting spigots	0	1.25	1.0	1.15
Ausfachungspaneel Panneau de remplissage Infill panel	0	1.1	1.0	1.1

## 2.2 Grenzzustand der Tragsicherheit (ULS)

Das Tragwerk muss grundsätzlich so dimensioniert werden, dass eine angemessene Sicherheit gegenüber Versagen besteht. Dies umfasst sowohl den Materialwiderstand wie auch die Stabilität des Tragwerks und seiner Elemente. Die Tragsicherheit wird durch den Vergleich des Bemessungswerts der Einwirkungen  $E_d$  mit demjenigen des Tragwiderstandes  $R_d$  nachgewiesen. Die entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerte sind in Normen und technischen Regelwerken dargelegt. Der Nachweis der Tragsicherheit ist normativ geregelt und kann nicht durch Vereinbarungen im Planungsteam beeinflusst werden.

## 2.3 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS)

Die Gebrauchstauglichkeit eines Tragwerks bezeichnet seine Fähigkeit, unter gegebener Lasteinwirkung die uneingeschränkte Nutzung für den vorgesehenen Zweck zu gewährleisten. Dies umfasst neben der Funktionstüchtigkeit auch das Aussehen der Struktur sowie den Komfort der Gebäudenutzer. Üblicherweise erfolgt der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit durch Einhaltung definierter Verformungsgrenzen unter Lasteinwirkung. Es können aber auch Nachweise der Schwingungsanfälligkeit eines Bauteils oder Funktionstüchtigkeit unter Lasteinwirkung gefordert sein. Grundsätzlich geben einschlägige Normen und technische Richtlinien klare Hinweise zu den Verformungsgrenzen. Darüber hinaus sind die Empfehlungen der Produkthersteller im Hinblick auf die Gewährleistung zu berücksichtigen. Die Bauherrschaft kann grundsätzlich von den empfohlenen Grenzwerten abweichen, sollte jedoch auf die bautechnischen und vertragsrechtlichen Konsequenzen hingewiesen werden.

## 2.2 Etat limite de la sécurité structurale (ELU)

D'une manière générale, il faut dimensionner la structure portante de façon à ce qu'une sécurité appropriée soit établie face à une défaillance. Cette sécurité se rapporte à la fois à la résistance du matériau et à la stabilité de la structure de même qu'à ses éléments. La sécurité structurale est définie par comparaison de la valeur de calcul des actions  $E_d$  avec celle de la résistance structurale  $R_d$ . Les coefficients partiels de sécurité correspondants sont présentés dans les normes et les ouvrages techniques de référence. L'analyse de la sécurité structurale est régie par une norme et ne peut faire l'objet d'accords au sein de l'équipe de planification.

## 2.3 Etat limite de l'aptitude au service (ELS)

L'aptitude au service d'une structure portante désigne sa capacité à garantir une exploitation non restreinte pour l'usage prévu en présence des charges appliquées. A côté de l'aptitude au fonctionnement, cette notion englobe aussi l'apparence de la structure et le confort des utilisateurs du bâtiment. En général, l'aptitude au service est validée en cas de respect des limites de déformation définies sous l'action d'une charge. Mais il peut aussi être nécessaire de vérifier l'exposition à des vibrations d'un élément ou l'aptitude au service sous charge. En principe, les normes et directives techniques respectives donnent des indications claires sur les limites de déformation. Par ailleurs, on tiendra compte des recommandations des fabrications de produits en relation avec la garantie. Le maître de l'ouvrage peut décider de ne pas respecter les valeurs limites recommandées, mais doit être sensibilisé aux conséquences sur le plan de la construction et du contrat.

## 2.2 Ultimate Limit State (ULS)

In principle, the load-bearing structure must be dimensioned to ensure an appropriate level of security against failure. This encompasses both the material resistance and the stability of the load-bearing structure and its units.

Structural safety is proven by comparing the design value of the actions  $E_d$  with that of the load resistance  $R_d$ . The relevant partial safety factors are set out in standards and technical regulations. Proof of structural safety is regulated by standards and cannot be influenced by agreements with the planning team.

## 2.3 Serviceability Limit State (SLS)

The serviceability of a load-bearing structure refers to its ability to ensure unrestricted usage for the intended purpose under the influence of given loads. In addition to its ability to function, this also includes the appearance of the structure and the comfort of the buildings users.

Normally, the proof of serviceability is determined by adherence to defined deformation limits under the application of loads. However, proofs relating to the susceptibility of a component to vibration or its ability to function under the influence of loads may be required.

In principle, the applicable standards and technical guidelines provide clear guidance in terms of the deformation limits. Furthermore, the recommendations from the product manufacturers with regard to the warranty must be taken into account. Generally, the client is able to deviate from the recommended limits, but must be made aware of the structural and contractual implications.

## 2.4 Ergänzende Nachweise

Neben den geforderten Nachweisen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit können je nach verwendetem Material, Einsatzzweck oder Gefährdungspotential weitere Nachweise gefordert sein. So ist beispielsweise bei Verwendung spröder Materialien die Resttragfähigkeit bei Versagen eines Teilsystems nachzuweisen. Ebenso kann ein Nachweis der Ermüdungsfestigkeit von schwingungsanfälligen Bauteilen gefordert werden. Der verantwortliche Tragwerkplaner hat im Einzelfall zu prüfen, ob ein Nachweis analytisch oder durch Bauteilprüfungen zu führen ist.

### Beispiel

Berechnung der Eigenlast einer Glasscheibe für die Nachweise SLS und ULS:

Glasfläche:  
 $A = 4.2 \text{ m}^2$

Glasdicke:  
 $t = 24 \text{ mm}$

Glasgewicht:  
 $m = 4.2 \cdot 0.024 \cdot 2500 = 252 \text{ kg}$

Teillastbeiwert nach EN 13830:  
 $\gamma_G = 1.15$

Charakteristische Eigenlast (SLS):  
 $G_k = 252 \cdot 10^{-2} = 2.52 \text{ kN}$

Bemessungswert der Eigenlast (ULS):  
 $G_d = 1.15 \cdot 2.520 = 2.9 \text{ kN}$

## 2.4 Analyses complémentaires

Outre la vérification exigée de la capacité portante et de l'aptitude au service, des analyses supplémentaires peuvent être nécessaires selon le matériau utilisé, l'usage ou les risques potentiels. En cas d'utilisation de matériaux cassants, par exemple, il faut analyser la capacité portante résiduelle en cas de défaillance d'un sous-système. On peut aussi être amené à prouver la résistance à la fatigue d'éléments exposés à des vibrations. Le planificateur responsable de la structure portante doit le cas échéant déterminer s'il faut effectuer une vérification analytique ou au moyen d'un contrôle d'élément.

### Exemple

Calcul de la charge résultant du poids propre d'une vitre pour les analyses d'états limites de service (ELS) et d'états limites ultimes (ELU):

Surface de verre:  
 $A = 4.2 \text{ m}^2$

Epaisseur de verre:  
 $t = 24 \text{ mm}$

Poids du verre:  
 $m = 4.2 \cdot 0.024 \cdot 2500 = 252 \text{ kg}$

Coefficient partiel de sécurité selon EN 13830:  
 $\gamma_G = 1.15$

Charge caractéristique résultant du poids propre (ELS):  
 $G_k = 252 \cdot 10^{-2} = 2.52 \text{ kN}$

Valeur de calcul de la charge résultant du poids propre (ELU):  
 $G_d = 1.15 \cdot 2.520 = 2.9 \text{ kN}$

## 2.4 Supplementary proofs

In addition to the required proofs of load-bearing capacity and serviceability, additional proofs may be necessary depending on the material used, the intended use or the risk potential. For example, the residual bearing capacity in the event of the failure of a partial system must also be proven if brittle materials are used. Proof of the fatigue strength of components that are susceptible to vibrations may also be required. The structural engineer must also check for each specific case whether proof is to be provided analytically or by means of component tests.

### Example

Calculation of the dead load of a pane of glass for the SLS and ULS proofs:

Glass area:  
 $A = 4.2 \text{ m}^2$

Glass thickness:  
 $t = 24 \text{ mm}$

Glass weight:  
 $m = 4.2 \cdot 0.024 \cdot 2500 = 252 \text{ kg}$

Partial load factor in accordance with EN 13830:  
 $\gamma_G = 1.15$

Characteristic dead load (SLS):  
 $G_k = 252 \cdot 10^{-2} = 2.52 \text{ kN}$

Design value of the dead load (ULS):  
 $G_d = 1.15 \cdot 2.520 = 2.9 \text{ kN}$

### 3 Materialeigenschaften

Die charakteristischen Materialeigenschaften ausgewählter Materialien, die in Vorhangfassaden verwendet werden, sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

### 3 Propriétés des matériaux

Les propriétés caractéristiques des matériaux sélectionnés utilisés dans les façades rideaux sont mentionnées dans le tableau suivant.

### 3 Material properties

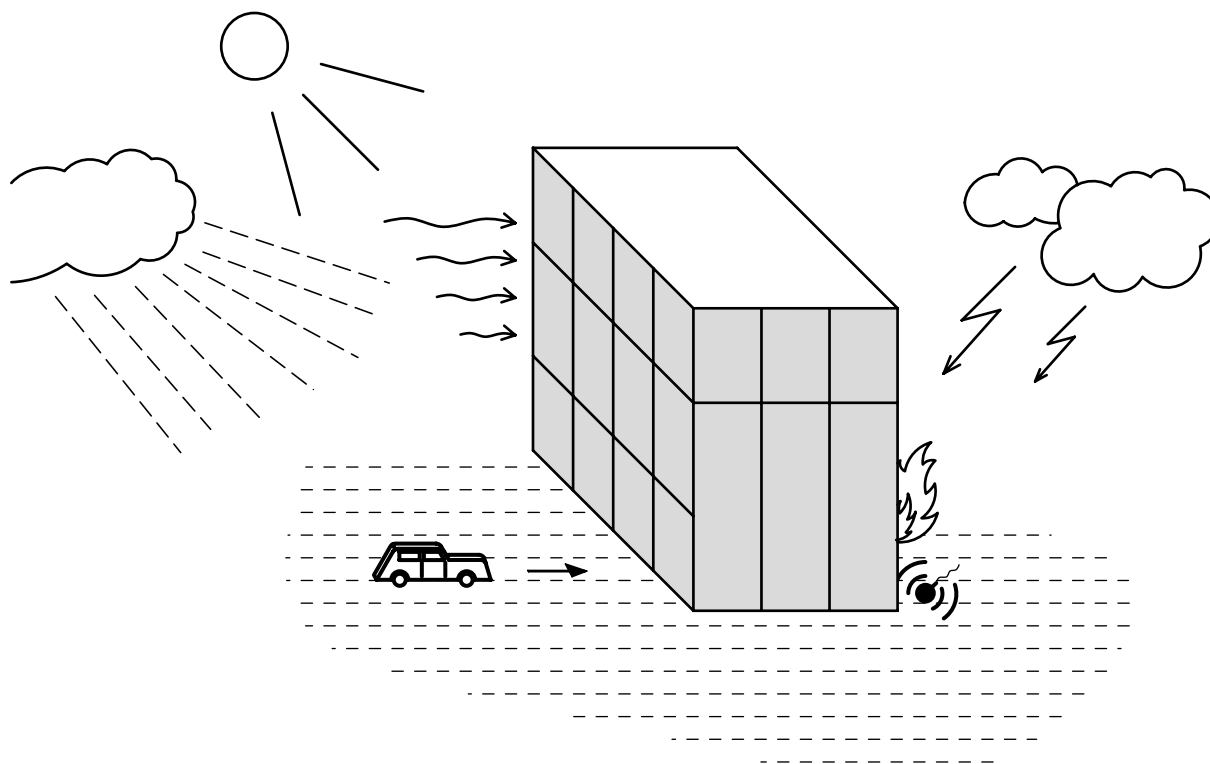
The characteristic material properties of selected materials that are used in curtain walls are listed in the following table.

