

**Auswirkungen der neuen Lastnormen für
Wind und Schnee auf die Bemessung von
Tragwerken und Bauteilen aus metalli-
schen Werkstoffen und Glas**

T 3015

T 3015

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

Im Originalmanuskript enthaltene Farbvorlagen, wie z.B. Farbfotos, können nur in Grautönen wiedergegeben werden. Liegen dem Fraunhofer IRB Verlag die Originalabbildungen vor, können gegen Berechnung Farbkopien angefertigt werden. Richten Sie Ihre Anfrage bitte an die untenstehende Adresse.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2003, ISBN 3-8167-6519-X

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00

Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

e-mail info@irb.fhg.de

URL <http://www.IRBbuch.de>

Weihermüller & Vogel GmbH
Beratende Ingenieure für Bauwesen
Alexandrastraße 3
65187 Wiesbaden

Bauforschungsprojekt P 32-5

**Auswirkungen der neuen Lastnormen für Wind und Schnee auf die Bemessung von
Tragwerken und Bauteilen aus metallischen Werkstoffen und Glas**

Abschlussbericht

29. Januar 2003

Verfasser: Dr.-Ing. Wolfgang Vogel
Dr.-Ing. Klaus Lichtenthäler
Dipl.-Ing. Carsten Schlenker

Auftraggeber: Deutsches Institut für Bautechnik
Kolonnenstraße 30 L
10829 Berlin

Inhaltsverzeichnis

1	Literatur, Hilfsmittel	4
2	Einleitung	6
2.1	Die neue Normenreihe DIN 1055	6
2.2	Aufgabenstellung	7
2.3	Zeitlicher Ablauf der Untersuchungen	7
3	Übersicht über die untersuchten Bauwerke	8
4	Untersuchung der Referenzobjekte	10
4.1	Referenzobjekt 1: Lagerhalle, Waldsolms im Taunus	10
4.1.1	Gegenstand der Untersuchung	10
4.1.2	Gebäudedaten	10
4.1.3	Lastparameter	11
4.1.4	Bemessung nach der gültigen Norm	11
4.1.5	Bemessung nach der neuen Norm	13
4.1.6	Einfluss der unterschiedlichen Windzonen	24
4.1.7	Einfluss der unterschiedlichen Geländekategorien	25
4.1.8	Einfluss der reduzierten Schneelast nach dem DWD-Gutachten [4.3]	26
4.1.9	Einfluss der Gebäudeabmessungen	27
4.2	Referenzobjekt 2: Stahlhalle, Eltville im Rheingau	34
4.2.1	Gegenstand der Untersuchung	34
4.2.2	Gebäudedaten	35
4.2.3	Lastparameter	35
4.2.4	Bemessung der Dacheindeckung	35
4.2.5	Bemessung der Wandverkleidung	41
4.2.6	Bemessung der Tragkonstruktion	45
4.2.7	Geänderter Standort: Stralsund (Mecklenburg-Vorpommern)	48
4.3	Referenzobjekt 3: Hochregallager und Logistikgebäude, Wiesbaden	50
4.3.1	Gegenstand der Untersuchung	50
4.3.2	Gebäudedaten	50
4.3.3	Lastparameter	50
4.3.4	Bemessung der Dacheindeckung des Logistikgebäudes	50
4.3.5	Bemessung der Fassade des Hochregallagers	53
4.3.6	Bemessung des Aussteifungssystems des Hochregallagers	61
4.4	Referenzobjekt 4: Isolierglasfassade Bürogebäude Frankfurt/Main	64
4.4.1	Gegenstand der Untersuchung	64
4.4.2	Gebäudedaten	64
4.4.3	Lastparameter	65
4.4.4	Ermittlung der zulässigen Windbelastungen	65
4.4.5	Bemessung nach der gültigen Norm	65
4.4.6	Bemessung nach der neuen Norm	66
4.4.7	Schlussfolgerung	69
4.5	Referenzobjekt 5: Mehrfamilienhaus als Mauerwerksbau	71
4.5.1	Gegenstand der Untersuchung	71
4.5.2	Gebäudedaten	71
4.5.3	Bemessung nach der gültigen Norm	72
4.5.4	Bemessung nach der neuen Norm	73
4.5.5	Schlussfolgerungen	75
5	Schlussfolgerungen	76

5.1	Auswirkungen der neuen Normen.....	76
5.1.1	Windlasten nach E DIN 1055-4 [1.4].....	76
5.1.2	Schneelasten nach DIN 1055-5 [1.5].....	77
5.2	Hinweis auf mögliche Fehlinterpretationen bei den Anwendungsregeln.....	78
5.2.1	Windlasten nach E DIN 1055-4 [1.4].....	78
6	Verzeichnis der Anlagen.....	79

1 Literatur, Hilfsmittel

- [1.1] E DIN 1055-1:2000-03
Einwirkung auf Tragwerke – Teil 1:
Wichte und Flächenlasten von Baustoffen und Lagerstoffen
- [1.2] E DIN 1055-2:2002-07
Einwirkung auf Tragwerke – Teil 2:
Bodenkenngrößen
- [1.3] DIN 1055-3:2002-10
Einwirkung auf Tragwerke – Teil 3:
Eigen- und Nutzlasten für Hochbauten
- [1.4] E DIN 1055-4:2002-04
Einwirkung auf Tragwerke – Teil 4:
Windlasten
- [1.5] E DIN 1055-5:2001-04
Einwirkung auf Tragwerke – Teil 5:
Schnee- und Eislasten
- [1.6] DIN 1055-100:2001-03
Einwirkung auf Tragwerke – Teil 100:
Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln

- [2.1] DIN 1055 Blatt 3 (Juni 1971)
Lastannahmen für Bauten – Verkehrslasten
- [2.2] DIN 1055 Teil 4 (August 1986)
Lastannahmen für Bauten – Verkehrslasten, Windlasten bei nicht schwingungsanfälligen Bauwerken
- [2.3] DIN 1055 Teil 5 (Juni 1975)
Lastannahmen für Bauten – Schneelast und Eislast
- [2.4] Mitteilung Nr. B 06 (März 1994) bzgl. Schneeanhäufungen.
Koordinierungsausschuß der Prüfämter und Prüferingenieure für Baustatik bei der obersten Bauaufsichtsbehörde des Landes Hessen

- [3.1] prEN 1991-1-4.3:2002
Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-4: General actions – Wind actions
- [3.2] ÖNORM B 4013 (1. Dez. 1983)
Belastungsannahmen im Bauwesen – Schnee- und Eislasten
- [3.3] ÖNORM B 4014-1 (1. Mai 1993)
Belastungsannahmen im Bauwesen – Statische Windwirkungen (nicht schwingungsanfällige Bauwerke)
- [3.4] DIN 18800 Teil 1 (November 1990)
Stahlbauten – Bemessung und Konstruktion
- [3.5] DIN 18807 Teil 3 (Juni 1987)
Trapezprofile im Hochbau – Stahltrapezprofile –
Festigkeitsnachweis und konstruktive Ausbildung
mit Änderung A1 (Mai 2001)
- [3.6] DIN 18807-6 (September 1995)
Trapezprofile im Hochbau – Teil 6: Aluminium-Trapezprofile und ihre Verbindungen –
Ermittlung der Tragfähigkeitswerte durch Berechnung

- [3.7] DIN 1053-1 (November 1996)
Mauerwerk – Teil 1: Berechnung und Ausführung
- [3.8] TRLV (September 1998)
Technischen Regeln für die Verwendung von linienförmig gelagerten Verglasungen.
- [3.9] Auslegung Technischer Baubestimmungen – Auslegungen zu DIN 1055 Teil 4
Mitteilungen IfBT 1988, Heft 5, Seite 140 - 146

- [4.1] Besprechung zum Thema Windlasten in Bochum am 22.11.2002
- [4.2] Besprechung zum Thema Schneelasten in Darmstadt am 2.12.2002
- [4.3] Deutscher Wetterdienst, Geschäftsfeld Klima- und Umweltberatung:
Amtliches Gutachten zur Überarbeitung der Schneelastzonenkarte DIN 1055 Teil 5E (2001).
Offenbach, November 2002

- [5.1] Niemann, Hans-Jürgen:
Anwendungsbereich und Hintergrund der neuen DIN 1055 Teil 4.
Der Prüferingenieur, Oktober 2002, Seiten 35 - 44
- [5.2] Kalksandstein Information GmbH + Co. KG (Hrsg.):
Kalksandstein – Berechnung und Ausführung
Hannover/Düsseldorf 1997

- [P.1] VSL – Vogel Schneider Leichtbau:
Programm DA2N/WAK, Version 4.2
- [P.2] Vogel/Lichtenthäler:
Programm RASTRA – Räumliche Stabilität ebener Rahmen, Version 3.2
- [P.3] Ing.-Software Dlubal GmbH:
Programm RSTAB – Ebene und räumliche Stabwerke, Version 5.11
- [P.4] Ingenieurbüro Berner & Gruber GmbH:
Programm SandStat 3 zur Berechnung von Sandwichbauteilen, Version 3.04
- [P.5] Mann + Bernhardt Ingenieures. mbH:
Programm Glas im Hochbau, Version 2.1
- [P.6] mb AEC GmbH:
Programm ING+, Version 6.0

2 Einleitung

2.1 Die neue Normenreihe DIN 1055

Die Lastnormen für Wind und Schnee sind Teil einer neuen Reihe DIN 1055, Einwirkungen auf Tragwerke, die aus folgenden Teilen bestehen wird:

- Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln
- Teil 1: Wichte und Flächenlasten von Baustoffen, Bauteilen und Lagerstoffen
- Teil 2: Bodenkenngrößen
- Teil 3: Eigen- und Nutzlasten für Hochbauten
- Teil 4: Windlasten
- Teil 5: Schnee- und Eislasten
- Teil 6: Einwirkungen auf Silos und Flüssigkeitsbehälter
- Teil 7: Temperatureinwirkungen
- Teil 8: Einwirkungen während der Bauausführung
- Teil 9: Außergewöhnliche Einwirkungen
- Teil 10: Einwirkungen aus Kranen und Maschinenbetrieb

Die Normen wurden unter Verantwortung des Arbeitsausschusses NABau 00.02.00 auf der Grundlage von DIN V ENV 1991-2-4 und 1991-2-3 erarbeitet.

Die Neufassung der Normenreihe DIN 1055 erfolgt einerseits mit der Zielsetzung, offensichtlich überalterte Regelungen dem fortgeschrittenen anerkannten Stand der Technik anzupassen. Andererseits soll der Umsetzung der entsprechenden Europäischen Vornormen der Reihe ENV 1991 in die praktische Anwendung Vorschub geleistet werden. Eine direkte Übernahme der Europäischen Vornormen der Reihe ENV 1991 erschien den zuständigen deutschen Fachkreisen nicht sinnvoll, da zu dieser Reihe Einsprüche verschiedener CEN-Mitglieder vorliegen, die bei der Überführung in Europäische Normen Änderungen und Ergänzungen erwarten lassen.

Abweichungen der Normentwürfe von DIN ENV 1991-2-4 und -2-3 entsprechen teilweise dem deutschen Einspruch und beinhalten darüber hinaus Änderungen und Ergänzungen, die nach Auffassung des zuständigen NABau-Arbeitsausschusses den Anforderungen der deutschen Bemessungspraxis genügen und die den allgemein anerkannten Stand der Technik wiedergeben.

Bei den Lastnormen für Wind und Schnee sind die folgenden wesentlichen Änderungen gegenüber den zur Zeit bauaufsichtlich eingeführten Normen durchgeführt worden:

DIN 1055-4, 1986-08 und **DIN 1055-4/A1**, 1987-06:

- vollständige Überarbeitung auf der Grundlage von DIN V ENV 1991-2-4 und unter Berücksichtigung der Arbeiten an der Fortschreibung dieser Vornorm.
- Übernahme des europäischen Konzepts zur Ermittlung von Windkarten auf der Grundlage von Windzonen
- Regelungen für schwingungsanfällige Tragwerke
- Regelungen für den Einfluss der Geländerauigkeit

- Regelungen für wirbelerregte Querschwingungen.

DIN 1055-5, 1975-06 und DIN 1055A1/,1994-04:

- Berücksichtigung der technischen Entwicklung hinsichtlich des Sicherheitskonzepts nach DIN V ENV 1991-2-3.
- Berücksichtigung des europäischen Konzeptes zur Ermittlung der Grunddaten für Schneelasten
 - Wiederkehrperiode: 50 Jahre
 - Schneekarte kalibriert auf Bodenschnee
- Berücksichtigung europäischer Normung der bei der Schneekarte verwendeten statistischen Ansätze.
- Aufnahme von Regelungen für Schneesackbildungen.
- Aufnahme von Regelungen für Eislasten.

2.2 Aufgabenstellung

Das Forschungsprojekt soll die Auswirkungen der neuen Lastnormen für Wind und Schnee – E DIN 1055-4:2002-04 und E DIN 1055-5:2001-04 in Verbindung mit DIN 1055-100:2001-03 – auf die Bemessung und Konstruktion von Einzelbauteilen aus Metall und Glas und das Gesamttragwerk im Vergleich zu den zur Zeit bauaufsichtlich eingeführten Normen untersuchen. Dabei sollen auch die wirtschaftlichen Auswirkungen an Referenzbeispielen untersucht werden.

Die Vergleich wird für charakteristische, in der täglichen Ingenieurpraxis häufig vorkommende Tragwerke und Bauteile durchgeführt. Hierzu wurden bereits geprüfte und ausgeführte Referenzbauwerke aus der Projektliste eines Prüfenieurs ausgesucht.

Zur Beurteilung der Auswirkungen werden die Gebäude nach den gültigen und nach den neuen Normen bemessen.

Hierzu sind auch die lotrechten Eigengewichts- und Nutzlasten zu berücksichtigen. Die Berechnung wird für die Lastfälle Wind und Schnee getrennt durchgeführt und zusätzlich nach DIN 1055-100 mit den Einwirkungen aus Eigengewichts- und Nutzlasten überlagert.

2.3 Zeitlicher Ablauf der Untersuchungen

Zu Beginn wurden den Berechnungen "nach den neuen Lastnormen" allein die vorliegenden Normteile und –entwürfe ([1.1] bis [1.6]) zugrunde gelegt. Einige Fragen, die sich während der Bearbeitung bei der Interpretation der Normen ergaben, konnten in Besprechungen mit Mitgliedern der jeweiligen Arbeitsausschüsse ([4.1], [4.2]) ausgeräumt werden. Weiterhin wurde während der Bearbeitung ein neues Gutachten zur Schneelastzonenkarte ([4.3]) bekannt. Diese neuen Erkenntnisse, die z. T. noch nicht in den derzeitigen Normentwürfen enthalten sind, wurden bei der Untersuchung berücksichtigt.

3 Übersicht über die untersuchten Bauwerke

Referenzobjekt 1: Lagerhalle, Waldsolms im Taunus

Abmessungen:	B / L / H = 20,0 / 30,0 / 9,06 m, Dachneigung: 5°
System:	Zweigelenkrahmen
Giebelwand:	Ortgangriegel
Aussteifung:	Dach- und Wandverbände, Rahmen in Gebäudequerrichtung
Dacheindeckung:	Trapezprofil

Nachweis der gesamten Stahlkonstruktion für verschiedene Gebäudeabmessungen, Windzonen und Geländekategorien. Gegenüberstellung der erforderlichen Profilierung für die unterschiedlichen Lastansätze.

Referenzobjekt 2: Stahlhalle, Eltville im Rheingau

Abmessungen:	B / L = 32,0 / 54,0m; H = 17,05 m
System:	Pendelstützen
Giebelwand:	Ortgangriegel, Wandverband
Aussteifung:	Dach- und Wandverbände
Dacheindeckung:	Trapezprofil
Wandverkleidung:	zweischalige Wand aus horizontal gespannten Kassetten, Distanzprofilen, Aluwelle

Bemessung nach neuer Norm am vorhandenen Standort Eltville. Vergleich der statisch erforderlichen Massen nach neuer Norm mit dem ausgeführten Bauwerk. Vergleichsuntersuchung für den Standort Stralsund.

Referenzobjekt 3: Hochregallager und Logistikgebäude, Wiesbaden

Abmessungen:	Hochregallager	B / L / H = 19,53 / 68,88 / 22,55 m
	Logistikgebäude	B / L / H = 72,70 / 45,60 / 18,00 m
Aussteifung:	Wandverbände, Fachwerkscheiben	
Dacheindeckung:	Trapezprofil, Spannbetonhohldielen	
Wandverkleidung:	horizontal gespannte Sandwichelemente	

Gegenüberstellung der Lastansätze für Schneeanhäufungen nach gültigen Mitteilungen und neuer Norm. Bemessung der Wandverkleidung für die verschiedenen Windzonen nach neuer Norm. Bemessung des Aussteifungssystems des Hochregallagers nach der neuen Norm.

Referenzobjekt 4: Isolierglasfassade Bürogebäude Frankfurt/Main

Die Tragsicherheit des Bauwerks wurde im Zuge der bauaufsichtlichen Prüfung in unserem Hause geprüft.

