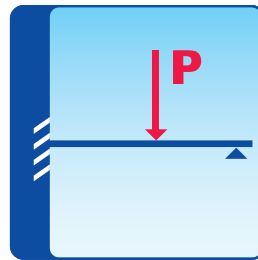


Statik



Praxishandbuch Nr. 6

Herausgeber: GEALAN-Architektenberatung

Statik

Bemessung von
Fenstern und Fensterwänden

Vorwort zum Praxishandbuch Statik

Verehrte Leser,

die ausreichende statische Dimensionierung von Fensterkonstruktionen, egal aus welchem Material sie gefertigt sind, ist nicht Selbstzweck, sondern eine berechnete Forderung. Um diese Anforderung erfüllen zu können, muss der Fensterhersteller über ein gewisses Grundlagenwissen verfügen. Dieses Praxishandbuch soll statische Grundlagen vermitteln und das Durchführen einfacher Bemessungen ermöglichen. Anhand des GEALAN-Berechnungsprogrammes soll auch der kaufmännische Mitarbeiter in die Lage versetzt werden, die zur Kalkulation erforderliche Profilwahl sicher vornehmen zu können.

Ziel ist, dass gerade diese Mitarbeiter statische Probleme bei der Verwendung von gewissen Profilen bzw. Kopplungen erkennen und sich durch Nachfrage bei einem Techniker bzw. mit einem Anruf bei GEALAN Klarheit schaffen.

Bei großen Aufträgen kann es zu einer existenzbedrohenden Situation kommen, wenn z.B. der Bauherr im Nachhinein einen statischen Nachweis fordert. Dies ist eine durchaus berechnete Forderung. Im schlimmsten Fall muss der Fensterfachbetrieb nachträglich genauso aufwendig wie überflüssig sanieren, weil einfache statische Anforderungen nicht eingehalten wurden.

Nicht eingegangen wird im Rahmen dieses Handbuches auf Elementkopplungen, die nur noch mit einer separaten innen liegenden Stahlunterkonstruktion (Trägerrost aus Pfosten und Riegelprofilen) bewerkstelligt werden können. Dies sollte in jedem Fall einem Statiker oder, je nach Kapazität, den GEALAN-Technikern übergeben werden. Dieses Handbuch gliedert sich in einen theoretischen und einen praktischen Teil. In den ersten 5 Kapiteln werden die Grundlagen der Fensterstatik vermittelt.

Dieses Wissen wird dann in den Kapiteln 5 und 6 mit Hilfe von Anwendungsbeispielen vertieft.

Wir hoffen, mit diesem Statikhandbuch ein Nachschlagewerk für die tägliche Arbeit des Fensterbauers erstellt zu haben, das viele Fragen klärt. Sollten dennoch Fragen unbeantwortet bleiben, stehen wir Ihnen gerne in einem persönlichen Gespräch zur Verfügung.

Ihre Architektenberater

Für die im Praxishandbuch folgenden Informationen wird keine Gewähr für die Vollständigkeit oder Richtigkeit gegeben. GEALAN Fenster-Systeme GmbH behält sich das Recht vor, den Inhalt der folgenden Informationen jederzeit abzuändern. Eine Verpflichtung zur Korrektur bei falschen, überholten oder ungenauen oder zur Ergänzung von unvollständigen Informationen besteht nicht. Die Empfehlungen folgen unentgeltlich. Es gilt § 675 II BGB. Vor jeglicher Verwendung der Informationen sollten diese vom Benutzer eigenständig überprüft werden. Die gemachten Informationen stellen in keiner Weise Garantien oder Zusicherungen von Eigenschaften dar. Sie sind auch keine Gebrauchsanweisung für Produkte oder sonstige der Leistungen der GEALAN Fenster-Systeme GmbH. GEALAN Fenster-Systeme übernimmt keine Haftung für die Benutzung der folgenden Informationen, mit Ausnahme der Haftung für Vorsatz und grobe Fahrlässigkeit. Für im Zusammenhang mit den folgenden Informationen auftretenden Rechtsansprüchen gilt das deutsche Recht unter Ausschluss der Bestimmungen des internationalen Privatrechts.

Stand: Mai 2011

Nachdruck und Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit unserer Genehmigung.

Alle Rechte vorbehalten.

Mit dem Erscheinen dieser Arbeitsunterlage verlieren alle vorherigen Ausgaben ihre Gültigkeit.

Die Beratungsleistungen der Fa. GEALAN Fenster-Systeme GmbH, Hofer Straße 80, D-95145 Oberkotzau, erfolgen unentgeltlich.

Inhaltsverzeichnis Handbuch Statik

Kapitel	Seite
1. Vorbetrachtung	
1.1. Warum Fensterstatik? _____	10
1.2. Befestigung von Fensterelementen _____	11
2. Äußere Kräfte an Fensterkonstruktionen	
2.1. Eigenlasten G _____	13
2.2. Verkehrslasten P _____	15
2.3. Windlasten w_e _____	16
2.3.1. Bestimmung des Winddruckes mit dem vereinfachten Verfahren _____	16
2.3.2. Bestimmung des Winddruckes mit dem genaueren Verfahren mit höhenabhängigem Böengeschwindigkeitsdruck im Regelfall _____	19
2.4. aerodynamischer Druckbeiwert c_{pe} _____	22
3. Der Begriff Biegesteifigkeit	
3.1. Der Elastizitätsmodul _____	25
3.2. Das Trägheitsmoment _____	27
3.3. Berechnung von Trägheitsmomenten _____	28
3.4. Ermittlung der Biegesteifigkeit _____	30
3.5. Ermittlung der Trägheitsmomente zusammengesetzter Querschnitte _____	31
3.6. Zusammenfassung _____	32
4. Bemessen von Fenstertragwerken	
4.1. Allgemeines _____	33
4.2. Elementgrößenbeschränkungen _____	34
4.3. Definition der Beanspruchungsrichtung _____	34
4.4. Begrenzung der Durchbiegung _____	35
4.4.1. Durchbiegung senkrecht zur Fensterebene _____	35
4.4.2. Durchbiegung in Fensterebene _____	36
4.5. Lastaufteilung der Windlast _____	36
4.6. Erforderliche Aussteifung in Blendrahmen _____	37
4.7. Erforderliche Aussteifung in Pfosten, Riegeln und Kopplungen _____	37

Kapitel	Seite
4.7.1. Ermittlung des erforderlichen Trägheitsmomentes für den Lastfall Wind _____	37
4.7.2. Ermittlung des erforderlichen Trägheitsmomentes für den Lastfall Eigenlast _____	38
4.7.3. Ermittlung des erforderlichen Trägheitsmomentes für den Lastfall Verkehr _____	38
4.8. Unberücksichtigte Lastanteile _____	39
4.9. Der eingespannte Träger auf zwei Stützen _____	40
4.10. Zusammenfassung _____	41
5. Anwendungsbeispiel	
5.1. Ermittlung des erforderlichen Trägheitsmomentes infolge der Windlast _____	42
5.1.1. Erforderliche Vorgaben für die Bemessung _____	42
5.1.2. Elementüberprüfung unter Berücksichtigung der maximal zulässigen Elementgrößenbeschränkungen _____	43
5.1.3. Ermittlung der Windlast q _____	44
5.1.4. Lastaufteilung der Windlast _____	45
5.1.5. Ermittlung vom aerodynamischen Druckbeiwert c_{pe} _____	46
5.1.6. Berechnung des Winddruckes w_e _____	46
5.1.7. Ermittlung der maximalen Durchbiegung _____	47
5.1.8. Ermittlung des Gesamtträgheitsmomentes I_x _____	48
5.2. Ermittlung des erforderlichen Trägheitsmomentes infolge der Eigenlast _____	50
5.2.1. Bestimmung des Glasgewichtes G_v _____	51
5.2.2. Erforderliches Trägheitsmoment I_{vv} infolge des Glasgewichtes _____	52
5.2.3. Bestimmung des Kämpfergewichtes g _____	52
5.2.4. Erforderliches Trägheitsmoment I_{vk} infolge des Kämpfers _____	53

Kapitel Seite

6. Berechnungsbeispiele für wichtige Sonderfälle

6.1. Rollladen-Aufsatzelement _____	55
6.1.1. Angaben zum Element _____	55
6.1.2. Ermittlung des Winddruckes _____	56
6.1.3. Ermittlung der maximalen zulässigen Durchbiegung _____	56
6.1.4. Ermittlung des erforderlichen Trägheitsmomentes _____	57
6.1.5. Ermittlung der erforderlichen Aussteifungen in den Profilen _____	58
6.2. Unberücksichtigte Lastanteile _____	59
6.2.1. Angaben zum Element _____	59
6.2.2. Ermittlung des Winddruckes _____	60
6.2.3. Ermittlung der maximalen zulässigen Durchbiegung _____	61
6.2.4. Ermittlung des Trägheitsmomentes für den Pfosten _____	62
6.2.5. Ermittlung des zusätzlichen Winddruckes aufgrund des unberücksichtigten Lastanteiles _____	62
6.2.6. Ermittlung des erforderlichen Trägheitsmomentes infolge des unberücksichtigten Lastanteiles _____	63
6.2.7. Ermittlung der erforderlichen Aussteifung im Pfosten _____	64

7. Lasteinbringung in den Baukörper

7.1. Allgemeines _____	65
7.2. Lastabtragung _____	65
7.3. Befestigungsmittel _____	66

8. Berechnungsprogramm in Excel

Berechnungsprogramm in Excel _____	68
------------------------------------	----

9. Anhänge

allgemeine Maximale Flügelgrößen für alle Systeme _____	70
Maximale Flügelgrößen S 7000 IQ _____	71
Maximale Flügelgrößen S 8000 IQ _____	72
Maximale Flügelgrößen S 7000 IQ plus _____	73
Maximale Flügelgrößen S 8000 IQ plus _____	74

1. Vorbetrachtungen

1.1. Warum Fensterstatik?

Das Wort Statik kommt aus dem Griechischen und bedeutet soviel wie die Lehre vom Gleichgewicht starrer Körper im Ruhezustand.

Grundsätzlich ermöglicht erst die Kenntnis der Fensterstatik, die tragenden Teile einer Fensterkonstruktion so zu dimensionieren, dass alle Kräfte, wie Wind- oder Verkehrslasten und Eigengewichtskräfte, vom Fensterelement aufgenommen und auf die tragenden Bauteile abgeleitet werden können. Die im Fensterelement enthaltenen Tragwerke müssen ausreichend dimensioniert sein, damit die Funktion (Verglasung, Dichtigkeit und Gängigkeit der Flügel, Baukörperabdichtung etc.) dauerhaft gewährleistet ist. Dies sollte natürlich unter Berücksichtigung der vom Systemgeber angegebenen zulässigen Element- und Flügelgrößen erfolgen.

Die Fensterstatik betrachtet das Fenster nicht in allen Einzelheiten, sondern nur die darin enthaltenen Tragwerke. Um die Berechnung zu vereinfachen werden diese weitgehend idealisiert. Dadurch erhält man bestimmte Systeme, für die sich im Laufe der Jahre Berechnungsmethoden durchgesetzt und bewährt haben.

Zusammenfassend kann man die Voraussetzungen für das Aufstellen einer statischen Berechnung wie folgt formulieren:

- Kenntnis über die äußeren Kräfte an Fensterkonstruktionen
- Kenntnis über die Materialeigenschaften der verwendeten Baustoffe
- Kenntnis über die Berechnungsmethoden und -verfahren

All diese Grundlagen sollen im theoretischen Teil dieses Praxishandbuches vermittelt werden, so dass der Leser am Ende in der Lage ist, die statische Berechnung eines Fensterelementes eigenständig durchzuführen.

Fenster und Fensterelemente sind nicht dazu gedacht, Kräfte aus dem Bauwerk aufzunehmen. Für die Bemessung der einzelnen Teile des Fensters gilt die Forderung, dass sie sich bei der maximal zu erwartenden Belastung nicht stärker als zulässig verformen.

Da Fensterelemente aus PVC eine geringe Tragfähigkeit haben, ist es notwendig, das statische Verhalten durch zusätzliche Aussteifungen zu beeinflussen. Diese Profile, die aus Stahl bzw. Aluminium bestehen, werden entweder in das Kunststoffprofil eingeschoben oder von außen aufgeschraubt.

Stahl- bzw. Aluminiumaussteifungen können gegenüber PVC auf Grund ihres höheren Elastizitätsmoduls (E-Modul) auch bei kleinen Querschnitten einen großen Widerstand gegen Durchbiegen erbringen. Zum besseren Verständnis dieses Sachverhaltes wird im Abschnitt 3 noch näher auf die Zusammenhänge zwischen E-Modul, Trägheitsmoment und der daraus resultierenden Biegesteifigkeit eingegangen.

1.2. Befestigung von Fensterelementen

Wie bereits erläutert, kann es bei größeren Aufträgen zu einer existenzbedrohenden Situation kommen, wenn z.B. der Bauherr im Nachhinein vom Fensterbauer einen statischen Nachweis fordert. Für Fensterelemente kann dies eine berechnete Forderung sein.

Der statische Nachweis der Befestigungsmittel und -punkte kann im Gegensatz dazu nicht Aufgabe des Fensterbauers sein.

Vielmehr ist es die Aufgabe des **Planers**, die Brüstungs- und Leibungsbauteile so zu bemessen, dass unter den Befestigungsabständen (Abbildung 1.1) ein Versagen der Fensterleibung nicht zu erwarten ist. Durch eine geeignete Wahl der Befestigungsmittel und -abstände wird gewährleistet, dass die vom Fensterelement aufgenommenen Lasten sicher in den Baukörper abgeleitet werden können.

Gem. Abschnitt 2 sind „... die aus den Fensterwänden anfallenden Lasten bei der Bemessung der sie tragenden Gebäudebauteile zu berücksichtigen“. D.h. die Verankerungen sind bereits während der Planung des Bauwerks festzulegen. Dabei ist darauf zu achten, dass die Verankerungen die Tragfähigkeit der an die Fensterwände anschließenden Bauteile nicht beeinträchtigt.“

Das Fensterelement übernimmt keine Kräfte aus dem Gebäude.

Das Fenster ist somit nicht als zusätzliche Gebäudestütze verwendbar.

Für Kunststoff-Fenster sind grundsätzlich die Befestigungsabstände der Abbildung 1.1 einzuhalten. Mehr Informationen zum Thema „Befestigung und Lastabtragung“ finden Sie im GEALAN Praxishandbuch Nr. 3 Montage.

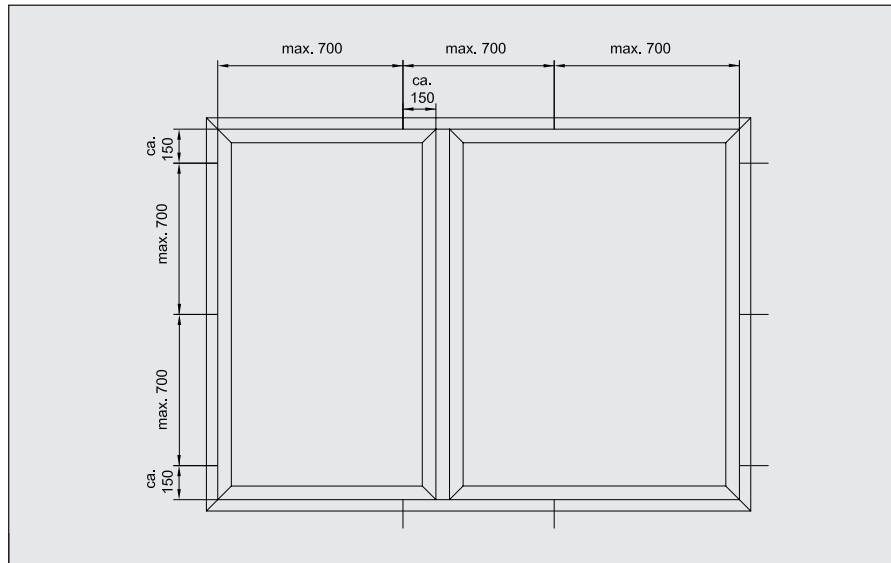


Abbildung 1.1:

Befestigungsabstände bei Gealan Kunststoff-Fenstern

2. Äußere Kräfte an Fensterkonstruktionen

Auf Fensterelemente wirken verschiedenartige Lasten, welche durch die Blendrahmenprofile und deren Verstärkungen in den Baukörper abgetragen werden müssen. Diese lassen sich in Eigen-, Verkehrs- und Windlasten gliedern.

Unter **Eigenlasten** versteht man das Eigengewicht einzelner Bauteile (z.B. Gewicht der Verglasung), welches das Tragwerk dauerhaft beansprucht.

Verkehrslasten sind in Bezug auf Größe und Angriffspunkt veränderlich. Sie resultieren z.B. aus den Eigenlasten von Personen, Einrichtungen und Lagerstoffen, Fahrzeugen und Schnee.

Windlasten zählen ebenfalls zu den Verkehrslasten. Da sie jedoch in der Regel die maßgebenden Beanspruchungen für die Bemessung des Tragwerks darstellen, sollen sie im Rahmen dieses Praxishandbuches separat erläutert werden.

2.1. Eigenlasten G

Die Eigenlast bleibt bei der Bemessung von Fensterelementen in der Regel unberücksichtigt. Nur bei Fassadenkonstruktionen sowie bei Fenstern, bei denen ein Kämpfer durch die Verglasung bzw. ein Paneel belastet wird, ist das Eigengewicht dieser Füllung bei der Bemessung anzusetzen.

Das Eigengewicht setzt sich zusammen aus dem Gewicht der Konstruktion (Kämpfer, Riegel) und dem Gewicht der Verglasung bzw. des Paneels.

Die Eigenlasten werden mit den aus Abbildung 2.1 ersichtlichen Buchstaben G (für Einzellasten) und g (für Strecken- und Flächenlasten) bezeichnet.

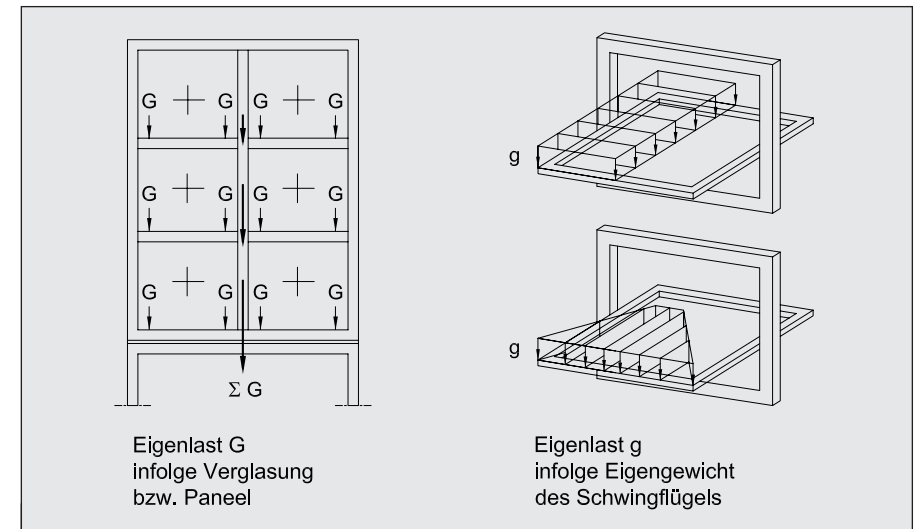


Abbildung 2.1:

Eigenlasten an Fensterelementen

Im Folgenden soll nun kurz am Beispiel einer Festverglasung erläutert werden, wie die auf einen Kämpfer wirkenden Eigenlasten zu ermitteln sind. Die Eigenlast der Verglasung wird über Tragklötze in den Kämpfer bzw. in die Rahmenkonstruktion eingeleitet. Dadurch entsteht, idealisiert betrachtet, im Abstand der 1,5 fachen Klotzlänge vom rechten bzw. linken Glasfalz eine Einzellast G. Diese lässt sich mit Hilfe der folgenden Gleichung ermitteln:

$$G = 0,5 \cdot b_v \cdot h_v \cdot \sum S_v \cdot 25 \text{ kN/m}^3$$
 , wobei

- G = Einzellast in [kN]
- b_v = Breite der Verglasung in [m]
- h_v = Höhe der Verglasung in [m]
- $\sum S_v$ = Summe aller Scheibenstärken der Verglasung in [m]
- 25 kN/m³ = spezifisches Gewicht des Glases.