<b>Material</b> <b>Matériau</b> <b>Material</b>	<b>Dichte</b> <b>Densité</b> <b>Density</b>	<b>Elastizitätsmodul</b> <b>Module d'élasticité</b> <b>Modulus of elasticity</b>	<b>Schubmodul</b> <b>Module de rigidité</b> <b>Shear modulus</b>	<b>Thermischer Ausdehnungskoeffizient</b> <b>Conductibilité thermique</b> <b>Thermal conductivity</b>	<b>Wärmeleitfähigkeit</b> <b>Coefficient de dilatation</b> <b>Expansion coefficient</b>
	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	E [N/mm <sup>2</sup> ]	G [N/mm <sup>2</sup> ]	$\alpha_T$ [10 <sup>-6</sup> /K]	$\lambda$ [W/mK]
Stahl Acier Steel	7900	210000	81000	12	37 - 65
Aluminium Aluminium Aluminium	2700	70000	27000	24	210 - 230
Glas Verre Glass	2500	70000	26000	9	1

## 4 Einwirkungen auf Fassaden

### 4.1 Normative Grundlage

Die nachzuweisenden Leistungseigenschaften einer Vorhangfassade sind in der Produktnorm EN 13830 definiert. Neben den bauphysikalischen Eigenschaften, Brandschutzeigenschaften und Dauerhaftigkeitsanforderungen ist auch der Widerstand gegenüber mechanischer Lasteinwirkung geregelt. Die nachfolgende Grafik zeigt eine Auswahl möglicher Einwirkungen auf die Gebäudehülle.



Mechanische Lasteinwirkungen können je nach Ursprung, Einwirkungsdauer und Intensität in Lastkategorien eingeteilt werden. Sämtliche Einwirkungen müssen sicher und ohne bleibende Deformationen oder Leistungseinbußen über die gesamte Lebensdauer des Tragwerks abgeleitet werden können. Im Hinblick auf den Bemessungsansatz nach Eurocode werden einwirkende Lasten grundsätzlich in drei Hauptgruppen aufgeteilt – ständige, veränderliche, aussergewöhnliche Einwirkungen.

## 4 Actions sur les façades

### 4.1 Bases normatives

Les caractéristiques de performance d'une façade rideau devant faire l'objet d'une analyse sont définies dans la norme produit EN 13830. À côté des propriétés relatives à la physique de la construction, des caractéristiques de protection contre le feu et des exigences de durabilité, la résistance à l'action de charges mécaniques est également réglementée. Le graphique suivant montre quelques actions possibles sur l'enveloppe du bâtiment.

Les charges mécaniques peuvent être réparties en catégories selon leur origine, leur durée d'action et leur intensité. Il doit être possible de transférer toutes les actions de façon sûre et sans déformations permanentes ou réductions de la performance pendant toute la durée de vie de la structure portante. En relation avec les principes de dimensionnement selon l'Eurocode, les charges qui agissent sont réparties en trois groupes principaux – actions permanentes, variables, exceptionnelles.

## 4 Actions on façades

### 4.1 Normative basis

The performance characteristics to be proven for a curtain wall are defined in the product standard EN 13830. In addition to the structural characteristics, fire resistance characteristics and durability requirements, resistance to mechanical loads is also regulated. The following graphic shows a selection of potential actions on the building envelope.

Mechanical loads can be classified into load categories depending on their origin, the duration of the action and the intensity. It must be possible for all of the actions to be transferred reliably and without causing permanent deformation or loss of performance throughout the entire service life of the load-bearing structure. With regard to the calculation method in accordance with the Eurocode, the acting loads are generally divided into three main groups: permanent, variable and accidental actions.

<b>Ständige Einwirkungen G</b> <b>Actions permanentes G</b> <b>Permanent actions G</b>	<b>Veränderliche Einwirkungen Q</b> <b>Actions variables Q</b> <b>Variable actions Q</b>	<b>Aussergewöhnliche Einwirkungen</b> <b>Actions exceptionnelles</b> <b>Accidental actions</b>
Eigenlasten Charges résultant du poids propre Dead loads	Windlasten Charges du vent Wind loads	Anprall / Stosslasten Charges dues à des collisions/chocs Impact loads
Vorspannung Précontrainte Pretension	Schnee-/Eislasten Charges dues à la neige/à la glace Snow/ice loads	Erdbeben Séismes Earthquakes
	Personenlasten Charges dues aux personnes Loads from people	
	Temperatureinwirkungen Actions de la température Temperature loads	

Die Lastgrößen der massgebenden Einwirkungen sind üblicherweise normativ geregelt und den entsprechenden Eurocodes zu entnehmen:

Les intensités des actions déterminantes font en général l'objet de dispositions normatives et figurent dans les Eurocodes correspondants:

The size of the critical actions is normally regulated by standards and can be found in the relevant Eurocodes:

**Eurocode 1**  
 Einwirkungen auf Tragwerke  
 Actions sur les structures portantes  
 Actions on load-bearing structures

**EN 1991-1-1**  
 Nutzlasten und Eigengewichte  
 Charges utiles et poids propres  
 Dynamic loads and dead loads

**EN 1991-1-2**  
 Brandeinwirkungen  
 Actions du feu  
 Effects of fire

**EN 1991-1-3**  
 Schneelasten  
 Charges de neige  
 Snow loads

**EN 1991-1-4**  
 Windlasten  
 Charges du vent  
 Wind loads

**EN 1991-1-5**  
 Temperatureinwirkungen  
 Actions de la température  
 Temperature loads

**EN 1991-1-6**  
 Einwirkungen während der Bauausführung  
 Actions pendant l'exécution de la construction  
 Actions during construction

**EN 1991-1-7**  
 Aussergewöhnliche Einwirkungen  
 Actions exceptionnelles  
 Accidental actions

4.2 Lasten und deren Verteilung

4.2.1 Windlast

Windlasten wirken in Form von Sog oder Druck auf die Aussenflächen umschlossener Baukörper und infolge der Durchlässigkeit der Gebäudehülle auch auf deren Innenflächen. Der Böengeschwindigkeitsdruck  $q_p$  spiegelt die örtlichen Begebenheiten im Projektareal wider und bildet die Grundlage für die Bestimmung der Windlasten am Gebäude.

Die Gebäudeform hat einen wesentlichen Einfluss auf die Strömungseigenschaften des Windes und bestimmt somit die effektive Windlast in verschiedenen Bereichen der Fassade. Dieser Einfluss wird in Form von aerodynamischen Beiwerten  $c_{pi}$  bzw.  $c_{pe}$  nach EN 1991-1-4 erfasst. Innen- und Aussendruck sind als gleichzeitig wirkend anzunehmen. Die charakteristischen Windlasten  $w_k$  auf den Aussenflächen (e) bzw. Innenflächen (i) eines Gebäudes können sich ungünstig überlagern.

4.2 Charges et répartition

4.2.1 Charge du vent

Les charges du vent agissent sous forme d'aspiration ou de pression sur les surfaces extérieures de constructions fermées et en raison de la perméabilité de l'enveloppe de bâtiment également sur les surfaces intérieures. La pression dynamique de pointe  $q_p$  reflète les conditions dans la zone du projet et constitue la base pour déterminer les charges du vent sur le bâtiment.

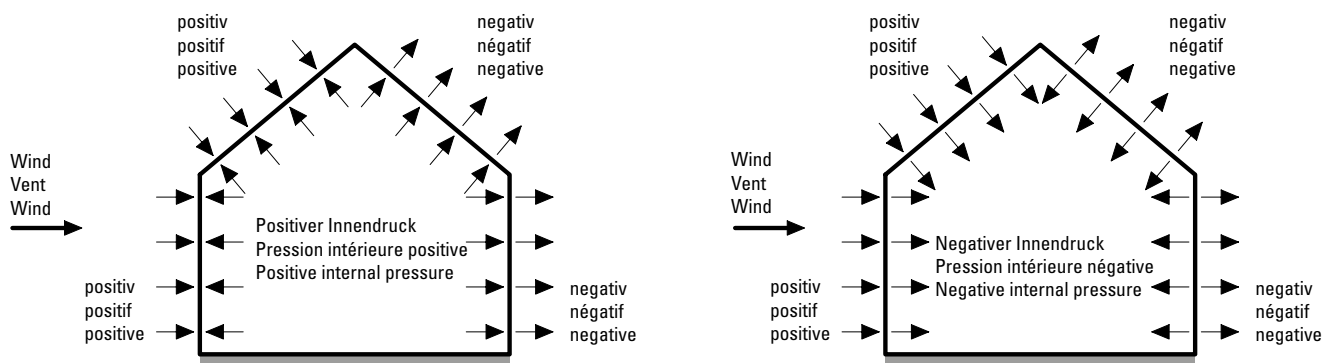
La forme du bâtiment a une influence décisive sur les caractéristiques d'écoulement du vent et détermine ainsi la charge du vent effective dans différentes zones de la façade. Cet effet est relevé sous forme de coefficients aérodynamiques  $c_{pi}$  ou  $c_{pe}$  selon EN 1991-1-4. On partira du principe que la pression intérieure et la pression extérieure agissent en même temps. Les charges du vent caractéristiques  $w_k$  sur les surfaces extérieures (e) ou les surfaces intérieures (i) d'un bâtiment peuvent se superposer de façon défavorable.

4.2 Loads and their distribution

4.2.1 Wind load

Wind loads act on the exterior surfaces of sealed buildings in the form of positive and negative pressure and, depending on the permeability of the building envelope, they also act on the interior surfaces. The peak velocity pressure  $q_p$  reflects the local conditions at the project site and forms the basis for determining the wind loads on the building.

The shape of the building has a key impact on the wind flow characteristics and thereby determines the effective wind load in different areas of the façade. This impact is incorporated in the form of the aerodynamic factors  $c_{pi}$  and  $c_{pe}$  in accordance with EN 1991-1-4. It is to be assumed that internal and external pressures are acting simultaneously. The characteristic wind loads  $w_k$  on the exterior surfaces (e) and the interior surfaces (i) of a building may interact unfavourably.



Überlagerung von Innen- und Aussendruck

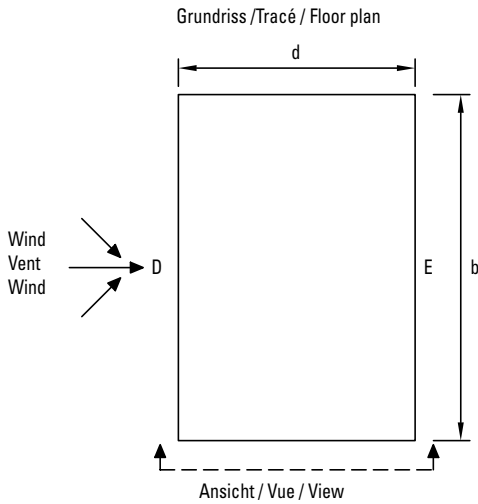
Superposition de la pression intérieure et de la pression extérieure

Unfavourable interaction of internal and external pressures

Der Bemessungswert der Windlast  $w_d$  ergibt sich durch Multiplikation mit dem Teillastbeiwert und möglichen Kombinationsbeiwerten nach EN 13830.

La valeur de calcul de la charge du vent  $w_d$  est obtenue par multiplication avec le coefficient partiel de charge et des coefficients combinés possibles selon EN 13830.

The design value of the wind load  $w_d$  is derived from multiplying by the partial load factor and potential combination factors in accordance with EN 13830.