Bauwerksform:	zehnstöckiger Stahlbeton-Skelettbau mit annähernd rechteckiger Grundfläche und Flachdach
Fassade:	Isolierverglasung ab dem 1.OG Scheibenabmessungen b/h = 2700/1500 mm, vierseitig liniengelagert

Vergleich der erforderlichen Glasdicken für den Standort Frankfurt nach neuer und alter Lastnorm. Ermittlung der Glasdicken für die Windzonen 2 bis 4 mit den Geländekategorien II bis IV.

Referenzobjekt 5: Mehrfamilienhaus als Mauerwerksbau

Abmessungen: B / L / H = 17,51 / 11,86 / 17,10 m
System: 6-geschossiger Mauerwerksbau
Aussteifung: Deckenscheiben und Wandscheiben

Exemplarische Bemessung von Außenwänden und Wandscheiben für die Windzonen 1 bis 3 und die Geländekategorien II und III nach neuer Norm. Vergleich mit dem ausgeführten Bauwerk

4 Untersuchung der Referenzobjekte

4.1 Referenzobjekt 1: Lagerhalle, Waldsolms im Taunus

4.1.1 Gegenstand der Untersuchung

Betrachtet wird eine typische Stahlhalle mit rechteckigem Grundriss und Satteldach.

Ihre Tragkonstruktion besteht in den Regelachsen aus Zweigelenkrahmen und in den Giebelwänden aus Ortgangriegeln und Pendelstützen mit Wandverbänden (Bild 4.1-1).

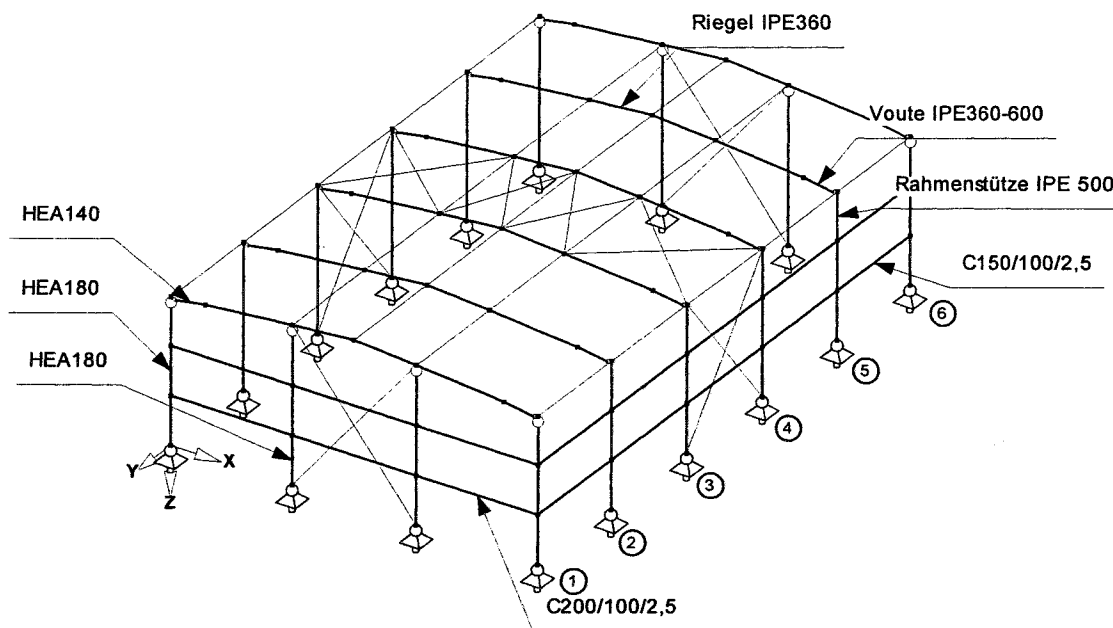


Bild 4.1-1: Tragkonstruktion

Die Aussteifung in Längsrichtung wird durch Dach- und Wandverbände gebildet. Als Dacheindeckung werden Trapezprofile verwendet, und die Wandverkleidung besteht aus einer Isowand auf Kaltprofilriegeln.

Die Stahlhalle wird für den vorgesehenen Standort Waldsolms mit Ausnahme der Wandverkleidung vollständig auf der Grundlage der neuen Normen nachgerechnet. Anschließend werden für die Rahmenbemessung verschiedene Parameterstudien durchgeführt. Dabei werden die Gebäudeabmessungen, die Windzonen und die Geländekategorien variiert.

4.1.2 Gebäudedaten

Abmessungen:	B / L / H = 20,0 / 30,0 / 9,06 m, Dachneigung: 5°
Aussteifung in Längsrichtung:	Dach- und Wandverbände
Aussteifung in Querrichtung:	Zweigelenkrahmen, Wandverbände in den Giebelwänden
Binderabstand:	Endfelder 5,84 m Innenfelder 6,00 m
Dacheindeckung:	Trapezprofil Hoesch E135 / t = 0,75 mm als 5-Feld-Träger

Wandverkleidung: vertikal gespannte Isowand auf Kaltprofilriegeln,
Stützweite ≤ 3 m

4.1.3 Lastparameter

Geländehöhe: 247 m ü. NN
nach der gültigen Norm: Schneelastzone II
nach der neuen Norm: Schneezone Z = 2
Windzone 1, Geländekategorie II

4.1.4 Bemessung nach der gültigen Norm

Die statische Berechnung nach den derzeit gültigen Normen soll im Einzelnen nicht genauer dargestellt werden, vielmehr werden nur die Lastannahmen und die Profilierung beschrieben, um einen Vergleich bezüglich der neuen Normen ziehen zu können.

4.1.4.1 Lastannahmen

Eigengewicht Dach	Dachabdichtung	0,03 kN/m ²
	Dämmung d = 12 cm	0,12 kN/m ²
	Trapezblech	0,10 kN/m ²
	Installation	0,05 kN/m ²
		g = 0,30 kN/m²

Eigengewicht Wandverkleidung **g = 0,16 kN/m²**

Für den Nachweis der Befestigungsmittel des Trapezbleches wurden 0,25 kN/m² als entlastend wirkendes Eigengewicht der Dacheindeckung angesetzt.

Schnee **s = 0,75 kN/m²**

Wind	Staudruck bis 8 m Höhe	0,50 kN/m²
	Staudruck über 8 m Höhe	0,80 kN/m²

Die Außendruckbeiwerte c_p werden nach DIN 1055 T.4 [2.2] Abschnitt 6.3.1, Tabelle 11 berücksichtigt. Bei der Rahmenbemessung werden gemäß den Erläuterungen zu [2.2] drei Lastansätze für den Dachsob unterschieden (Bild 4.1-2).

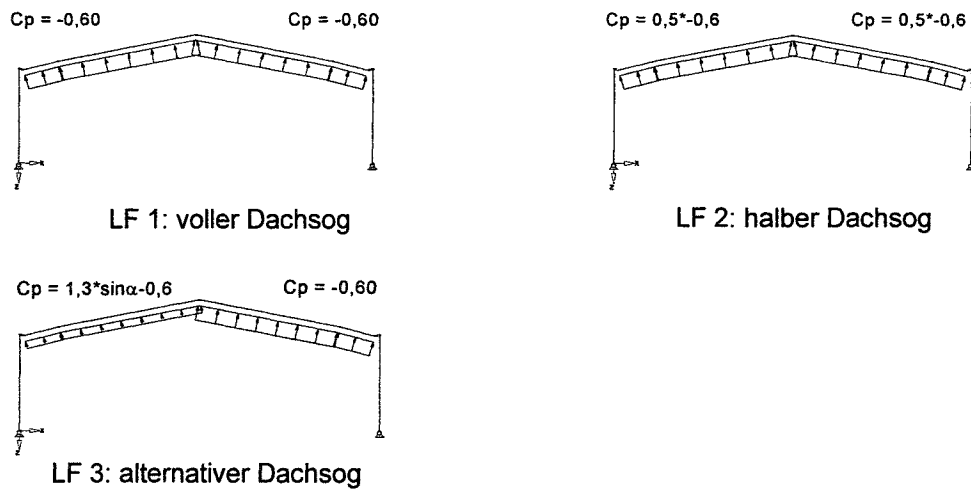


Bild 4.1-2: Dachsoğanansätze nach der gültigen Norm

Nach [2.2] Abschnitt 5.2.2 wird der Druckbeiwert beim Nachweis von Einzelbauteilen mit einer Einzugsfläche von weniger als 15 % der Gesamtfläche um 25 % erhöht.

Für unmittelbar durch Wind belastete Einzelbauteile sind an den Schnittkanten von Wand- und Dachflächen die erhöhten Sogbeiwerte nach [2.2] Abschnitt 6.3.1 anzusetzen. Das gilt nach der Trapezprofil-Norm [3.5] nicht für die Bemessung der Trapezprofile der Dacheindeckung.

Da die Flächenanteile der Öffnungen in den Wandflächen weniger als 30 % betragen, gilt die Halle als geschlossen. Ein Innendruck braucht deshalb nach den gültigen Normen nicht berücksichtigt zu werden.

Die **Überlagerung der Lastfälle** erfolgt nach DIN 18800 [3.4]. Bei der Rahmenberechnung werden dabei 7 Lastfallgruppen gebildet. Die Lastfälle Schnee und Wind werden als zwei unabhängige Lastfälle betrachtet. Auf eine Abminderung gemäß DIN 1055 T5 [2.3], Abs.5 (gleichzeitige Berücksichtigung von Schneelast und Windlast) wird verzichtet.

Als Lastfall Imperfektion wird die Schiefstellung und Vorkrümmung für die Rahmenstiele gemäß DIN 18800 angesetzt.

Lastfallgruppen für die Rahmenberechnung:

- LG1: $1,35 \times G + 0,9 \times 1,5 \times S + 0,9 \times 1,5 \times W$ (mit halben Dachsoğan) + Imperfektion
- LG2: $1,35 \times G + 0,9 \times 1,5 \times S + 0,9 \times 1,5 \times W$ (mit alternativem Dachsoğan) + Imperfektion
- LG3: $1,35 \times G + 1,50 \times S$ + Imperfektion
- LG4: $1,00 \times G + 1,50 \times W$ (mit vollem Dachsoğan) + Imperfektion
- LG5: $1,35 \times G + 1,50 \times W$ (mit halben Dachsoğan) + Imperfektion
- LG6: $1,35 \times G + 1,50 \times W$ (mit alternativem Dachsoğan) + Imperfektion
- LG7: $1,35 \times G$ + Imperfektion

4.1.4.2 Bemessung

Für die untersuchte Halle ergeben sich für die verschiedenen Bauteile die Profilierungen und Ausnutzungen in Tabelle 4.1-1.

Bauteil	Profil (Stahl S235)	Ausnutzung
Dacheindeckung	Hoesch E135 t = 0,75 mm	72%
Wandriegel in der Giebelwand	C200*100 t = 2,50 mm	94%
Wandriegel in der Längswand	C150*100 t = 2,50 mm	89%
Ortgangriegel	HEA 140	86%
Giebelstütze	HEA 180	72%
Eckstütze in der Giebelwand	HEA 180	100%
Stütze Hallenrahmen	IPE 500	75%
Riegel Hallenrahmen	IPE 360	92%
Voute Hallenrahmen	IPE 360-600	97%
Dachverband	Diagonale Ø 24	63%
	Pfosten Ø 88,9x5,6	73%
Druckrohr in der Dachebene	Ø 88,9x3,2	64%
Wandverband Längswand	Diagonale Ø 24	92%
	Pfosten Ø 88,9x5,6	83%
Wandverband Giebelwand	Diagonale Ø 24	28%

Tabelle 4.1-1: Bemessung nach der gültigen Norm

4.1.5 Bemessung nach der neuen Norm

4.1.5.1 Lastannahmen

Eigengewichte

Für das Eigengewicht der Dacheindeckung und der Wandverkleidung gelten die selben Werte wie nach der gültigen Norm (s.o.).

Nutzlast

Nach DIN 1055-3 [1.3] Abs. 6.2, Tabelle 2 bei nicht begehbaren Dächern,
Dachneigung $\leq 20^\circ$:

$$q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

Die Nutzlast braucht nicht mit dem Schnee überlagert zu werden.

Wind

Gemäß der Windzonenkarte in E DIN 1055-4 [1.4] Anhang A liegt Waldsolms in der Windzone 1 mit $q_{ref} = 0,32 \text{ kN/m}^2$. Die Geländerauigkeit nach Anhang B wird der Geländekategorie II zu geordnet.

Die für den Geschwindigkeitsdruck, die c_{pe} -Werte und die Breiten der Zonen maßgebende Höhe h ist nach den Bildern 3, 4 und 7 der Norm in einigen Fällen die Traufhöhe 8,00 m und in den anderen Fällen die Firshöhe 9,06 m. Um den Aufwand bei der Vielzahl von Parametern nicht weiter zu vergrößern, wird die Berechnung komplett für den ungünstigeren Wert (9,06 m) durchgeführt. Auf Fälle, in denen 8,00 m anzusetzen wären, wird im Folgenden hingewiesen.

Der Geschwindigkeitsdruck ist nach Abs. 10 zu ermitteln. Bei einer maximalen Gebäudehöhe von 9,06 m ergeben sich folgende Geschwindigkeitsdrücke:

vereinfachter Ansatz nach Tab. 2 für niedrige Gebäude	$q = 0,70 \text{ kN/m}^2$
höhenabhängiger Geschwindigkeitsdruck nach Gl.(10)	$q = 2,1 * q_{ref} * (z/10,0)^{0,24}$
	$q = 2,1 * 0,32 * (9,06/10,0)^{0,24}$
	$q = 0,656 \text{ kN/m}^2$

Angesetzt wird der Wert:

$$q = 0,656 \text{ kN/m}^2$$

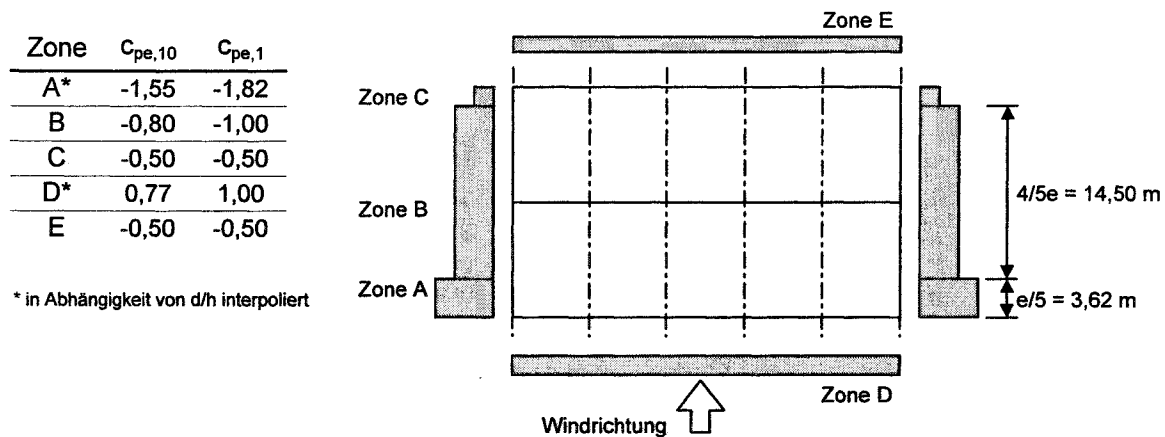
(Für $h = 8,00 \text{ m}$: $q = 0,637 \text{ kN/m}^2$)

Die Baukörperhöhe h ist nach [1.4] Abs.12, Bild 3 für alle Windrichtungen kleiner als die Baukörperbreite b . Damit ist der Geschwindigkeitsdruck konstant über die gesamte Höhe anzusetzen.

Die Außendruckbeiwerte c_{pe} werden nach Abs.12 ermittelt. Die Beiwerte hängen von der Größe der Lasteinzugsfläche ab. Die erhöhten Außendruckbeiwerte in den Zonen A bis J sind für alle Bauteile der Tragkonstruktion zu berücksichtigen.