Das Eigengewicht des Kämpfers inkl. Stahlaussteifung kann idealisiert als Streckenlast angenommen werden. Die Größe der Last ist abhängig von der Querschnittsfläche des Kämpfers und des eingeschobenen bzw. aufgeschraubten Stahlprofils. Sie kann auf der sicheren Seite liegend mit 0,05 kN/m angenommen (nur für Pfosten, Kämpfer mit eingeschobener Stahlaussteifung) oder mit Hilfe der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$g = (A_{\text{PVC}} \cdot 14,6 \text{ kN/m}^3 + A_{\text{Stahl}} \cdot 78,5 \text{ kN/m}^3) \cdot 10^{-4}$$
 , wobei

- g = Streckenlast in [kN/m]
- A_{PVC} = Querschnittsfläche des PVC Profils in [cm²]
- A_{Stahl} = Querschnittsfläche der Stahlprofils in [cm²]

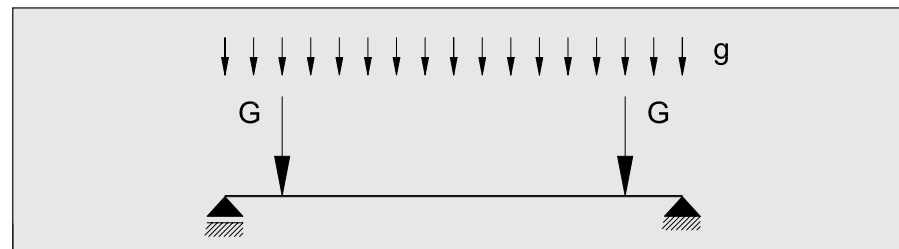
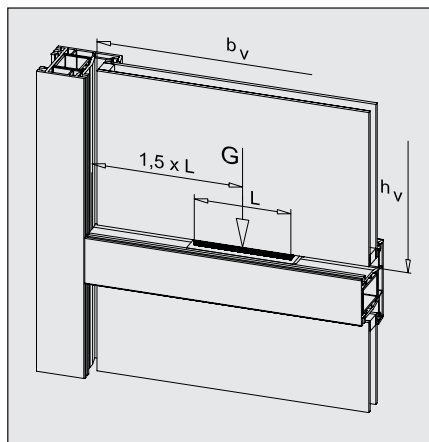


Abbildung 2.2:
Eigenlasten am Kämpfer eines Fensterelements

Profilsystem:	Rahmen + Stahl:	Flügel + Stahl:	Pfosten + Stahl:
S7000 IQ 5 Kammer	ca. 3,4 kg	ca. 3 kg	ca. 4,8 kg
S8000 IQ 5 Kammer	ca. 3,5 kg	ca. 3,1 kg	ca. 4,5 kg
S8000 IQ 6 Kammer	ca. 3,2 kg	ca. 3 kg	ca. 4,5 kg
S7000 IQ plus 6 Kammer	ca. 3,6 kg	ca. 3,2 kg	ca. 5,0 kg
S8000 IQ plus 6 Kammer	ca. 3,7 kg	ca. 3,3 kg	ca. 4,7 kg

Tabelle 2.1:
Profilgewichte pro Meter

2.2. Verkehrslasten P

Bei Verkehrslasten auf Fensterkonstruktionen handelt es sich in der Regel um Belastungen, die Menschen durch An- bzw. Auflehnen verursachen. Zur Bezeichnung werden die Buchstaben P (für Einzellasten) und p (für Strecken- und Flächenlasten) verwendet.

Nach DIN 1055 ist in nicht öffentlichen Gebäuden, wie z.B. Wohnhäusern, an Brüstungen und Geländern in Holmhöhe eine horizontale Streckenlast von 0,5 kN/m in Rechnung zu stellen. Bei öffentlichen Gebäuden, wie z.B. Schulen, Kirchen, Theater- und Lichtspielplätzen, ist dieser Wert auf 1,0 kN/m zu erhöhen.

Zusätzliche lotrechte Lasten sind zu berücksichtigen, wenn bei geöffneten Fensterflächen ein Riegel bzw. Kämpfer durch hinaus lehrende Personen belastet werden kann. In diesem Fall ist eine vertikale Streckenlast von 0,5 kN/m anzusetzen.

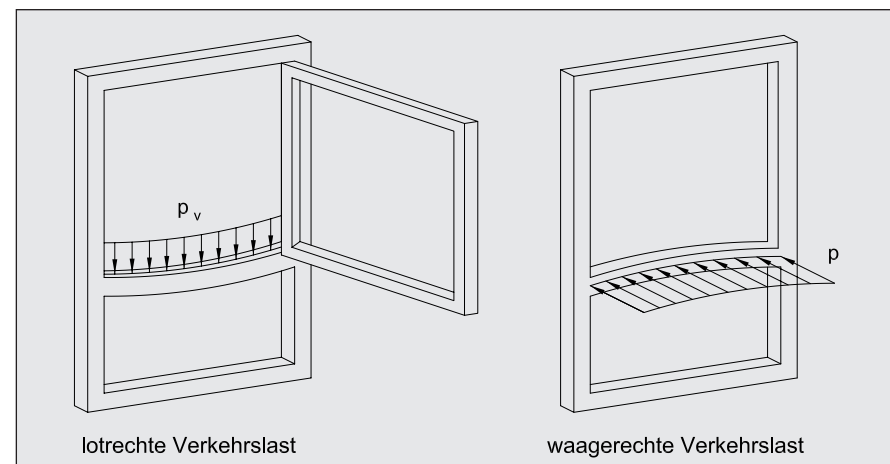


Abbildung 2.3:
Verkehrslasten an Fensterelementen

2.3. Windlasten w_e

Bei den Windlasten handelt es sich in der Regel um die maßgebende Belastung für die Bemessung der Fensterkonstruktion. Sie zählen zu den nicht ständig wirkenden Beanspruchungen.

Die Windlast ist eine Flächenlast und wird mit dem Buchstaben w bezeichnet. Zwischen Winddruck und -sog wird mit den Vorzeichen + (Druck) und - (Sog) unterschieden. Bei der Bemessung von Fenstern und Fensterwänden sind die Windlasten gemäß DIN 1055-4 unter Berücksichtigung der Gebäudehöhe, der Einbauhöhe, der Gebäudeform, der Bebauung und der Geländekategorie anzusetzen. Die Größe der Windlast eines Bauwerks ist von dessen Form und Höhe abhängig. Sie setzt sich aus Druck- bzw. Sog- und Reibungswirkung zusammen:

$$w_e = c_{pe} \cdot q(z_e) \quad , \text{ wobei}$$

w_e = Winddruck [kN/m²]

c_{pe} = aerodynamischer Druckbeiwert [-]

$q(z_e)$ = Geschwindigkeitsdruck [kN/m²] bezogen auf die Einbauhöhe

Die DIN 1055-4 lässt zwei Ermittlungsverfahren für die Bestimmung des Winddruckes zu.

- Das vereinfachte Verfahren bei Bauwerken unter 25 m Höhe über Grund.
- Das genauere Verfahren mit höhenabhängigem Böengeschwindigkeitsdruck im Regelfall.

2.3.1. Bestimmung der Winddruckes mit dem vereinfachten Verfahren

Das vereinfachte Verfahren zur Bestimmung des Winddruckes kann eingesetzt werden wenn:

- die Gebäudehöhe unter 25 m über Grund ist,
- die Gebäudehöhe auf den Inseln der Nordsee unter 10 m über Grund ist,
- bei Standorten unter 800 m NN
- bei Bauwerken mit eckigen Grundriss

a) Ermittlung der Windzone aus der Karte



Abbildung 2.4:

Windzonenkarte von Deutschland

b.) Ermitteln des Geschwindigkeitsdruckes in Abhängigkeit der Einbauhöhe und der Geländekategorie.

Windzone		Geschwindigkeitsdruck q in kN/m^2 bei einer Gebäudehöhe h in den Grenzen von		
		$h \leq 10 \text{ m}$	$10 \text{ m} < h \leq 18 \text{ m}$	$18 \text{ m} < h \leq 25 \text{ m}$
1	Binnenland	0,50	0,65	0,75
2	Binnenland	0,65	0,80	0,90
	Küste und Inseln der Ostsee	0,85	1,00	1,10
3	Binnenland	0,80	0,95	1,10
	Küste und Inseln der Ostsee	1,05	1,20	1,30
4	Binnenland	0,95	1,15	1,30
	Küste der Nord- und Ostsee und Inseln der Ostsee	1,25	1,40	1,55
	Inseln der Nordsee	1,40	-	-

Tabelle 2.2:

Geschwindigkeitsdruck in Abhängigkeit von der Gebäudehöhe

Als Einbauhöhe ist immer die Oberkante des betrachteten Elementes anzusetzen. Dies gilt sowohl beim vereinfachten als auch beim genaueren Verfahren.

2.3.2. Bestimmung der Winddruckes mit dem genaueren Verfahren mit höhenabhängigem Böengeschwindigkeitsdruck im Regelfall

Das genaue Verfahren zur Bestimmung des Winddruckes kann immer angewendet werden.

a) Ermittlung der Windzone und somit dem Staudruck aus der Karte



Abbildung 2.4:

Windzonenkarte von Deutschland

Windzone	V_{ref}	q_{ref}
WZ 1	22,5 m/s	0,32 kN/m^2
WZ 2	25,0 m/s	0,39 kN/m^2
WZ 3	27,5 m/s	0,47 kN/m^2
WZ 4	30,0 m/s	0,56 kN/m^2

Tabelle 2.3:

Geschwindigkeit und Geschwindigkeitsdruck

wobei:

v_{ref} = zeitlich gemittelte Windgeschwindigkeit

q_{ref} = zur zeitlich gemittelten Windgeschwindigkeit v_{ref} gehörender Geschwindigkeitsdruck

z = Höhe der Oberkante des Elementes über Grund

b) Ermitteln der Geländekategorie und einsetzen des Staudruckes in die zutreffende Formel.

Geländekategorie I

Offene See; Seen mit mindestens 5 km freier Fläche in Windrichtung; glattes, flaches Land ohne Hindernisse



Mindesthöhe z_{min}	Böengeschwindigkeitsdruck q
für $z \leq 2\text{m}$	$q(z) = 1,9 \cdot q_{ref}$
für $2\text{m} < z \leq 300\text{m}$	$q(z) = 2,6 \cdot q_{ref} \cdot (z/10)^{0,19}$

Geländekategorie II

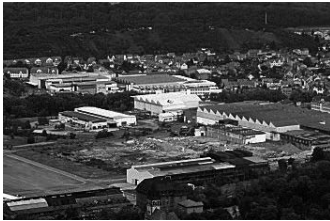
Gelände mit Hecken, einzelnen Gehöften, Häusern oder Bäumen, z. B. landwirtschaftliches Gebiet



Mindesthöhe z_{min}	Böengeschwindigkeitsdruck q
für $z \leq 4m$	$q(z) = 1,7 \cdot q_{ref}$
für $4m < z \leq 300m$	$q(z) = 2,1 \cdot q_{ref} \cdot (z/10)^{0,24}$

Geländekategorie III

Vorstädte, Industrie- oder Gewerbegebiete; Wälder



Mindesthöhe z_{min}	Böengeschwindigkeitsdruck q
für $z \leq 8m$	$q(z) = 1,5 \cdot q_{ref}$
für $8m < z \leq 300m$	$q(z) = 1,6 \cdot q_{ref} \cdot (z/10)^{0,31}$

Geländekategorie IV

Stadtgebiete, bei denen mindestens 15 % der Fläche mit Gebäuden bebaut sind, deren mittlere Höhe 15 m überschreitet



Mindesthöhe z_{min}	Böengeschwindigkeitsdruck q
für $z \leq 16m$	$q(z) = 1,3 \cdot q_{ref}$
für $16m < z \leq 300m$	$q(z) = 1,1 \cdot q_{ref} \cdot (z/10)^{0,40}$

In Deutschland gelten zusätzlich noch 3 Mischprofile die hauptsächlich verwendet werden sollten.

Mischprofil I auf den Inseln der Nordsee



Mindesthöhe z_{min}	Böengeschwindigkeitsdruck q
für $z \leq 2m$	$q(z) = 1,1 \cdot q_{ref}$
für $2m < z \leq 300m$	$q(z) = 1,5 \cdot q_{ref} \cdot (z/10)^{0,19}$

Mischprofil I und II in küstennahen Gebieten sowie auf den Inseln der Ostsee



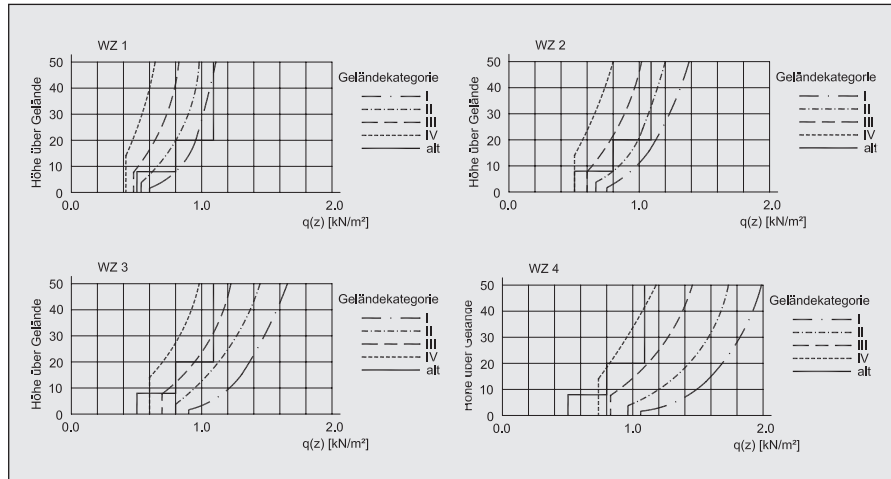
Mindesthöhe z_{min}	Böengeschwindigkeitsdruck q
für $z \leq 4m$	$q(z) = 1,8 \cdot q_{ref}$
für $4m < z \leq 50m$	$q(z) = 2,3 \cdot q_{ref} \cdot (z/10)^{0,27}$
für $50m < z \leq 300m$	$q(z) = 2,6 \cdot q_{ref} \cdot (z/10)^{0,19}$

Mischprofil II und III im Binnenland



Mindesthöhe z_{min}	Böengeschwindigkeitsdruck q
für $z \leq 7m$	$q(z) = 1,5 \cdot q_{ref}$
für $7m < z \leq 50m$	$q(z) = 1,7 \cdot q_{ref} \cdot (z/10)^{0,37}$
für $50m < z \leq 300m$	$q(z) = 2,1 \cdot q_{ref} \cdot (z/10)^{0,24}$

c) Vergleich des Böengeschwindigkeitsdruckes $q(z)$ zwischen der bisherigen und der überarbeiteten Fassung der Norm DIN 1055-4



2.4. aerodynamischer Druckbeiwert c_{pe}

Druck- und Sogbereiche

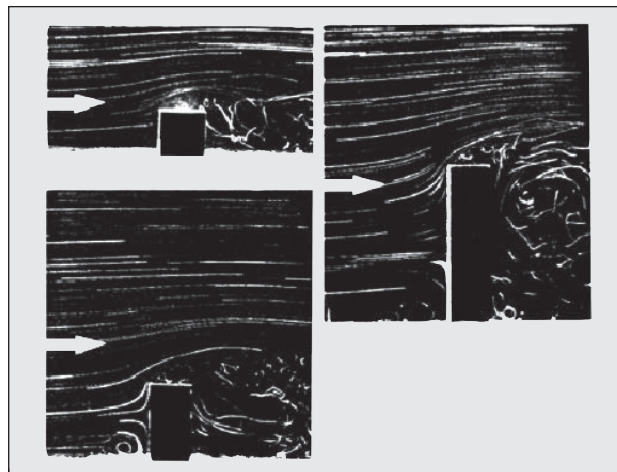


Abbildung 2.5:
Verwirbelungen

Ein Gebäude wird in die Bereiche A bis E unterteilt, deren Lage in Abb. 2.6 gezeigt ist.

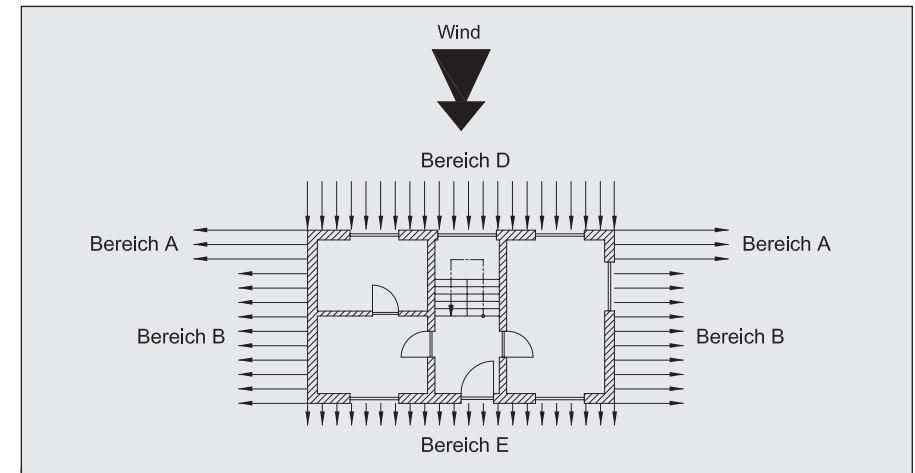


Abbildung 2.6:
Bereiche am Gebäude

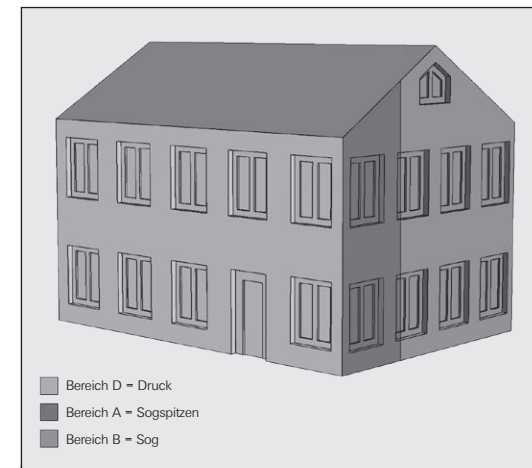


Abbildung 2.7:
relevante Bereiche am Gebäude

Die Außendruckbeiwerte c_{pe} für Bauwerke und Bauteile hängen von der Größe der Last-einzugsfläche A ab. Die Lasteinzugsfläche entspricht in diesem Fall der Größe des Fenster-elementes. Sie werden in den maßgebenden Tabellen für die entsprechende Gebäudeform für Lasteinzugsflächen von 1 m^2 und von 10 m^2 als $c_{pe,1}$ bzw. $c_{pe,10}$ angegeben. Für andere Größen der Lasteinzugsflächen wird der Wert zwischen 10 und 1 logarithmisch interpoliert.

$$\begin{aligned}
 A \leq 1 \text{ m}^2 & \quad c_{pe} = c_{pe,1} \\
 1 \text{ m}^2 < A \leq 10 \text{ m}^2 & \quad c_{pe} = c_{pe,1} + (c_{pe,10} - c_{pe,1}) \cdot \lg A \\
 A > 10 \text{ m}^2 & \quad c_{pe} = c_{pe,10}
 \end{aligned}$$

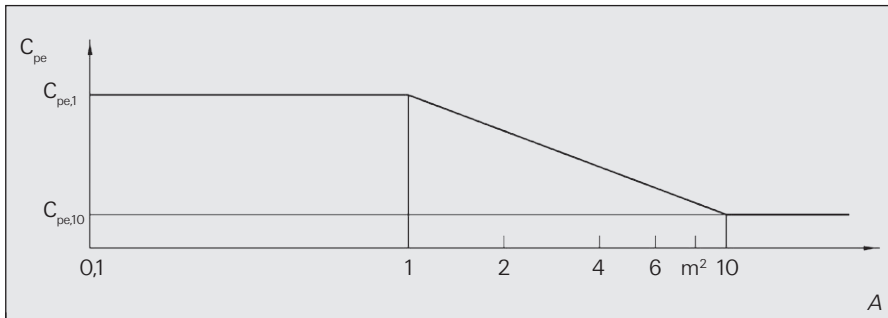


Abbildung 2.8:
Außendruckbeiwert für Bauwerke in Abhängigkeit von der Lasteinzugsfläche A

Bereich	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
$h/d \geq 5$	-1,4	-1,7	-0,8	-1,1	-0,5	-0,7	0,8	1,0	-0,5	-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	-0,7	0,8	1,0	-0,5	-0,7
$h/d \leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	-0,7	0,8	1,0	-0,3	-0,5

Tabelle 2.3:
aerodynamischer Druckbeiwert c_{pe}

Für einzeln in offenem Gelände stehende Gebäude können im Sogbereich auch größere Sogkräfte auftreten. Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

3. Der Begriff Biegesteifigkeit

Die Tragfähigkeit von Kunststoffprofilen ist schon bei geringen Spannweiten erschöpft. Sie wird deshalb im Fensterbau durch eine Stahl- bzw. Aluminiumaussteifung erhöht.