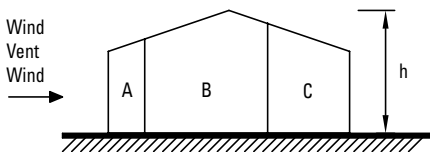
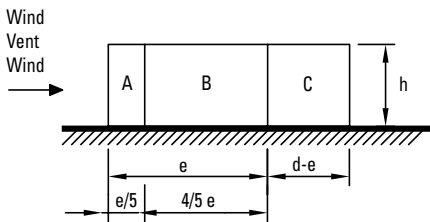


$e = b$  oder  $2h$  (der kleinere Wert ist massgebend)  
 $b =$  Abmessung quer zum Wind

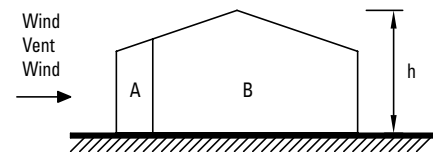
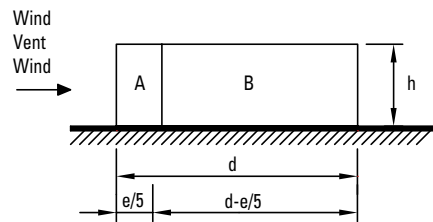
$e = b$  ou  $2h$  (la plus petite valeur est déterminante)  
 $b =$  dimension perpendiculaire au vent

$e = b$  or  $2h$  (whichever is lower)  
 $b =$  Dimension at right angles to the wind

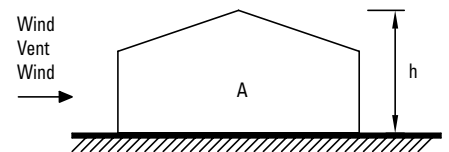
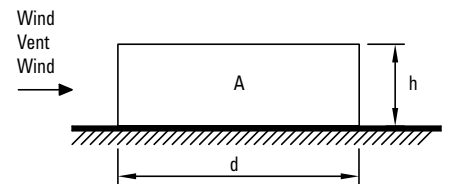
Ansicht für  $e < d$   
 Vue pour  $e < d$   
 View for  $e < d$



Ansicht für  $e \geq d$   
 Vue pour  $e \geq d$   
 View for  $e \geq d$



Ansicht für  $e \geq 5d$   
 Vue pour  $e \geq 5d$   
 View for  $e \geq 5d$





Bereich Zone Area	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
$h/d$										
5	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.8	+1.0		-0.7
1	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.8	+1.0		-0.5
$\leq 0.25$	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.7	+1.0		-0.3

*Beispiel zur Ermittlung der aerodynamischen Beiwerte nach EN 1991-1-4*

*Exemple de détermination des coefficients aérodynamiques selon EN 1991-1-4*

*Example calculation of the aerodynamic factors in accordance with EN 1991-1-4*

**Beispiel**

Berechnung der effektiven Windlast auf einen Teil einer Gebäudehülle:

Böengeschwindigkeitsdruck:

$q_p = 0.8 \text{ kN/m}^2$

Aerodynamischer Beiwert aussen (A):

$c_{pi} = -1.2 \text{ (Sog)}$

Aerodynamischer Beiwert innen:

$c_{pe} = +0.2 \text{ (Druck)}$

Charakteristische Windlast:

$w_k = 0.8 \cdot (-1.2 - 0.2) = -1.12 \text{ kN/m}^2$

Teilsicherheitsbeiwert nach EN 13830:

$\gamma_q = 1.25$

Bemessungswert der Windlast:

$w_d = 1.25 \cdot (-1.12) = -1.4 \text{ kN/m}^2 \text{ (Sog)}$

Die Verteilung der Windlast auf die einzelnen Elemente der Fassadenstruktur erfolgt entsprechend der Lastenflussflächen. Für konventionelle rechteckige Fassadenraster ergeben sich daraus drei grundlegende Lastbilder

- Blocklast
- Trapezlast
- Dreieckslast

**4.2.2 Glaslast**

Das Eigengewicht der Glaselemente wird über die Auflagerkonsolen als Punktlast auf den Riegel eingetragen. Die genaue Position der Glaslager ist entscheidend für die resultierende Deformation des Riegelprofils.

**Exemple**

Calcul de la charge du vent effective sur une partie de l'enveloppe du bâtiment:

Pression dynamique de pointe:

$q_p = 0.8 \text{ kN/m}^2$

Coefficient dynamique à l'extérieur (A):

$c_{pi} = -1.2 \text{ (aspiration)}$

Coefficient dynamique à l'intérieur:

$c_{pe} = +0.2 \text{ (pression)}$

Charge du vent caractéristique:

$w_k = 0.8 \cdot (-1.2 - 0.2) = -1.12 \text{ kN/m}^2$

Coefficient partiel de sécurité selon EN 13830:

$\gamma_q = 1.25$

Valeur de calcul de la charge du vent:

$w_d = 1.25 \cdot (-1.12) = -1.4 \text{ kN/m}^2 \text{ (aspiration)}$

La répartition de la charge du vent sur les différents éléments de la structure de la façade s'effectue en fonction des surfaces d'action de la charge. Pour des trames de façade rectangulaires classiques, trois types de charge fondamentaux en résultent

- Charge en bloc
- Charge trapézoïdale
- Charge triangulaire

**4.2.2 Charge du verre**

Le poids propre des éléments de verre agit comme charge ponctuelle sur la traverse par le biais des consoles d'appui. La position exacte des supports de verre est déterminante pour la déformation résultante du profilé de traverse.

**Example**

Calculation of the effective wind load on part of a building envelope

Peak velocity pressure::

$q_p = 0.8 \text{ kN/m}^2$

Aerodynamic factor, exterior (A):

$c_{pi} = -1.2 \text{ (negative pressure)}$

Aerodynamic factor, interior:

$c_{pe} = +0.2 \text{ (positive pressure)}$

Characteristic wind load:

$w_k = 0.8 \cdot (-1.2 - 0.2) = -1.12 \text{ kN/m}^2$

Partial safety factor in accordance with EN 13830:

$\gamma_q = 1.25$

Design value of wind load:

$w_d = 1.25 \cdot (-1.12) = -1.4 \text{ kN/m}^2 \text{ (negative pressure)}$

The wind load is distributed across the individual units of the façade structure according to the surfaces on which the load is applied. For a conventional, rectangular façade module, there are three basic loading patterns:

- Block load
- Trapezoidal load
- Triangular load

**4.2.2 Glass load**

The dead load of the glass units is transferred to the transom as point load via the bearing brackets. The exact position of the glass supports determines the resulting deformation of the transom profile.

4.2.3 Eigenlast Riegel

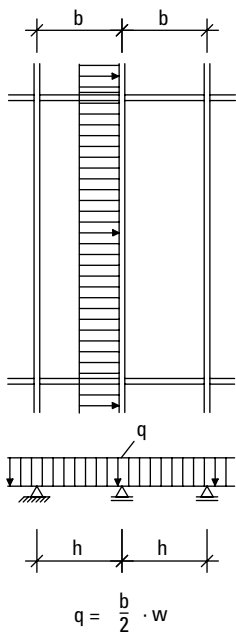
Die Eigenlast des Riegelprofils wirkt als homogene Linienlast und ist im statischen Nachweis des Riegels neben der Glaslast zu berücksichtigen.

Lastannahmen

Mehrfeldträger

Supports à plusieurs travées

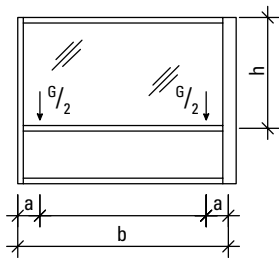
Multi-span beam



Glaslast

Charge du verre

Glass load



Klotzabstand  $a$   
 Scheibenhöhe  $h$  (m)  
 Scheibenbreite  $b$  (m)  
 Scheibendicke (netto)  $t$  (m)  
 Punktlast  $G/2 = 1/2 \cdot h \cdot b \cdot t \cdot 2500 \text{ kg/m}^3$

4.2.3 Charge résultant du poids propre de la traverse

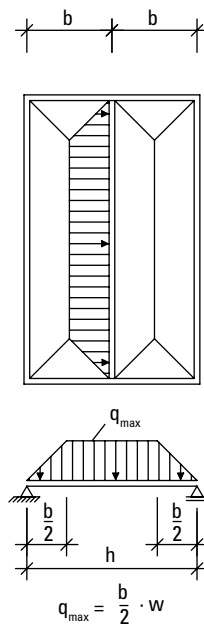
La charge résultant du poids propre du profilé de traverse agit comme charge linéaire et doit être incluse dans l'analyse statique de la traverse à côté de la charge du verre.

Charges supposées

Einfeldträger

Supports à une travée

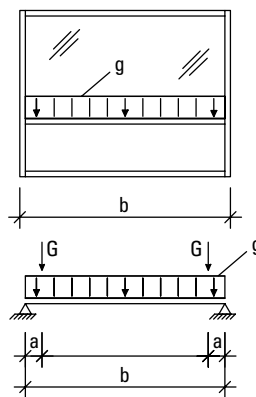
Single-span beam



Eigenlast Riegel

Charge résultant du poids propre de la traverse

Transom dead load

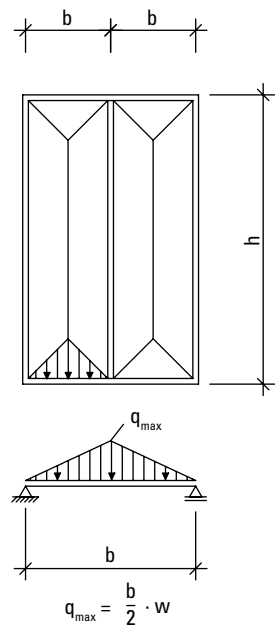


Distance des cales  $a$   
 Hauteur de vitre  $h$  (m)  
 Largeur de vitre  $b$  (m)  
 Epaisseur de vitre (nette)  $t$  (m)  
 Charge ponctuelle  $G/2 = 1/2 \cdot h \cdot b \cdot t \cdot 2500 \text{ kg/m}^3$

4.2.3 Transom dead load

The dead load of the transom profile acts as a homogeneous line load and must be taken into account in the proof of structural integrity in addition to the glass load.

Design loads

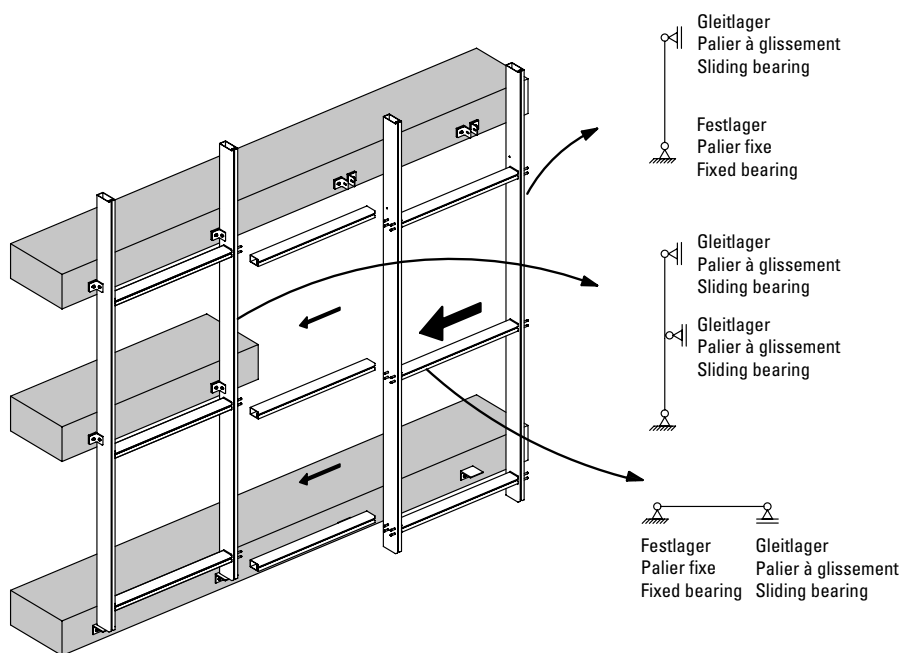


Blocking distance  $a$   
 Pane height  $h$  (m)  
 Pane width  $b$  (m)  
 Pane thickness (net)  $t$  (m)  
 Point load  $G/2 = 1/2 \cdot h \cdot b \cdot t \cdot 2500 \text{ kg/m}^3$

## 5 Statisches Grundmodell

### 5.1 Aufteilung in Teilsysteme

Um die Bemessung einzelner Elemente einer Tragstruktur zu ermöglichen, wird das Gesamtsystem zunächst in einfachere Teilsysteme zerlegt. Dabei wird die Lastaufteilung (z.B. Windlast) auf einzelne Stäbe ebenso bestimmt wie der Lastübertrag an Knotenpunkten. In einem konventionellen Stecksystem einer Vorhangfassade erfolgt der Lastabtrag an das Primärtragwerk über Pfosten, die zwischen den Geschossdecken des Primärtragwerks gespannt sind. Das statische Modell eines solchen Pfostens entspricht je nach Auflagersituation entweder einem Einfeld- oder Mehrfeldträger.