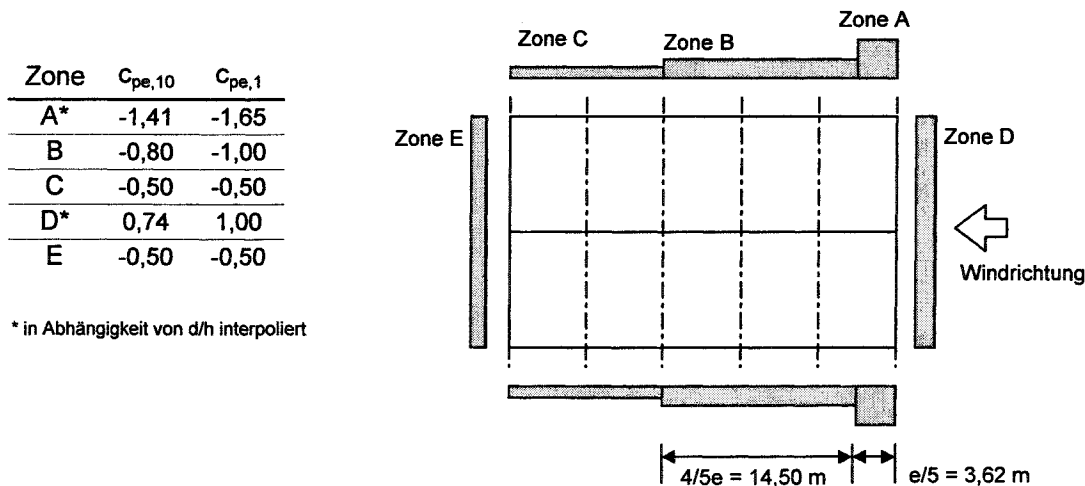
Für die Außenwände ergeben sich nach [1.4] Bild 4 in Abhängigkeit von der Windrichtung und dem Verhältnis d/h folgende c_{pe} -Werte:

Für den Lastfall *Wind auf die Längswand* mit $d/h = 20,0/9,06 = 2,20$ und $e = 2h = 18,12$ m:



(Auf den Längswänden wäre $h = 8,00$ m anzusetzen: $d/h = 2,50$, $c_{pe,10}$ (Zone D) = 0,76)

Für den Lastfall *Wind auf die Giebelwand* mit $d/h = 30,0/9,06 = 3,31$ und $e = 2h = 18,12$ m:

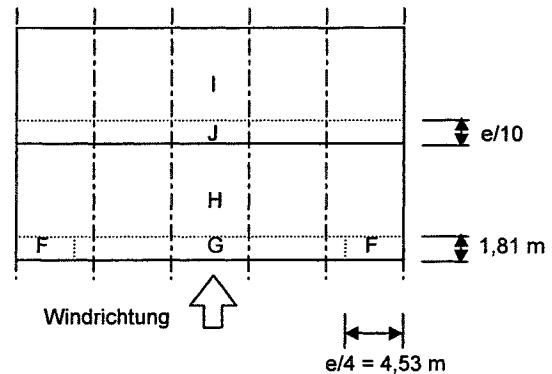


(Auf den Längswänden wäre $h = 8,00$ m anzusetzen: $e = 16,0$ m, $e/5 = 3,20$ m, $d/h = 3,75$, $c_{pe,10}$ (Zone A) = -1,36, $c_{pe,1}$ (Zone A) = -1,59)

Für den Dachbereich ergeben sich nach [1.4] Bild 7 in Abhängigkeit von der Dachneigung folgende c_{pe} -Werte:

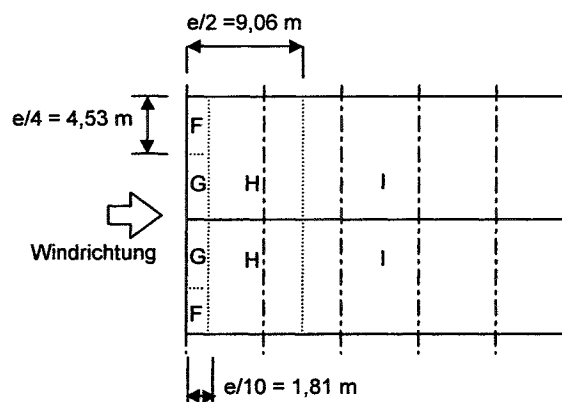
Für den Lastfall *Wind auf die Längswand* mit $\alpha = 5^\circ$:

Zone	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
F	-1,70	-2,50
G	-1,20	-2,00
H	-0,60	-1,20
I	-0,6/+0,2	-0,6/+0,2
J	-0,6/+0,2	-0,6/+0,2



Für den Lastfall *Wind auf die Giebelwand* mit $\alpha = 5^\circ$:

Zone	$C_{e,10}$	$C_{pe,1}$
F	-1,60	-2,20
G	-1,30	-2,00
H	-0,70	-1,20
I	-0,6/+0,2	-0,6/+0,2



Nach [1.4] Abs. 12.1.7 muß für die vorliegende Lagerhalle mit einem Mindestwert für den Innendruck von $c_{pi} = 0,20$ bzw. $-0,30$ gerechnet werden. Dabei ist jeweils der ungünstigere Wert maßgebend. Der Innendruck ist auf allen innenliegenden Oberflächen anzusetzen.

Schnee

Während der Bearbeitung des Forschungsvorhabens wurde vom Deutschen Wetterdienst (DWD) ein Gutachten zur Überarbeitung der Schneelastzonenkarte erstellt [4.3].

Die Trennung in die mitteleuropäische und die alpine Region ist in der überarbeiteten Schneelastzonenkarte entfallen. Es werden nur noch 3 Schneezonen unterschieden. Zusätzlich wurde die Gleichung zur Ermittlung der höhenabhängigen Schneelast überarbeitet, und es wurden Sockelwerte für die jeweiligen Schneezonen eingeführt. Für die Schneezonen gelten gemäß dem Gutachten folgende Mindestwerte für die charakteristische Schneelast:

Zone 1	0,65 kN/m ² bis 400 m ü. NN
Zone 2	0,85 kN/m ² bis 285 m ü. NN
Zone 3	1,10 kN/m ² bis 255 m ü. NN

Die überarbeitete Gleichung zur Ermittlung der charakteristischen Schneelast oberhalb der Sockelwerte lautet:

$$s_k = 0,06043 \times (Z + 2,13137) + (Z - 0,09265) \times [(H_s + 140) / 760]^2 \quad [\text{kN/m}^2]$$

Dabei sind

Z	Schneezone (1 bis 3),
H_s	Geländehöhe über Meeresniveau in m.

Der Standort der untersuchten Lagerhalle liegt nach der überarbeiteten Schneelastzonenkarte in der Schneelastzone 2. Bei einer Meereshöhe von 247 m ü. NN ist für die charakteristische Schneelast der Sockelwert mit $s_k = 0,85 \text{ kN/m}^2$ maßgebend.

Nach E DIN 1055-5 [1.5], Abs.3.2.3 sind bei empfindlichen Tragsystemen verschiedene Lastfälle zu untersuchen (Bild 4.1-3). Im vorliegenden Beispiel konnte auf den Lastansatz gemäß Lastfall 1 verzichtet werden, da dieser keine maßgebenden Schnittgrößen liefert.

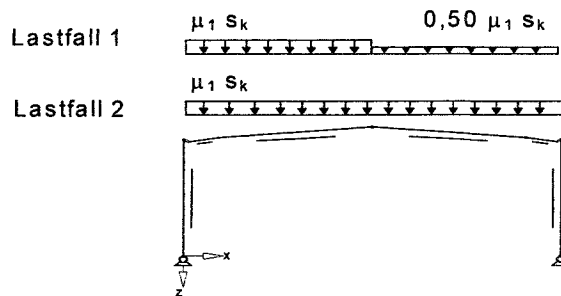


Bild 4.1-3: Zu untersuchende Lastfälle für Satteldächer

Der Formbeiwert μ_1 beträgt bei einer Dachneigung von 5° nach [1.5] Bild 8, bzw. Tabelle 1 0,80.

$$s = 0,80 \cdot 0,85 = 0,68 \text{ kN/m}^2$$

4.1.5.2 Bemessung

Dacheindeckung

Das Trapezblech wird als Durchlaufträger über 5 Felder ausgeführt. Gemäß DIN 18807 [3.5] werden die erhöhten Sogbeiwerte in den Zonen F, G, H und J nur für den Nachweis der Befestigungsmittel berücksichtigt.

Der Winddruck, der auf die Außenflächen des Bauwerkes wirkt, ist nach [1.4], Abs.8 (8) für den Nachweis der Gebäudehülle und deren Verankerung um 10% zu erhöhen.

Für den Tragsicherheitsnachweis des Trapezbleches ergeben sich folgende maßgebende Belastungen für die Windzone 1:

$$\begin{aligned} \text{LF1 Abhebende Last: } q_{d,1} &= \gamma_g \times g_k + \gamma_q (1,1 \times c_{pe} + c_{pi}) \times q(z) \\ q_{d,1} &= 1,0 \times 0,25 + 1,50 (1,1 \times (-0,60) - 0,20) \times 0,656 = -0,56 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LF2 Andrückende Last: } q_{d,2} &= \gamma_g \times g_k + \gamma_q \times (p_k + \psi_0 (1,1 \times c_{pe} + c_{pi}) \times q(z)) \\ q_{d,2} &= 1,35 \times 0,30 + 1,50 \times (0,75 + 0,60 (1,1 \times 0,20 + 0,30) \times 0,656) \\ q_{d,2} &= 1,84 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Der Innendruck wird dabei jeweils ungünstig wirkend angesetzt. Berücksichtigt man für die Last nach der derzeit gültigen Norm die gleichen Teilsicherheitsbeiwerte wie nach DIN 1055-100, erhöht sich die abhebende Belastung entsprechend den neuen Normen um 19% , die andrückende Belastung um 20%.

Die Erhöhung läßt sich auf den ungünstig anzusetzenden Innendruck und auf den in der Zone I anzusetzenden Winddruck zurückführen. Beide Lastanteile mussten bisher nicht angesetzt werden.

Trotz der höheren Belastung in der Windzone 1 ergeben sich für das gewählte Profil Hoesch E135 ($t = 0,75 \text{ mm}$) mit der Belastung nach den neuen Normen ausreichende Sicherheiten. Die Ausnutzung erhöht sich dabei von 72% auf 87%.

Wandriegel

Im Gegensatz zu der derzeit gültigen Norm sind die erhöhten Sogbeiwerte in den Randbereichen (Zonen A und B) für die Nachweise der Wandriegel zu berücksichtigen.

Die Zonen C und E werden bei den Nachweisen der Riegel vernachlässigt, da der Wind aus allen Richtungen anzusetzen ist und damit diese Zonen nicht maßgebend werden.

Bisher wurde, aufgrund der unterschiedlichen Systemlängen, eine getrennte Bemessung der Riegel jeweils für die Längs- und Giebelwand durchgeführt. Zur Optimierung der Stahlkonstruktion ist nach neuer Norm eine zusätzliche Unterscheidung hinsichtlich der Lage, d.h. der Rand- und Innenbereiche erforderlich.

Alle Wandriegel werden im Referenzobjekt als Einfeldträger ausgeführt (Bild 4.1-4).

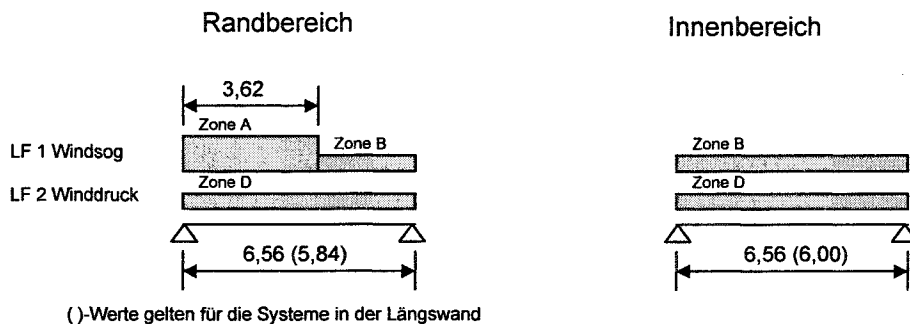


Bild 4.1-4: Systeme für die Wandriegel

Für die Wandriegel ergeben sich aus $q_k = (c_{pe} + c_{pi}) \times q(z) \times b_m$ folgende horizontale Belastungen in der Windzone 1 (b_m ist die Lasteinzugsbreite):

	b_m	Zone A	Zone B	Zone D	
Giebelwand Randbereich	2,75 m	-3,16	-1,80	1,88	[kN/m]
Innenbereich	2,99 m	-	-1,96	2,04	[kN/m]
Längswand Randbereich	2,75 m	-2,90	-1,80	1,93	[kN/m]
Innenbereich	2,75 m	-	-1,80	1,93	[kN/m]

Aufgrund des höheren Geschwindigkeitsdruckes ($q(z) = 0,656 \text{ kN/m}^2$), der größeren Sogbeiwerte in den Zonen A und B und des ungünstig anzusetzenden Innendruckes müssen, wenn die Konstruktion unverändert bleiben soll, bei allen Wandriegeln die Blechdicken gegenüber der geplanten Ausführung ($t = 2,50 \text{ mm}$) verstärkt werden. In den Rand- und Innenbereichen ergeben sich nach den neuen Normen für die Giebelwand die Blechdicken $t = 4,0$ und $3,0 \text{ mm}$. In der Längswand sind die Blechdicken auf $t = 4,0$ und $3,5 \text{ mm}$ zu vergrößern.

Eine Änderung der Konstruktion, z.B. mit höheren Profilen oder Ausbildung von Durchlaufträgern könnte eine wirtschaftlichere Lösung erzielen.

Giebelwandstützen und Ortgangriegel

Für den Ortgangriegel sind in horizontaler und vertikaler Richtung zwei unterschiedliche statische Systeme zu unterscheiden. In vertikaler Richtung handelt es sich um einen Durchlaufträger über 3 Felder und Spannweiten von jeweils 6,56 m. In horizontaler Richtung wird die Spannweite des Innenfeldes zusätzlich durch den Dachverband halbiert.

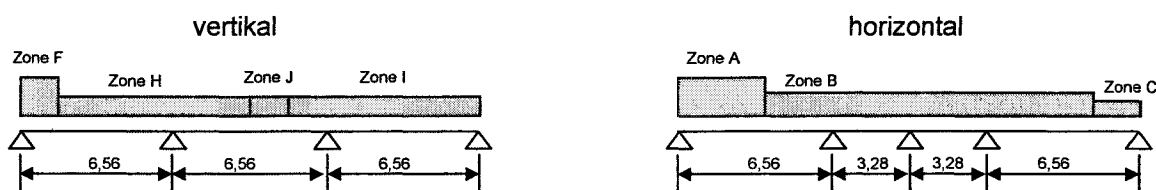
Da nach E DIN1055-4 die erhöhten Sogbeiwerte in den Randbereichen für die Stahlkonstruktion zu berücksichtigen sind, ist die Lastermittlung für den Ortgangriegel aufwändiger als nach der gültigen Norm. So sind beim Lastfall *Wind auf die Längswand* für das horizontale System die Auflagerkräfte aus der Wand in den Zonen A, B und C, für das vertikale System die Auflager-

kräfte aus dem Dach in den Bereichen der Zonen F/G und H bis J zu ermitteln. In den Zonen J und I ist bei einer Dachneigung von 5° alternativ ein Winddruck zu berücksichtigen.

Für den Lastfall *Wind auf die Giebelwand* sind zur Ermittlung der Auflagerkräfte bei dem horizontalen System keine unterschiedlichen Zonen zu berücksichtigen, hier gelten analog zu der gültigen Norm die Zonen D und E. Für das vertikale System sind die Auflagerkräfte für die Bereiche der Zonen F/H, G/H auf der Luvseite und der Zone I auf der Leeseite zu unterscheiden.

Damit ergeben sich für den Ortgangriegel folgende Windbelastungen für die Windzone 1:

Wind auf die Längswand:



Wind auf die Giebelwand:

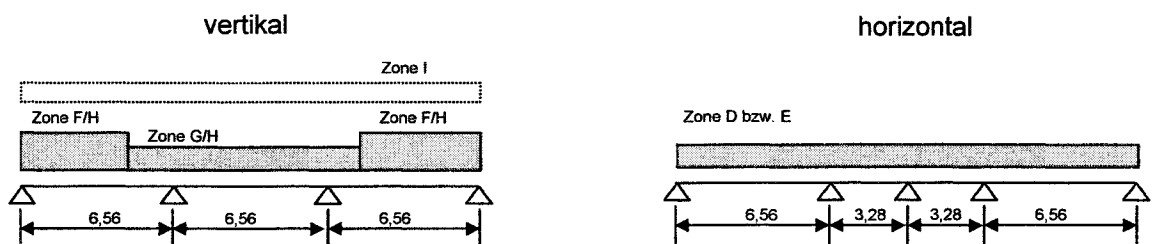


Bild 4.1-5: Windbelastung der Ortgangriegel

Lastfall *Wind auf die Längswand* [kN/m]

	vertikales System		horizontales System
Zone F	-3,38	Zone A	-1,32
Zone H	-1,21	Zone B	-0,81
Zone J	-1,21 / + 0,4	Zone D	-0,43
Zone I	-1,21 / + 0,4		

Lastfall *Wind auf die Giebelwand* [kN/m]

	vertikales System		horizontales System
Zone F/H	-2,35	Zone D	+ 0,72
Zone G/H	-2,03	Zone E	-0,48
Zone I	+ 0,4 (alternativ)		

Bei der Ermittlung der Belastung in den verschiedenen Zonen wurden zur Vereinfachung für die Lasteinzugsfläche Einfeldträgersysteme für die Dacheindeckung und die Wandverkleidung zugrunde gelegt. Für die Außendruckbeiwerte wurden die $c_{pe,10}$ – Werte berücksichtigt.

Die maßgebende Lastfallkombination ergab sich aus dem Eigengewicht, der Nutzlast als vorherrschende veränderliche Einwirkung und dem Wind auf die Längswand einschließlich dem Innendruck. In der Zone I und J wurde dabei der Winddruck mit 0,40 kN/m angesetzt.

Die Ausnutzung des Ortgangriegels (HEA 140) erhöht sich von 86 % auf 94 %.