Unter Festigkeit wird im Allgemeinen der Widerstand eines Körpers gegenüber allen Formänderungen verstanden. In der Statik wird zwischen Dehnsteifigkeit (EA) und der Biegesteifigkeit (EI) unterschieden.

Da man im Fensterbau in der Regel nur einfache statische Systeme anwendet, wird der Begriff der Dehnsteifigkeit nicht so oft verwendet. Im Folgenden soll deshalb nur die Biegesteifigkeit näher erläutert werden.

3.1. Der Elastizitäts-Modul

Unter Elastizität versteht man die Eigenschaft aller festen Körper, eine unter dem Einfluss einer äußeren Kraft angenommene Verformung nach der Entlastung wieder rückgängig zu machen. Ist die Formänderung nach der Entlastung von Dauer, spricht man von plastischem Materialverhalten.

Der britische Physiker Robert Hooke aufgestellte Gesetzmäßigkeit:

Hookesches Gesetz:
Belastung und Formänderung verhalten sich proportional.

Spannungen und Verformungen eines Tragwerks sind u.a. abhängig vom Material, aus dem es gefertigt wurde. Die Eigenschaften eines Materials bei einer bestimmten Temperatur werden mit Hilfe von Materialkennzahlen beschrieben. Zur Ermittlung dieser Werkstoffwerte dienen u.a. Festigkeitsprüfungen. So kann beispielsweise das Festigkeitsverhalten von Stahl mit Hilfe des Zugversuches ermittelt werden. Dabei spannt man eine Materialprobe in eine Prüfmaschine und beobachtet sein Verhalten unter einer Zugbelastung bis zum Zerreißen. Die Dehnungen ϵ und Spannungen σ werden dabei in ein Spannungs-Dehnungsdiagramm eingetragen.

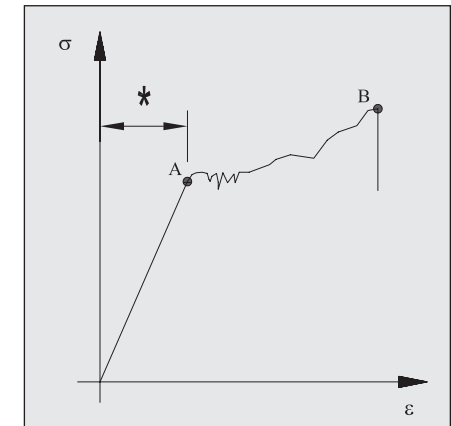
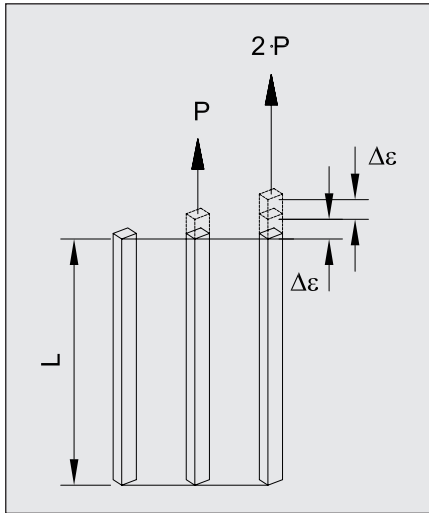


Abbildung 3.1:
Vereinfachtes Spannungs-Dehnungsdiagramm von Stahl

In Abbildung 3.1 ist ein vereinfachtes Spannungs-Dehnungsdiagramm für Stahl abgebildet. Der Punkt A kennzeichnet die Elastizitätsgrenze und Punkt B die Bruchgrenze. Für die Formänderungen bis zum Erreichen der Elastizitätsgrenze gilt folgende vom eng-

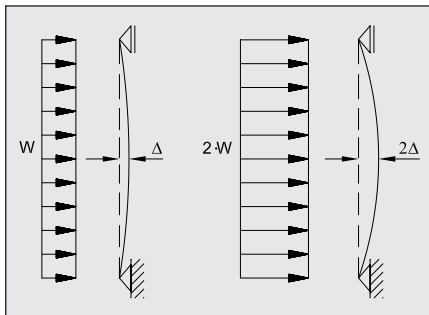
Das Hookesche Gesetz gilt nur in dem mit einem Sternchen (*) gekennzeichneten Bereich (Bereich der Hookeschen Geraden).

Im ersten Bereich, genannt „Hooksche Gerade“ ist die Verformung elastisch (= reversibel). Abbildung 3.2 verdeutlicht noch einmal diese Gesetzmäßigkeit am Beispiel des Zugversuches. Man kann erkennen, dass bei einer Verdopplung der Last P und somit der Spannung σ sich auch die Dehnung ε verdoppelt.



Die Größe der Formänderung ist proportional zu der sie erzeugenden Kraft. D. h. durch eine Verdopplung der Last verdoppelt sich auch die Dehnung ε bzw. die Durchbiegung f .

Abbildung 3.2: Zugversuch



Der Elastizitätsmodul (E-Modul) ist eine Materialkennzahl, die aus Materialprüfungen ermittelt wird. Er ist abhängig von der Temperatur. Je größer der E-Modul, umso kleiner sind die Verformungen eines Körpers unter einer bestimmten Last.

Abbildung 3.3: Durchbiegung am Einfeldträger

Aus dem Spannungs-Dehnungsdiagramm kann man die Dehnzahl α ermitteln. Sie beschreibt die Dehnung, die durch eine Spannung von 1 N/cm^2 entsteht. Da die Dehnzahl α für die meisten Werkstoffe einen sehr kleinen Wert darstellt, wird in der Praxis ihr Kehrwert als Materialkennzahl verwendet.

$$E = \alpha^{-1}$$

E wird als Elastizitätsmodul (kurz: E-Modul) bezeichnet. Er wird in der Dimension Kräfteinheit je Fläche (z.B. kN/cm^2 , N/mm^2) angegeben.

Baustoff	E [kN/cm ²]
Stahl	21.000
Aluminium	7000
Holz (Beanspruchung in Faserrichtung)	1.000 ... 1.250
PVC	240

Tabelle 3.1: Rechenwerte für den E-Modul verschiedener Werkstoffe

Aus der Tabelle 3.1 kann man ableiten, dass Stahl eine 87,5 mal höhere Festigkeit besitzt als PVC.

3.2. Das Trägheitsmoment

Der E-Modul allein kann keine Aussage über die Tragfähigkeit eines Querschnittes geben. Er ist lediglich ein Vergleichswert zwischen den verwendeten Materialien. Die Beanspruchbarkeit eines Tragwerks (z.B. Kämpfer, Pfosten) ist abhängig vom Material, der Querschnittsform und deren Abmessungen.

Bei Biegung hängt die Tragfähigkeit eines Querschnitts von der Geometrie und seiner Anordnung bezüglich der Kraftwirkung ab. Dies lässt sich am Beispiel eines Zeichenlineals gut erläutern. Während es sich in Richtung der kleinen Bauteilhöhe problemlos verformen lässt, ist eine Verformung in die andere Richtung fast unmöglich.

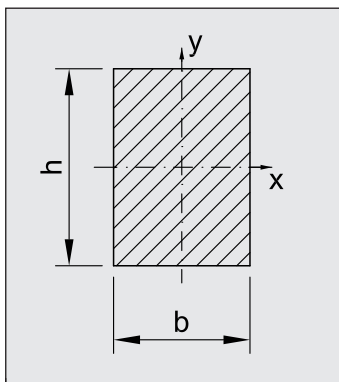
Die Querschnittswerte, in denen die Form und Anordnung der Fläche berücksichtigt sind, werden als Flächenmomente bezeichnet. Man unterscheidet zwischen Flächenmomenten erster, zweiter und höherer Ordnung.

Für die Bemessung der einfachen statischen Systeme im Fensterbau genügt das **Trägheitsmoment** (Flächenmoment 2. Ordnung). Als Symbol wird das I (lat. inertia, ignavia ... Trägheit) verwendet. Die Maßeinheit ist die 4. Potenz einer beliebigen Längeneinheit (z.B. cm^4 , m^4).

Die Trägheitsmomente lassen sich nur durch das Auflösen von komplizierten Integralen ermitteln. In Tabellenbüchern sind die Integralgleichungen für häufiger vorkommende Querschnittsformen in aufgelöster Form abgedruckt. Auf Grundlage dieser Gleichungen soll im Folgenden das Trägheitsmoment für einige einfache Querschnitte ermittelt werden.

3.3. Berechnung von Trägheitsmomenten

Berechnungsformel für einen rechteckigen Vollquerschnitt:

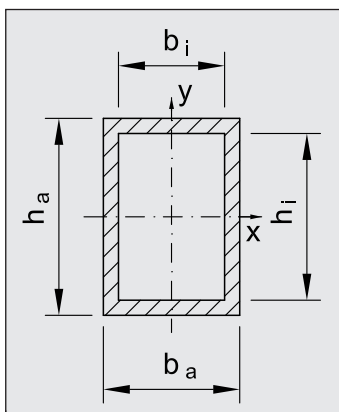


$$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$I_y = \frac{b^3 \cdot h}{12}$$

Abbildung 3.4:
Vollquerschnitt

Berechnungsformel für einen rechteckigen Hohlquerschnitt:



$$I_x = \frac{b_a \cdot h_a^3}{12} - \frac{b_i \cdot h_i^3}{12} = \frac{1}{12} \cdot (b_a \cdot h_a^3 - b_i \cdot h_i^3)$$

$$I_y = \frac{h_a \cdot b_a^3}{12} - \frac{h_i \cdot b_i^3}{12} = \frac{1}{12} \cdot (h_a \cdot b_a^3 - h_i \cdot b_i^3)$$

Abbildung 3.5:
Hohlquerschnitt

GEALAN Stahlverstärkung Art. 3703 51

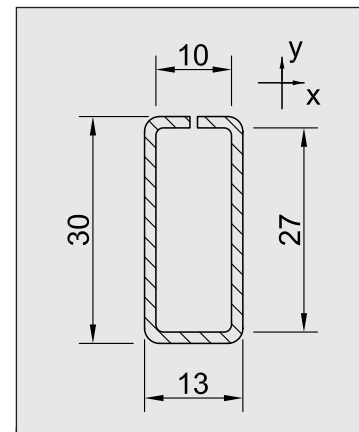


Abbildung 3.6:
gekantetes Rechteckrohr

idealisiert:

$$I_x = \frac{1,3 \cdot 3^3}{12} - \frac{1 \cdot 2,7^3}{12} = 1,28 \text{ cm}^4$$

exakt (Programm):

$$I_x = 1,19 \text{ cm}^4$$

idealisiert: $I_x < I_y$

$$I_y = \frac{1,3^3 \cdot 3}{12} - \frac{1^3 \cdot 2,7}{12} = 0,31 \text{ cm}^4$$

exakt (Programm):

$$I_y = 0,31 \text{ cm}^4$$

Der Unterschied zwischen dem idealisierten und dem exakt berechneten Querschnitt liegt darin, dass das Programm die Rundungen berücksichtigt. Die idealisierte Rechnung basiert auf scharfkantigen Ecken. Somit ist im äußeren Eckbereich mehr Material, und es ergibt sich ein größeres Trägheitsmoment.

Nachfolgendes Beispiel soll verdeutlichen, wie stark der Einfluss der Anordnung der Massen auf das resultierende Flächenträgheitsmoment ist

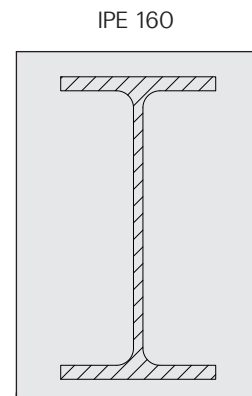


Abbildung 3.7:
hoher Doppel-T-Träger

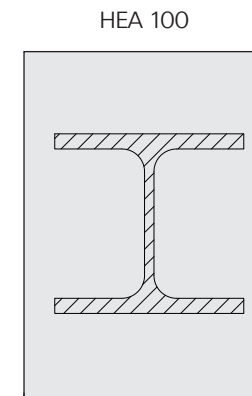


Abbildung 3.8:
breiter Doppel-T-Träger

Profil	Fläche A (cm ²)	I _x (cm ⁴)
IPE 160	20,1	869
HEA 100	21,2	349

Tabelle 3.2:

Flächenträgheitsmomente verschiedener Träger mit ähnlicher Querschnittsfläche

Bei annähernd gleicher Fläche ergibt sich durch die Abhängigkeit von h³ für den hohen Doppel-T-Träger ein deutlich höheres Flächenträgheitsmoment.

3.4. Ermittlung der Biegesteifigkeit

Mit Hilfe der Biegesteifigkeit kann man Tragwerke in Bezug auf ihre Festigkeit beurteilen. Die Biegesteifigkeit ist das Produkt aus E-Modul und Flächenträgheitsmoment: E • I. Setzt man für Stahl einen E-Modul von 21.000 kN/cm² an, ergeben sich für den Art. 3703 51 folgende Biegesteifigkeiten:

$$E \cdot I_x = 24.990 \text{ kNcm}^2$$

$$E \cdot I_y = 6.510 \text{ kNcm}^2$$

Der folgende Vergleich verdeutlicht, wie sich die Größe des E-Moduls auf die Biegesteifigkeit auswirkt. Das erheblich größere PVC-Profil hat aufgrund des minimalen E-Moduls eine geringere Tragfähigkeit als das kleinere Stahlprofil.

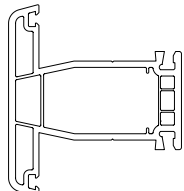
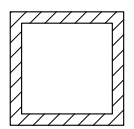
 <p>Art. 8037 00</p> <p>$E_{\text{PVC}} = 240 \text{ kN/cm}^2$</p> <p>$I_x = 74,65 \text{ cm}^4$</p> <p>$E \cdot I_x = 17916 \text{ kNcm}^2$</p>	 <p>Stahl 20/20/2</p> <p>$E_{\text{Stahl}} = 21.000 \text{ kN/cm}^2$</p> <p>$I_x = 0,79 \text{ cm}^4$</p> <p>$E \cdot I_x = 16.590 \text{ kNcm}^2$</p>
---	---

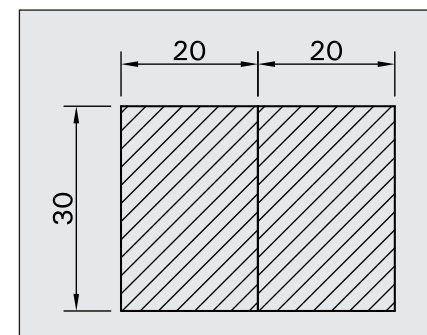
Tabelle 3.3:

Ähnliche Biegesteifigkeit bei unterschiedlichen Materialien und Querschnitten

3.5. Ermittlung der Trägheitsmomente zusammengesetzter Querschnitte

Fall A:

Wenn 2 Profile lose oder nur unzureichend miteinander verbunden werden, wird das Gesamtträgheitsmoment durch Addition der Einzelträgheitsmomente berechnet.



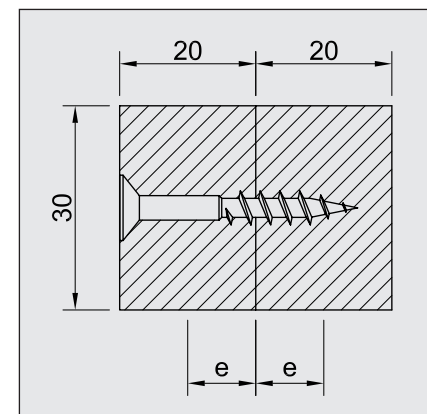
$$I_{y\text{vorh}} = 2 \text{ cm}^4 + 2 \text{ cm}^4 = 4 \text{ cm}^4$$

Abbildung 3.9:

lose verbundene Profile

Fall B:

Bei Profilen, die untereinander schubfest verbunden sind, wird das Gesamtträgheitsmoment mit Hilfe der „Steinerschen Sätze“ ermittelt. In diesem Fall ist die schubfeste Verbindung statisch nachzuweisen.



$$I_{y\text{vorh}} = 2 \cdot 2 \text{ cm}^4 + 2 \cdot 6 \text{ cm}^2 \cdot (1 \text{ cm})^2$$

$$I_{y\text{vorh}} = 4 \text{ cm}^4 + 12 \text{ cm}^4$$

Abbildung 3.10:

schubfest verbundene Profile

Dieses Beispiel zeigt deutlich, dass bei einer schubfesten Verbindung ein deutlich größeres Trägheitsmoment entsteht als beim „losen“ Zusammenfügen zweier Querschnitte. Dies liegt daran, dass in diesem Fall die Steinerschen Anteile ($A \cdot e^2$) zusätzlich berücksichtigt wurden. Der Wert e kennzeichnet den Abstand vom Schwerpunkt des Einzelquerschnittes zum Schwerpunkt des Verbundquerschnittes.

3.6. Zusammenfassung

- Das Trägheitsmoment bezieht sich auf die Querschnittsgeometrie. Es ist materialunabhängig.
- Da die Höhe des Querschnitts bei der Ermittlung des Trägheitsmomentes in der 3. Potenz in Rechnung gestellt wird, ist diese für das Tragverhalten von großer Bedeutung. Bei Hohlprofilen hat dagegen auch die Stahlwandungsdicke einen Einfluss auf die Größe des Trägheitsmoments.
- Das Trägheitsmoment zweier getrennter Profile beträgt nur einen Bruchteil des Wertes der gleichen, schubfest miteinander verbundenen Profile. Zwei in einander gestellte Stahlaussteifungen sind daher unwirtschaftlicher als eine einzelne dickwandigere Stahlaussteifung.
- Durch Einbeziehung des E-Moduls wird neben dem Trägheitsmoment zusätzlich die Eigenschaft des Materials berücksichtigt. Diese beiden Werte ergeben die Biegesteifigkeit ($E \cdot I$). Mit ihrer Hilfe kann man das Tragverhalten von Querschnitten verschiedener Materialien beurteilen und vergleichen.