Die Riegelprofile werden in einem solchen System mittels Steckverbindung zwischen den Pfosten eingebaut. Das statische System des Riegels entspricht somit einem gelenkig gelagerten Einfeldträger.

Neben diesem einfachen Grundaufbau gibt es zahlreiche Varianten, die eine Optimierung des Tragwerks im Hinblick auf dessen Tragsicherheit und/oder Gebrauchstauglichkeit ermöglichen. So kann durch die biegesteife

## 5 Modèle de base statique

### 5.1 Répartition en sous-systèmes

Pour permettre le dimensionnement des éléments d'une structure portante, tout le système est d'abord subdivisé en sous-systèmes plus simples à traiter. On détermine la répartition des charges (par ex. charge du vent) sur des barres individuelles tout comme la transmission des charges aux points d'intersection. Dans un système d'emboîtement classique d'une façade rideau, le transfert des charges à la structure portante primaire s'effectue par l'intermédiaire de poteaux, fixés entre les plafonds d'étage de la structure primaire. Selon la situation d'appui, le modèle statique d'un tel poteau correspond à un support à une ou plusieurs travées.

## 5 Basic structural model

### 5.1 Division into partial systems

In order to allow the individual units of a load-bearing structure to be measured, the complete system is initially divided up into more simple partial systems. For this, the load distribution (e.g. wind load) across individual bars is determined, as is the load transfer to the intersection points. In a conventional stick system of a curtain wall, the load is transferred to the primary load-bearing structure via mullions that are clamped between the intermediate floors of the primary load-bearing structure. Depending on the position of the support, the structural model of this type of mullion corresponds to either a single-span or multi-span beam.

(a) Pfosten als Einfeldträger  
(a) Poteaux comme supports à une travée  
(a) Mullion as single-span beam

(b) Pfosten als Zweifeldträger  
(b) Poteaux comme supports à plusieurs travées  
(b) Mullion as double-span beam

(c) Riegel als Einfeldträger  
(c) Traverses comme supports à une travée  
(c) Transom as single-span beam

Dans un tel système, les profilés de traverse sont intégrés entre les poteaux au moyen d'un emboîtement. Le système statique de la traverse correspond ainsi à un support à une travée articulé.

À côté de cette structure de base simple, il existe de nombreuses variantes qui permettent une optimisation de la structure portante au niveau de la sécurité structurale et/ou de l'aptitude au service. Ainsi, l'exécution rigide en

In this type of system, the transom profiles are installed between the mullions by means of a plug-in connection. The structural system of the transom therefore corresponds to a hinged single-span beam.

In addition to this simple basic configuration, there are numerous other versions that allow the load-bearing structure to be optimised with regard to its structural safety and/or serviceability. Therefore,

Ausführung der Knotenpunkte ein zweiachsig gespanntes System entstehen. Die Spannungen und Verformungen eines Fassadenfeldes können entsprechend reduziert werden. Der statische Nachweis derartiger Systeme ist mit den hier aufgeführten Bemessungsansätzen nur bedingt möglich und sollte durch einen Tragwerkplaner durchgeführt werden.

flexion des intersections peut créer un système assemblé sur deux axes. On peut réduire en conséquence les tensions et déformations d'un segment de façade. Les principes de dimensionnement mentionnés ici ne permettent qu'une analyse statique partielle de tels systèmes et cette vérification devrait être effectuée par un planificateur de structure portante.

designing the intersection points to be structurally rigid enables a system to be created that is tensioned along two axes. The stresses and deformation of a façade field can be reduced accordingly. It is only possible for proof of structural integrity for this type of system to be provided to a limited extent using the calculation methods described here and the proof should therefore be carried out by a structural engineer.

**5.2 Lagerungsarten**

Die konstruktive Verbindung zum Primärtragwerk wie auch die Verbindung der einzelnen Elemente einer Vorhangfassade untereinander hat einen wesentlichen Einfluss auf die statische Leistungsfähigkeit der Fassadenstruktur. Die Verbindung muss die auftretenden Lasten sicher an das Primärtragwerk ableiten können und gleichzeitig eine Relativbewegung zwischen Fassade und Primärtragwerk ermöglichen (z.B. infolge thermischer Ausdehnung).

**5.2 Types d'assise**

Le raccordement à la structure portante primaire de même que la liaison des différents éléments d'une façade rideau entre eux ont une influence déterminante sur les performances statiques. L'assemblage doit être en mesure de transmettre les charges appliquées de façon sûre à la structure portante primaire et permettre en même temps un mouvement relatif entre la façade et la structure portante primaire (par ex. à la suite d'une dilatation thermique).

**5.2 Types of bearing**

The structural attachment to the primary load-bearing structure and the attachment of the individual units of a curtain wall to one another have a significant impact on the structural performance of the façade structure. The attachment must be able to securely transfer the loads to the primary load-bearing structure whilst also allowing relative movement between the façade and the primary load-bearing structure (e.g. due to thermal expansion).

Bezeichnung Désignation Description	Symbol Symbole Symbol	Reaktionen Réactions Reactions	Wertigkeit Valeur Value	Mögliche Bewegungen Mouvements possibles Possible movements
Gleitlager Palier à glissement Sliding bearing		Querkraft Q Force de cisaillement Q Lateral force Q	1	Verdrehung / Verschiebung Rotation / déplacement Torsion / displacement
Festlager Palier fixe Fixed bearing		Querkraft Q Normalkraft N  Force de cisaillement Q Force normale N  Lateral force Q Normal force N	2	Verdrehung Rotation Torsion
Einspannung Fixation Clamping		Querkraft Q Normalkraft N Moment M  Force de cisaillement Q Force normale N Moment M  Lateral force Q Normal force N Moment M	3	Keine Aucune None

Üblicherweise werden Vorhangfassaden mittels Fest- und Gleitlager am Primärtragwerk verankert. Die Anzahl der aufnehmbaren Lastkomponenten am Auflager bestimmt dessen Wertigkeit. Die zunehmende Wertigkeit des Auflagers kann dazu beitragen, die lastbedingten Verformungen der Fassade zu reduzieren. Gleichzeitig steigt die Beanspruchung des Querschnitts am Auflager (z.B. Einspannmoment). Aus diesem Grund ist die konstruktive Durchbildung eines derartigen Lagerdetails sorgfältig zu planen und auszuführen. Zudem ist die Eignung des Primärtragwerks zur Aufnahme der Lagerreaktion zu prüfen.

En général, les façades rideaux sont ancrées dans la structure portante principale au moyen de paliers fixes et de paliers à glissement. Le nombre de composants capables d'absorber des charges sur l'appui détermine la valeur de ce dernier. L'accroissement de la valeur de l'appui peut contribuer à réduire les déformations de façade dues aux charges. En même temps, la sollicitation de la section transversale (par ex. moment d'encastrement) augmente. Pour cette raison, il faut planifier et exécuter avec soin la réalisation d'un tel détail de support. Par ailleurs, il faut vérifier l'adéquation de la structure portante primaire pour la réception de la réaction des paliers.

Conventionally, curtain walls are anchored to the primary load-bearing structure by means of fixed and sliding bearings. The number of load components that can be accommodated by the support determines its quality rating. If the quality rating of the support is high, this may help to reduce deformations in the façade caused by loading. This also increases the loading on the cross section of the support (e.g. fixed end moment). For this reason, the structural design of a bearing section detail such as this must be planned and implemented with great care. Furthermore, the suitability of the primary load-bearing structure for accommodating the bearing reaction must also be verified.

## 6 Vordimensionierung / Beispiele

Bei der Berechnung der nachfolgenden Beispiele gehen wir lediglich auf eine Betrachtung der Windlasten und der Eigenlasten ein. Weitere Belastungsfälle (z.B. Personenlast, Schneelast) werden nicht betrachtet. Die gezeigte Vordimensionierung erfolgt sowohl über den Nachweis der Tragsicherheit als auch über den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit. Weitere Nachweise (z.B. Stabilitätsversagen, inhomogene Lastverteilung, Ermüdung, etc.) sind je nach Bausituation im Zuge der Ausführungsplanung ergänzend zu führen. Die zulässige Verformung der Bauelemente einer Vorhangfassade ist in der Produktnorm EN 13830 geregelt.

Darüber hinaus sind die Durchbiegungsgrenzen der ausfachenden Elemente (z.B. Mehrscheiben-Isolierglas) einzuhalten. Entsprechende Produktnormen, technische Richtlinien oder Hersteller geben Auskunft zu entsprechenden Grenzwerten.

## 6 Prédimensionnement / Exemples

Dans le calcul des exemples suivants, nous nous penchons uniquement sur les charges du vent et les charges résultant du poids propre. Nous laissons de côté d'autres contraintes (par ex. charge due aux personnes, charge due à la neige). Le prédimensionnement illustré s'effectue au moyen de la vérification de la sécurité structurale et de celle de l'aptitude au service. D'autres analyses (par ex. défaillance de stabilité, répartition non homogène de la charge, fatigue, etc.) peuvent s'avérer nécessaires selon la construction. La déformation tolérée des éléments d'une façade rideau est définie dans la norme produit EN 13830.

Par ailleurs, il faut respecter les limites de flexion des éléments de remplissage (par exemple vitrage isolant multiverre). Les normes produit, directives techniques correspondantes et fabricants renseignent sur les valeurs limites.

## 6 Preliminary structural analysis / examples

When calculating the following examples, we only take into account the wind loads and the dead loads. Other loads (e.g. loads from people, snow load) are not incorporated. The preliminary structural analysis shown is carried out using both the proof of structural safety and the proof of serviceability. Depending on the site conditions, other proofs (e.g. stability failure, inhomogeneous load distribution, fatigue, etc.) may have to be carried out additionally as part of the implementation planning. The permissible deformation of the construction units in a curtain wall is set out in the product standard EN 13830.

Furthermore, the deflection limits of the infill units (e.g. multi-pane insulating glass) must be observed. The relevant product standards, technical regulations and manufacturers will provide information on the respective limit values.

<b>Deformation normal zur Fassadenebene</b> <b>Déformation perpendiculaire au plan de façade</b> <b>Deformation normal to the façade level</b>	<b>Vertikale Deformation des Riegels</b> <b>Déformation verticale de la traverse</b> <b>Vertical deformation of the transom</b>
$d \leq l/200$ wenn / si / if $l \leq 3000$ mm	$d \leq l/500$
$d \leq 5 \text{ mm} + l/300$ wenn / si / if $3000 \text{ mm} < l < 7500$ mm	
$d \leq l/250$ wenn / si / if $l \geq 7500$ mm	Kein Kontakt zwischen Glas und Riegelprofil Il n'y a pas de contact entre le verre et le profilé de traverse No contact between the glass and transom profile

### 6.1 Statische Querschnittswerte

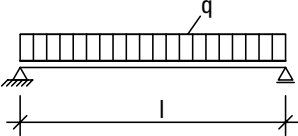
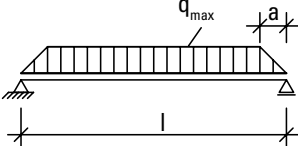
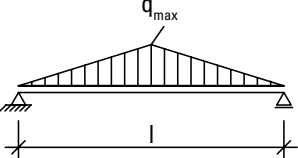
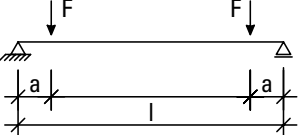
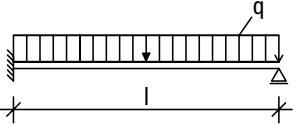
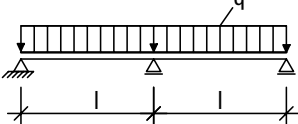
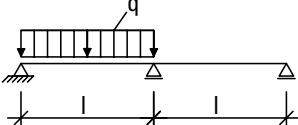
Die nachfolgende Tabelle enthält eine Auswahl an Formeln zur Berechnung der statischen Querschnittswerte für die oben aufgeführten Teilsysteme.