Bei den Stützen in der Giebelwand handelt es sich um Pendelstützen. Die Belastung der Stützen ergibt sich direkt aus den Auflagerkräften der Wandriegel und des Ortgangriegels. Damit werden auch die erhöhten Sogbeiwerte in den Randbereichen bei der Stützenbemessung berücksichtigt.

Für die Mittelstütze erhöht sich die Ausnutzung infolge des zusätzlichen Innendruckes und des erhöhten Windsoges von 72 % auf 107 %. Für die Mittelstütze wäre damit ein HEA 200 erforderlich.

Für die Eckstütze ist aufgrund der höheren Windsoglasten (Bild 4.1-6) ein HEA 220 statt HEA 180 zu wählen.

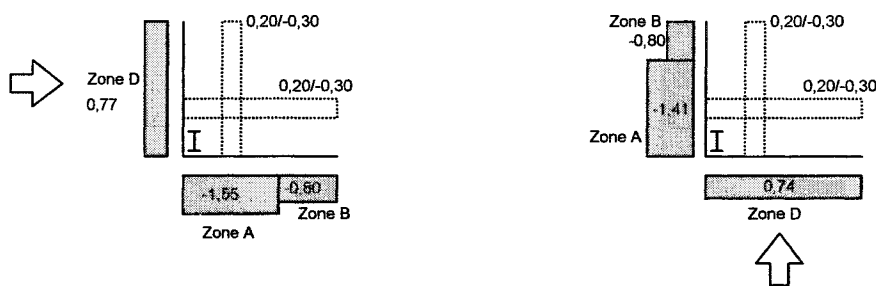


Bild 4.1-6: Außendruckbeiwerte für die Eckstütze

Hallenrahmen

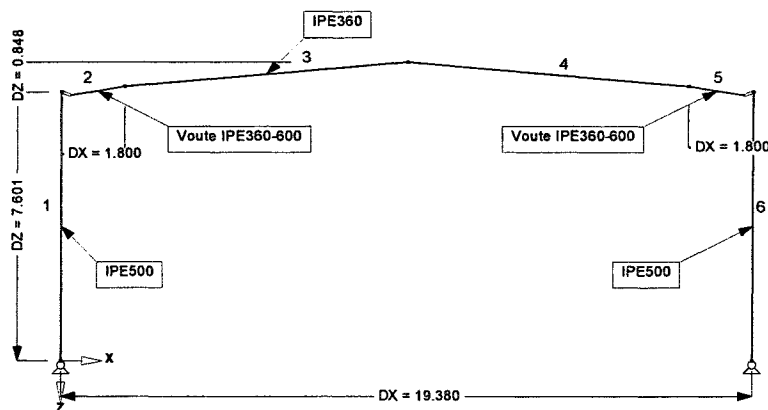


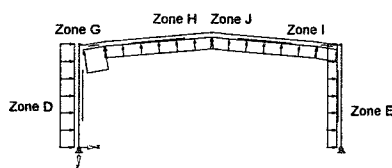
Bild 4.1-7: Systemabmessungen und Querschnitte des Hallenrahmens

Wie bereits erwähnt sind die erhöhten Sogbeiwerte in den Randbereichen nach E DIN1055-4 auch für die Tragkonstruktion zu berücksichtigen. Deshalb wurden bei der Rahmenbemessung die äußeren (Achse 2 und 5) und die inneren Rahmen (Achse 3 und 4) getrennt untersucht.

Für die **Hallenrahmen in den Achsen 3 und 4** ergeben sich unter Berücksichtigung der o. g. Lastannahmen die nachstehenden Einwirkungen.

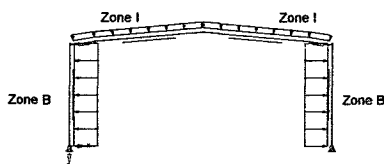
Aus dem Eigengewicht der Dacheindeckung	$g = 0,30 \times 6,0 =$	1,80 kN/m
der Wandverkleidung	$g = 0,16 \times 6,0 =$	0,96 kN/m
Aus der Nutzlast	$p = 0,75 \times 6,0 =$	4,50 kN/m
Aus der Schneebelastung	$s = 0,68 \times 6,0 =$	4,08 kN/m
Aus der Windbelastung		
Innendruck	$w_{id} = 0,20 \times 0,656 \times 6,0 =$	0,79 kN/m
Innensog	$w_{is} = -0,30 \times 0,656 \times 6,0 =$	-1,18 kN/m

Wind auf die Längswand



Zone D	$w_{d1} = 0,77 \times 0,656 \times 6,0 =$	3,03 kN/m
Zone E	$w_{s1} = -0,50 \times 0,656 \times 6,0 =$	-1,97 kN/m
Zone G	$w_{s2} = -1,20 \times 0,656 \times 6,0 =$	-4,72 kN/m
Zone H	$w_{s3} = -0,60 \times 0,656 \times 6,0 =$	-2,36 kN/m
Zonen J, I	$w_{s4} = w_{s3} =$	-2,36 kN/m
(alternativ) w_{d2}	$= 0,20 \times 0,656 \times 6,0 =$	0,79 kN/m

Wind auf die Giebelwand



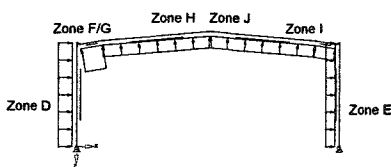
Zone B	$w_{s5} = -0,80 \times 0,656 \times 6,0 =$	-3,15 kN/m
Zone I	$w_{s6} = w_{s3} =$	-2,36 kN/m
(alternativ) w_{d3}	$= w_{d2} =$	0,79 kN/m

(Anmerkung: Der Winddruck in der Zone I und der maximale Sog in der Zone B treten nicht gleichzeitig auf. Anstatt der Zone B hätte der Mittelwert aus Zone B und C angesetzt werden müssen. Das Feldmoment ist dadurch auf der sicheren Seite ermittelt worden. Für die maximale Ausnutzung wird dieser Lastfall nicht maßgebend.)

Bei den **Rahmen in den Achsen 2 und 5** ergeben sich infolge der kürzeren Endfelder der Halle geringere Belastungen. Zur Vereinfachung wurde mit der gleichen Belastung wie in der Achse 3 bzw. 4 gerechnet.

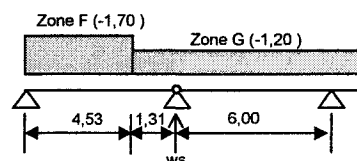
Lediglich für die Lastfälle *Wind auf die Längswand* und *Wind auf die Giebelwand* wurden die Belastung erneut ermittelt.

Lastfall *Wind auf die Längswand*:



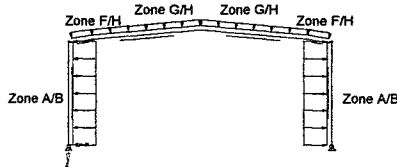
Zone D	$w_{d1} =$	3,03 kN/m
Zone E	$w_{s1} =$	-1,97 kN/m
Zone H	$w_{s3} =$	-2,36 kN/m
Zonen J, I	$w_{s4} =$	-2,36 kN/m
(alternativ) w_{d2}	$=$	0,79 kN/m

Zone F/G,
System im Dach in Längsrichtung:

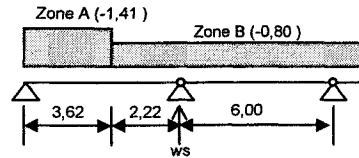


$$w_{s2} = (-1,2 \times 6,0/2 - (1,2 \times 1,31 \times 5,185 + 1,7 \times 4,53^2/2) / 5,84) \times 0,656 = \mathbf{-5,24 \text{ kN/m}}$$

Für den Lastfall *Wind auf die Giebelwand* sind zwei Belastungen zu unterscheiden, d.h. der Rahmen kann auf der Luvseite in der Zone H, oder auf der Leeseite in der Zone I liegen.
Für den Rahmen auf der Luvseite gilt folgende Belastung:

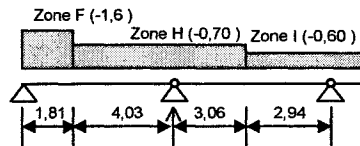


Zone A/B,
System in der Wand
in Längsrichtung:



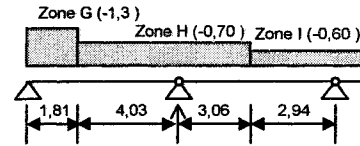
$$w_{s1} = (-0,8 \times 6,0/2 - (0,8 \times 2,22 \times 4,73 + 1,41 \times 3,62^2/2)/5,84) \times 0,656 = -3,56 \text{ kN/m}$$

Zone F/H,
System im Dach in Längsrichtung:



$$w_{s2} = -1,51 - 1,33 = -2,84 \text{ kN/m}$$

Zone G/H,
System im Dach in Längsrichtung:



$$w_{s3} = -1,45 - 1,33 = -2,78 \text{ kN/m}$$

In der Praxis könnte der Rechenaufwand dadurch reduziert werden, dass die Zone G näherungsweise wie Zone F behandelt wird.

Auf der Leeseite sind für die Stützen die Außendruckbeiwerte der Zone C und für den Riegel die Werte aus der Zone I anzusetzen:

Zone C	$w_{s4} = -0,50 \times 0,656 \times (5,84 + 6,0)/2 =$	-1,94 kN/m
Zone I	$w_{s5} = -0,60 \times 0,656 \times (5,84 + 6,0)/2 =$	-2,33 kN/m
(alternativ)	$w_{d2} = 0,20 \times 0,656 \times (5,84 + 6,0)/2 =$	0,78 kN/m

In der neuen Norm E DIN 1055-4 sind keine Angaben darüber enthalten, ob und mit welchem Anteil der günstig wirkende Dachsoog angesetzt werden darf. In Anlehnung an die Erläuterungen zu der gültigen Norm DIN 1055, Teil 4 [3.9] wird bei der Lastfallüberlagerung alternativ der halbe Dachsoog angesetzt.

Daraus ergeben sich für die inneren Rahmen in den Achsen 2 und 3 theoretisch 13 verschiedene Lastfälle. Für die äußeren Rahmen in den Achsen 1 und 5 kommt zusätzlich ein Lastfall für den Wind auf die Giebelwand hinzu.

Nach DIN 1055-100 sind alle unabhängigen veränderlichen Einwirkungen der Reihe nach als vorherrschend zu betrachten, sofern die maßgebenden Lastfälle nicht offensichtlich sind.

Ein Vergleich der Schnittgrößen zeigt, dass die Lastfälle *einseitiger Schnee, Wind auf die Längswand mit halben Dachsoog* und *Wind auf die Giebelwand mit halben Dachsoog* bei der un-

tersuchten Halle keine maßgebenden Schnittgrößen liefern und damit vernachlässigt werden können. Zusätzlich braucht der Schnee nicht mit der Nutzlast nach DIN 1055-3 überlagert zu werden. Der Schnee als vorherrschende veränderliche Einwirkung muss mit dem Wind nicht überlagert werden, da hier die Nutzlast maßgebend wird.

Der Wind als vorherrschende Einwirkung ist nur mit dem Schnee zu überlagern. Die Kombinationen mit Nutzlast entfallen, da nach DIN 1055-100, Tabelle A.2 für den Kombinationsbeiwert der Nutzlast $\psi_0 = 0$ gilt.

Die ständigen Einwirkungen, die auf die Schnittgrößen günstig wirken, sind bei den Nachweisen der Lagesicherheit mit $\gamma_{G,inf} = 0,90$ und für die Tragsicherheitsnachweise mit $\gamma_{G,inf} = 1,00$ zu multiplizieren.

Für die inneren Rahmen in den Achsen 2 und 3 sind nach DIN 1055-100 folgende Grundkombinationen zu untersuchen:

Lk-Nr.	Lastfall										
	G	S	P	W_{id}	W_{is}	W_{Lv}	W_{La}	W_{Gv}	W_{Gd}	Imp.	
1	0,9			1,5		1,5				1,0	G Eigengewicht
2	0,9			1,5				1,5		1,0	S Schnee
3	1,0			1,5		1,5				1,0	P Nutzlast
4	1,0			1,5				1,5		1,0	W_{id} Wind als Innendruck
5	1,35		1,5	0,6*1,5		0,6*1,5				1,0	W_{is} Wind als Innensog
6	1,35		1,5	0,6*1,5			0,6*1,5			1,0	W_{Lv} Wind auf die Längswand mit vollem Dachsg
7	1,35		1,5		0,6*1,5	0,6*1,5				1,0	W_{La} Wind aus die Längswand altern. in Zone I Winddruck
8	1,35		1,5		0,6*1,5		0,6*1,5			1,0	
9	1,35		1,5	0,6*1,5				0,6*1,5		1,0	W_{Gv} Wind auf die Giebelwand mit vollem Dachsg
10	1,35		1,5	0,6*1,5					0,6*1,5	1,0	W_{Gd} Wind auf die Giebelwand altern. in Zone I Winddruck
11	1,35		1,5		0,6*1,5			0,6*1,5		1,0	
12	1,35		1,5		0,6*1,5				0,6*1,5	1,0	
13	1,35	0,5*1,5		1,5		1,5				1,0	Imp. Schiefstellung
14	1,35	0,5*1,5		1,5			1,5			1,0	
15	1,35	0,5*1,5			1,5	1,5				1,0	
16	1,35	0,5*1,5			1,5		1,5			1,0	
17	1,35	0,5*1,5		1,5				1,5		1,0	
18	1,35	0,5*1,5		1,5					1,5	1,0	
19	1,35	0,5*1,5			1,5			1,5		1,0	
20	1,35	0,5*1,5			1,5				1,5	1,0	

Die gegenüber der gültigen Norm erhöhte Anzahl an Kombinationen wird insbesondere durch die Lastfälle *Wind auf die Giebelwand* und die Unterscheidung zwischen Innendruck und Innensog hervorgerufen.

Konnte man bislang den Lastfall *Wind auf die Giebelwand* vernachlässigen, wird jetzt infolge des möglichen Winddruckes in der Zone I ($c_{pe} = +0,2$) der Lastfall für das positive Feldmoment maßgebend. Unter Berücksichtigung des Winddruckes in der Zone I ergibt sich für den untersuchten Hallenrahmen am Firststoß ein maximales Feldmoment von 170,10 kNm. Ohne den Lastfall *Wind auf die Giebelwand* würde das Moment 150,63 kNm betragen.

Der Berechnungsaufwand für die Hallenrahmen steigt erheblich aufgrund der theoretisch zu untersuchenden höheren Anzahl der Grundkombinationen. In der Praxis wird dieser sich nach einiger Erfahrung in der Anwendung der neuen Normen durch die Beschränkung auf die maßgebenden Kombinationen wieder reduzieren lassen, jedoch weiterhin den derzeitigen deutlich überschreiten. Bei Einsatz zeitgemäßer Stabwerksprogramme mit voreingestellten und/oder editierbaren Kombinationsregeln kann der Mehraufwand weiter deutlich reduziert werden. Die Anforderungen an die Aufsteller der Berechnung und die Programmautoren werden höher, da Fehlerquellen und Fehlbedienung durch die aufwändigeren Kombinationsregeln zunehmen.

Im vorliegenden Fall z.B. könnte die Anzahl der Lastfallkombinationen weiter reduziert werden. So können die Schnittgrößen aus den Lastfallkombinationen Nr. 3 und Nr. 4 auf der sicheren Seite liegend aus den Kombinationen Nr. 1 und Nr. 2 übernommen werden. Eine regelmäßige Anwendung der Normen zeigt bei vergleichbaren Tragsystemen schnell, welche Lastfälle bzw. Lastfallkombinationen in der Regel nicht maßgebend werden.

Für den untersuchten Hallenrahmen wurde sowohl für die Achsen 2 und 3 als auch für die Achsen 1 und 5 bei der Bemessung der Riegel- und Stützenprofile die Lastfallkombination Nr. 8 maßgebend. Die Bereiche mit erhöhtem Dach- und Wandsog in den äußeren Achsen 1 und 5 führen zwar in dem Lastfall *Wind auf die Giebelwand mit vollem Dachso* zu größeren Schnittkräften, diese werden jedoch nicht bemessungsrelevant. Damit könnte man in diesem Beispiel auf die Unterscheidung zwischen den äußeren und inneren Rahmen verzichten.

Im Bereich der Voute und am Übergang zwischen dem Riegelprofil und der Voute ergaben sich bei der Bemessung maximale Spannungsüberschreitungen von 15%.

Damit keine Überschreitungen auftreten, müsste die Voute von 1,80 m auf 2,30 m verlängert und die Höhe der Voute am Stützenanschnitt von 600 mm auf 630 mm vergrößert werden, was zu einer Erhöhung der Stahltonnage der Rahmen um ca. 2 % führen würde.

Wand- und Dachverbände

Infolge des größeren Geschwindigkeitsdruckes nach E DIN 1055-4 erhöht sich die Belastung der Wandverbände und des Dachverbandes. Die erhöhten Sogbeiwerte in den Randbereichen haben auf die Verbände keinen Einfluß.

Mit Ausnahme der Diagonalen in der Längswand sind dabei noch alle Profile ausreichend.