4. Bemessen von Fenstertragwerken

4.1. Allgemeines

Grundsätzlich wird von der Vorgehensweise her zur Erstellung eines statischen Nachweises nicht zwischen Fenstern und Fensterwänden unterschieden.

Ein ausführlicher schriftlicher Nachweis für Fenstertragwerke wird in der Regel aber nur für Fensterwände gefordert. Die statische Berechnung muss die ausreichende Dimensionierung aller statisch beanspruchten Teile in leicht prüfbarer Form nachweisen.

In der Norm DIN 18056 wurde die Fensterwand wie folgend definiert

- die Fläche $A \geq 9 \text{ m}^2$ und
- die kleinere Seitenlänge $l \geq 2 \text{ m}$ ist (Abbildung 4.1).

▶ **Auch wenn es sich nicht um Fensterwände handelt, ist das Fenster nach den statischen Vorgaben auszuführen. Dass oft kein Nachweis gefordert wird entbindet nicht von der Verpflichtung zur technisch korrekten Ausführung.**

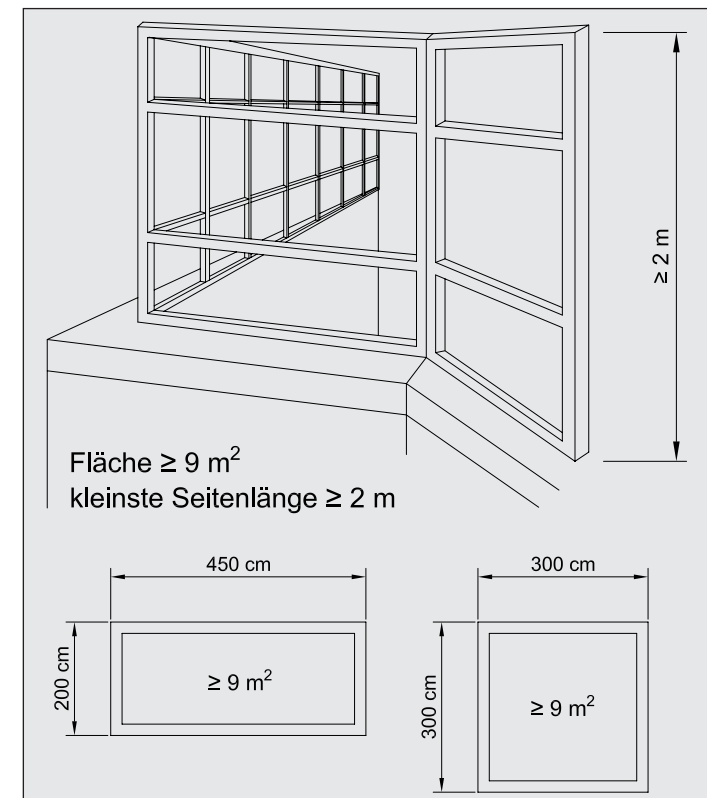


Abbildung 4.1:
Fensterwände

4.2. Elementgrößenbeschränkung

Bevor ein Fenstertragwerk bemessen werden kann, ist zu prüfen, ob die maximal zulässigen Elementgrößen nicht überschritten sind. Bei GEALAN unterscheidet man zwischen weißen und foliierten (Holzdekor) bzw. coextrudierten (Acrylcolor) Profilen. Die Beschränkung der Elementgrößen sichert die Gebrauchstauglichkeit der Fensterelemente. Sie sollen aber auch gewährleisten, dass eine fachgerechte Montage möglich und danach die Funktionstauglichkeit der Anschlussfuge über lange Zeit gewährleistet ist.

Bei zu groß gebauten Blendrahmen besteht die Gefahr, dass es aufgrund von Längenänderungen infolge Temperaturbeanspruchung im Eckbereich zu Verspannungen

und somit auch zu Eckenbrüchen kommen kann.

Bei Flügeln sollen die Größenbeschränkungen sicherstellen, dass die Lasten sicher über die Bänder auf den Blendrahmen übertragen werden können. Ein weiterer wichtiger Grund für die Einhaltung der Flügelgrößen ist, dass bei zu großen Flügeln Verzugerscheinungen auftreten können und als Folge dieser die Gebrauchstauglichkeit nicht mehr gewährleistet ist.

In den Anlagen 1 - 3 sind die zulässigen Flügel- und Elementgrößen der GEALAN Systemreihen abgebildet. Außerdem sind hier die Aussteifungsempfehlungen für die Flügelprofile dieser Systeme beschrieben.

4.3. Definition der Beanspruchungsrichtung

Die Stahlaussteifung des PVC-Profils kann, wie bereits im Abschnitt 3 erläutert, in Richtung der zwei Hauptachsen verschiedene Trägheitsmomente besitzen. Damit sind folglich auch die Biegesteifigkeiten bezogen auf diese Achsen unterschiedlich. Bei der Bemessung des Fenstertragwerks ist es

wichtig, dass die beiden Hauptachsen nicht vertauscht werden.

Im Fensterbau hat man sich abweichend von der Baustatik darauf geeinigt, dass die x-Achse in der Windrichtung liegt und die y-Achse in der Eigenlastichtung.

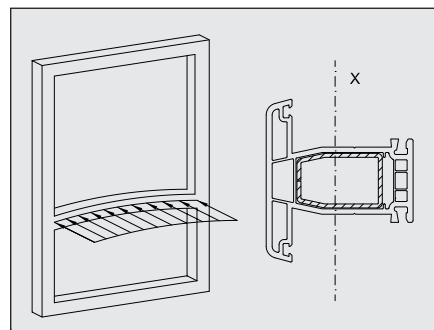


Abbildung 4.2:

x-Achse in der Windrichtung

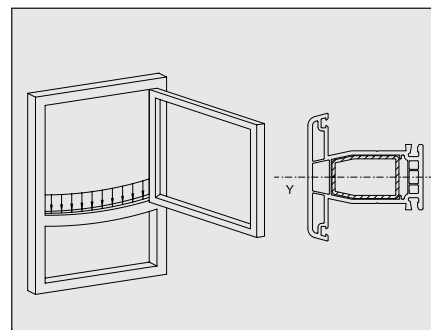


Abbildung 4.3:

y-Achse in der Eigenlastichtung

4.4. Begrenzung der Durchbiegung

4.4.1. Durchbiegung senkrecht zur Fensterebene

Die maximal zulässige Durchbiegung der Auflagerprofile, wie sie z.B. durch Windlast auftritt, wird in den „Technische Richtlinien des Glaserhandwerks Nr. 19“ „Linienförmig gelagerte Verglasungen“ erläutert.

Durchbiegung Rahmen:

Die rechnerische maximale Durchbiegung der Fensterrahmenkonstruktion darf nicht größer als $L/200$ jedoch maximal 15 mm sein.

Durchbiegung Glas:

Die maximale Durchbiegung der Isoliergläser darf nicht größer als $L/300$ jedoch maximal 8 mm für jede einzelne Scheibe sein. Bei Freigabe der Glasindustrie können auch größere Durchbiegungen zugelassen werden.

Grundsätzlich ist zu prüfen, ob bei der maximal zulässigen Elementverformung die zulässige Scheibendurchbiegung nicht überschritten ist.

Durchbiegung Glas		Durchbiegung Rahmen
<p>$f_G \leq l_G / 300$ höchstens jedoch 8 mm</p>	<p>Die max. zulässige Durchbiegung ist bei Isolierglas auf 8 mm zu begrenzen</p>	<p>$f_W \leq l_W / 200$ höchstens jedoch 15 mm</p>
<p>$f_{G1} \leq l_{G1} / 300$ höchstens jedoch 8 mm</p> <p>$f_{G2} \leq l_{G2} / 300$ höchstens jedoch 8 mm</p>	<p>Die max. zulässige Durchbiegung ist bei Isolierglas auf 8 mm zu begrenzen</p>	<p>$f_W \leq l_W / 200$ höchstens jedoch 15 mm</p>

Abbildung 4.4: Zulässige Durchbiegungen am Fenster

Mit der folgenden Formel kann man berechnen, wie groß die Verformung der Konstruktion unter der maximal zulässigen Durchbiegung der Scheibe ist.

$$f = \frac{f'}{(L'/L)^2}$$

Formel 4.1:
Elementdurchbiegung

- f' = maximale Durchbiegung der Scheibe [cm]
- f = maximal Verformung der Fensterkonstruktion [cm]
- L' = Systemhöhe des Feldes indem die Durchbiegung der Glasscheibe ermittelt werden soll [cm]
- L = Höhe des Fensterelementes [cm]

4.4.2. Durchbiegung in Fensterebene

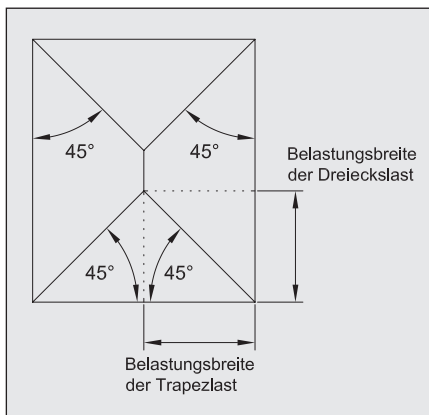
Da das menschliche Auge schon auf kleinere sichtbare Verformungen von Riegeln bzw. horizontalen Rahmen sehr empfindlich reagiert, ist es sinnvoll, für die Durchbiegung in der Fensterebene, die z.B. infolge von Eigenlasten auftritt, schärfere Kriterien zu formulieren.

Die maximale Durchbiegung der Fenster Rahmenkonstruktion in Fensterebene sollte nicht größer als $L/500$ sein. Auch kann es wegen der Beschlagteile erforderlich wer-

den die maximale Durchbiegung auf 3 mm zu begrenzen um die Gebrauchstauglichkeit zu gewährleisten.

Die zulässige Durchbiegung infolge heraus-
lehrender Personen (vertikale Verkehrslast mit $p = 0,5 \text{ kN/m}$) sollte auf $L/300$ bzw. das Maß der Falzluft von theoretisch 9 mm begrenzt werden. Dies ist annehmbar, weil Verkehrslasten nicht ständig wirkende Lasten sind.

4.5. Lastaufteilung der Windlast



Als vereinfachte Annahme für die Windlast wird eine Lastaufteilung unter 45° gewählt (Abbildung 4.4). Diese Aufteilung kann für die verschiedenen Rahmenteile sowohl Dreiecks- als auch Trapezlasten erzeugen. Die Belastungsbreiten der Dreiecks- bzw. Trapezlasten erhält man durch Halbierung der kürzesten Seite des Elementfeldes.

Abbildung 4.5:
Lastaufteilung der Windlast

Bei Belastung an Pfosten, Riegeln und Kopplungen ist darauf zu achten, dass diese Elementteile je einen Lastanteil aus den beiden angrenzenden Elementfeldern erhalten. In diesem Fall sind immer zwei Lastflächen mit den zugehörigen Belastungsbreiten in der Berechnung zu berücksichtigen.

4.6. Erforderliche Aussteifung in Blendrahmen

- Bei weißen Kunststoffprofilen kann die Aussteifung im Blendrahmen entfallen, wenn:
- dieser rundum befestigt wird und der Abstand der Befestigungsmittel untereinander weniger als 70 cm beträgt
 - die Befestigung unmittelbar am Baukörper erfolgt.

Bei Festverglasungen wird empfohlen, unten waagrecht eine Aussteifung zur Lastabtragung des Glasgewichtes einzusetzen.

Weiterhin wird empfohlen ab einer Stablänge von 1,4 m eine Aussteifung einzusetzen.

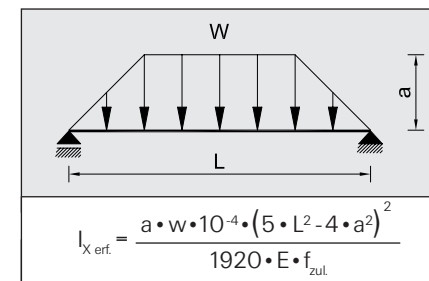
4.7. Erforderliche Aussteifung in Pfosten, Riegeln u. Kopplungen

Bei der rechnerischen Erfassung der Eigen-, Verkehrs-, und Windlasten setzt man als System einen frei aufliegenden Träger auf zwei Stützen an. Dieser wird durch die im Kapitel 2 erläuterten Belastungen beansprucht. Die Rahmeneinspannung wird vernachlässigt, da sie nur dann berücksichtigt werden darf, wenn sie konstruktiv gesichert ist. Obwohl diese Einspannung in gewissem Maße vorhanden ist (Riegel und Pfosten sind im Blendrahmen befestigt und beanspruchen diesen auf Torsion), wird diese nicht ange-

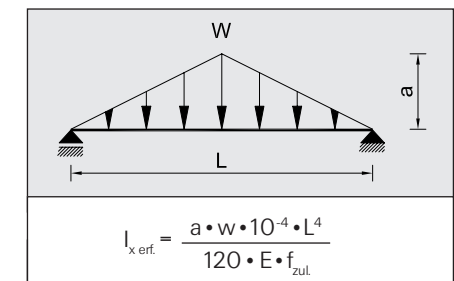
setzt und gibt der Berechnung somit zusätzliche Sicherheit. Das gleiche gilt für die Vernachlässigung der versteifenden Wirkung von Glasscheiben bzw. Füllungen.

Die folgenden Formeln wurden so umgestellt, dass das erforderliche Trägheitsmoment für die entsprechende Belastung bei einer frei wählbaren Durchbiegung ausgegeben wird. Es ist darauf zu achten, dass der E-Modul vom Material des Aussteifungsprofils in die jeweilige Gleichung eingesetzt wird (Tabelle 3.1).

4.7.1. Ermittlung des erforderlichen Trägheitsmomentes für den Lastfall Wind



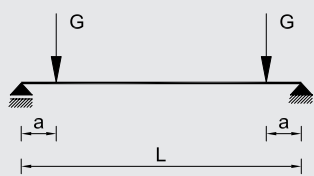
Formel 4.2: Trapezlast



Formel 4.3: Dreiecklast

- $I_{x\text{ erf.}}$ = erforderliches Trägheitsmoment infolge horizontaler Belastung [cm⁴]
- w = Windlast [kN/m²]
- a = Belastungsbreite [cm]
- L = Stützweite [cm]
- E = Elastizitätsmodul [kN/cm²]
- $f_{\text{zul.}}$ = zulässige Durchbiegung [cm]

4.7.2. Ermittlung des erforderlichen Trägheitsmomentes für den Lastfall Eigenlast

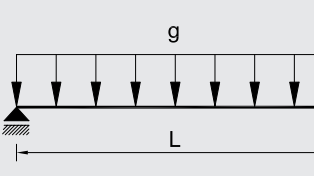


$$I_{Y\text{ erf.}} = \frac{G \cdot L^3 \cdot \left(3 \cdot \left(\frac{a}{L} \right) - 4 \cdot \left(\frac{a}{L} \right)^3 \right)}{24 \cdot E \cdot f_{\text{zul.}}}$$

Formel 4.4:

Punktlast beidseitig

- $I_{Y\text{ erf.}}$ = erforderliches Trägheitsmoment infolge vertikaler Belastung [cm⁴]
- g = Eigenlast des Kämpfers [kN/m]
- G = halbe Eigenlast der Glasscheibe [kN]
- a = Abstand der Einzellasten vom Auflagerrand



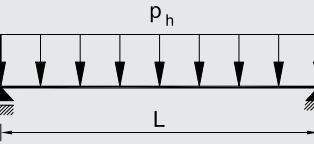
$$I_{Y\text{ erf.}} = \frac{5 \cdot g \cdot 10^{-2} \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot f_{\text{zul.}}}$$

Formel 4.5:

Streckenlast

- L = Stützweite [cm]
- E = Elastizitätsmodul [kN/cm²]
- $f_{\text{zul.}}$ = zulässige Durchbiegung [cm]

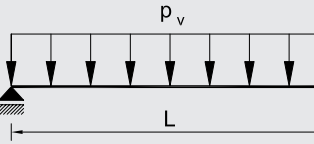
4.7.3. Ermittlung des erforderlichen Trägheitsmomentes für den Lastfall Verkehr



$$I_{X\text{ erf.}} = \frac{5 \cdot p_h \cdot 10^{-2} \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot f_{\text{zul.}}}$$

Formel 4.6:

Streckenlast



$$I_{Y\text{ erf.}} = \frac{5 \cdot p_v \cdot 10^{-2} \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot f_{\text{zul.}}}$$

Formel 4.7:

Streckenlast

- $I_{X\text{ erf.}}$ = erforderliches Trägheitsmoment infolge horizontaler Belastung [cm⁴]
- $I_{Y\text{ erf.}}$ = erforderliches Trägheitsmoment infolge vertikaler Belastung [cm⁴]
- p_h = Verkehrslast [kN/m] in horizontaler Richtung
- p_v = Verkehrslast [kN/m] in vertikaler Richtung
- L = Stützweite [cm]
- E = Elastizitätsmodul [kN/cm²]
- $f_{\text{zul.}}$ = zulässige Durchbiegung [cm]

4.8. Unberücksichtigte Lastanteile

Bei Fensterwänden kann, wenn die zu koppelnden Elemente breiter als hoch sind, der Fall eintreten, dass ein erheblicher Lastanteil unbeachtet bleibt (Abbildung 4.6). Dieser Lastanteil wird durch eine zusätzliche Einzellast berücksichtigt. Die Größe dieser Einzellast berechnet sich aus der Fläche des unberücksichtigten Lastanteils multipliziert mit der Windlast w. Diese Einzellast drückt zusätzlich in Höhe des Kämpfers auf die Elementkopplung.

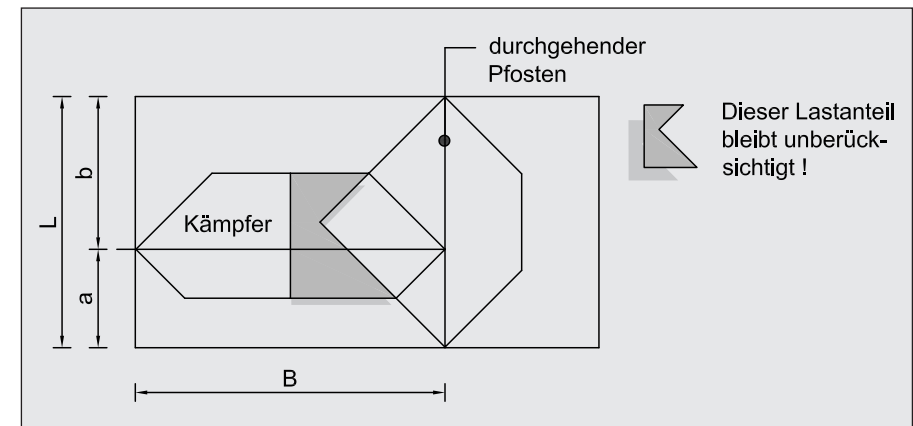
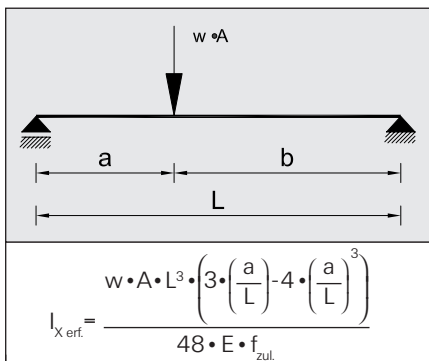


Abbildung 4.6:

Unberücksichtigte Lastanteile



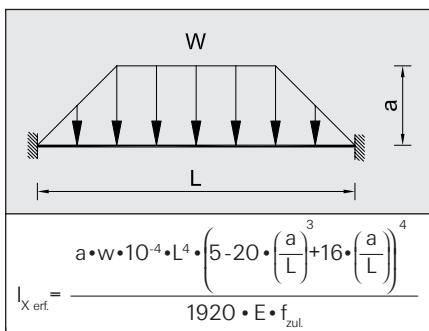
Formel 4.8:

Punktlast

4.9. Der eingespannte Träger auf zwei Stützen

Bei größeren Abmessungen ist eine Aussteifung innerhalb des Kunststoffprofils nicht immer ausreichend. Selbst durch dickwandigste Aussteifungsprofile können die statischen Erfordernisse in der Regel nicht erfüllt werden. In diesem Fall besteht die Möglichkeit, eine zusätzliche Aussteifung am Kunststoffprofil zu befestigen, z.B. aufgesetzte Lisene.