### 6.1 Valeurs de section transversale statiques

Le tableau suivant contient une série de formules pour calculer les valeurs de section transversale statiques des sous-systèmes mentionnés ci-dessus.

### 6.1 Structural cross section values

The following table contains a selection of formulae for calculating the structural cross section values for the partial systems listed above

System/Belastung Système/Charges System/load	Erforderliches Widerstandsmoment Couple résistant exigé Required moment of resistance	Erforderliches Flächenträgheitsmoment Couple d'inertie de surface exigé Required geometrical moment of inertia
Bemessungswerte (vereinfacht) Valeurs de calcul (simplifiées) Design values (simplified)	$Q_d = \gamma_Q \times Q_k$ $G_d = \gamma_G \times G_k$ $f_{y,d} = \gamma_m \times f_{y,k}$	$Q_k$ $G_k$ $f_{zul}$
	$W_x = \frac{q l^2}{8 f_y}$	$I_x = \frac{5 q l^4}{384 E f_{zul}}$
	$W_x = \frac{q (3 l^2 - 4 a^2)}{24 f_y}$	$I_x = \frac{q (5 l^2 - 4 a^2)^2}{1920 E f_{zul}}$
	$W_x = \frac{q l^2}{12 f_y}$	$I_x = \frac{q l^4}{120 E f_{zul}}$
	$W_x = \frac{F a}{f_y}$	$I_x = \frac{F a (3 l^2 - 4 a^2)}{24 E f_{zul}}$
	$W_x = \frac{q l^2}{8 f_y}$	$I_x = \frac{2 q l^4}{369 E f_{zul}}$
	$W_x = \frac{q l^2}{8 f_y}$	$I_x = \frac{q l^4}{184.5 E f_{zul}}$
	$W_x = \frac{q l^2}{10.4 f_y}$	$I_x = \frac{q l^4}{109.3 E f_{zul}}$

**6.2 Dimensionierung Pfosten**

*Projektgrundlagen*

Einfeldträger  
 Pfostenhöhe h: 6.2 m  
 Feldbreite b: 1.4 m

Glasaufbau 3-fach Isolierglas  
 $g_k = 0.5 \text{ kN/m}^2$

Böengeschwindigkeitsdruck  
 $q_p = 0.8 \text{ kN/m}^2$

*Grenzwerte ULS*

Materialwiderstand  
 Stahlgüte S250 GD

$f_{yk} = 250 \text{ N/mm}^2$   
 $f_{yd} = 250 / 1.0 = 250 \text{ N/mm}^2$

**6.2 Dimensionnement des poteaux**

*Principes de base du projet*

Supports à une travée  
 Hauteur de poteau h: 6.2 m  
 Largeur de segment b: 1.4 m

Vitrage: triple verre isolant  
 $g_k = 0.5 \text{ kN/m}^2$

Pression dynamique de pointe  
 $q_p = 0.8 \text{ kN/m}^2$

*Valeurs limites ELU*

Résistance du matériau qualité  
 d'acier S250 GD

$f_{yk} = 250 \text{ N/mm}^2$   
 $f_{yd} = 250 / 1.0 = 250 \text{ N/mm}^2$

**6.2 Dimensioning mullions**

*Basic project information*

Single-span beam  
 Mullion height h: 6.2 m  
 Field width b: 1.4 m

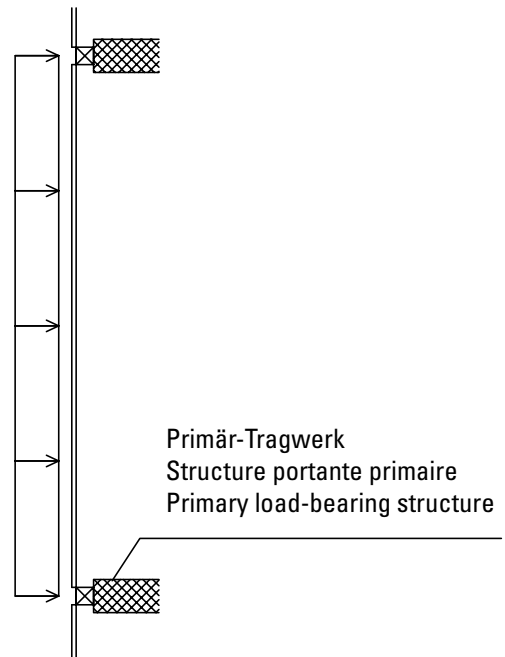
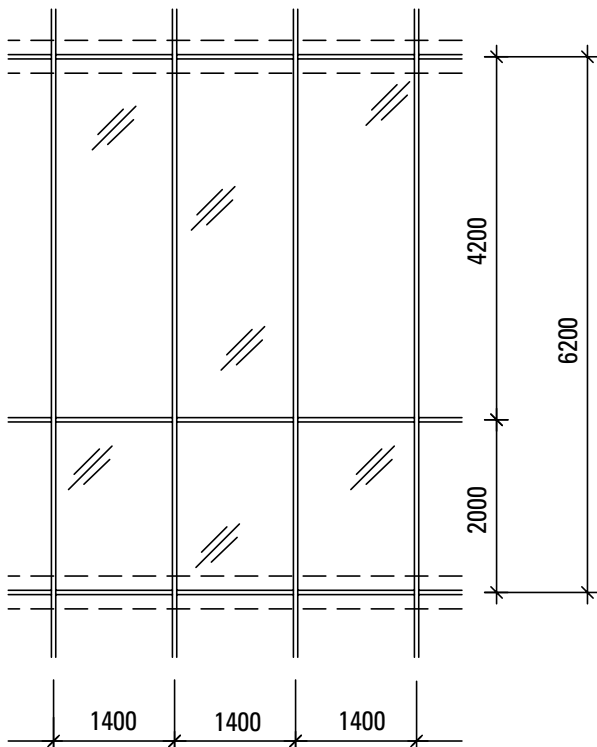
Glass composition of triple  
 insulating glass  
 $g_k = 0.5 \text{ kN/m}^2$

Peak velocity pressure  
 $q_p = 0.8 \text{ kN/m}^2$

*ULS values*

Material resistance of  
 steel grade S250 GD

$f_{yk} = 250 \text{ N/mm}^2$   
 $f_{yd} = 250 / 1.0 = 250 \text{ N/mm}^2$





*Lastannahmen / Windlast*

Flächenlast

$$q_p = 0.8 \text{ kN/m}^2$$

$$c_{pe} = -1.2 \text{ (Sog)}$$

$$c_{pi} = +0.2 \text{ (Druck)}$$

$$w_k = 0.8 \cdot (-1.2 - 0.2) = -1.12 \text{ kN/m}^2$$

$$w_d = w_k \gamma_Q = -1.12 \cdot 1.25 = -1.4 \text{ kN/m}^2$$

Resultierende Linienlast

$$q_k = B w_k = 1.4 \cdot 1.12 = 1.57 \text{ kN/m}$$

$$q_d = B w_d = 1.4 \cdot 1.4 = 1.96 \text{ kN/m}$$

*Grenzwerte SLS*

Durchbiegung horizontal

$$3000 < h < 7500$$

$$f_{zul} = 5 + 6200 / 300 = 25.7 \text{ mm}$$

Die statisch erforderlichen Querschnittswerte werden vergleichsweise für den beidseitig gelenkig gelagerten Pfosten und den einseitig eingespannten Pfosten berechnet.

*Charges supposées / Charge du vent*

Charge répartie

$$q_p = 0.8 \text{ kN/m}^2$$

$$c_{pe} = -1.2 \text{ (aspiration)}$$

$$c_{pi} = +0.2 \text{ (pression)}$$

$$w_k = 0.8 \cdot (-1.2 - 0.2) = -1.12 \text{ kN/m}^2$$

$$w_d = w_k \gamma_Q = -1.12 \cdot 1.25 = -1.4 \text{ kN/m}^2$$

Charge linéaire résultante

$$q_k = B w_k = 1.4 \cdot 1.12 = 1.57 \text{ kN/m}$$

$$q_d = B w_d = 1.4 \cdot 1.4 = 1.96 \text{ kN/m}$$

*Valeurs limites ELS*

Flèche horizontale

$$3000 < h < 7500$$

$$f_{tol} = 5 + 6200 / 300 = 25.7 \text{ mm}$$

Les valeurs de section transversale nécessaires pour la statique sont calculées pour le poteau logé de façon articulée des deux côtés et le poteau encastré d'un côté.

*Design loads / wind load*

Surface load

$$q_p = 0.8 \text{ kN/m}^2$$

$$c_{pe} = -1.2 \text{ (negative pressure)}$$

$$c_{pi} = +0.2 \text{ (positive pressure)}$$

$$w_k = 0.8 \cdot (-1.2 - 0.2) = -1.12 \text{ kN/m}^2$$

$$w_d = w_k \gamma_Q = -1.12 \cdot 1.25 = -1.4 \text{ kN/m}^2$$

Resulting line load

$$q_k = B w_k = 1.4 \cdot 1.12 = 1.57 \text{ kN/m}$$

$$q_d = B w_d = 1.4 \cdot 1.4 = 1.96 \text{ kN/m}$$

*SLS values*

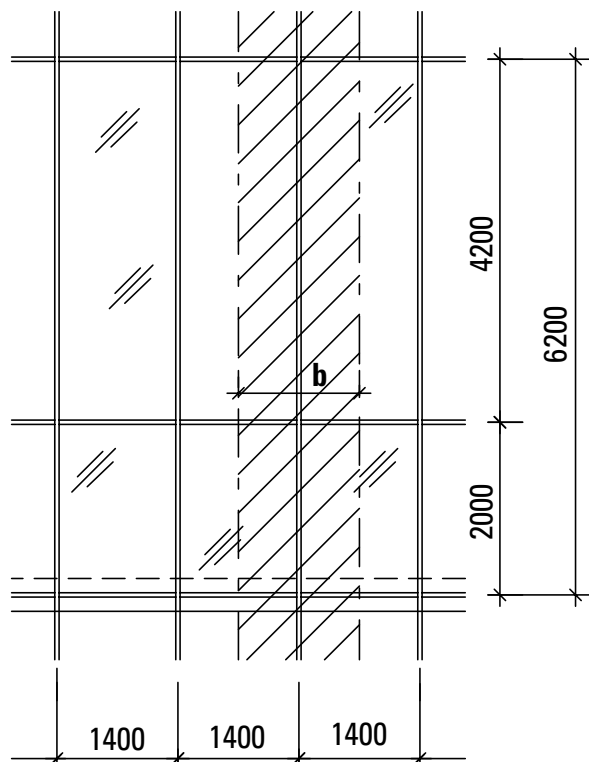
Horizontal deflection

$$3000 < h < 7500$$

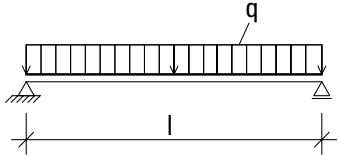
$$f_{zul} = 5 + 6200 / 300 = 25.7 \text{ mm}$$

By way of a comparison, the cross section values that are structurally required are calculated for the mullion which is hinged on both sides and the mullion which is clamped on one side.