Zusammenfassung

Für die Ausnutzungen der vorhandenen Profile auf der Grundlage der neuen Normen gelten in der Windzone 1 mit der Geländekategorie II die Werte nach Tabelle 4.1-2.

Bauteil	Bestand		Verstärkung (Vorschlag)
	Profil (Stahl S235)	Ausnutz.	
Dacheindeckung	Hoesch E135 t = 0,75 mm	87%	
Wandriegel in der Giebelwand	Endfeld	C200*100 t = 2,50 mm	147% t = 4,0 mm
	Innenfeld		117% t = 3,0 mm
Wandriegel in der Längswand	Endfeld	C150*100 t = 2,50 mm	162% t = 4,0 mm
	Innenfeld		129% t = 3,5 mm
Ortgangriegel	HEA 140	94%	
Giebelstütze	HEA 180	107%	HEA 200
Eckstütze in der Giebelwand	HEA 180	173%	HEA 220
Stütze Hallenrahmen	IPE 500	98%	
Riegel Hallenrahmen	IPE 360	109%	Voute verlängern
Voute Hallenrahmen	IPE 360-600	115%	IPE 360-630
Dachverband	Diagonale	Ø 24	79%
	Pfosten	Ø 88,9x5,6	94%
Druckrohr in der Dachebene	Ø 88,9x3,2	82%	
Wandverband Längswand	Diagonale	Ø 24	116% Ø 27
	Pfosten	Ø 88,9x5,6	100%
Wandverband Giebelwand	Diagonale	Ø 24	35%

Tabelle 4.1-2: Bemessung nach der neuen Norm

Bei den Verstärkungsmaßnahmen handelt es sich um Vorschläge, die sich am bestehenden Bauwerk orientieren. Um die erforderliche Stahlmenge zu optimieren ist es auch denkbar, die statischen Systeme zu ändern.

Beispielsweise könnten in den Randbereichen zusätzliche Wandriegel mit engerem Abstand vorgesehen werden. Bei den Stützen in der Giebelwand sind Halterungen über die Wandriegel und Verbände möglich.

4.1.6 Einfluss der unterschiedlichen Windzonen

Nach E DIN 1055-4 [1.4] werden in Deutschland 5 Windzonen unterschieden. Für alle Windzonen werden im Anhang A die zeitlich gemittelte Windgeschwindigkeit v_{ref} und der zugehörige Geschwindigkeitsdruck q_{ref} angegeben.

Für die untersuchte Lagerhalle wurde der Einfluss der Windzonen 1 bis 4 am Beispiel des Hallenrahmens untersucht. Zur Vereinfachung wurden nur die Rahmen in den Achsen 2 und 3 betrachtet.

Die Windzone 5, die das Gebiet der Deutschen Bucht sowie einen 5 km breiten Streifen landeinwärts entlang der Nordseeküste umfasst, wurde nicht berücksichtigt.

Wie oben beschrieben, kann der Geschwindigkeitsdruck in den verschiedenen Windzonen für die Geländekategorie II bei niedrigen Gebäuden nach Tabelle 2 oder nach Gl.(10) der E DIN 1055-4 ermittelt werden (Tabelle 4.1-3).

Windzone	WZ 1	WZ 2	WZ 3	WZ 4	
q_{ref} nach Bild A.1	0,32	0,39	0,47	0,56	kN/m ²
$q(z)$ nach Tabelle 2	0,70	0,85	1,05	1,25	kN/m ²
$q(z)$ nach Gl.(10)	0,656	0,80	0,964	1,148	kN/m ²

Tabelle 4.1-3: Geschwindigkeitsdruck für $h = 9,06$ m, Geländekategorie II

Für die Rahmenbemessung wurde in allen Windzonen mit dem günstigeren Wert nach Gl.(10) gerechnet.

Die Belastungen aus dem Eigengewicht, dem Schnee und der Nutzlast wurden gegenüber den oben beschriebenen Lastannahmen für die Hallenrahmen nicht verändert.

In den verschiedenen Windzonen ergeben sich für den Hallenrahmen folgende Ausnutzungen:

	Querschnitt	WZ 1	WZ 2	WZ 3	WZ 4
Stütze	IPE 500	98%	102%	108%	114%
Voute	IPE 360-600	115%	122%	130%	144%
Riegel	IPE 360	109%	116%	124%	137%

Die Spannungsüberschreitungen treten in allen Windzonen im Bereich der Rahmenecke auf. Eine ausreichende Sicherheit für den Riegel kann durch eine Verlängerung und Vergrößerung der Voute erreicht werden. In den Windzonen 3 und 4 muss zusätzlich der Stützenquerschnitt im Bereich der Rahmenecke verstärkt oder die Stütze durch einen IPE 550 ersetzt werden. Für die Stahltonnage der Rahmen bedeutet die Voutenverstärkung eine Erhöhung um ca. 2 % und die Stützenquerschnittsänderung eine Erhöhung um ca. 10 %.

4.1.7 Einfluss der unterschiedlichen Geländekategorien

Nach E DIN 1055-4 [1.4], Abs. 10.3 darf bei der Ermittlung des höhenabhängigen Geschwindigkeitsdruckes der Einfluss der Bodenrauigkeit nach Anhang B berücksichtigt werden. Im Entwurf (Stand 25.4.2002) schließt [1.4], Anhang B zwar aufgrund der fehlenden Anlaufänge die Geländekategorien III und IV in Deutschland praktisch aus, jedoch ist eine Änderung vorgesehen, die durch genaue Geländedefinitionen die Anwendung dieser Kategorien und dazwischen liegender Mischprofile für einen großen Teil der bebauten Gebiete erschließen soll.

Daher wird im Folgenden der Einfluß eines voll ausgebildeten Profils der Kategorie III und IV untersucht.

Für die Geländekategorie II wird in den Windzonen 1 bis 4 der Geschwindigkeitsdruck nach Gl.(10) und Gl.(11) ermittelt. Für die übrigen Geländekategorien sind in der Tabelle B.2 die Böengeschwindigkeiten angegeben. Unter Berücksichtigung der Gl.(3) kann daraus der höhenabhängige Geschwindigkeitsdruck ermittelt werden.

Für die Geländekategorie III gilt:

$$\begin{aligned} \text{für } z \leq 8,0 \text{ m} \quad & v_b = 1,23 \times v_{ref} \\ \text{aus Gl.(3) } q = v^2/1600 \quad & \Rightarrow q(z) = (1,23 \times v_{ref})^2/1600 \\ & q(z) = 1,51 \times v_{ref}^2/1600 \quad \text{mit } q_{ref} = v_{ref}^2/1600 \\ & \mathbf{q(z) = 1,51 \times q_{ref}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{für } z > 8,0 \text{ m} \quad & v_b = 1,27 \times v_{ref} \times (z/10)^{0,155} \\ \text{aus Gl.(3) } q = v^2/1600 \quad & \Rightarrow q(z) = [(1,27 \times v_{ref} \times (z/10)^{0,155}]^2/1600 \\ & q(z) = 1,61 \times (z/10)^{0,31} \times v_{ref}^2/1600 \quad \text{mit } q_{ref} = v_{ref}^2/1600 \\ & \mathbf{q(z) = 1,61 \times q_{ref} \times (z/10)^{0,31}} \end{aligned}$$

Entsprechend gilt für die Geländekategorie IV:

$$\begin{aligned} \text{für } z \leq 16,0 \text{ m} \quad & v_b = 1,15 \times v_{ref} \quad \Rightarrow \mathbf{q(z) = 1,32 \times q_{ref}} \\ \text{für } z > 16,0 \text{ m} \quad & v_b = 1,05 \times v_{ref} \times (z/10)^{0,200} \quad \Rightarrow \mathbf{q(z) = 1,10 \times q_{ref} \times (z/10)^{0,400}} \end{aligned}$$

Für q_{ref} sind dabei die Geschwindigkeitsdrücke für die verschiedenen Windzonen nach Anhang A einzusetzen.

Bei der untersuchten Lagerhalle ergeben sich bei einer Bezugshöhe von 9,06 m die Geschwindigkeitsdrücke in Tabelle 4.1-4.

Windzone	WZ 1	WZ 2	WZ 3	WZ 4	
Geländkat. II	0,656	0,800	0,964	1,148	[kN/m ²]
Geländkat. III	0,500	0,609	0,734	0,874	[kN/m ²]
Geländkat. IV	0,422	0,515	0,620	0,739	[kN/m ²]

Tabelle 4.1-4: Geschwindigkeitsdruck für h = 9,06 m

Die Geländekategorie I wurde hier vernachlässigt, da diese Kategorie nach Anhang B in der Regel nur im küstennahen Bereich und damit in der Windzone 5 vorkommt.

Der Vergleich zeigt, welchen Einfluß die Geländekategorie auf den anzusetzenden Geschwindigkeitsdruck hat.

Bereits in der Geländekategorie III ist der anzusetzende Geschwindigkeitsdruck in der Windzone 1 auf das Niveau des Staudrucks der gültigen Norm gesunken.

Entsprechend sinkt auch die Ausnutzung des Hallenrahmens. (Die in der folgenden Tabelle bei WZ 1/Geländekategorie III immer noch auftretenden Überschreitungen entstehen aus dem anzusetzenden Innensog und dem in der Zone I alternativ anzusetzenden Winddruck.)

Geländekategorie III

	Querschnitt	WZ 1	WZ 2	WZ 3	WZ 4
Stütze	IPE 500	92%	96%	100%	105%
Voute	IPE 360-600	107%	113%	119%	126%
Riegel	IPE 360	102%	107%	113%	120%

Geländekategorie IV

	Querschnitt	WZ 1	WZ 2	WZ 3	WZ 4
Stütze	IPE 500	90%	93%	96%	100%
Voute	IPE 360-600	104%	108%	113%	119%
Riegel	IPE 360	98%	103%	108%	113%

Geländekategorie II siehe Kap. 4.1.6

Würden man den Innendruck vernachlässigen, ergäben sich in der Geländekategorie III für den Rahmen folgende Ausnutzungen:

	Querschnitt	WZ 1
Stütze	IPE 500	86%
Voute	IPE 360-600	100%
Riegel	IPE 360	95%

4.1.8 Einfluss der reduzierten Schneelast nach dem DWD-Gutachten [4.3]

Gemäß dem Gutachten des Deutschen Wetterdienstes zur Überarbeitung der Schneezonenkarte sind in den verschiedenen Schneezonen unterhalb einer Grenzhöhe Mindestwerte für die charakteristische Schneelast anzusetzen.

Für den Norddeutschen Raum werden diese Sockelwerte in der Regel maßgebend.

Bis zu einer Dachneigung von 30° ergibt sich in der Schneezone 1 unterhalb von 400 m ü.NN eine anzusetzende Schneelast von $s = 0,80 \times 0,65 = 0,52 \text{ kN/m}^2$.

Für die Schneezone 2 sind bis 285 m ü.NN $s = 0,80 \times 0,85 = 0,68 \text{ kN/m}^2$ anzusetzen.

In beiden Fällen liegt Schneelast unterhalb der Mindestschneelast von $0,75 \text{ kN/m}^2$ nach der gültigen Norm DIN 1055, Teil 5.

Nach DIN 1055-3 [1.3], Tabelle 2 ist bei Dächern mit einer Dachneigung bis zu 20° eine Nutzlast von $0,75 \text{ kN/m}^2$ zu berücksichtigen. Damit können die reduzierten Schneelasten nach der neuen Norm nicht ausgenutzt werden, da die Nutzlast maßgebend wird. (siehe Abschnitt 5.1.2)

Um festzustellen, inwieweit durch die reduzierte Schneelast die erhöhte Windbelastung im Norddeutschen Raum ausgeglichen werden kann, wird der Hallenrahmen in der Schneezone 1 und der Windzone 3 (z.B. Bremen) für die Geländekategorien II und III nachgerechnet. Dabei wird die Nutzlast $q = 0,75 \text{ kN/m}^2$ nach DIN 1055-3 nicht berücksichtigt.

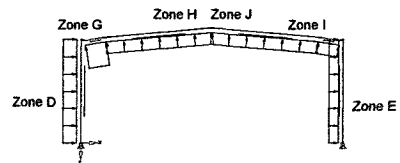
Aus dem Eigengewicht der Dacheindeckung $g = = 1,80 \text{ kN/m}$
 der Wandverkleidung $g = = 0,96 \text{ kN/m}$

Aus der Schneebelastung (Schneezone 1) $s = 0,52 \times 6,0 = 3,12 \text{ kN/m}$

Aus der Windbelastung Windzone 3, Geländekategorie II

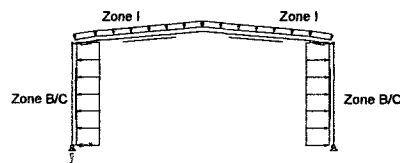
Innendruck $w_{id} = 0,20 \times 0,964 \times 6,0 = 1,16 \text{ kN/m}$
 Innensog $w_{is} = -0,30 \times 0,964 \times 6,0 = -1,74 \text{ kN/m}$

Wind auf die Längswand



Zone D $w_{d1} = 0,77 \times 0,964 \times 6,0 = 4,45 \text{ kN/m}$
 Zone E $w_{s1} = -0,50 \times 0,964 \times 6,0 = -2,89 \text{ kN/m}$
 Zone G $w_{s2} = -1,20 \times 0,964 \times 6,0 = -6,94 \text{ kN/m}$
 Zone H $w_{s3} = -0,60 \times 0,946 \times 6,0 = -3,47 \text{ kN/m}$
 Zone J+I $w_{s4} = w_{s3} = -3,47 \text{ kN/m}$
 (alternativ) $w_{d2} = 0,20 \times 0,964 \times 6,0 = 1,16 \text{ kN/m}$

Wind auf die Giebelwand



Zone B $w_{s5} = -(0,80+0,5)/2 \times 0,964 \times 6,0 = -3,76 \text{ kN/m}$
 Zone I $w_{s6} = w_{s3} = -3,47 \text{ kN/m}$
 (alternativ) $w_{d3} = w_{d2} = 1,16 \text{ kN/m}$

Für den Hallenrahmen ergeben sich dabei folgende Ausnutzungen:

Geländekategorie II:

Stab Nr.	Querschnitt	ohne Nutzlast	mit Nutzlast
1	IPE 500	95%	108%
2	IPE 360-600	123%	130%
3	IPE 360	117%	124%

Geländekategorie III:

Stab Nr.	Querschnitt	ohne Nutzlast	mit Nutzlast
1	IPE 500	84%	100%
2	IPE 360-600	104%	119%
3	IPE 360	99%	113%

Die Gegenüberstellung der Ausnutzungsgrade mit und ohne Berücksichtigung der Nutzlast zeigt, dass durch die Ausnutzung der reduzierten Schneebelastung Einsparungen möglich sind, bzw. die Erhöhung aus der Windbeanspruchung teilweise reduziert werden kann. Die Ausnutzungen in Geländekategorie III entsprechen näherungsweise dem Niveau nach der derzeit gültigen Norm für den untersuchten Standort in Windzone 3.

Für die Bemessung wird die Lastfallkombination Nr. 15 mit Wind als vorherrschende veränderliche Einwirkung maßgebend.

4.1.9 Einfluss der Gebäudeabmessungen

Die untersuchte Halle liegt mit einer Gebäudehöhe von 9,06 m knapp über 8,0 m. Bei 8,0 m ist nach der gültigen Norm DIN 1055, Teil 4 ein Sprung in der Treppenkurve für den anzusetzenden Staudruck vorhanden.

Auch bei der Ermittlung des Geschwindigkeitsdruckes nach E DIN 1055-4, Tabelle 2 werden Gebäudehöhen über und unter 8,0 m unterschieden.

Um festzustellen, ob die Ergebnisse aus der untersuchten Lagerhalle auch für Gebäude mit Höhen < 8,0 m umzusetzen sind, werden zwei weitere Hallen untersucht. Zur Vereinfachung wird bei diesen Hallen nur der Rahmen nachgerechnet.

Halle 2

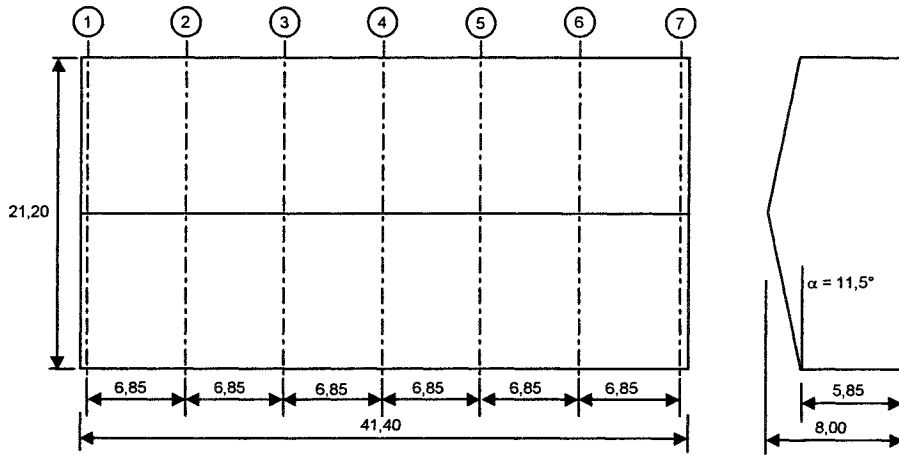


Bild 4.1-8: Gebäudeabmessungen Halle 2

Für die Berechnung nach der gültigen Norm wurden die Lastansätze und die Lastfallkombinationen aus Kapitel 4.1.4.1 übernommen.