Da die erforderlichen Trägheitsmomente überproportional zu den Stützweiten wachsen, ist die Annahme eines frei aufliegenden Trägers auf zwei Stützen bei sehr großen Stützweiten nicht mehr sinnvoll. In diesen Fällen sollte eine beidseitige Einspannung der auf den Pfosten bzw. Riegel aufgeschraubten Lisenen und der Elementkopplungen am Baukörper angestrebt werden. Das zur Aussteifung erforderliche Trägheitsmoment kann so auf ein Fünftel gegenüber der gelenkigen Lagerung reduziert werden. Diese Annahme der Einspannung ist jedoch nur dann zulässig, wenn sie auch konstruktiv abgesichert ist. Es muss sichergestellt sein, dass die Lasten, vor allem die Einspannmomente, vom Baukörper aufgenommen werden können. Da diese Nachweisführung bereits eine umfangreiche ingenieurmäßige Bemessung darstellt, ist die praktische Anwendung dieses statischen Systems bei kleineren Aufträgen jedoch nicht ratsam.



Formel 4.9:

Trapezlast eingespannt

- $I_{x \text{ erf.}}$ = erforderliches Trägheitsmoment infolge horizontaler Belastung [cm⁴]
- w = Windlast [kN/m²]
- a = Belastungsbreite [cm]
- L = Stützweite [cm]
- E = Elastizitätsmodul [kN/cm²]
- $f_{\text{zul.}}$ = zulässige Durchbiegung [cm]

4.10. Zusammenfassung

In diesem Kapitel des Statikhandbuchs wurde die Ermittlung des erforderlichen Trägheitsmomentes für eine Reihe verschiedener Lastfälle und Belastungsarten beschrieben. Im Folgenden ist die Vorgehensweise bei der Bemessung eines Fensterelements noch einmal kurz in Stichpunkten zusammengefasst:

- [1] ... maßstäbliche Grundriss- und Ansichtszeichnungen
- [2] ... Elementteilung unter Berücksichtigung der maximal zulässigen Elementgrößen
- [3] ... Reihenfolge der Tragglieder entsprechend dem „Lastfluss“
- [4] ... Zerlegung in einzelne Windlastfelder
- [5] ... Erforderliche Trägheitsmomente je Profil bzw. Kopplung ermitteln
 - [a] ... Systemlänge
 - [b] ... erste / zweite Belastungsbreite
 - [c] ... vereinfachtes oder genaues Verfahren für die Windlastermittlung
 - [d] ... Gebäudehöhe und -maße / Windzone / Geländekategorie
 - [e] ... Element im Sogspitzenbereich
 - [f] ... das erforderliche Trägheitsmoment je Belastungsbreite ermitteln und, wenn erforderlich, beide Werte addieren
- [6] ... Profil / Kopplung und Stahlaussteifung wählen

5. Anwendungsbeispiel

In diesem Kapitel wird der theoretische Teil an Hand von praxisgerechten Rechenbeispielen erklärt.

5.1. Ermittlung des erforderlichen Trägheitsmomentes infolge der Windlast

Das in Abbildung 5.1 dargestellte Gebäude soll mit Fenstern aus dem System S 8000 IQ ausgestattet werden. Im Folgenden wird Schritt für Schritt die Bemessung der tragenden Elemente näher erläutert.

5.1.1. Erforderliche Vorgaben für die Bemessung:

- Gebäudehöhe: 11 m
- Standort: Berlin
- Fensterfarbe: weiß
- Flügel: Standard

Es kann das **vereinfachte Verfahren** angewendet werden, da:

- die Gebäudehöhe unter 25 m ist,
- der Standort nicht über 800 m NN liegt und
- das Bauwerk einen eckigen Grundriss aufweist.



Abbildung 5.1:
Gebäudeansicht

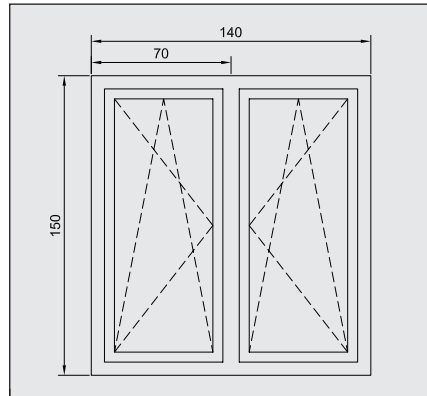


Abbildung 5.2:
Fensteransicht

5.1.2. Elementüberprüfung unter Berücksichtigung der maximal zulässigen Elementgrößenbeschränkungen.

Überprüfung der Elementgröße

Aus dem Anhang 3 ist zu entnehmen, dass bei weißen Profilen (.00) die maximale Blendrahmenlänge = 3,00 m und eine maximale Fläche = 6,0 m² nicht überschritten werden darf.

Überprüfung:

- größte Blendrahmenlänge 1,5 m < 3,0 m (Bedingung erfüllt)
- Fensterfläche 1,5 m x 1,4 m = 2,1 m² < 6,0 m² (Bedingung erfüllt)

Beide Anforderungen werden erfüllt, es ist keine Teilung des Elementes erforderlich.

Überprüfung der Fensterflügelgröße

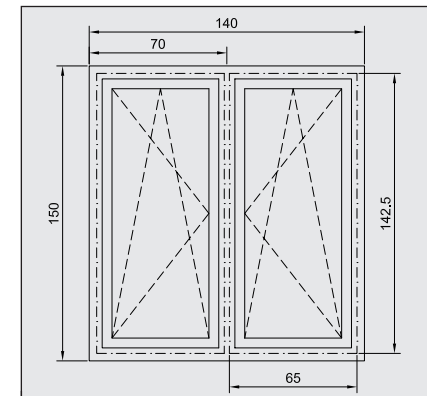


Abbildung 5.3:
Flügelmaße

S8000IQ Maximale Flügelaußenmaße







	FENSTER		BALKONTÜR		KIPP / KLAPP	SCHWING
						
Flügel schmal	1300 x 1400 1,6 m ²	800 x 1400 -	1000 x 2100 2,0 m ²	800 x 2100 1,6 m ²	1600 x 1400 1,6 m ²	-
	1200 x 1300 1,5 m ²	700 x 1300 -	900 x 2100 1,9 m ²	700 x 2100 1,5 m ²	1500 x 1300 1,5 m ²	-
Flügel standard	1500 x 1500 2,0 m ²	900 x 1500 -	1100 x 2300 2,2 m ²	900 x 2300 1,8 m ²	2000 x 1500 2,4 m ²	-
	1400 x 1400 1,9 m ²	800 x 1400 -	1100 x 2200 2,1 m ²	800 x 2200 1,7 m ²	1900 x 1400 2,2 m ²	-
Flügel groß	1500 x 1700 2,4 m ²	1000 x 1700 -	1100 x 2300 2,3 m ²	1000 x 2300 2,1 m ²	2200 x 1500 2,8 m ²	2300 x 2000 4,5 m ²
	1400 x 1600 2,3 m ²	900 x 1600 -	1100 x 2300 2,2 m ²	900 x 2300 2,0 m ²	2100 x 1400 2,6 m ²	2000 x 2000 3,8 m ²

Tabelle 5.1: Flügelgrößenbeschränkungen

Überprüfung:

- Flügelgröße $0,65 \text{ m} \times 1,425 \text{ m} < 1,5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$ (Bedingung erfüllt)
- Flügelgröße $0,65 \text{ m} \times 1,425 \text{ m} = 0,926 \text{ m}^2 < 2,0 \text{ m}^2$ (Bedingung erfüllt)

Beide Anforderungen werden erfüllt, somit sind die Flügel ohne Einschränkung zu fertigen.

5.1.3. Ermittlung der Windlast q



Abbildung 5.4:
Windzonenkarte

Berlin liegt in der Windzone 2 im Binnenland, die Gebäudehöhe ist 11 m.

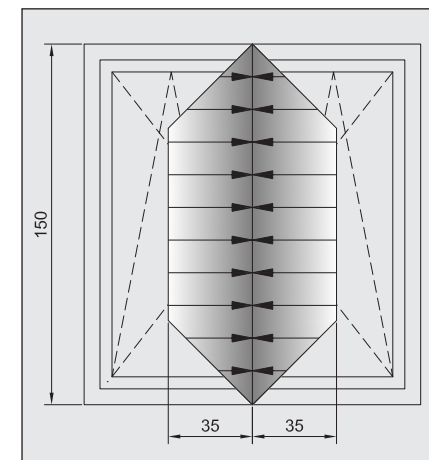
Windzone		Geschwindigkeitsdruck q in kN/m ² bei einer Gebäudehöhe h in den Grenzen von		
		h ≤ 10 m	10 m < h ≤ 18 m	18 m < h ≤ 25 m
1	Binnenland	0,50	0,65	0,75
	Küste und Inseln der Ostsee	0,85	1,00	1,10
2	Binnenland	0,65	0,80	0,90
	Küste und Inseln der Ostsee	0,85	1,00	1,10
3	Binnenland	0,80	0,95	1,10
	Küste und Inseln der Ostsee	1,05	1,20	1,30
4	Binnenland	0,95	1,15	1,30
	Küste der Nord- und Ostsee und Inseln der Ostsee	1,25	1,40	1,55
	Inseln der Nordsee	1,40	-	-

Tabelle 5.2:

Geschwindigkeitsdrücke

Aus der Tabelle 5.2 ergibt sich ein Geschwindigkeitsdruck von **q = 0,80 kN/m²**

5.1.4. Lastaufteilung der Windlast



Profillänge L = 150 cm
Belastungsbreite a₁ = 35 cm
Belastungsbreite a₂ = 35 cm

Die Bemessung muss **immer** für die beiden Belastungsbreiten getrennt durchgeführt werden.

Abbildung 5.5:

Aufteilung der Windlastfelder

5.1.5. Ermittlung vom aerodynamischen Druckbeiwert c_{pe}

Für die Fensterbetrachtung wird immer der $c_{pe,10}$ -Wert in den einzelnen Bereichen herangezogen, siehe Kap. 2.4.

Das Höhen / Breitenverhältnis (h/d) in dem Beispiel kann nicht errechnet werden, da die Gebäudebreite nicht bekannt ist. Es wird somit jeweils der größte Wert verwendet.

Bereich	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
$h/d \geq 5$	-1,4	-1,7	-0,8	-1,1	-0,5	-0,7	0,8	1,0	-0,5	-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,8	1,0	-0,5	
$h/d \leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,8	1,0	-0,3	-0,5

Tabelle 5.3:

aerodynamischer Druckbeiwert

Damit ergeben sich für die einzelnen Bereiche die c_{pe} -Werte:

Bereich A: $c_{pe} = -1,7$

Bereich B: $c_{pe} = -1,1$

Bereich D: $c_{pe} = 1,0$

5.1.6. Berechnung des Winddruckes w_e

$$w_e = c_{pe} \cdot q(z_e)$$

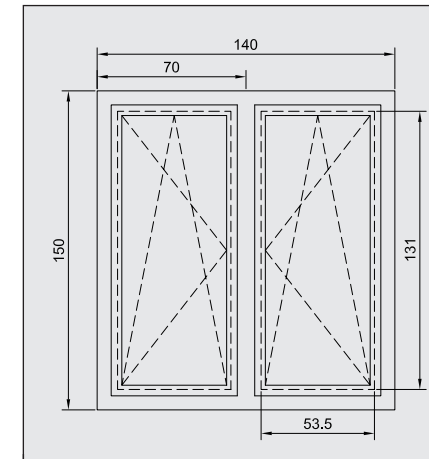
Bereich A: $w_e = -1,7 \cdot 0,8 \text{ kN/m}^2 = -1,36 \text{ kN/m}^2$

Bereich B: $w_e = -1,1 \cdot 0,8 \text{ kN/m}^2 = -0,88 \text{ kN/m}^2$

Bereich D: $w_e = 1,0 \cdot 0,8 \text{ kN/m}^2 = 0,8 \text{ kN/m}^2$

5.1.7. Ermittlung der maximalen Durchbiegung

Berechnung der Durchbiegung f' der Gläser



Die maximale zulässige Durchbiegung der Isolierglasscheibe darf $L' / 300$ oder 0,8 cm nicht überschreiten.

Größte Glaslänge $L' = 131 \text{ cm}$

deshalb ist $f' = L' / 300$

$$f' = 131 / 300$$

$$f' = 0,44 \text{ cm} < 0,8 \text{ cm}$$

Da 0,44 cm die kleinere Durchbiegung ist muss damit weiter gerechnet werden.

Abbildung 5.6:

Glasgrößen

Berechnung der maximalen Elementdurchbiegung f_e mit Begrenzung der Scheibendurchbiegung f'

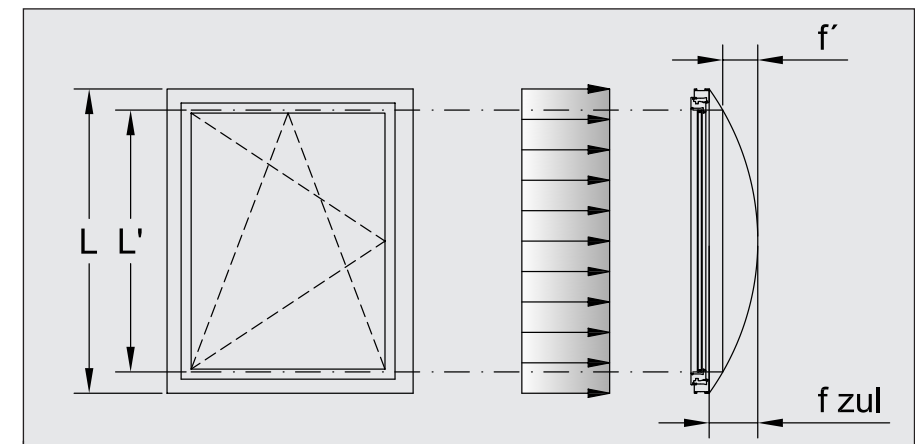


Abbildung 5.7:

Maximale Durchbiegung

Der Bezug zwischen Scheibendurchbiegung und gesamter Durchbiegung wird mit der Formel aus Kapitel 4.4 Begrenzung der Durchbiegung berechnet.

$$f_E = \frac{f'}{(L'/L)^2}$$

$$f_E = \frac{0,44 \text{ cm}}{(131 \text{ cm}/150 \text{ cm})^2} = 0,57 \text{ cm}$$

Berechnung der Durchbiegung f_R der Rahmenkonstruktion.

Die maximale zulässige Durchbiegung der Rahmenkonstruktion darf $L / 200$ oder 1,5 cm nicht überschreiten.

Pfostenlänge $L = 150 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} \text{deshalb ist } f_R &= L/200 \\ f_R &= 150/200 \\ f_R &= 0,75 \text{ cm} < 1,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Da 0,75 cm die kleinere Durchbiegung ist muss damit weiter gerechnet werden.

Vergleich der ermittelten Durchbiegungen

Es müssen die beiden Durchbiegungen

Elementdurchbiegung f_E mit Begrenzung der Scheibendurchbiegung f' und Durchbiegung f_R der Rahmenkonstruktion verglichen werden.

$$f_E = 0,57 \text{ cm} < f_R = 0,75 \text{ cm}$$

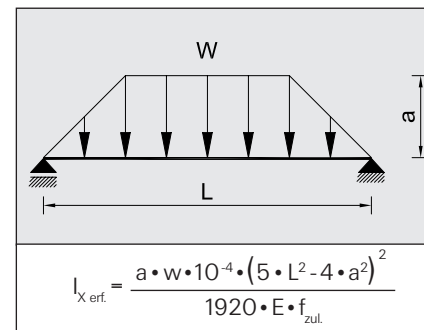
$f_{zul.} = 0,57 \text{ cm}$

5.1.8. Ermittlung des Gesamtträgheitsmomentes I_x

Belastung senkrecht zur Fensterebene (infolge Windlast)

Statisches System:

Einfeldträger belastet mit Trapezlast



$I_{x,erf.}$ = erforderliches Trägheitsmoment infolge horizontaler Belastung [cm^4]
 w = Windlast [kN/m^2]
 a = Belastungsbreite [cm]
 L = Stützweite [cm]
 E = Elastizitätsmodul [kN/cm^2]
 $f_{zul.}$ = zulässige Durchbiegung [cm]

Da das Fenster nicht an einer Gebäudeecke ist wird der Bereich A nicht berücksichtigt. Es werden nur die Bereiche B und D berechnet. Da der Sog des Bereiches B größer ist als der Druck im Bereich D, wird nur der Bereich B berechnet.

eingesetzt:

$$I_{x1,erf.} = \frac{35 \cdot 0,88 \cdot 10^{-4} \cdot (5 \cdot 150^2 - 4 \cdot 35^2)^2}{1920 \cdot E \cdot 0,57}$$

$$I_{x1,erf.} = 1,55 \text{ cm}^4$$

Die zweite Belastungsbreite ist ebenfalls 35 cm und somit auch

$$I_{x2,erf.} = 1,55 \text{ cm}^4$$

$$I_{x2,erf.} = I_{x1,erf.} + I_{x2,erf.} = 1,55 + 1,55 = 3,10 \text{ cm}^4$$

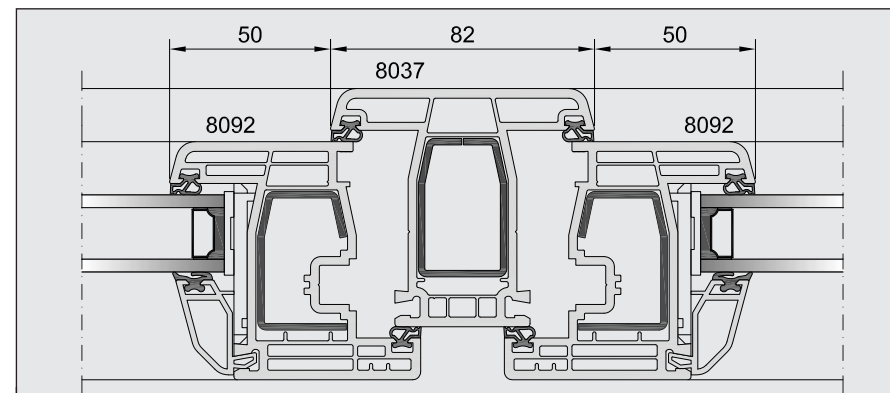


Abbildung 5.8: Profilschnitt

8037		
Stahl	I_x [cm ⁴]	I_y [cm ⁴]
8701	5,92	2,87
8703	5,51	1,80
8751	4,50	2,25
8753	4,27	1,40

Das erforderliche Gesamtträgheitsmoment von $I_{x,erf} = 3,10 \text{ cm}^4$ wird von jeder Aussteifung des Pfostens 8037 erfüllt.