Lasteinzugsfläche Wind  
 Surface d'action du vent  
 Load distribution area for wind



**Pfosten unten / oben gelenkig gelagert**  
**Poteau logé de façon articulée en bas / en haut**  
**Mullion hinged at bottom / top**



Erforderliches Widerstandsmoment (ULS)  
 Couple résistant exigé (ELU)  
 Required moment of resistance (ULS)

$$W_x = \frac{q_d l^2}{8 f_{yd}} = \frac{1.96 \cdot 6200^2}{8 \cdot 250 \cdot 10^3} = 37.7 \text{ cm}^3$$

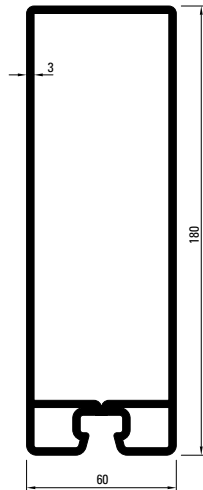
Erforderliches Flächenträgheitsmoment (SLS)  
 Moment d'inertie de surface exigé (ELS)  
 Required geometrical moment of inertia (SLS)

$$I_x = \frac{5 q_k l^4}{384 E f_{zul.}} = \frac{5 \cdot 1.57 \cdot 6200^4}{384 \cdot 210000 \cdot 25.7 \cdot 10^4} = 559.7 \text{ cm}^4$$

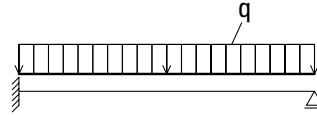
Profilauswahl = VISS 76.140  
 Choix de profilé = VISS 76.140  
 Profile selection = VISS 76.140

$$W_x = 61.8 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 621.5 \text{ cm}^4$$



**Pfosten unten eingespannt / oben gelenkig gelagert**  
**Poteau encastré en bas / logé de façon articulée en haut**  
**Mullion clamped at bottom / hinged at top**



Erforderliches Widerstandsmoment (ULS)  
 Couple résistant exigé (ELU)  
 Required moment of resistance (ULS)

$$W_x = \frac{q_d l^2}{8 f_{yd}} = \frac{1.96 \cdot 6200^2}{8 \cdot 250 \cdot 10^3} = 37.7 \text{ cm}^3$$

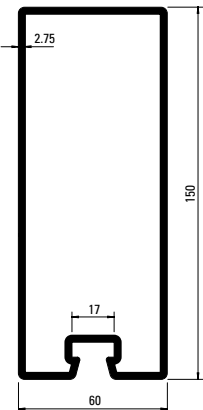
Erforderliches Flächenträgheitsmoment (SLS)  
 Moment d'inertie de surface exigé (ELS)  
 Required geometrical moment of inertia (SLS)

$$I_x \approx \frac{2 q_k l^4}{369 E f_{zul.}} = \frac{2 \cdot 1.57 \cdot 6200^4}{369 \cdot 210000 \cdot 25.7 \cdot 10^4} = 233.0 \text{ cm}^4$$

Profilauswahl = VISS 76.667  
 Choix de profilé = VISS 76.667  
 Profile selection = VISS 76.667

$$W_x = 43.0 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 343.0 \text{ cm}^4$$



Das Beispiel zeigt, dass der erforderliche Pfostenquerschnitt durch eine Optimierung des statischen Systems teils deutlich reduziert werden kann – vorausgesetzt, dass die eingespannte Lagerung des Pfostenprofils am Fusspunkt konstruktiv möglich ist.

L'exemple montre que la section de poteau exigée peut être considérablement améliorée par une optimisation du système statique – à condition que la fixation encastrée du profilé de poteau soit possible au pied.

The example shows that the required mullion cross section can be significantly reduced in some areas by optimising the structural system, provided that it is structurally possible for the bearing point of the mullion profile to be clamped at the base point.

**6.3 Dimensionierung Riegel**

*Lastannahmen*

Windlast (horizontal):  
 $max. q_k = b w_k = 1.4 \cdot 1.12 = 1.57 \text{ kN/m}$   
 $max. q_d = b w_d = 1.4 \cdot 1.4 = 1.96 \text{ kN/m}$

Eigenlast Glas (vertikal):  
*Glasfläche*  
 $A = H \cdot B = 4.2 \cdot 1.4 = 5.88 \text{ m}^2$

*Glaslast*  
 $G_k = A \cdot g_k = 5.88 \cdot 0.5 = 2.94 \text{ kN}$

*Glaslast*  
 $G_d = G_k \cdot \gamma_G = 2.94 \cdot 1.15 = 3.38 \text{ kN}$

*Grenzwerte ULS*

Materialwiderstand  
 Stahlgüte S250 GD  
 $f_{yk} = 250 \text{ N/mm}^2$   
 $f_{yd} = 250 / 1.0 = 250 \text{ N/mm}^2$

*Grenzwerte SLS*

Durchbiegung horizontal  $b \leq 3000$   
 $f_{zul} = 1400 / 200 = 7 \text{ mm}$

Durchbiegung vertikal  
 $f_{zul} = 1400 / 500 = 2.8 \text{ mm}$

**6.3 Dimensionnement de la traverse**

*Charges supposées*

Charge du vent (horizontale):  
 $max. q_k = b w_k = 1.4 \cdot 1.12 = 1.57 \text{ kN/m}$   
 $max. q_d = b w_d = 1.4 \cdot 1.4 = 1.96 \text{ kN/m}$

Charge résultant du poids propre du verre (verticale):  
*Surface de verre*  
 $A = H \cdot B = 4.2 \cdot 1.4 = 5.88 \text{ m}^2$

*Charge du verre*  
 $G_k = A \cdot g_k = 5.88 \cdot 0.5 = 2.94 \text{ kN}$

*Charge du verre*  
 $G_d = G_k \cdot \gamma_G = 2.94 \cdot 1.15 = 3.38 \text{ kN}$

*Valeurs limites ELU*

Résistance du matériau qualité d'acier S250 GD  
 $f_{yk} = 250 \text{ N/mm}^2$   
 $f_{yd} = 250 / 1.0 = 250 \text{ N/mm}^2$

*Valeurs limites ELS*

Flèche horizontale  $b \leq 3000$   
 $f_{tol} = 1400 / 200 = 7 \text{ mm}$

Flèche verticale  
 $f_{tol} = 1400 / 500 = 2.8 \text{ mm}$

**6.3 Dimensioning transoms**

*Design loads*

Wind load (horizontal):  
 $max. q_k = b w_k = 1.4 \cdot 1.12 = 1.57 \text{ kN/m}$   
 $max. q_d = b w_d = 1.4 \cdot 1.4 = 1.96 \text{ kN/m}$

Dead load of glass (vertical):  
*Glass area*  
 $A = H \cdot B = 4.2 \cdot 1.4 = 5.88 \text{ m}^2$

*Glass load*  
 $G_k = A \cdot g_k = 5.88 \cdot 0.5 = 2.94 \text{ kN}$

*Glass load*  
 $G_d = G_k \cdot \gamma_G = 2.94 \cdot 1.15 = 3.38 \text{ kN}$

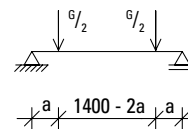
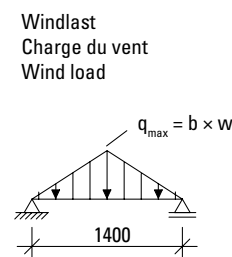
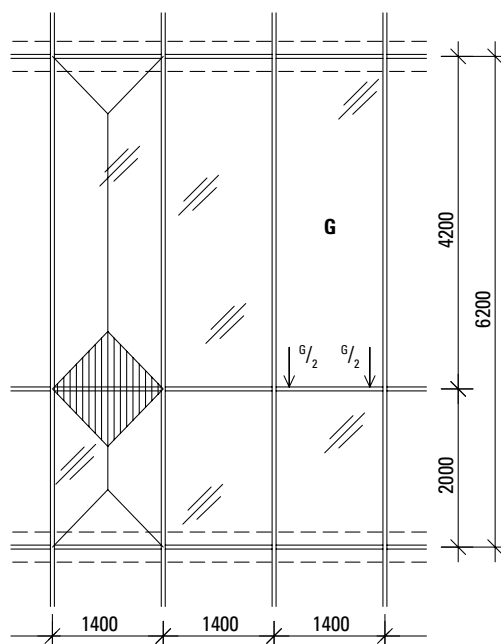
*ULS values*

Material resistance of steel grade S250 GD  
 $f_{yk} = 250 \text{ N/mm}^2$   
 $f_{yd} = 250 / 1.0 = 250 \text{ N/mm}^2$

*SLS values*

Horizontal deflection  $b \leq 3000$   
 $f_{zul} = 1400 / 200 = 7 \text{ mm}$

Vertical deflection  
 $f_{zul} = 1400 / 500 = 2.8 \text{ mm}$



*Glaslast*  
 Charge du verre  
 Glass load

In konventionellen Stecksystemen wird der Riegel als gelenkig gelagert angenommen. Bei geschweissten Knoten (einseitig oder beidseitig) wird im statischen System ein eingespanntes Auflager angesetzt. Im nachfolgenden Beispiel wird die Eigenlast des Riegels angesichts der geringen Spannweite vernachlässigt. In einer abschliessenden statischen Bemessung ist dieser Lastfall ebenfalls zu berücksichtigen.

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass die einwirkenden Lasten in horizontaler und vertikaler Richtung gleichzeitig wirken und daher im statischen Nachweis überlagert werden müssen. Im Rahmen dieser vereinfachten Vorbemessung wird die Überlagerung nicht vorgenommen. Im Zuge der Ausführungsplanung ist dieser Nachweis durch den Statiker zu führen.

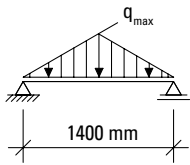
Dans les systèmes d'emboîtement classiques, la traverse est supposée avoir un logement articulé. Pour les intersections soudées (sur un côté ou les deux), on applique un appui encastré dans le système statique. Dans l'exemple suivant, on néglige la charge résultant du poids propre de la traverse en raison de la faible portée. Dans le cadre d'un dimensionnement statique, il faut aussi tenir compte de ce cas de charge.

A cet égard, on notera que les charges appliquées dans l'axe horizontal et l'axe vertical agissent en même temps et qu'elles doivent de ce fait être superposées dans la vérification statique. Dans le cadre de ce prédimensionnement simplifié, la superposition n'est pas effectuée. Lors de la planification de l'exécution, le staticien doit réaliser cette analyse.

In conventional stick systems, it is assumed that the transom is hinged. For welded intersections (on one side or on both sides), a clamped support is used in the structural system. In the following example, the dead load of the transom is ignored due to the small span. This load scenario must also be taken into account in a final structural calculation.

In this connection, it must be pointed out that the loads in a horizontal and vertical direction are acting simultaneously and must therefore be combined in the proof of structural integrity. The combination of the loads will not be carried out for this simplified preliminary calculation. This proof must be carried out by the structural engineer as part of the implementation planning.