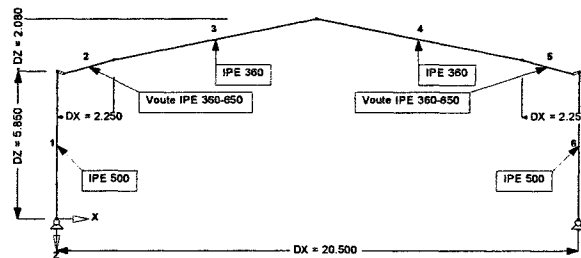


Bild 4.1-9: Systemabmessungen und Querschnitte des Hallenrahmens

Für den Rahmen ergeben sich nach den gültigen Normen folgende Ausnutzungen:

	Querschnitt	Ausnutzung
Stütze	IPE 500	90%
Voute	IPE 360-650	95%
Riegel	IPE 360	90%

Lastannahmen für den Hallenrahmen nach den neuen Normen:

Aus dem Eigengewicht der Dacheindeckung	$g = 0,30 \times 6,85 =$	2,06 kN/m
der Wand	$g =$	1,50 kN/m

Schneebelastung nach E DIN 1055-5: Schneezone 2, $h \leq 285$ m ü.NN
 $s = 0,80 \times 0,85 \times 6,85 = 4,66$ kN/m

Nutzlast nach DIN 1055-3: $p = 0,75 \times 6,85 = 5,14$ kN/m

Windbelastung nach E DIN 1055-4:

Der Hallenrahmen wird in den Windzonen 1 bis 4 nachgerechnet. Für die Berechnung wird die Geländekategorie II angenommen. Damit kann der Geschwindigkeitsdruck nach Gl.(10) ermittelt werden. Als Bezugshöhe für die Windeinwirkungen auf das Dach, die Giebelwand und den Innendruck ist die Firsthöhe mit 8,0 m anzunehmen. Für die Einwirkungen auf die Längswand entspricht die Bezugshöhe der Traufhöhe (5,85 m).

Geschwindigkeitsdruck in der Windzone		WZ 1	WZ 2	WZ 3	WZ 4
Nach Gl.(10)	$h = 8,00$ m	0,637	0,776	0,935	1,115 kN/m ²
Nach Gl.(10)	$h = 5,85$ m	0,591	0,720	0,868	1,034 kN/m ²
Nach Tabelle 2	($h \leq 8$ m)	0,550	0,650	0,800	0,950 kN/m ²

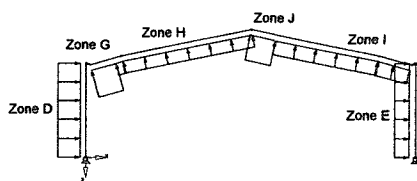
Die Ermittlung der c_{pe} – Werte wird nicht mehr im Einzelnen dargestellt. Für die Sogbeiwerte im Dachbereich nach E DIN 1055-4, Bild 7 wurde zwischen den Neigungswinkeln von 5° und 15° interpoliert.

Bei den Druckbeiwerte in den Zonen F bis H wurden davon ausgegangen, dass diese Werte erst ab einer Dachneigung von 15° gelten und damit vernachlässigt werden können. Die Druckbeiwerte in den Zonen I und J bei einer Dachneigung von 5° wurden berücksichtigt.

In der Windzone 1 gelten für den Rahmen, mit dem Geschwindigkeitsdruck nach dem vereinfachten Verfahren (Tabelle 2), folgende Belastungen:

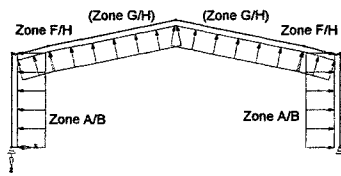
Innendruck $w_{id} = 0,20 \times 0,55 \times 6,85 = 0,75$ kN/m
 Innensog $w_{is} = -0,30 \times 0,55 \times 6,85 = -1,13$ kN/m

Wind auf die Längswand mit $d/h = 21,20/8,0 = 2,65$ und $e = 2h = 16,0$ m



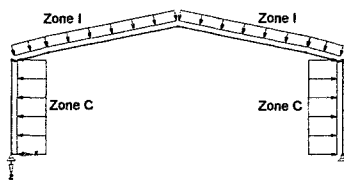
Zone D $w_{d1} = 0,76 \times 0,55 \times 6,85 = 2,86$ kN/m
 Zone E $w_{s1} = -0,50 \times 0,55 \times 6,85 = -1,88$ kN/m
 Zone G $w_{s2} = -0,94 \times 0,55 \times 6,85 = -3,54$ kN/m
 Zone H $w_{s3} = -0,41 \times 0,55 \times 6,85 = -1,54$ kN/m
 Zone I $w_{s4} = -0,47 \times 0,55 \times 6,85 = -1,77$ kN/m
 (alternativ) $w_{d2} = 0,20 \times 0,55 \times 6,85 = 0,75$ kN/m
 Zone J $w_{s5} = -0,86 \times 0,55 \times 6,85 = -3,24$ kN/m
 (alternativ) $w_{d3} = w_{d2} = 0,75$ kN/m

Wind auf die Giebelwand mit $d/h = 41,40/8,0 = 5,17$ und $e = 2h = 16,0$ m



Luvseite			
Zone A/B	w_{s6}	=	-3,16 kN/m
Zone F/H	w_{s7}	=	-2,34 kN/m

(Anmerkung: Der Bereich der Zonen F/H wird zur Vereinfachung über die gesamte Breite angesetzt)



Leeseite			
Zone C	$w_{s8} = -0,50 \times 0,55 \times 6,85$	=	-1,88 kN/m
Zone I	$w_{s9} = -0,54 \times 0,55 \times 6,85$	=	-2,03 kN/m
(alternativ)	$w_{d4} = w_{d2}$	=	0,75 kN/m

Für die übrigen Windzonen und den Geschwindigkeitsdruck nach Gl.(10) ist die Belastung für den Rahmen entsprechend zu ermitteln.

Ausnutzung des Hallenrahmens nach E DIN 1055-4 und E DIN 1055-5

	Querschnitt	WZ 1	WZ 2	WZ 3	WZ 4
Stütze	IPE 500	105%	107%	111%	115%
Voute	IPE 360-650	104%	107%	111%	116%
Riegel	IPE 360	99%	102%	106%	110%

Ermittlung des Geschwindigkeitsdruckes nach Tabelle 2 - vereinfachtes Verfahren

	Querschnitt	WZ 1	WZ 2	WZ 3	WZ 4
Stütze	IPE 500	106%	110%	114%	119%
Voute	IPE 360-650	105%	109%	114%	119%
Riegel	IPE 360	100%	103%	108%	113%

Ermittlung des Geschwindigkeitsdruckes nach Gl.(10) - genaues Verfahren

Die Gegenüberstellung zeigt, dass auch bei dieser Halle ähnliche Überschreitungen auftreten wie bei dem oben untersuchten Beispiel. Es wird jedoch deutlich, dass es bei niedrigen Gebäuden knapp unter 8,0 m günstiger ist, den Staudruck nach Tabelle 2, d.h. dem vereinfachten Verfahren zu ermitteln.

Halle 3

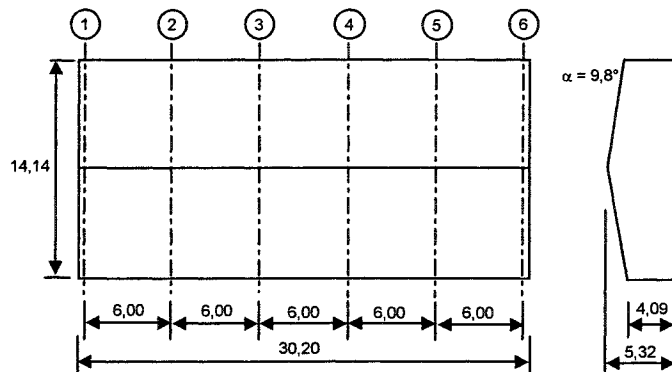


Bild 4.1-10: Gebäudeabmessungen Halle 3

Für die Halle 3 ist als Standort Lorch im Rheingau vorgesehen. Nach DIN 1055, Teil 5 [2.3] liegt Lorch in der Schneezone 2. Bei einer Meereshöhe von $h < 200$ m ü.NN ist eine Schneelast von $s = 0,75$ kN/m² anzusetzen.

Da der Flächenanteil der Öffnungen in den Wandflächen weniger als 30 % beträgt, kann die Halle nach DIN 1055, Teil 4 [2.2] als geschlossen betrachtet werden.

Das Eigengewicht der Dacheindeckung wurde mit $g = 0,32$ kN/m² angenommen. Für die Wandverkleidung wurden $g = 0,20$ kN/m² angesetzt.

Die Lastfallkombinationen nach den gültigen Normen wurden gemäß dem Kapitel 4.1.4.1 durchgeführt.

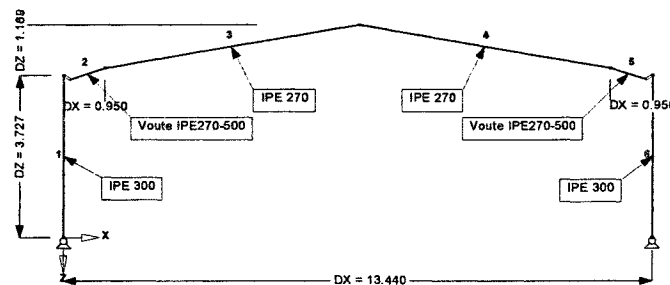


Bild 4.1-11: Systemabmessungen und Querschnitte des Hallenrahmens

Für den Rahmen ergeben sich nach den gültigen Normen folgende Ausnutzungen:

	Querschnitt	Ausnutzung
Stütze	IPE 300	75%
Voute	IPE 270-500	92%
Riegel	IPE 270	87%

Lastannahmen für den Hallenrahmen nach den neuen Normen:

Aus dem Eigengewicht der Dacheindeckung	$g = 0,32 \times 6,0 =$	1,92 kN/m
der Wand	$g = 0,20 \times 6,0 =$	1,20 kN/m

Schneebelastung nach E DIN 1055-5: Schneezone 1, $h \leq 400$ m ü.NN	$s = 0,80 \times 0,65 \times 6,0 =$	3,12 kN/m
--	-------------------------------------	------------------

Nutzlast nach DIN 1055-3:	$p = 0,75 \times 6,0 =$	4,50 kN/m
---------------------------	-------------------------	------------------

Windbelastung nach E DIN 1055-4:

Für den Standort Lorch ist nach E DIN 1055-4, Anhang 4 die Windzone 1 anzusetzen. Als Geländekategorie wird die Kategorie II angenommen. Die Bezugshöhe beträgt für die Windeinwirkungen auf das Dach, die Giebelwand und den Innendruck 5,32 m. Für die Einwirkungen auf die Längswand ist die Traufhöhe ($h = 4,09$ m) als Bezugshöhe anzusetzen.

Zusätzlich zu der Windzone 1 wird der Hallenrahmen für die Windzonen 2 bis 4 nachgerechnet. Dabei bleiben die übrigen Belastungen (Eigengewicht, Schnee, Nutzlast) unverändert.

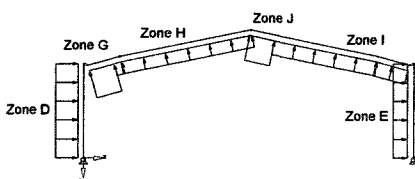
Geschwindigkeitsdruck in der Windzone		WZ 1	WZ 2	WZ 3	WZ 4
Nach Gl.(10)	$h = 5,32$ m	0,578	0,704	0,848	1,011 kN/m ²
Nach Gl.(10)	$h = 4,09$ m	0,542	0,661	0,796	0,949 kN/m ²
Nach Tabelle 2		0,550	0,650	0,800	0,950 kN/m ²

Die Sog- und Druckbeiwerte werden wie bei der Halle 2 angenommen. Aufgrund der geringen Differenz zwischen dem Geschwindigkeitsdruck nach Gl.(10) und Tabelle 2 wird der Rahmen nur für den Geschwindigkeitsdruck nach Gl.(10) nachgerechnet.

In der Windzone 1 gelten für den Rahmen folgende Belastungen:

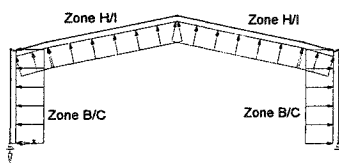
Innendruck	$w_{id} = 0,20 \times 0,578 \times 6,0 =$	0,69 kN/m
Innensog	$w_{is} = -0,30 \times 0,578 \times 6,0 =$	-1,04 kN/m

Wind auf die Längswand mit $d/h = 14,14/5,32 = 2,66$ und $e = 2h = 10,64$ m

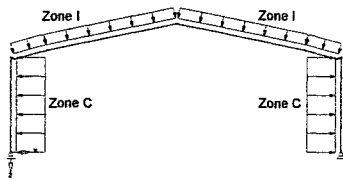


Zone D	$w_{d1} = 0,74 \times 0,542 \times 6,0 =$	2,41 kN/m
Zone E	$w_{s1} = -0,50 \times 0,542 \times 6,0 =$	-1,63 kN/m
Zone G	$w_{s2} = -1,00 \times 0,578 \times 6,0 =$	-3,47 kN/m
Zone H	$w_{s3} = -0,45 \times 0,578 \times 6,0 =$	-1,56 kN/m
Zone I	$w_{s4} = -0,50 \times 0,578 \times 6,0 =$	-1,73 kN/m
(alternativ)	$w_{d2} = 0,20 \times 0,578 \times 6,0 =$	0,69 kN/m
Zone J	$w_{s5} = -0,80 \times 0,578 \times 6,0 =$	-2,77 kN/m
(alternativ)	$w_{d3} = w_{d2} =$	0,69 kN/m

Wind auf die Giebelwand mit $d/h = 30,20/5,32 = 5,32$, $e = 10,64$ m für das Dach und $e = 8,18$ m für die Wand



Luvseite			
Zone B/C	$w_{s6} =$	-2,38 kN/m	
Zone H/I	$w_{s7} =$	-2,07 kN/m	



Leeseite

Zone C $w_{s8} = -0,50 \times 0,542 \times 6,0 = -1,63 \text{ kN/m}$

Zone I $w_{s9} = -0,55 \times 0,578 \times 6,0 = -1,91 \text{ kN/m}$

(alternativ) $w_{d4} = w_{d2} = 0,69 \text{ kN/m}$

Die Belastung in den übrigen Windzonen ist entsprechend zu ermitteln.

Ausnutzung des Hallenrahmens nach E DIN 1055-4 und E DIN 1055-5:

	Querschnitt	WZ 1	WZ 2	WZ 3	WZ 4
Stütze	IPE 300	86%	89%	92%	95%
Voute	IPE 270-500	106%	110%	113%	118%
Riegel	IPE 270	100%	104%	107%	111%

Die Spannungsüberschreitungen in der Windzone 1 lassen sich im wesentlichen auf den anzu-setzende Innendruck zurück führen, d.h. ohne Innendruck könnte für den Rahmen eine ausrei-chende Sicherheit nachgewiesen werden.

4.2 Referenzobjekt 2: Stahlhalle, Eltville im Rheingau

4.2.1 Gegenstand der Untersuchung

Betrachtet wird eine Stahlhalle mit rechteckigem Grundriss und schwach geneigtem Satteldach. Ihre Tragkonstruktion besteht aus Pendelstützen und Riegeln. Die Aussteifung in Längs- und Querrichtung wird durch Dach- und Wandverbände gebildet (Bild 4.2-1).