5.2. Ermittlung des erforderlichen Trägheitsmomentes infolge der Eigenlast

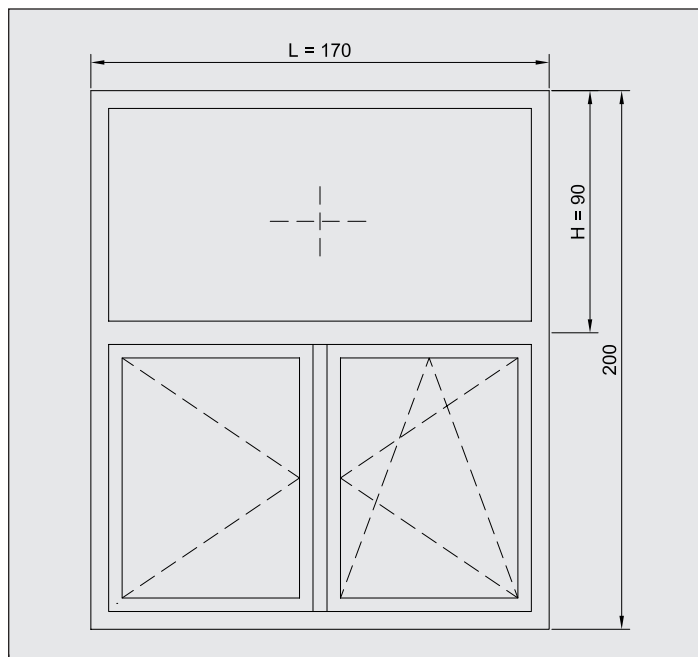


Abbildung 5.9:

Fensteransicht

Da die Gebrauchstauglichkeit des Stulpfensters gewährleistet sein muss, ist sicherzustellen, dass sich die Flügel problemlos öffnen und schließen lassen. Eine zu starke Verformung des Kämpfers in Richtung der Fensterebene hätte mit Sicherheit eine Funktionsstörung des Fensters zur Folge. Die zulässige Durchbiegung f_{zul} wird deshalb auf 0,15 cm beschränkt.

5.2.1. Bestimmung des Glasgewichtes G_V

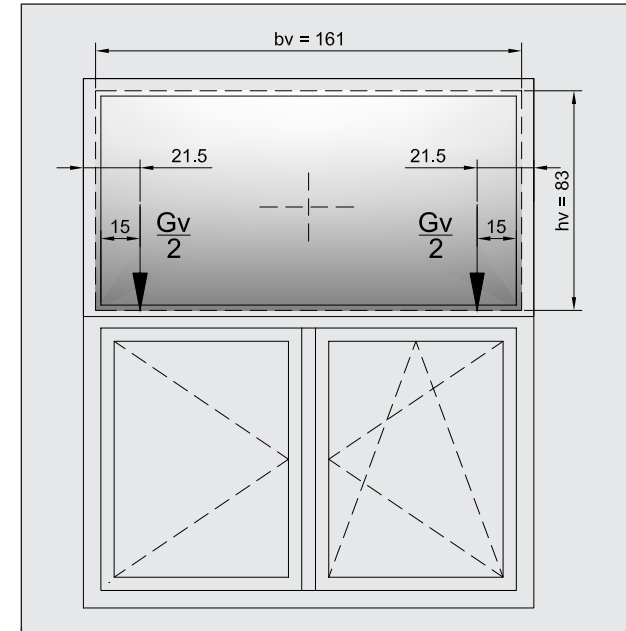


Abbildung 5.10:

Glasgewicht

Glasaufbau 6-16-4

$$\sum S_V = 0,006 + 0,004 = 0,010 \text{ m}$$

$$G_V = b_V \cdot h_V \cdot \sum S_V \cdot 25 \text{ kN/m}^3$$

b_V = Breite der Verglasung in [m]

h_V = Höhe der Verglasung in [m]

$\sum S_V$ = Summe aller Scheibenstärken der Verglasung in [m]

G_V = Einzellast der Verglasung [kN]

25 kN/m^3 = spezifisches Gewicht des Glases

$$G_V = 1,61 \cdot 0,83 \cdot 0,01 \cdot 25 \text{ kN/m}^3$$

$$G_V = 0,334 \text{ kN}$$

$$G = \frac{G_V}{2}$$

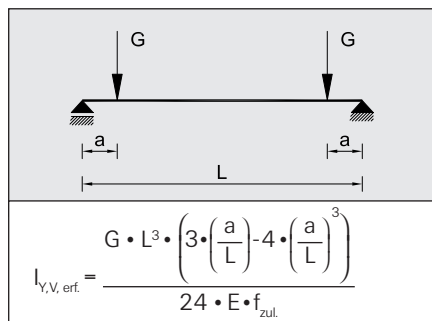
$$G = 0,167 \text{ kN}$$

5.2.2. Erforderliches Trägheitsmoment $I_{y,v}$ infolge des Glasgewichtes

Belastung vertikal zur Fensterebene infolge der Eigenlast

Statisches System:

Einfeldträger belastet mit zwei Einzellasten



- $I_{y,v,erf}$ = erforderliches Trägheitsmoment infolge Glaslast [cm⁴]
- G = Einzellast (halbe Glaslast) [kN]
- a = Abstand der Einzellasten vom Auflagerrand
- L = Stützweite [cm]
- E = Elastizitätsmodul [kN/cm²]
- f_{zul} = zulässige Durchbiegung [cm]

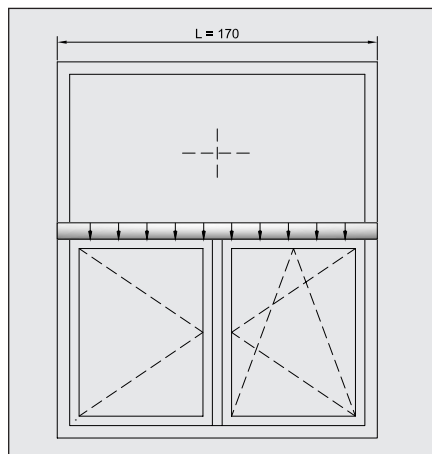
zulässige Durchbiegung
 $f_{zul} = 0,15$ cm

eingesetzt:

$$I_{y,v,erf} = \frac{0,167 \cdot 170^3 \cdot \left(3 \cdot \left(\frac{21,5}{170} \right) - 4 \cdot \left(\frac{21,5}{170} \right)^3 \right)}{24 \cdot 21000 \cdot 0,15}$$

$$I_{y,v,erf} = 4,03 \text{ cm}^4$$

5.2.3. Bestimmung des Kämpfergewichtes g



Die Eigenlast des Kämpfers inkl. Stahlaussteifung wird nach Kapitel 2.1 Tabelle 2.1 mit

$$g = 0,045 \text{ kN/m}$$

angesetzt.

Abbildung 5.11:

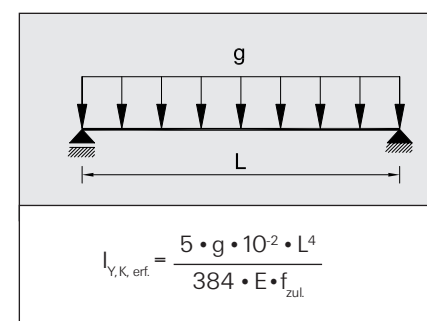
Kämpfergewicht

5.2.4. Erforderliches Trägheitsmoment $I_{y,k}$ infolge des Kämpfers

Belastung vertikal zur Fensterebene (infolge Eigenlast)

Statisches System:

Einfeldträger belastet mit Streckenlast



- $I_{y,k,erf}$ = erforderliches Trägheitsmoment infolge Kämpferlast [cm⁴]
- g = Streckenlast des Kämpfers [kN]
- L = Stützweite [cm]
- E = Elastizitätsmodul [kN/cm²]
- f_{zul} = zulässige Durchbiegung [cm]

zulässige Durchbiegung
 $f_{zul} = 0,15$ cm

eingesetzt:

$$I_{y,k,erf} = \frac{5 \cdot 0,045 \cdot 10^{-2} \cdot 170^4}{384 \cdot 21000 \cdot 0,015}$$

$$I_{y,k,erf} = 1,55 \text{ cm}^4$$

Das erforderliche Gesamtträgheitsmoment in Fensterebene wird mit Hilfe der folgenden Gleichung ermittelt:

$$I_{y,ges} = I_{y,v,erf} + I_{y,k,erf}$$

$$I_{y,ges} = 4,03 \text{ cm}^4 + 1,55 \text{ cm}^4$$

$$I_{y,ges} = 5,58 \text{ cm}^4$$

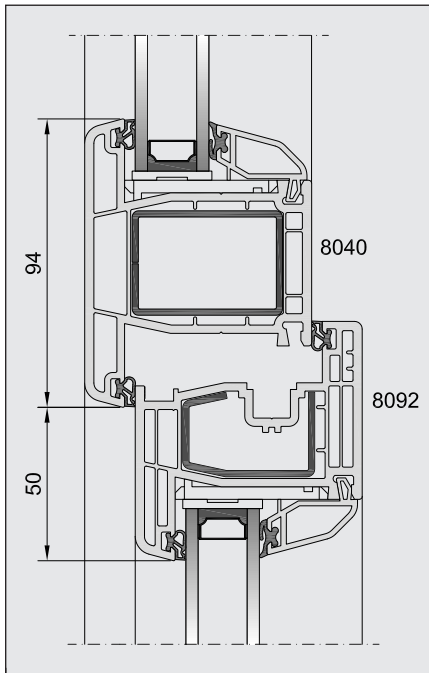


Abbildung 5.12:

Profilschnitt

8040		
Stahl	I_x [cm ⁴]	I_y [cm ⁴]
8713	10,20	5,78

Das erforderliche Gesamtträgheitsmoment von $I_{verf} = 5,58 \text{ cm}^4$ wird von der Aussteifung 8713 des Kämpfers 8040 erreicht.

6. Berechnungsbeispiele für wichtige Sonderfälle

Nachdem im Kapitel 5 die Grundlagen der Fensterstatik an zwei Beispielen gezeigt wurden, sollen im Folgenden wichtige Sonderfälle mit Hilfe von Übungsbeispielen erläutert werden. Die Beispiele wurden so erstellt, dass die Elementgrößen in allen Fällen eingehalten sind. Aus diesem Grund wird auf eine Prüfung in den Beispielen dieses Kapitel verzichtet.

6.1. Rollladen-Aufsatzelement

6.1.1. Angaben zum Element

Es soll die obere Blendrahmenaussteifung einer Balkonstulptür mit 195er RAE plus ermittelt werden.

- Die Gebäudehöhe ist 23 m,
- der Standort ist in Frankfurt
⇒ Windzone 1
⇒ Geländekategorie Binnenland
- es werden weiße Fenster eingebaut

Es kann das **vereinfachte Verfahren** angewendet werden, da:

- die Gebäudehöhe unter 25 m ist,
- der Standort nicht über 800 m NN ist und
- das Bauwerk einen eckigen Grundriss aufweist.

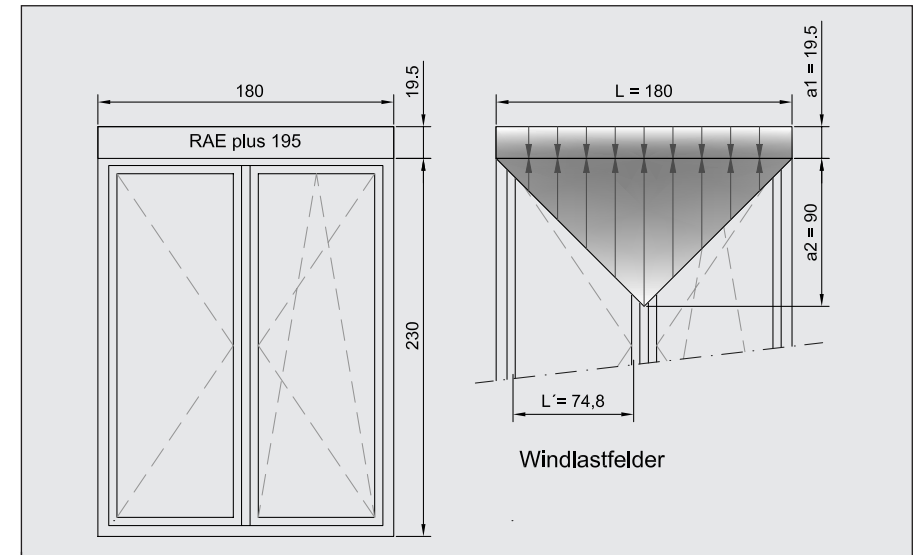


Abbildung 6.1: Balkonstulptür mit RAE plus

6.1.2. Ermittlung des Winddruckes

Mit Hilfe der Tabelle 2.2 aus dem Kapitel 2 ist der Geschwindigkeitsdruck $q = 0,75 \text{ kN/m}^2$ herauszulesen.

Aus der Tabelle 2.3 aus dem Kapitel 2 ergeben sich die folgenden aerodynamischen Druckbeiwerte c_{pe} für die Bereiche A = -1,7
Bereiche B = -1,1
Bereiche D = 1,0

Daraus errechnet sich nach der Formel aus dem Kapitel 2.3. Windlast w_e

$$w_e = c_{pe} \cdot q(z_e)$$

Bereich A: $w_e = -1,7 \cdot 0,75 \text{ kN/m}^2 = -1,27 \text{ kN/m}^2$
 Bereich B: $w_e = -1,1 \cdot 0,75 \text{ kN/m}^2 = -0,82 \text{ kN/m}^2$
 Bereich D: $w_e = 1,0 \cdot 0,75 \text{ kN/m}^2 = 0,75 \text{ kN/m}^2$

6.1.3. Ermittlung der maximalen zulässigen Durchbiegung

Profillänge $L = 180 \text{ cm}$
 größte Scheibenlänge $L' = 74,8 \text{ cm}$

maximal zulässige Scheibendurchbiegung

$$f' = \frac{L'}{300} \leq 0,8 \text{ cm}$$

$f' = 74,8 \text{ cm} / 300$
 $f' = 0,25 \text{ cm}$

Elementdurchbiegung mit Berücksichtigung der maximalen zulässigen Scheibendurchbiegung

$$f_E = \frac{f'}{(L'/L)^2} \leq 1,5 \text{ cm}$$

$f_E = \frac{0,25 \text{ cm}}{(74,8 \text{ cm}/180 \text{ cm})^2} = 1,45 \text{ cm}$

$f_E = 1,45 \text{ cm}$

maximale zulässige Elementdurchbiegung

$$f = \frac{L}{200} \leq 1,5 \text{ cm}$$

$f = 180 \text{ cm} / 200$
 $f = 0,9 \text{ cm}$

Ermittlung der zulässige Durchbiegung

$f_E = 1,45 \text{ cm} > f = 0,9 \text{ cm}$
 $f_{zul.} = 0,9 \text{ cm}$

6.1.4. Ermittlung des erforderlichen Trägheitsmomentes

Für die obere Belastungsfläche a1 ergibt sich nach der Formel aus dem Kapitel 4.71. „Ermittlung des erforderlichen Trägheitsmomentes für den Lastfall Wind“ ein erforderliches Trägheitsmoment von:

$$I_{X1,erf.} = \frac{5 \cdot a1 \cdot w \cdot 10^{-2} \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot f_{zul.}} \quad \text{Streckenlast}$$

im Bereich A (Sogspitzen) $I_{X1,erf.} = 1,81 \text{ cm}^4$
 im Bereich B (Windsog) $I_{X1,erf.} = 1,17 \text{ cm}^4$
 im Bereich D (Winddruck) $I_{X1,erf.} = 1,06 \text{ cm}^4$

Anmerkung:

Die Berechnung des erforderlichen Trägheitsmomentes im Bereich des Rollladenaufsatzelementes infolge dieses Lastanteils kann entfallen, wenn das Rollladenaufsatzelement durch eine vorgehängte Klinkerfassade vor der Windlast geschützt ist.

Für die untere Belastungsfläche a2 ergibt sich nach der Formel aus dem Kapitel 4.71. „Ermittlung des erforderlichen Trägheitsmomentes für den Lastfall Wind“ ein erforderliches Trägheitsmoment von:

$$I_{X2,erf.} = \frac{a2 \cdot w \cdot 10^{-4} \cdot (5 \cdot L^2 - 4 \cdot a2^2)^2}{1920 \cdot E \cdot f_{zul.}} \quad \text{Trapezlast}$$

im Bereich A (Sogspitzen) $I_{X2,erf.} = 5,31 \text{ cm}^4$
 im Bereich B (Windsog) $I_{X2,erf.} = 3,44 \text{ cm}^4$
 im Bereich D (Winddruck) $I_{X2,erf.} = 3,12 \text{ cm}^4$

Die beiden Belastungsflächen zusammengefasst ergeben sich jeweils folgende Werte:

$$I_{x,erf} = I_{x1,erf} + I_{x2,erf}$$

im Bereich A (Sogspitzen) $I_{x,erf} = 1,81 \text{ cm}^4 + 5,31 \text{ cm}^4 = 7,12 \text{ cm}^4$

im Bereich B (Windsog) $I_{x,erf} = 1,17 \text{ cm}^4 + 3,44 \text{ cm}^4 = 4,61 \text{ cm}^4$

im Bereich D (Winddruck) $I_{x,erf} = 1,06 \text{ cm}^4 + 3,12 \text{ cm}^4 = 4,18 \text{ cm}^4$

6.1.5. Ermittlung der erforderlichen Aussteifungen in den Profilen

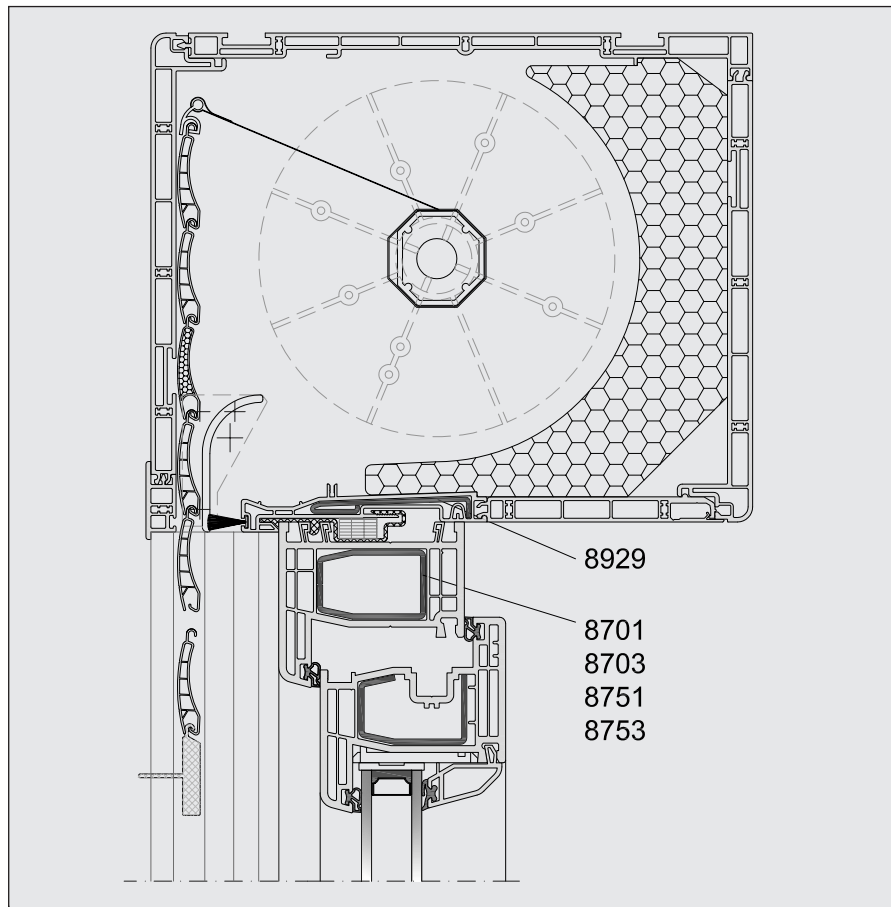


Abbildung 6.2:

Profilschnitt

8006 + RAE plus	
Stahl	I_x [cm ⁴]
8701 + 8929	11,44
8703 + 8929	11,03
8751 + 8929	10,02
8753 + 8929	9,79
8757 + 8929	8,12
8758 + 8929	8,90

Das erforderliche Gesamtträgheitsmoment, selbst im Sogspitzenbereich A, von $I_{x,erf} = 7,12 \text{ cm}^4$ wird von jeder Aussteifungskombination des Blendrahmens 8006 mit der unteren Rollladenblende 8822 erfüllt.