**Nachweis unter Windlast**  
**Analyse avec charge de vent**  
**Proof under wind load**



Erforderliches Widerstandsmoment (ULS)  
 Couple résistant exigé (ELU)  
 Required moment of resistance (ULS)

$$W_x = \frac{q_d l^2}{12 f_{yd}} = \frac{1.96 \cdot 1400^2}{12 \cdot 250 \cdot 10^3} = 1.28 \text{ cm}^3$$

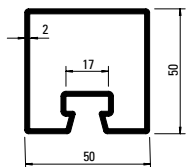
Erforderliches Flächenträgheitsmoment (SLS)  
 Moment d'inertie de surface exigé (ELS)  
 Required geometrical moment of inertia (SLS)

$$I_x = \frac{q_k l^4}{120 E f_{zul}} = \frac{1.57 \cdot 1400^4}{120 \cdot 210000 \cdot 7 \cdot 10^4} = 3.4 \text{ cm}^4$$

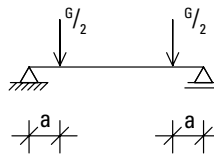
Profilauswahl = VISS 76.694  
 Choix de profilé = VISS 76.694  
 Profile selection = VISS 76.694

$$I_x = 14.8 \text{ cm}^4 > 3.4 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 5.9 \text{ cm}^3 > 1.28 \text{ cm}^3$$



**Nachweis unter Eigenlast Glas**  
**Vérification avec une charge résultant du poids propre du verre**  
**Proof under dead load of glass**



Erforderliches Widerstandsmoment (ULS)  
 Couple résistant exigé (ELU)  
 Required moment of resistance (ULS)

$$W_y = \frac{F_d a}{f_{yd}} = \frac{0.5 \cdot 3380 \cdot 200}{250 \cdot 10^3} = 1.35 \text{ cm}^3$$

Erforderliches Flächenträgheitsmoment (SLS)  
 Moment d'inertie de surface exigé (ELS)  
 Required geometrical moment of inertia (SLS)

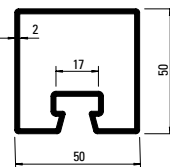
$$I_y = \frac{F_k a (3 l^2 - 4 a^2)}{24 E f_{zul}} =$$

$$\frac{0.5 \cdot 2940 \cdot 200 \cdot (3 \cdot 1400^2 - 4 \cdot 200^2)}{24 \cdot 210000 \cdot 2.8 \cdot 10^4} = 11.9 \text{ cm}^4$$

Profilauswahl = VISS 76.694  
 Choix de profilé = VISS 76.694  
 Profile selection = VISS 76.694

$$I_y = 14.8 \text{ cm}^4 > 11.9 \text{ cm}^4$$

$$W_y = 5.9 \text{ cm}^3 > 1.35 \text{ cm}^3$$

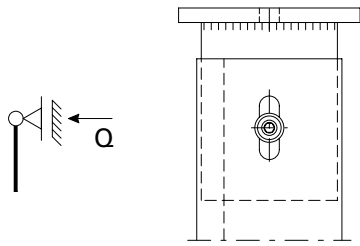


## 7 Konstruktive Ausführung

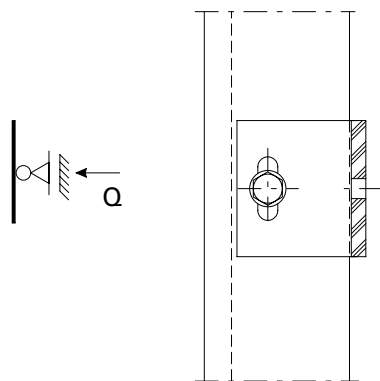
Die nachfolgenden Darstellungen zeigen ausgewählte Beispiele für konstruktive Bauanschlüsse. Sämtliche Elemente des Anschlusses (Konsolen, Anker, Schweissnähte, etc.) sind durch den Tragwerkplaner bzw. Fassadeningenieur nachzuweisen. Je nach vorliegender Bausituation sollten die Anschlussdetails entsprechend angepasst werden.

### 7.1 Gleitlager

*Deckenanschluss  
Endauflager oben*



*Deckenanschluss  
Zwischenaufleger*

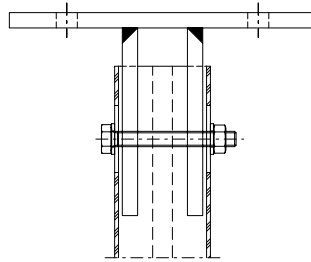


## 7 Exécution relative à la construction

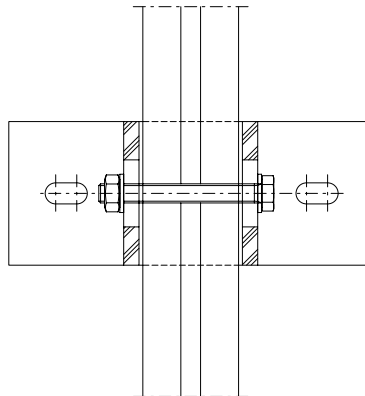
Les illustrations suivantes sont des exemples de fixation au bâtiment. Tous les éléments de la fixation (consols, ancrages, soudures, etc.) doivent être validés par le planificateur de la structure portante ou par l'ingénieur de façade. Selon la situation de construction, il faut adapter les détails de fixation.

### 7.1 Paliers à glissement

*Fixation au plafond  
Support d'extrémité en haut*



*Fixation au plafond  
Appui intermédiaire*

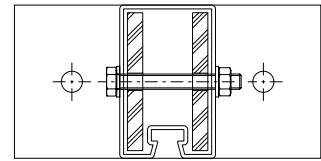


## 7 Structural design

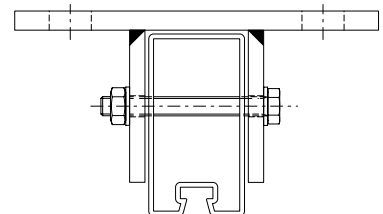
The following representations show selected examples of structural building attachments. All of the units of the attachment (brackets, anchors, weld seams, etc.) must be verified by the structural engineer or façade engineer. The attachment details should be changed to suit the prevailing site conditions.

### 7.1 Sliding bearing

*Intermediate floor attachment  
End support, top*

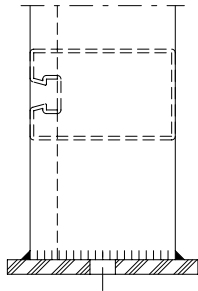


*Intermediate floor attachment  
Intermediate support*



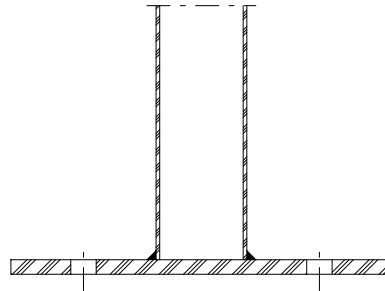
**7.2 Festlager**

*Bodenanschluss*  
*Fussplatte geschweisst*



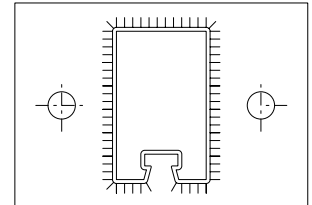
**7.2 Palier à glissement**

*Fixation au sol*  
*Semelle soudée*

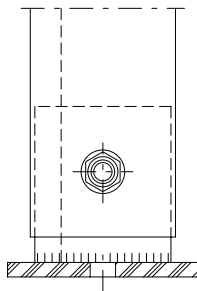


**7.2 Fixed bearing**

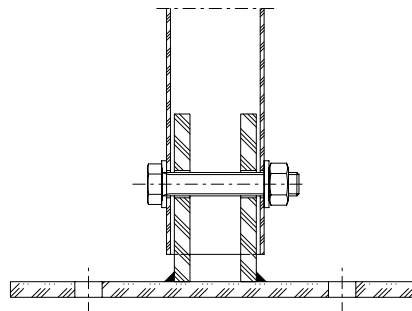
*Floor attachment*  
*Base plate, welded*



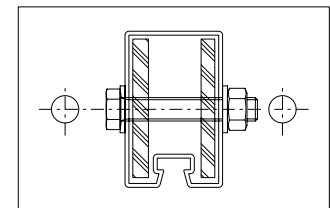
*Bodenanschluss*  
*Steckverbindung*



*Fixation au sol*  
*Emboîtement*

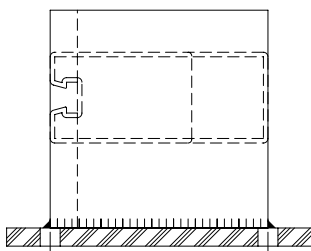


*Floor attachment*  
*Plug-in connection*



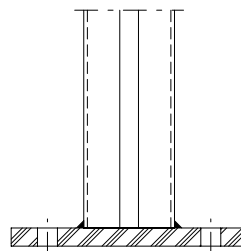
**7.3 Einspannung**

*Bodenanschluss*  
*Fussplatte geschweisst*



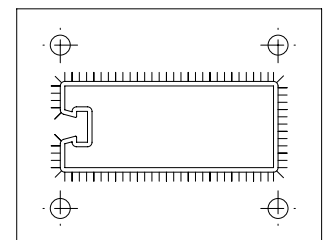
**7.3 Encastrement**

*Fixation au sol*  
*Semelle soudée*



**7.3 Clamping**

*Floor attachment*  
*Base plate, welded*



## 8 Diagramme zur Vordimensionierung

Die nachfolgenden Diagramme dienen zur Vorauswahl eines geeigneten Profilquerschnitts für eine gegebene Bausituation. Die Diagramme basieren auf dem vorgängig dargelegten Bemessungsansatz nach EN 13830. Die Windlast wurde als homogene Blocklast angesetzt. Die Diagramme bilden zwei statische Systeme ab: zum einen ein konventioneller Einfeldträger mit beidseitig gelenkig gelagerten Stabenden, zum anderen ein einseitig eingespannter Träger. Ergänzende Nachweise (z.B. Stabilitätsversagen, inhomogene Lastverteilung, etc.) sind in den nachfolgenden Diagrammen nicht berücksichtigt und sind je nach Bausituation im Rahmen der Ausführungsstatik zu führen.

### Randbedingungen

*Zul. Durchbiegung*  
 $L/200$  für  $H \leq 3000$  mm

$5 + L/300$  für  $3000 < H < 7500$  mm

$L/250$  für  $H \geq 7500$  mm

Stahlgüte S250 GD  
 $f_{yk} = 250$  N/mm<sup>2</sup>

### Teilsicherheitsbeiwerte

$\gamma_a = 1.25$  (Wind)

$\gamma_{mo} = 1.0$  (Glas)

## 8 Diagrammes pour le prédimensionnement

Les diagrammes suivants servent à présélectionner une section de profilé adaptée pour une situation de construction donnée. Les diagrammes se basent sur le principe de dimensionnement illustré au préalable selon EN 13830. La charge du vent a été définie comme charge en bloc homogène. Les diagrammes reproduisent deux systèmes statiques: d'une part, le support à une travée classique avec des extrémités de barre à logement articulé des deux côtés. D'autre part un support encastré d'un côté. Des vérifications complémentaires (par ex. défaillances de stabilité, répartition inhomogène des charges, etc.) ne sont pas prises en compte dans les diagrammes suivants et doivent être effectuées, selon les conditions de construction, dans le cadre de calculs statiques d'exécution.

### Conditions aux limites

*Flèche tolérée*  
 $L/200$  pour  $H \leq 3000$  mm

$5 + L/300$  pour  $3000 < H < 7500$  mm

$L/250$  pour  $H \geq 7500$  mm

Qualité d'acier S250 GD  
 $f_{yk} = 250$  N/mm<sup>2</sup>

### Coefficients partiels de sécurité

$\gamma_a = 1.25$  (Vent)

$\gamma_{mo} = 1.0$  (Verre)

## 8 Diagrams for preliminary structural analysis

The following diagrams are intended to be used for the pre-selection of a suitable profile cross section for a given construction scenario. The diagrams are based on the calculation method described previously, in accordance with EN 13830. The wind load has been calculated as a homogenous block load. The diagrams show two structural systems – the first is a conventional single-span beam with hinged bar ends on both sides; the second is a beam which is clamped on one side. Additional proofs (e.g. stability failure, inhomogeneous load distribution, etc.) are not taken into account in the following diagrams and, depending on the site conditions, must be carried out as part of the structural analysis.