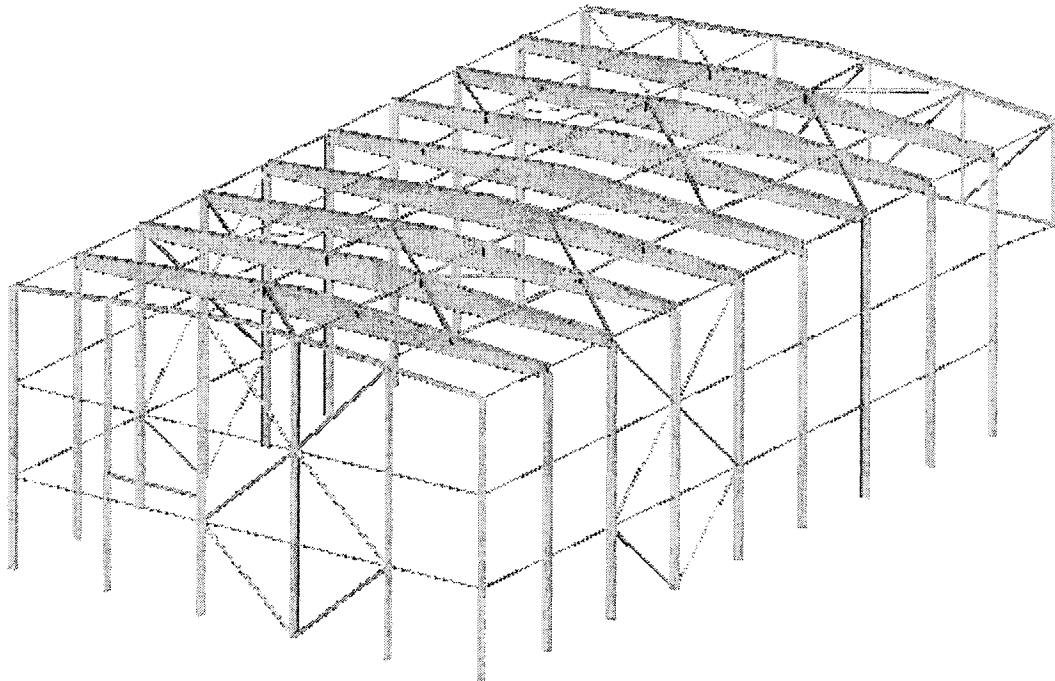


Bild 4.2-1: Tragkonstruktion

Als Dacheindeckung kommen Stahltrapezprofile zum Einsatz, die Wandverkleidung besteht aus einer zweischaligen Leichtbaukonstruktion (Bild 4.2-2).

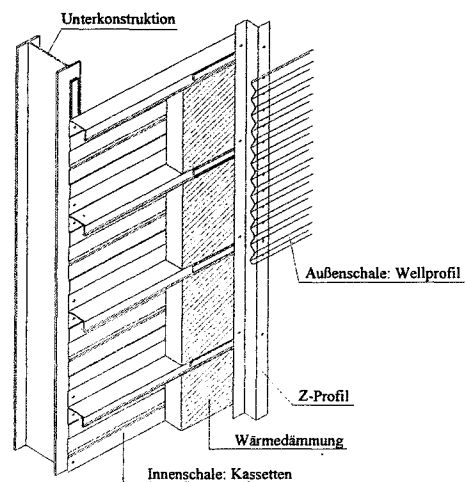


Bild 4.2-2: zweischalige Wandkonstruktion

Die Untersuchung erstreckt sich auf die Dacheindeckung, die Wandverkleidung und die Tragkonstruktion. Die Bauteile werden jeweils für die Belastung nach den gültigen Normen und nach den neuen Normen am Standort Eltville (Rheingau) nachgewiesen. Im Anschluss daran werden die Änderungen in der Belastung und der Auswirkung auf die Bemessung untersucht, die sich nach den neuen Normen für den Standort Stralsund (Mecklenburg-Vorpommern) ergeben.

4.2.2 Gebäudedaten

Grundriss:	B / L = 32,0 / 54,0
Pendelstützen:	H = 17,05 m
Riegel:	Spannweite 31 m, Abstand 6 m, Dachneigung: 4°
Dacheindeckung:	Trapezprofil E135 Positivlage, Blechdicke in den Endfeldern 1,50 mm, sonst 1,00 mm befestigt mit Schrauben EJOT JZ3-6,3-E16
Wandverkleidung:	zweischalige Wand aus horizontal gespannten Kassetten, Distanzprofilen, Aluwelle

4.2.3 Lastparameter

- am Standort Eltville:
 - Geländehöhe: 85 m ü. NN
 - nach der gültigen Norm: Schneelastzone II
 - nach der neuen Norm: Schneezone Z = 1
Windzone 1, Geländekategorie II
- am Standort Stralsund:
 - Geländehöhe: 12 m ü. NN
 - nach der gültigen Norm: Schneelastzone III
 - nach der neuen Norm: Schneezone Z = 3
Windzone 3, Geländekategorie II

4.2.4 Bemessung der Dacheindeckung

Das Trapezblechdach spannt über 9 Felder von je 6 m Länge. Durch Gelenke in drei Achsen ist es in vier Einfeld- bzw. Durchlaufträgersysteme unterteilt (Bild 4.2-3).

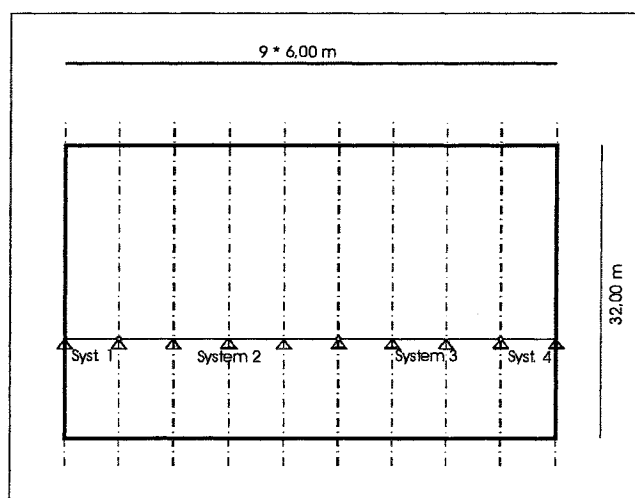


Bild 4.2-3: Dachgrundriss

Nachzuweisen ist das Trapezblech nach der Trapezprofil-Norm [3.5] für die Lastkombinationen *Auflast* und *Abhebende Last*.

4.2.4.1 Bemessung nach der gültigen Norm

Für die Bemessung des Trapezblechs ist die Lastkombination *Auflast* maßgebend.

Ermittlung der Bemessungslast:

ständige Lasten:	Eigengewicht	0,15 kN/m ²
	Dichtung, Dämmung	0,25 kN/m ²
	abgehängte Last	<u>0,30 kN/m²</u>
	Summe:	g = 0,70 kN/m²
veränderliche Last:	Schnee:	s = 0,75 kN/m²

Bemessungslast nach DIN 18800 Teil 1 [3.4], El. (710):

$$q_d = 1,35 * g + 1,50 * s = 2,07 \text{ kN/m}^2$$

Die Bemessung wird mit dem Programm [P.1] durchgeführt (Anlage A 1). (Da [P.1] alle Lasten mit dem Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_F = 1,50$ belegt, wird in A 1 mit der charakteristischen Ersatzlast

$$q_k = 2,07 \text{ kN/m}^2 / 1,50 = 1,38 \text{ kN/m}^2$$

gerechnet.)

Für die Bemessung der Befestigung des Trapezblechs ist die Lastkombination *abhebende Last* nachzuweisen.

Die maßgebende Belastung ist:

Wind:	Staudruck	$q = 0,80 \text{ kN/m}^2$
	Eckbereich	$c_{pe} = -3,20 \quad w = -3,20 * 0,80 = -2,56 \text{ kN/m}^2$
	Randbereich	$c_{pe} = -1,80 \quad w = -1,80 * 0,80 = -1,44 \text{ kN/m}^2$
	Normalbereich	$c_{pe} = -0,80 \quad w = -0,80 * 0,80 = -0,64 \text{ kN/m}^2$
entlastend:	Eigengewicht	0,15 kN/m ²
	Dichtung, Dämmung	<u>0,25 kN/m²</u>
	Summe:	g = 0,40 kN/m²

Resultierende Last nach DIN 18807 Teil 3 [3.5], Abs. 3.1.4:

$$q_k = w + 0,9 * g$$

Die Bemessung wird mit dem Programm [P.1] durchgeführt (Anlage A 2).

Aus den dort ermittelten erforderlichen Schraubenanzahlen pro Trapezrippe ergeben sich **insgesamt 921 Schrauben**.

4.2.4.2 Bemessung nach der neuen Norm

Für die Bemessung des Trapezblechs werden die Lastkombinationen *Auflast* und *abhebende Last* untersucht.

Ermittlung der Bemessungswerte für die Lastkombinationen *Auflast*:

ständige Einwirkungen
wie vorher

$$g = 0,70 \text{ kN/m}^2$$

veränderliche Einwirkungen

nach [1.3], Tabelle 2 für nicht begehbare Dächer mit Dachneigung $\leq 20^\circ$:

$$q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

(Die Nutzlast ist nach [1.3] auf der gesamten Dachfläche alternativ zur Schneelast anzusetzen, siehe auch Schlußbemerkung.) Sofern die Nutzlast nur als Überlast bereichsweise zu berücksichtigen wäre, würden die nach neuer Norm günstigeren Sockelwerte standortabhängig zu wirtschaftlicheren Bemessungswerten führen können.

Schneelast

nach [4.3], Anlage 3:

Für $Z=1$ und $H_s \leq 400$ m gilt der Mindestwert $s_k = 0,65 \text{ kN/m}^2$.

Formbeiwert nach [1.5], Bild 8: $\mu_1 = 0,8$

$$s = 0,8 * 0,65 = 0,52 \text{ kN/m}^2$$

Windlast

(Bei Flachdächern ist im Bereich I auch Druck ($c_{pe} = +0,2$) anzusetzen. Wegen des zusätzlich immer zu berücksichtigenden Innendrucks ist die Windeinwirkung auch bei den Grundkombinationen für die Auflast mit dem ungünstigeren Wert der Bereiche H und I anzusetzen.)

Geschwindigkeitsdruck für Windzone 1, Geländekategorie II, $z = h = 17,05$ m:

$$q = 0,77 \text{ kN/m}^2$$

bzw. nach der vereinfachten Annahme [1.4], Tabelle 2:

$$q = 0,70 \text{ kN/m}^2.$$

Angesetzt wird der günstigere Wert:

$$q = 0,70 \text{ kN/m}^2$$

Für die Bemessung der Stahltrapezbleche gilt [3.5] Abs. 3.1.4:

“Die nach den technischen Baubestimmungen anzusetzenden zusätzlichen Windlasten im Bereich der Schnittkanten von Dächern und Wänden müssen nur beim Nachweis für die Tragfähigkeit der Verbindungen berücksichtigt werden. ...”

Daher wird für die Trapezblechbemessung nur die Windlast des Bereichs H oder I angesetzt.

Druck: $c_{pe} = +0,2$

Sog: $c_{pe} = -0,7$

Außerdem ist Innendruck bzw. –sog nach [1.4] Abs. 12.1.7 anzusetzen:

Innendruck $c_{pi} = +0,2$

Innensog $c_{pi} = -0,3$

Für die maximale andrückende Windlast ergibt sich damit

$$w = (0,2 + 0,3) * 0,70 = 0,35 \text{ kN/m}^2$$

Die Grundkombinationen für den Grenzzustand der Tragfähigkeit unter Berücksichtigung von DIN 1055-100 sind:

1. Nutzlast ist vorherrschend:

$$q_{d,1}^T = 1,35 * 0,70 + 1,5 * (0,75 + 0,6 * 0,35) = 2,39 \text{ kN/m}^2$$

2. Wind ist vorherrschend, Nutzlast ist untergeordnet: (Der Kombinationsbeiwert für die Nutzlast ist nach [1.6] Tabelle A.2 $\Psi_0 = 0$)

$$q_{d,2}^T = 1,35 * 0,70 + 1,5 * (0 * 0,75 + 0,35) = 1,47 \text{ kN/m}^2$$

3. Wind ist vorherrschend, Schnee ist untergeordnet:

$$q_{d,3}^T = 1,35 * 0,70 + 1,5 * (0,5 * 0,52 + 0,35) = 1,86 \text{ kN/m}^2$$

4. Schnee ist vorherrschend, Wind ist untergeordnet:

$$q_{d,4}^T = 1,35 * 0,70 + 1,5 * (0,52 + 0,6*0,35) = 2,04 \text{ kN/m}^2$$

Maßgebend als maximale Belastung ist die Kombination $q_{d,1}^T$, in der die Nutzlast vorherrschend angenommen wird.

Für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ergibt sich

$$q_{d,1}^G = 0,70 + 0,75 + 0,6*0,35 = 1,66 \text{ kN/m}^2$$

Ermittlung der Bemessungswerte für die Lastkombinationen *abhebende Last*:

ständige Einwirkungen

wie vorher

$$g = 0,70 \text{ kN/m}^2$$

veränderliche Einwirkung

(Vorwerte s.o., außen Sog, innen Druck)

$$w = (-0,7 - 0,2) * 0,70 = -0,63 \text{ kN/m}^2$$

Grundkombination für den Grenzzustand der Tragfähigkeit:

$$q_{d,4}^T = 1,0 * 0,70 + 1,5 * (-0,63) = -0,25 \text{ kN/m}^2$$

Diese Bemessungslast ist betragsmäßig wesentlich kleiner als die Auflast. Sie wird deshalb bei der Trapezblechbemessung nicht weiter untersucht.

Die Bemessung erfolgt durch einen Vergleich mit den Ergebnissen aus Anlage A 1.

Die Durchbiegung des Einfeldträgers System 1 im Grenzzustand wird jetzt:

$$f = 1,66 / 1,38 * 1,73 \text{ cm} = 2,08 \text{ cm (entspricht 1 / 288 der Stützweite).}$$

Zulässig ist $L / 300 = 2,00 \text{ cm}$. Die Überschreitung um 4 % kann noch hingenommen werden.

Die Mehrfeldsysteme 2 und 3 haben deutlich kleinere Durchbiegungen.

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit beträgt die Lasterhöhung $2,39 / 2,07 = 1,15$.

Feldmomente, Stützmomente und Auflagerkräfte aller drei Systeme in Anlage A 1 haben ersichtlich größere Reserven, so dass die gewählten Trapezprofile auch nach der neuen Norm noch ausreichen.

Für die Bemessung der Befestigung des Trapezblechs ist die Lastkombination *abhebende Last* nachzuweisen.

Es sind auch die Eck- und Randbereiche nach [2.2], Tabelle 11 bzw. die Bereiche F bis I nach [1.4], Bild 5 zu berücksichtigen.

Da der Wind aus allen vier Richtungen kommen kann, sind nach der neuen Norm an jedem Dachrand die Bereiche F, G und H anzusetzen. Betrachtet man für jeden Punkt des Dachs nur den ungünstigsten Wert, dann ergeben sich die maßgebenden Windlastbereiche in Bild 4.2-4.

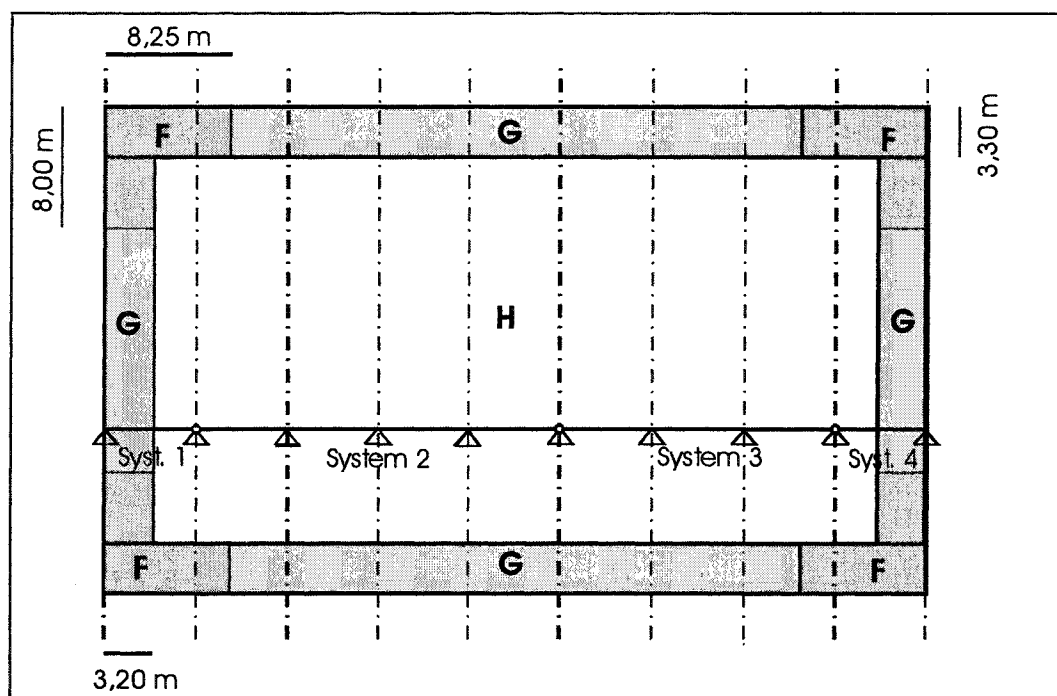


Bild 4.2-4: Windlastbereiche nach der neuen Norm

Die Größe der Außendruckbeiwerte c_{pe} hängt nach [1.4], Abs. 12.1.1 von der Lasteinzugsfläche A ab. In der Besprechung [4.1] wurde festgelegt, dass für flächige Bauteile die Breite aus der Elementgröße und die Länge aus dem Lasteinzug in Spannrichtung zu berechnen ist. Bei Trapezblechen ergibt sich die Breite aus einer Verlegeeinheit (im allgemeinen der dreifachen Rippenbreite).

Die Länge der Einzugsfläche einzelner Auflager kann bei Systemen mit unterschiedlichen Stützweiten oder abgestufter Belastung (z.B. Bild 4.2-5 Fall 2) genau erst nach der Schnittgrößenberechnung aus den Auflagerkräften durch Division durch die Flächenlast rückgerechnet werden. Da die Auflagerkräfte bei abgestufter Belastung vom Verhältnis der Lastgrößen und damit wieder von den Außendruckbeiwerten c_{pe} abhängen, ist genau genommen eine iterative Ermittlung erforderlich.