6.2. Unberücksichtigte Lastanteile

6.2.1. Angaben zum Element

Es soll das erforderliche Gesamtträgheitsmoment für einen Pfosten berechnet werden.

- Die Gebäudehöhe ist 8 m,
- der Standort ist in Bremen
⇒ Windzone 3
⇒ Geländekategorie Binnenland
- es werden weiße Fenster eingebaut.

Es kann das **vereinfachte Verfahren** angewendet werden, da:

- die Gebäudehöhe unter 25 m ist,
- der Standort nicht über 800 m NN und
- das Bauwerk einen eckigen Grundriss aufweist.

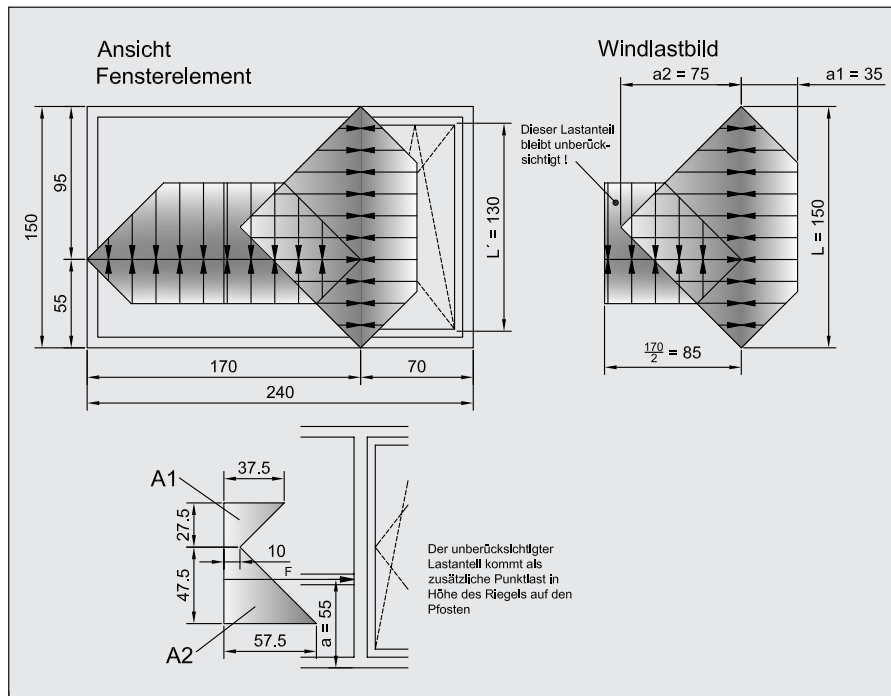


Abbildung 6.3:

Drehkipfenfenster mit Seitenteil

6.2.2. Ermittlung des Winddruckes

Mit Hilfe der Tabelle 2.2 aus dem Kapitel 2 ist der Geschwindigkeitsdruck $q = 0,80 \text{ kN/m}^2$ herauszulesen.

Aus Tabelle 2.3 aus dem Kapitel 2 sind die aerodynamischen Druckbeiwerte c_{pe} für die Bereiche A = -1,7
 Bereiche B = -1,1
 Bereiche D = 1,0 abzulesen.

Daraus ergibt sich nach der Formel aus dem Kapitel 2.3. Windlast w_e

$$w_e = c_{pe} \cdot q(z_e)$$

Bereich A: $w_e = -1,7 \cdot 0,80 \text{ kN/m}^2 = -1,36 \text{ kN/m}^2$
 Bereich B: $w_e = -1,1 \cdot 0,80 \text{ kN/m}^2 = -0,88 \text{ kN/m}^2$
 Bereich D: $w_e = 1,0 \cdot 0,80 \text{ kN/m}^2 = 0,80 \text{ kN/m}^2$

6.2.3. Ermittlung der maximalen zulässigen Durchbiegung

Profillänge $L = 150 \text{ cm}$
 größte Scheibenlänge $L' = 130 \text{ cm}$

maximal zulässige Scheibendurchbiegung

$$f' = \frac{L'}{300} \leq 0,8 \text{ cm}$$

$f' = 130 \text{ cm} / 300$
 $f' = 0,43 \text{ cm}$

Elementdurchbiegung mit Berücksichtigung der maximalen zulässigen Scheibendurchbiegung

$$f_E = \frac{f'}{(L'/L)^2} \leq 1,5 \text{ cm}$$

$f_E = \frac{0,43 \text{ cm}}{(130 \text{ cm}/150 \text{ cm})^2} = 0,57 \text{ cm}$
 $f_E = 0,57 \text{ cm}$

maximale zulässige Elementdurchbiegung

$$f = \frac{L}{200} \leq 1,5 \text{ cm}$$

$f = 150 \text{ cm} / 200$
 $f = 0,75 \text{ cm}$

Ermittlung der zulässige Durchbiegung

$f_E = 0,57 \text{ cm} < f = 0,75 \text{ cm}$

$f_{zul.} = 0,57 \text{ cm}$

6.2.4. Ermittlung des Trägheitsmomentes für den Pfosten

Für die rechte Belastungsfläche a1 ergibt sich nach der Formel aus dem Kapitel 4.7.1. „Ermittlung des erforderlichen Trägheitsmomentes für den Lastfall Wind“ ein erforderliches Trägheitsmoment von:

$$I_{x1,erf} = \frac{a1 \cdot w \cdot 10^{-4} \cdot (5 \cdot L^2 - 4 \cdot a^2)^2}{1920 \cdot E \cdot f_{zul.}}$$

Trapezlast

- im Bereich A (Sogspitzen) $I_{x1,erf} = 2,39 \text{ cm}^4$
- im Bereich B (Windsog) $I_{x1,erf} = 1,54 \text{ cm}^4$
- im Bereich D (Winddruck) $I_{x1,erf} = 1,40 \text{ cm}^4$

Für die linke Belastungsfläche a2 ergibt sich nach der Formel aus dem Kapitel 4.7.1. „Ermittlung des erforderlichen Trägheitsmomentes für den Lastfall Wind“ ein erforderliches Trägheitsmoment von:

$$I_{x2,erf} = \frac{a2 \cdot w \cdot 10^{-4} \cdot (5 \cdot L^2 - 4 \cdot a^2)^2}{1920 \cdot E \cdot f_{zul.}}$$

Trapezlast

- im Bereich A (Sogspitzen) $I_{x2,erf} = 3,58 \text{ cm}^4$
- im Bereich B (Windsog) $I_{x2,erf} = 2,32 \text{ cm}^4$
- im Bereich D (Winddruck) $I_{x2,erf} = 2,11 \text{ cm}^4$

6.2.5. Ermittlung des zusätzlichen Winddruckes aufgrund des unberücksichtigten Lastanteiles

Die unberücksichtigte Belastungsfläche kann in zwei Trapeze mit den Flächen A1 und A2 aufgeteilt werden.

$$\text{Fläche } A_1 = \frac{37,5 + 10}{2} \cdot 27,5 = 653 \text{ cm}^2$$

$$\text{Fläche } A_2 = \frac{57,5 + 10}{2} \cdot 47,5 = 1603 \text{ cm}^2$$

Addiert man die Flächen A1 und A2 zusammen, erhält man für die unberücksichtigte Belastungsfläche 2256 cm². Dies entspricht 0,23 m². Die aus dieser Fläche resultierende Einzellast lässt sich mit Hilfe der folgenden Gleichung ermitteln:

$$F = w \cdot A$$

- im Bereich A (Sogspitzen) $F = -1,36 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,23 \text{ cm}^2 = 0,31 \text{ kN}$
- im Bereich B (Windsog) $F = -0,88 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,23 \text{ cm}^2 = 0,20 \text{ kN}$
- im Bereich D (Winddruck) $F = 0,80 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,23 \text{ cm}^2 = 0,18 \text{ kN}$

Bildlich gesprochen drückt im Eckbereich des Gebäudes eine zusätzliche Einzellast von 26 kg auf den Pfosten, im Bereich der Gebäudemitte sind es 15 kg; jeweils in einer Höhe von 90 cm.

6.2.6. Ermittlung des erforderlichen Trägheitsmomentes infolge des unberücksichtigten Lastanteiles

Für den zusätzlichen Lastanteil ergibt sich nach der Formel aus dem Kapitel 4.8. „Unberücksichtigter Lastanteil“ ein erforderliches Trägheitsmoment von:

$$I_{x3,erf} = \frac{F \cdot L^3 \cdot \left(3 \cdot \left(\frac{a}{L} \right) - 4 \cdot \left(\frac{a}{L} \right)^3 \right)}{48 \cdot E \cdot f_{zul.}}$$

Formel 4.8:

Punktlast

- im Bereich A (Sogspitzen) $I_{x3,erf} = 1,64 \text{ cm}^4$
- im Bereich B (Windsog) $I_{x3,erf} = 1,06 \text{ cm}^4$
- im Bereich D (Winddruck) $I_{x3,erf} = 0,95 \text{ cm}^4$

Alle Trägheitsmomente zusammengefasst ergeben für die einzelnen Bereiche Werte von:

$$I_{x,erf} = I_{x1,erf} + I_{x2,erf} + I_{x3,erf}$$

- im Bereich A (Sogspitzen) $I_{x,erf} = 2,39 \text{ cm}^4 + 3,58 \text{ cm}^4 + 1,64 \text{ cm}^4 = 7,61 \text{ cm}^4$
- im Bereich B (Windsog) $I_{x,erf} = 1,54 \text{ cm}^4 + 2,32 \text{ cm}^4 + 1,06 \text{ cm}^4 = 4,92 \text{ cm}^4$
- im Bereich D (Winddruck) $I_{x,erf} = 1,40 \text{ cm}^4 + 2,11 \text{ cm}^4 + 0,95 \text{ cm}^4 = 4,46 \text{ cm}^4$

6.2.7. Ermittlung der erforderlichen Aussteifung im Pfosten

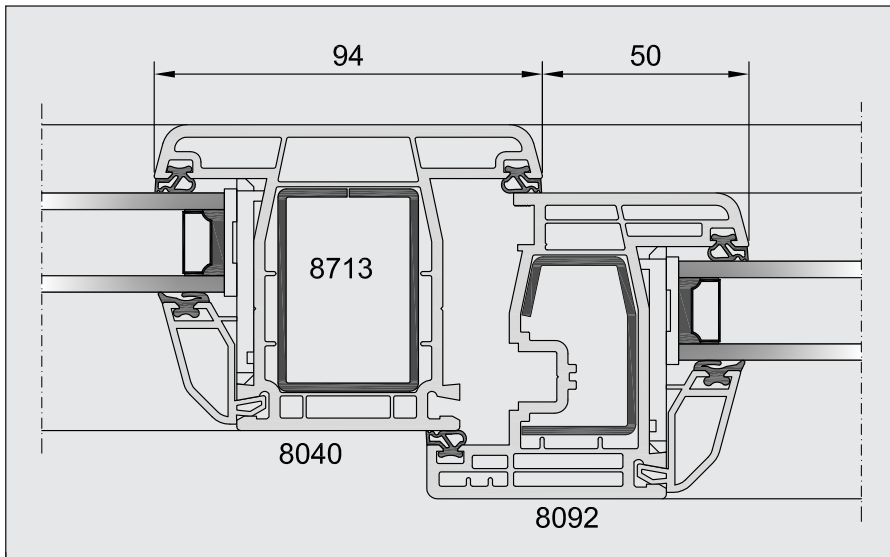


Abbildung 6.4:

Profilschnitt

8040		
Stahl	I_x [cm ⁴]	I_y [cm ⁴]
8713	10,20	5,78

Das erforderliche Gesamtträgheitsmoment von maximal $I_{x,erf} = 7,61 \text{ cm}^4$ wird von der Aussteifung des Pfostens 8040 mit $I_{x,vorh} = 10,20 \text{ cm}^4$ erfüllt.

7. Lasteinbringung in den Baukörper

7.1. Allgemeines

Für Fenster ergeben sich aus den Anforderungen der Landesbauordnungen, dass sie so im Baukörper zu verankern sind, dass sowohl Leben und Gesundheit von Menschen nicht gefährdet werden, als auch die öffentliche Sicherheit nicht beeinträchtigt wird.

Wörtlich heißt es in der Fassung der **Musterbauordnung unter § 3:**

„Bauliche Anlagen sind so zu entwerfen, anzuordnen, zu errichten, zu ändern und zu erhalten, dass die öffentliche Sicherheit oder Ordnung, insbesondere Leben oder Gesundheit nicht gefährdet werden. Die allgemein anerkannten Regeln der Baukunst sind zu beachten...“

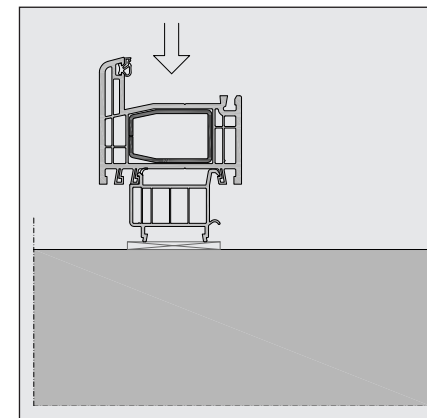
Daraus folgt:

Die Befestigungen müssen alle planmäßig auf das Fenster einwirkenden Kräfte mit der erforderlichen Sicherheit und unter Berücksichtigung der im Anschlussbereich auftretenden Bewegungen in den Baukörper übertragen.

Folgende Parameter sind bei der Planung der Befestigung zu beachten:

- Ermittlung der vorhandenen Bausituation (Mauerwerk, Toleranzen usw.)
- Festlegung der Befestigungspunkte
- Ermittlung der im Anschlussbereich auftretenden Kräfte
- Ermittlung der in der Anschlussfuge auftretenden Bewegungen
- Festlegung der Befestigungsmittel

7.2. Lastabtragung



Die Kräfte in Fensterebene werden bei eingestellten Fenstern über Tragklötze in das Bauwerk abgeleitet, sie werden auf Druck belastet. Bei der Befestigung des Fensterelements in der Dämmebene müssen die Kräfte mit Metallwinkeln oder Konsolen in den tragenden Wandbereich abgeleitet werden.

Abbildung 7.1:

Klotzung

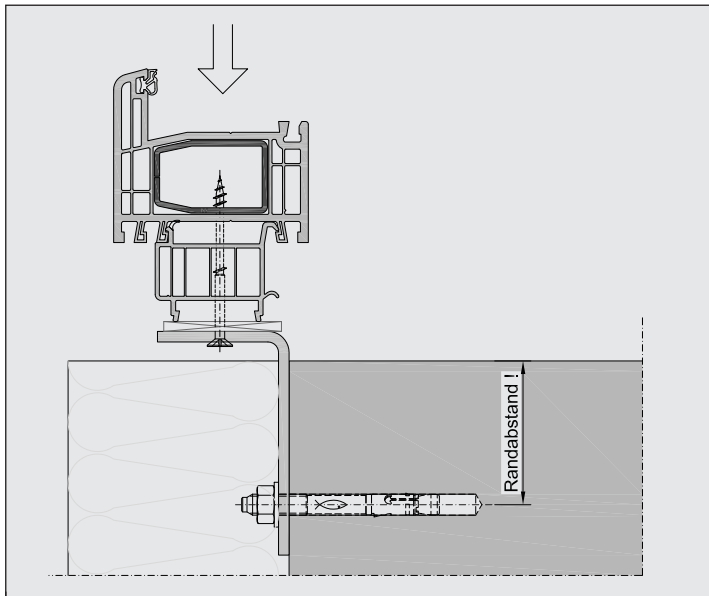
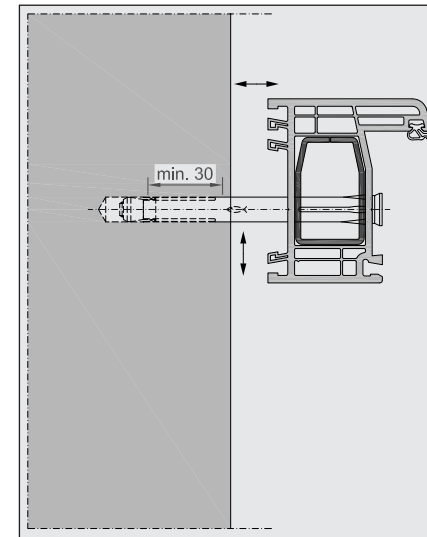


Abbildung 7.2: Konsole und Lasche

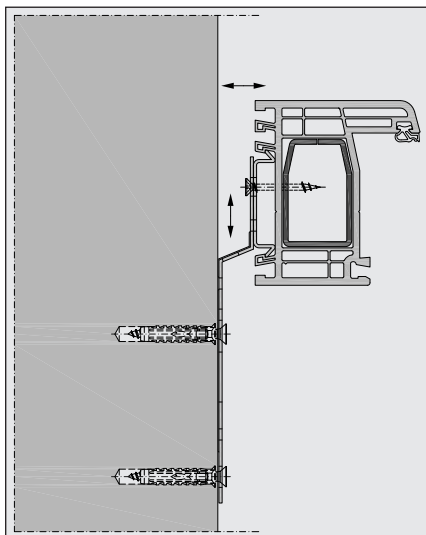


Durchsteckanker:

- oft technisch nicht möglich (Randabstand, vorgesetzte Montage)
- montagefreundlich
- gut bei inneren Abdichtungen
- statisch schwer nachweisbar
- passender Dübel zum jeweiligen Material erforderlich

Abbildung 7.4:
Durchsteckanker

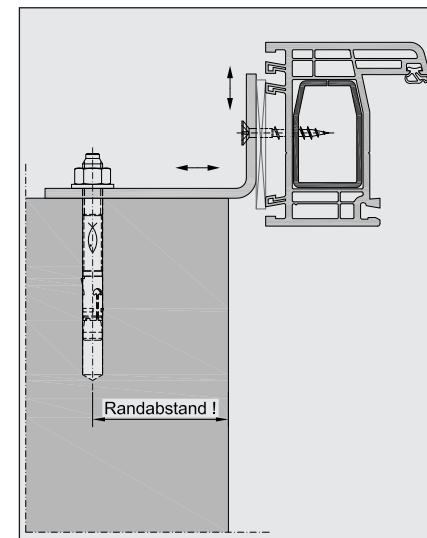
7.3. Befestigungsmittel



Eindrehanker:

- meist verwendete Befestigungsart
- montagefreundlich
- schwierig bei inneren Abdichtungen
- statisch schwer nachweisbar

Abbildung 7.3:
Eindrehanker



Winkel:

- oft Probleme mit Gebäudetoleranzen
- statisch gut nachweisbar

Abbildung 7.5:
Winkel

Weitere nützliche Informationen zur Lastabtragung finden Sie in unserem Praxishandbuch Nr. 3 „Montage“ im Kapitel 3 „Befestigung und Lastabtragung“.