### Parameters

*Permissible deflection*  
 $L/200$  für  $H \leq 3000$  mm

$5 + L/300$  for  $3000 < H < 7500$  mm

$L/250$  for  $H \geq 7500$  mm

Steel grade S250 GD  
 $f_{yk} = 250$  N/mm<sup>2</sup>

### Partial safety factors

$\gamma_a = 1.25$  (wind)

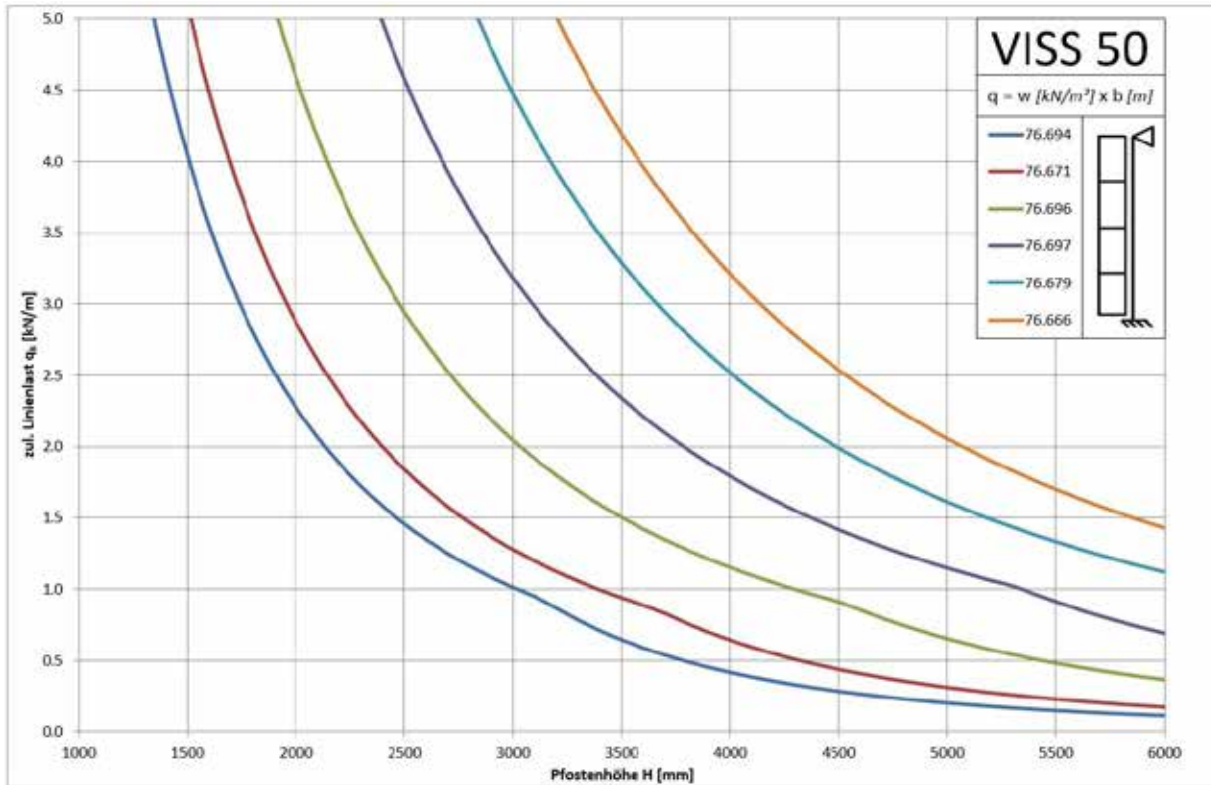
$\gamma_{mo} = 1.0$  (glass)



VISS 50 mm  
 Festlager - Gleitlager

VISS 50 mm  
 Palier fixe – Palier à glissement

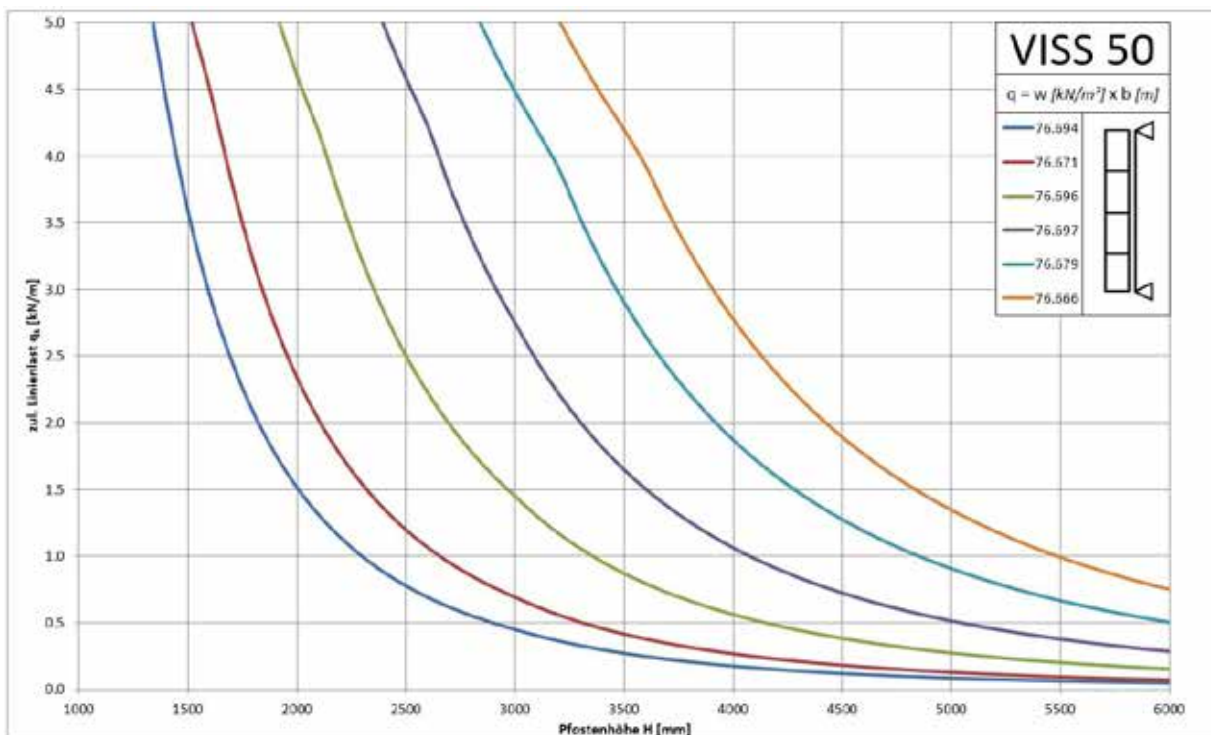
VISS 50 mm  
 Fixed bearing – sliding bearing



VISS 50 mm  
 Eingespannt - Gleitlager

VISS 50 mm  
 Encastré – Palier à glissement

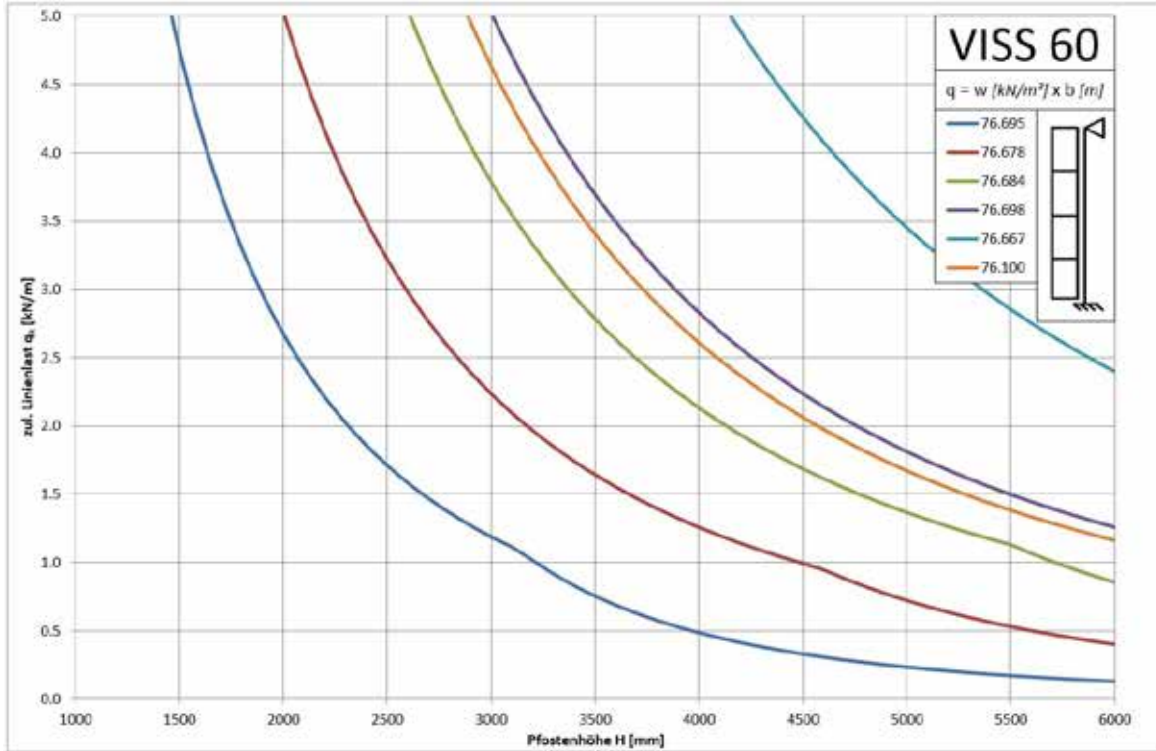
VISS 50 mm  
 Clamped – sliding bearing



VISS 60 mm  
 Festlager - Gleitlager

VISS 60 mm  
 Palier fixe – Palier à glissement

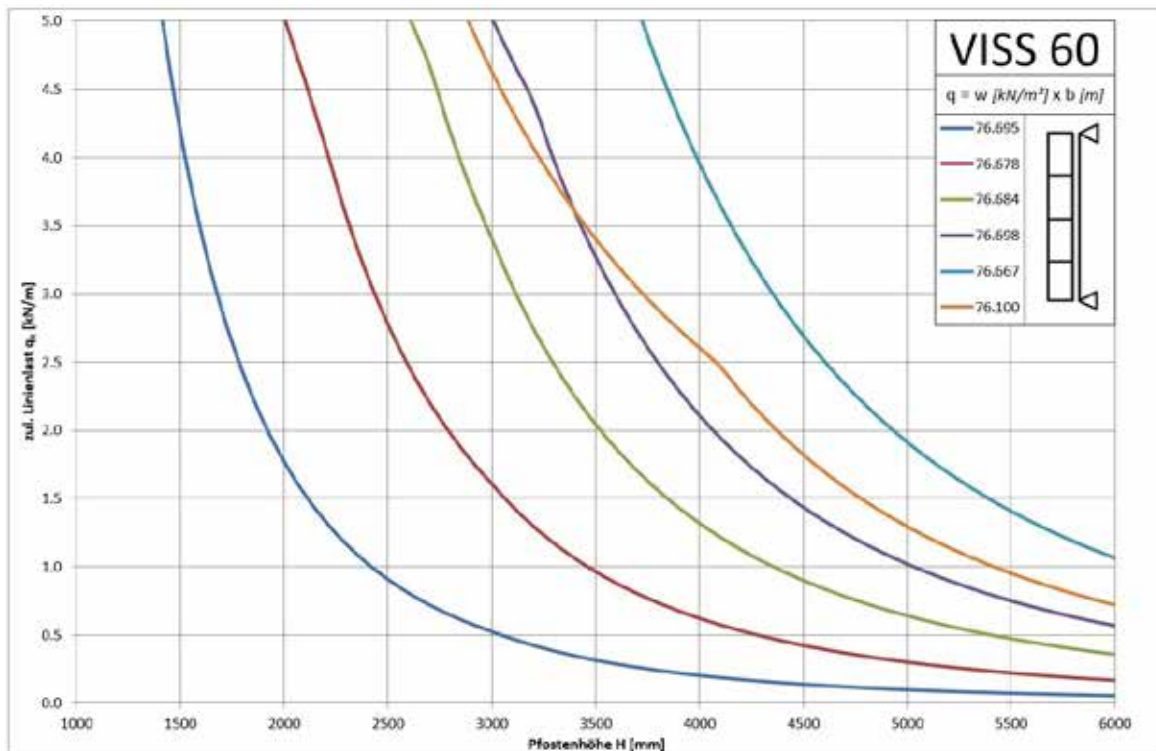
VISS 60 mm  
 Fixed bearing – sliding bearing



VISS 60 mm  
 Eingespannt - Gleitlager

VISS 60 mm  
 Encastré – Palier à glissement

VISS 60 mm  
 Clamped – sliding bearing





Jansen AG

**Steel Systems**  
Industriestrasse 34  
9463 Oberriet  
Schweiz  
[jansen.com](http://jansen.com)

**JANSEN**  
Configure to Inspire