8. Berechnungsprogramm in Excel

Zur Erleichterung der statischen Vorbemessung von Fensterelementen stellt die GEALAN Fenster-Systeme GmbH ein Berechnungsprogramm auf Excel-Basis zur Verfügung. Die aktuelle Fassung dieses Programms kann unter der folgenden Internetadresse abgerufen werden: www.Gealan.de

Es ist dort im Architektenbereich unter Fachwissen / Planungs-Tools im Geschützten Bereich zu finden.

Wichtiger Gebrauchshinweis:

Das Statik Berechnungsprogramm ist in VBA programmiert. Die VBA Programmierung ist eine Makro basierende Programmierung. Damit das Programm funktionieren kann ist es nötig, die Makrosicherheit bei Excel auf Mittel einzustellen. Excel warnt Sie immer wenn eine Datei Makros enthält, da diese Viren enthalten könnte. Bei der Einstellung auf Mittel haben Sie jeweils die Möglichkeit die Makros zu aktivieren oder zu deaktivieren. Für unser Statik Berechnungsprogramm ist es

So stellen Sie die Makrosicherheiten auf Mittel:

Gehen Sie bei dem Menü „Extras“ auf „Optionen“
Wählen Sie den Karteireiter „Sicherheit“ aus und betätigen Sie die Sicherheitstufe „Mittel...“
Bestätigen Sie jeweils mit den „OK“ Button.
Bei dem nächsten Aufruf von Excel ist die Sicherheit auf M

Programmstart

Die Berechnungen werden nach der Norm DIN 1055-4 03:2005.
Es sind Berechnungen für Pfosten, Riegel und Kopplungen i
Die Berechnung der Eigenlast ist für 1 bis 4 feldige Elementen

Achtung:
Bei der Eingabe der Zahlenwerte ist darauf zu achten, dass mit einem Komma (.) als Dezimaltrennzeichen verwendet wird und es gibt ein

Prinzipskizze -senkrechter Pfosten-

q _{st}	eff. Trägheitsmomente	Auflagerkräfte:
0 cm ²	0 kN	
6,72 cm ²	0,4 kN	
6,89 cm ²	0,39 kN	

Abbildung 8.1:

Auszug aus dem Berechnungsprogramm

Maximale Flügelgrößen für Fenster und Türen Aussteifungsempfehlungen für Flügelprofile

ALLGEMEIN:

Die Mindestflügelalzgröße bei Dreh-Kipp-Fenstern im System S 8000 IQ und System S 8000 IQ plus beträgt 48,0 x 68,0 cm.

Die Mindestflügelalzgröße bei Dreh-Kipp-Fenstern im System S 7000 IQ und System S 7000 IQ plus beträgt 29,5 x 37,5 cm.

Aufgrund der großen Profiltiefe (74 mm und 83 mm) dürfen diese Maße nicht unterschritten werden, da sonst der Flügel beim Öffnen an den Blendrahmen stößt.

Bei den Größenbegrenzungen handelt es sich um die maximalen Flügelaußenmaße bzw. maximalen m² Begrenzungen. Siehe nächste Seiten.

Anm.: Die angegebenen Größen gelten für max. 30 kg/m² Glasgewicht. Bei schwereren Gläsern (z.B. Schallschutz) und bei „echten“ Sprossen empfehlen wir, die max. Größen nicht auszunutzen. Die Angaben der Beschlag- und Glashersteller sind zu beachten!

Aussteifungsempfehlungen gelten für alle Beanspruchungsklassen.
Bei Flügel sprossen oder Schallschutzfenstern muss der Flügel generell verstärkt werden; Mittelverriegelung ab 800 mm.

AUSFÜHRUNG WEISS:

Flügelgröße (bxh): bis 75 x 80 cm ohne Aussteifung möglich.
bis 90 x 100 cm Zentralverriegelung ohne Aussteifung möglich.
bis 110 x 130 cm 1,5 mm Stahl mit Zentralverriegelung.

Für die System S 7000 IQ und S 7000 IQ plus:
ab 90 x 100 cm Stahl mit der größtmöglichen Biegesteifigkeit erforderlich.

Für die System S 8000 IQ und S 8000 IQ plus:
ab 110 x 130 cm 2 mm Stahl mit Zentralverriegelung.
(Ausnahme: Art. 8063., 8068. und Art. 8092.. siehe Allgemeine Fertigungshinweise Kapitel 02).

"Die Angaben der Beschlaghersteller bezüglich der Flügelgewichte und Größenbegrenzungen sind unabhängig von den zulässigen Systemgrößen zu prüfen und zu beachten.
Bei der Befestigung tragender Beschlagteile ist die TBDK - Richtlinie von der Gütegemeinschaft Schlösser und Beschläge e.V. zwingend einzuhalten"

AUSFÜHRUNG FARBIG:

Flügel in "nicht weißer" (...00) Ausführung sind generell mit der größtmöglichen Aussteifung und mit der höchsten Biegesteifigkeit auszusteiern.

BREITEN (b) : HÖHEN (h)-VERHÄLTNIS:
Zusätzlich ist bei allen Ausführungen zu beachten: Verhältnis b : h = 1,25 : 1,0 nicht überschreiten!






ELEMENTGRÖSSE:

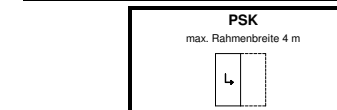
Unabhängig von den vorgegebenen Flügelbegrenzungen (Größenbegrenzungen) muss weiter beachtet werden, dass die maximale Profillänge bei Fensterelementen:

- bei weißen Profilen (...00) = 3,00 m; max. Fläche = 6,0 m²,
- bei nicht weißen Profilen (...02/04/1*/2*) = 2,8 m; max. Fläche = 4,0 m², nicht überschritten werden!

Band- oder Verriegelungsabstand max. 800 mm. Bandabstand von der Ecke max.100 mm.

S 7000 IQ Maximale Flügelaußenmaße

S 7000 IQ	FENSTER		BALKONTÜR		KIPP / KLAPP
					
Flügel standard	1500 x 1500 2,0 m ²	900 x 1500 -	1100 x 2300 2,2 m ²	900 x 2300 1,8 m ²	2000 x 1500 2,4 m ²
	1400 x 1400 1,9 m ²	800 x 1400 -	1100 x 2200 2,1 m ²	800 x 2200 1,7 m ²	1900 x 1400 2,2 m ²
	1300 x 1400 1,8 m ²	700 x 1400 -	1000 x 2200 2,0 m ²	700 x 2200 -	1800 x 1400 2,1 m ²
Flügel groß	1500 x 1700 2,4 m ²	1000 x 1700 -	1100 x 2300 2,3 m ²	1000 x 2300 2,1 m ²	2200 x 1500 2,8 m ²
	1400 x 1600 2,2 m ²	900 x 1600 -	1100 x 2300 2,2 m ²	900 x 2300 2,0 m ²	2100 x 1400 2,6 m ²
	1300 x 1600 -	800 x 1600 -	1000 x 2300 2,1 m ²	800 x 2300 -	2000 x 1400 2,4 m ²



Flügel standard	1200 x 2300 2,7 m ²
	1100 x 2200 2,3 m ²
	1000 x 2200 2,2 m ²
Flügel groß	1800 x 2300 3,6 m ²
	1700 x 2200 3,5 m ²
	1600 x 2200 3,4 m ²

Flügel standard: 7066., 7093., 5007., 5012..

Flügel groß: 7081., 5011..

Alle Angaben „BREITE x HOHE“ in „mm“.
Zusätzlich „m²“ – Begrenzung beachten!

Ausführung „weiß“ 00 max. Glasgewicht 30 kg/m ²
Ausführung „farbig“ 04, 1*, 2* max. Glasgewicht 30 kg/m ²
Ausführung „weiß + farbig“ max. Glasgewicht 50 kg/m ²

S 8000 IQ Maximale Flügelaußenmaße

S 8000 IQ	FENSTER		BALKONTÜR		KIPP / KLAPP	SCHWING
Flügel schmal	1300 x 1400 1,6 m ²	800 x 1400 -	1000 x 2100 2,0 m ²	800 x 2100 1,6 m ²	1600 x 1400 1,6 m ²	-
	1200 x 1300 1,5 m ²	700 x 1300 -	900 x 2100 1,9 m ²	700 x 2100 1,5 m ²	1500 x 1300 1,5 m ²	-
	1100 x 1300 1,4 m ²	600 x 1300 -	800 x 2100 -	600 x 2100 -	1400 x 1300 1,4 m ²	-
Flügel standard	1500 x 1500 2,0 m ²	900 x 1500 -	1100 x 2300 2,2 m ²	900 x 2300 1,8 m ²	2000 x 1500 2,4 m ²	-
	1400 x 1400 1,9 m ²	800 x 1400 -	1100 x 2200 2,1 m ²	800 x 2200 1,7 m ²	1900 x 1400 2,2 m ²	-
	1300 x 1400 1,8 m ²	700 x 1300 -	1000 x 2200 2,0 m ²	700 x 2200 -	1800 x 1400 2,1 m ²	-
Flügel groß	1500 x 1700 2,4 m ²	1000 x 1700 -	1100 x 2300 2,3 m ²	1000 x 2300 2,1 m ²	2200 x 1500 2,8 m ²	2300 x 2000 4,5 m ²
	1400 x 1600 2,2 m ²	900 x 1600 -	1100 x 2300 2,2 m ²	900 x 2300 2,0 m ²	2100 x 1400 2,6 m ²	2000 x 2000 3,8 m ²
	1300 x 1600 -	800 x 1600 -	1000 x 2300 2,2 m ²	800 x 2300 -	2000 x 1400 2,4 m ²	1800 x 1800 3,0 m ²

S 7000 IQ plus Maximale Flügelaußenmaße

S 7000 IQ plus	FENSTER		BALKONTÜR		KIPP / KLAPP
Flügel standard	1500 x 1500 2,0 m ²	900 x 1500 -	1100 x 2300 2,2 m ²	900 x 2300 1,8 m ²	2000 x 1500 2,4 m ²
	1400 x 1400 1,9 m ²	800 x 1400 -	1100 x 2200 2,1 m ²	800 x 2200 1,7 m ²	1900 x 1400 2,2 m ²
	1300 x 1400 1,8 m ²	700 x 1400 -	1000 x 2200 2,0 m ²	700 x 2200 -	1800 x 1400 2,1 m ²
Flügel groß	1500 x 1700 2,4 m ²	1000 x 1700 -	1100 x 2300 2,3 m ²	1000 x 2300 2,1 m ²	2200 x 1500 2,8 m ²
	1400 x 1600 2,2 m ²	900 x 1600 -	1100 x 2300 2,2 m ²	900 x 2300 2,0 m ²	2100 x 1400 2,6 m ²
	1300 x 1600 -	800 x 1600 -	1000 x 2300 2,1 m ²	800 x 2300 -	2000 x 1400 2,4 m ²

	FALTTÜRE	PSK	HAUSTÜR		HEBE- SCHIEBE-TÜR (HST)
Flügel standard	700 x 2100 -	1200 x 2300 2,7 m ²	-	-	-
	700 x 2100 1,3 m ²	1100 x 2200 2,3 m ²	-	-	-
	600 x 2100 1,2 m ²	1000 x 2200 2,1 m ²	-	-	-
Flügel groß	800 x 2200 -	1800 x 2300 3,6 m ²	-	-	3000 x 2500 -
	800 x 2200 1,6 m ²	1700 x 2200 3,5 m ²	-	-	3000 x 2300 -
	700 x 2200 1,5 m ²	1600 x 2200 3,4 m ²	-	-	3000 x 2300 -
8076.. 8042..	900 x 2300 -	-	1100 x 2300 2,5 m ²	1100 x 2300 2,3 m ²	-
	900 x 2300 1,9 m ²	-	1100 x 2300 2,4 m ²	1100 x 2300 2,2 m ²	-
	800 x 2300 1,8 m ²	-	1000 x 2300 2,2 m ²	1000 x 2300 2,1 m ²	-

PSK max. Rahmenbreite 4 m	
Flügel standard	1200 x 2300 2,7 m ²
	1100 x 2200 2,3 m ²
	1000 x 2200 2,2 m ²
Flügel groß	1800 x 2300 3,6 m ²
	1700 x 2200 3,5 m ²
	1600 x 2200 3,4 m ²

Flügel standard: 7066.., 7093.., 5007..; 5012..

Flügel groß: 7081.., 5011..

Alle Angaben „BREITE x HOHE“ in „mm“.
Zusätzlich „m²“ – Begrenzung beachten!

Ausführung „weiß“
00 max. Glasgewicht 30 kg/m²
Ausführung „farbig“
04, 1*, 2* max. Glasgewicht 30 kg/m²
Ausführung „weiß + farbig“
max. Glasgewicht 50 kg/m²

Flügel schmal: 8064.., 8072..

Flügel standard: 8063.., 8065.., 8068.., 8075.., 8077.., 8090.., 8092.., 8093.,
8094.., 8095.., 8096.., 8097.., 8099.., 5008..

Flügel groß: 8078.., 8081.., 8082.., 8084..

Alle Angaben „BREITE x HOHE“ in „mm“.
Zusätzlich „m²“ – Begrenzung beachten!

Ausführung „weiß“
00 max. Glasgewicht 30 kg/m²
Ausführung „farbig“
04, 1*, 2* max. Glasgewicht 30 kg/m²
Ausführung „weiß + farbig“
max. Glasgewicht 50 kg/m²

S 8000 IQ plus Maximale Flügelaußenmaße

S 8000 IQ plus	FENSTER		BALKONTÜR		KIPP / KLAPP	SCHWING
Flügel schmal	1300 x 1400 1,6 m ²	800 x 1400 -	1000 x 2100 2,0 m ²	800 x 2100 1,6 m ²	1600 x 1400 1,6 m ²	-
	1200 x 1300 1,5 m ²	700 x 1300 -	900 x 2100 1,9 m ²	700 x 2100 1,5 m ²	1500 x 1300 1,5 m ²	-
	1100 x 1300 1,4 m ²	600 x 1300 -	800 x 2100 -	600 x 2100 -	1400 x 1300 1,4 m ²	-
Flügel standard	1500 x 1500 2,0 m ²	900 x 1500 -	1100 x 2300 2,2 m ²	900 x 2300 1,8 m ²	2000 x 1500 2,4 m ²	-
	1400 x 1400 1,9 m ²	800 x 1400 -	1100 x 2200 2,1 m ²	800 x 2200 1,7 m ²	1900 x 1400 2,2 m ²	-
	1300 x 1400 1,8 m ²	700 x 1300 -	1000 x 2200 2,0 m ²	700 x 2200 -	1800 x 1400 2,1 m ²	-
Flügel groß	1500 x 1700 2,4 m ²	1000 x 1700 -	1100 x 2300 2,3 m ²	1000 x 2300 2,1 m ²	2200 x 1500 2,8 m ²	2300 x 2000 4,5 m ²
	1400 x 1600 2,2 m ²	900 x 1600 -	1100 x 2300 2,2 m ²	900 x 2300 2,0 m ²	2100 x 1400 2,6 m ²	2000 x 2000 3,8 m ²
	1300 x 1600 -	800 x 1600 -	1000 x 2300 2,2 m ²	800 x 2300 -	2000 x 1400 2,4 m ²	1800 x 1800 3,0 m ²

	FALTTÜRE max. Rahmenbreite 4 m	PSK	HAUSTÜR		HEBE- SCHIEBE-TÜR (HST)	
Flügel standard	700 x 2100 -	1200 x 2300 2,7 m ²	-	-	-	-
	700 x 2100 1,3 m ²	1100 x 2200 2,3 m ²	-	-	-	-
	600 x 2100 1,2 m ²	1000 x 2200 2,1 m ²	-	-	-	-
Flügel groß	800 x 2200 -	1800 x 2300 3,6 m ²	-	-	3000 x 2500 -	-
	800 x 2200 1,6 m ²	1700 x 2200 3,5 m ²	-	-	3000 x 2300 -	-
	700 x 2200 1,5 m ²	1600 x 2200 3,4 m ²	-	-	3000 x 2300 -	-
8076.. 8042..	900 x 2300 -	-	1100 x 2300 2,5 m ²	1100 x 2300 2,3 m ²	-	-
	900 x 2300 1,9 m ²	-	1100 x 2300 2,4 m ²	1100 x 2300 2,2 m ²	-	-
	800 x 2300 1,8 m ²	-	1000 x 2300 2,2 m ²	1000 x 2300 2,1 m ²	-	-

Flügel schmal: 8062..., 8064..., 8072..
 Flügel standard: 8063..., 8065..., 8067..., 8068..., 8077..., 8090..., 8092..., 8093.,
 8094..., 8095..., 8096..., 8097..., 8099..., 5008..
 Flügel groß: 8078..., 8081..., 8084..., 5009..
 Alle Angaben „BREITE x HOHE“ in „mm“.
 Zusätzlich „m²“ – Begrenzung beachten!

Ausführung „weiß“
00 max. Glasgewicht 30 kg/m ²
Ausführung „farbig“
04, 1*, 2* max. Glasgewicht 30 kg/m ²
Ausführung „weiß + farbig“
max. Glasgewicht 50 kg/m ²

Impressum

Herausgeber:
GEALAN-Anwendungstechnik
Hofer Straße 80
D-95145 Oberkotzau
Telefon 0 9286 / 77-0
Telefax 0 9286 / 77-22 22
e-Mail: info@gealan.de
Internet: <http://www.gealan.de>

Gestaltung, Litho, Satz und Druck:
Müller Fotosatz & Druck
Johannes-Gutenberg-Straße 1
95152 Selbitz
Telefon 0 92 80/9 71 -0
Telefax 0 9280/9 71 -71
e-Mail: info@druckerei-gmbh.de
Internet: www.druckerei-gmbh.de

Notizen

Notizen

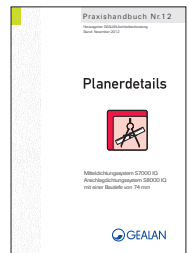
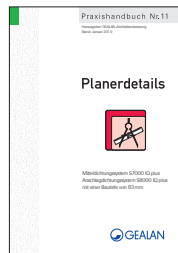
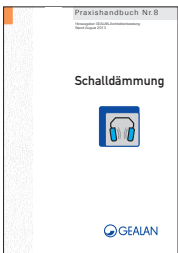
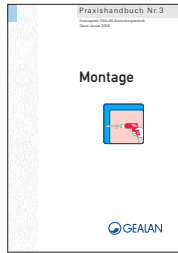
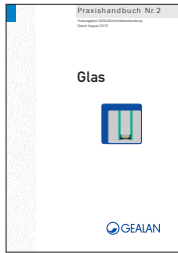
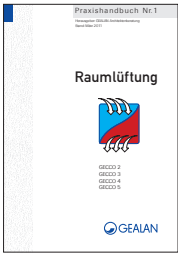
Notizen

Notizen

Notizen

Notizen

Bisher von GEALAN veröffentlichte Praxishandbücher:



GEALAN Fenster-Systeme GmbH
 Hofer Straße 80
 D-95145 Oberkotzau
 Telefon 092 86/77-0
 Telefax 092 86/77-22 22
 E-Mail: info@gealan.de
 Internet www.gealan.de