In der Praxis reicht es jedoch in der Regel aus, die Länge der Einzugsfläche mit der halben Länge der Felder links und rechts vom Auflager anzunehmen. A ergibt sich dann als Produkt der Tafelbreite und der Feldlänge (bzw. der halben Feldlänge am Endauflager).

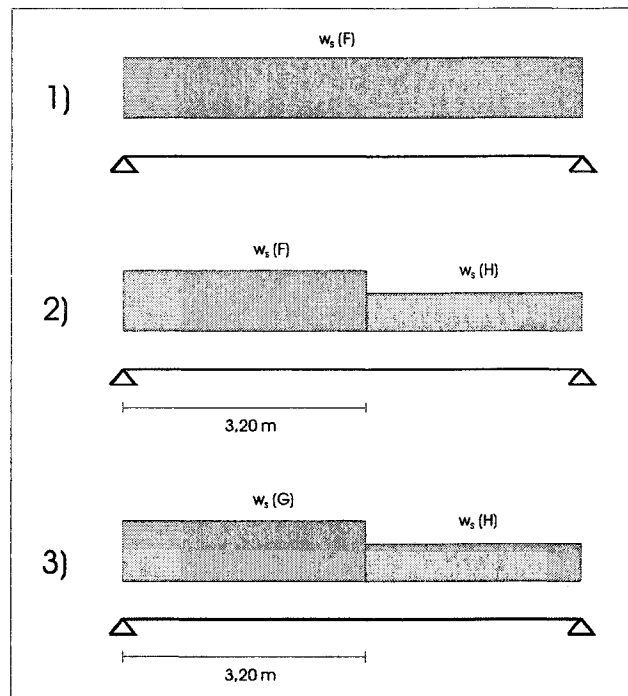


Bild 4.2-5: Soglastfälle am Beispiel System 1

In Tabelle 4.2-1 ist die Ermittlung der abhebenden Windeinwirkungen zusammengestellt. Zunächst werden die Außendruckbeiwerte $c_{pe,10}$ und $c_{pe,1}$ für den vorliegenden Fall mit Attika nach [1.4] Tabelle 5 ermittelt, dann werden die von den Lasteinzugsflächen abhängigen Beiwerte c_{pe} nach [1.4] Gleichung (14) für End- und Zwischenaufleger bestimmt. Mit dem Innendruckbeiwert $c_{pi} = 0,2$ und dem Geschwindigkeitsdruck $q = 0,70 \text{ kN/m}^2$ (s.o.) ergeben sich die charakteristischen Werte für die abhebenden Lasten.

	Windlastbereich	F		G		H	
		$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
Beiwerte nach Tab. 5 mit Attika	Tabellenwert für $h_p/h=0,05$	-1,40	-2,00	-0,90	-1,60	-0,70	-1,20
	Tabellenwert für $h_p/h=0,10$	-1,20	-1,80	-0,80	-1,40	-0,70	-1,20
	Interpolation für vorh. $h_p/h=0,08$	-1,28	-1,88	-0,84	-1,48	-0,70	-1,20

	Windlastbereich	F		G		H	
		Endaufl.	Zwischenaufl.	Endaufl.	Zwischenaufl.	Endaufl.	Zwischenaufl.
Lasteinzugsfläche:	Länge l [m]	3,00	6,00	3,00	6,00	3,00	6,00
	A = Länge * Tafelbreite	2,79	5,58	2,79	5,58	2,79	5,58
	c_{pe} nach Gl. (14) (Tafelbreite = 0,93 m)	-1,61	-1,43	-1,19	-1,00	-0,98	-0,83
resultierende Windlast [kN/m ²]	$(c_{pe}-0,2)*0,70$	-1,27	-1,14	-0,98	-0,84	-0,82	-0,72
ständige Last [kN/m ²]		0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Bemessungslast [kN/m ²]	$1,5 * \text{Wind} + 0,9 * \text{ständig}$	-1,54	-1,35	-1,10	-0,90	-0,88	-0,72

Tabelle 4.2-1: resultierende abhebende Lasten nach neuer Norm

Die Bemessungswerte werden für den Grenzzustand der Tragfähigkeit ermittelt. Dabei wird für die günstig wirkende ständige Last nach [1.6], Tabelle A.3 der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{G,inf} = 0,9$ angesetzt (Nachweiskriterium "Verlust der Lagesicherheit").

Die Anzahl der Schrauben wird mit diesen Lasten analog zu Anlage A 2 berechnet. Es werden **insgesamt 910 Schrauben** benötigt.

4.2.4.3 Vergleich der Ergebnisse

Die Auflast wird nach der neuen Norm größer als nach der derzeitigen, weil für das Flachdach Winddruck und Innensog anzusetzen ist. Die günstige Wirkung der geringer werdenden Schneelast kann wegen der alternativ anzusetzenden Nutzlast zur Zeit nicht ausgenutzt werden. Das Trapezblech, das nach der gültigen Norm noch deutliche Tragreserven hatte, reicht dadurch jetzt nur noch knapp aus.

Die abhebende Last wird insgesamt kleiner. Ursachen sind der geringere Staudruck ($0,70 \text{ kN/m}^2$ nach der neuen statt $0,80 \text{ kN/m}^2$ nach der gültigen Norm) und die in den Rand- und Eckbereichen kleineren Sogbeiwerte sowie die schmäleren Randbereiche ($3,30 \text{ m}$ statt bisher $4,00 \text{ m}$). Das führt zu einer etwas geringeren Anzahl an erforderlichen Befestigungsmitteln (910 statt 921 Stück). Nach rein statischer Erfordernis ist die Verringerung größer, jedoch verhindern konstruktive Bedingungen (z.B. Mindestbefestigung in jeder 2. Rippe) eine weitergehende Einsparung von Schrauben.

4.2.5 Bemessung der Wandverkleidung

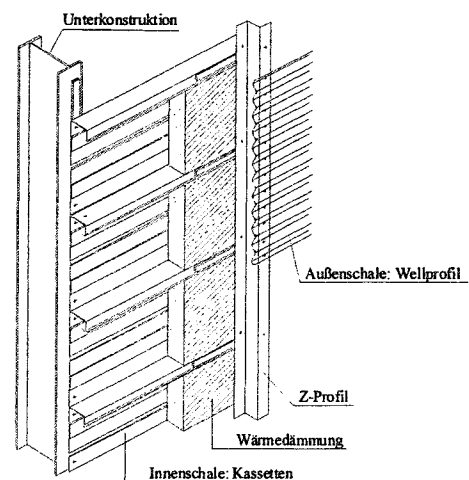


Bild 4.2-6: Montage der Kassetten-Innenschale

Die Wand ist von außen nach innen folgendermaßen aufgebaut:

Außenschale: horizontal gespanntes Aluminium-Wellprofil Montana SP 42 Al / $t = 0,70 \text{ mm}$

Distanzprofile: vertikal gespannte Stahl-Z-Profile Z 30/30/30/ $t=2,50 \text{ mm}$ / $f_{y,k} = 240 \text{ N/mm}^2$, im Abstand $0,70 \text{ m}$. In den Eckbereichen wird der Abstand halbiert.



Innenschale: horizontal gespannte Kassettenprofile Hoesch 120/600 als Dreifeldträger, Nennblechdicke in Höhe über 8 m: 0,88 mm, unter 8 m: 0,75 mm

Unterkonstruktion: Stahlstützen mit Flanschdicke 8,0 mm im Abstand 6,00 m.

Die Wandelemente sind wie folgt aneinander befestigt:

Außenschale an Distanzprofile: 1 AVEX-Blindniet 4.8 in jedem Wellental an jedem Distanzprofil

Distanzprofile an Innenschale: 1 Bohrschraube SFS SPEDEC SX3-S19-5.5 an jedem 2. Kassettengurt

Innenschale an Unterkonstruktion: 4 Bohrschrauben Teks 5-5,5 je Kasette und Auflager

4.2.5.1 Nachweise nach der gültigen Norm

In Tabelle 4.2-2 sind die Windlasten zusammengestellt, die sich nach [2.2] für Profile und Befestigungen ergeben. Zu Grunde liegende Staudrücke sind 0,80 kN/m² in Höhen über 8 m und 0,50 kN/m² darunter.

Außen- und Innenschale brauchen nach der Stahltrapezblech-Norm [3.5] Abs. 3.1.4 und Änderung 18807-3/A1 nicht für die zusätzlichen Windlasten im Bereich der Schnittkanten bemessen zu werden (siehe auch Kapitel 4.2.4.1). Teilweise sind die Bauteile aus konstruktiven Gründen unter und über 8 m gleich ausgeführt. Dann steht in der Tabelle "wie über 8 m".

		Druck			Sog Normalbereich			Sog Eckbereiche		
		Beiwert	über 8 m	bis 8 m	Beiwert	über 8 m	bis 8 m	Beiwert	über 8 m	bis 8 m
Profil- bemessung	Außen- schale	1,25 ¹⁾ *0,80 = 1,0	+0,80	wie über 8 m	-0,7	-0,56	wie über 8 m	wie im Normalbereich		
	Distanz- profil	1,25 ¹⁾ *0,80 = 1,0	+0,80	wie über 8 m	-0,7	-0,56	wie über 8 m	-2,0	-1,60	wie über 8 m
	Innen- schale	0,80	+0,64	+0,40	-0,7	-0,56	-0,35	wie im Normalbereich		
Befestigung	Außen- schale	nicht nachzuweisen			-0,7	-0,56	-0,35	-2,00	-1,60	-1,00
	Distanz- profil				-0,7	-0,56	-0,35	-2,00	-1,60	-1,00
	Innen- schale				-0,7	-0,56	-0,35	-2,00	-1,60	-1,00

¹⁾ 25 % Erhöhung nach [2.2] Abs. 5.2.2

Tabelle 4.2-2: Windlasten nach der gültigen Norm [kN/m²]

Die Eckbereiche sind 2,00 m breit. Bezogen auf die abgewickelte Länge aller vier Seiten beträgt ihr prozentualer Flächenanteil $4 * 2 * 2,00 / (2 * 32,00 + 2 * 54,00) = 9,3 \%$.

Die Bemessung wird mit dem Programm [P.1] durchgeführt (Anlage A 3).

In den Tragfähigkeiten der Profile von Außen- und Innenschale und Distanzkonstruktion bestehen große Reserven. Maßgebend für die Wahl der Blechdicken sind die aufnehmbaren Zugkräfte der Befestigungsmittel, die von den Dicken der zu verbindenden Bauteile abhängen.

Für die Ausnutzung der Befestigungsmittel ergeben sich die Werte nach Tabelle 4.2-3.

Höhe	Eckbereiche		Normalbereich	
	über 8 m	bis 8 m	über 8 m	bis 8 m
Außenschale an Distanzprofile	100 %	60 %	69 %	40 %
Distanzprofile an Innenschale	90 %	56 %	63 %	39 %
Innenschale an Unterkonstruktion	Endaufl.: 64 % 1. Innenaufll.: 98 %	Endaufl.: 56 % 1. Innenaufll.: 89 %	88 %	79 %

Tabelle 4.2-3: Befestigungsmittel-Ausnutzung nach gültiger Norm

4.2.5.2 Belastung nach der neuen Norm

Die Eckbereiche mit erhöhtem Windsog sind nach E DIN 1055-4 erheblich breiter als bisher (Bild 4.2-7, Zonen A und B). Für die Gebäudeseiten ergeben sich, abhängig von den Windrichtungen unterschiedliche Breiten für die Bereiche, in denen erhöhte Sogbeiwerte zu berücksichtigen sind. Bezogen auf die abgewinkelte Länge aller vier Seiten nimmt Zone A ($2 * 2 * 7,12 + 2 * 2 * 6,40$) / ($2 * 32,00 + 2 * 54,00$) = 31 % der Wandfläche ein. Im vorliegenden Beispiel umfasst Zone B die gesamte restliche Wandfläche.

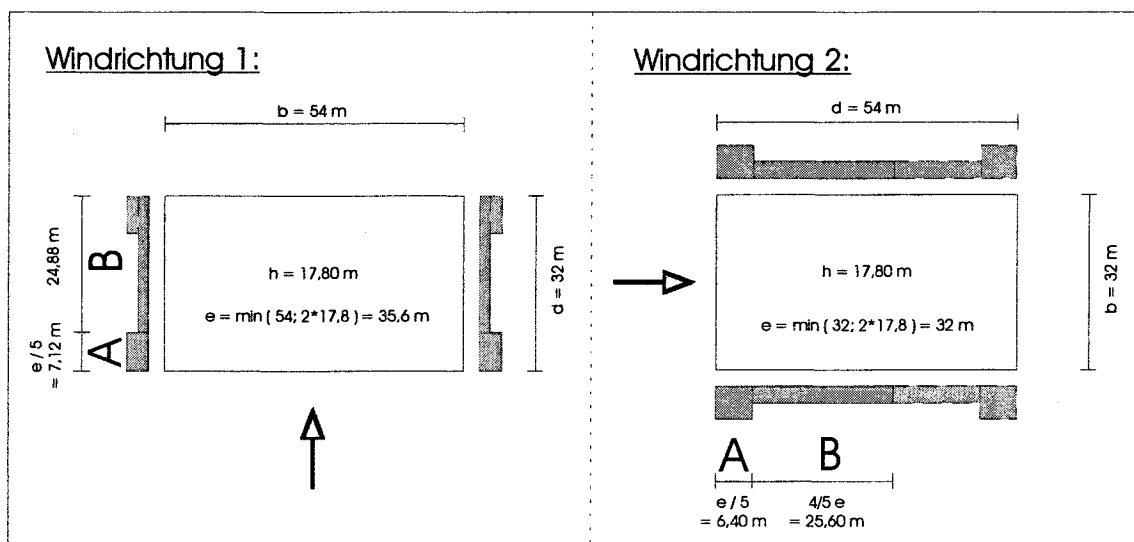


Bild 4.2-7: Einteilung der Wandflächen in Windbereiche

In Tabelle 4.2-4 sind die charakteristischen Werte der Windeinwirkungen zusammengestellt, die sich nach [1.4] für Profile und Befestigungen ergeben.

Folgende Werte liegen zu Grunde:

- Geschwindigkeitsdruck für Windzone 1, Geländekategorie II, $z = h = 17,80$ m:
nach der höhenabhängigen Formel: $q = 0,77 \text{ kN/m}^2$
nach der vereinfachten Annahme Tabelle 2: $q = 0,70 \text{ kN/m}^2$
gewählt: $q = 0,70 \text{ kN/m}^2$
- Erhöhung des Außendrucks um 10 % nach [1.4] Abs. 8 Satz (8).
- Abmessungsverhältnis $d/h = 1,8$ zur Interpolation der Außendruckbeiwerte nach [1.4] Tab. 4
- Innendruckbeiwerte $c_{pi} = +0,2/-0,3$ nach [1.4] Abs. 12.1.7 Satz (7)

Daraus ergibt sich:

für Druck: $q_D = (1,1 * c_{pe} + 0,3) * 0,70$ [kN/m²]
 für Sog: $q_S = (1,1 * c_{pe} - 0,2) * 0,70$ [kN/m²]

Außen- und Innenschale werden wie bei der gültigen Norm nicht für die zusätzlichen Windlasten im Bereich der Schnittkanten bemessen.

		Druck		Sog Bereich Zone B		Sog Bereich Zone A	
		Beiwert c_{pe}	Winddruck q_D	Beiwert c_{pe}	Windsog q_S	Beiwert c_{pe}	Windsog q_S
Profil- bemessung	Außen- schale	0,8 (Zone D)	$(1,1*0,8+0,3) * 0,70 = +0,83$	-0,5 (Zone C,E)	$(-1,1*0,5-0,2) * 0,70 = -0,53$	wie in Zone B	
	Distanz- profil	0,8 (Zone D)	$(1,1*0,8+0,3) * 0,70 = +0,83$	-1,0 (c_{pe1} , Zone B)	$(-1,1*1,0-0,2) * 0,70 = -0,91$	-1,88 (c_{pe1} , Zone A)	$(-1,1*1,88-0,2) * 0,70 = -1,59$
	Innen- schale	0,8 (Zone D)	$(1,1*0,8+0,3) * 0,70 = +0,83$	-0,5 (Zone C,E)	$(-1,1*0,5-0,2) * 0,70 = -0,53$	wie in Zone B	
Befestigung	Außen- schale	nicht nachzuweisen		-1,0 (c_{pe1} , Zone B)	$(-1,1*1,0-0,2) * 0,70 = -0,91$	-1,88 (c_{pe1} , Zone A)	$(-1,1*1,88-0,2) * 0,70 = -1,59$
	Distanz- profil			-1,0 (c_{pe1} , Zone B)	$(-1,1*1,0-0,2) * 0,70 = -0,91$	-1,88 (c_{pe1} , Zone A)	$(-1,1*1,88-0,2) * 0,70 = -1,59$
	Innen- schale			-0,8 (c_{pe10} , Zone B)	$(-1,1*0,8-0,2) * 0,70 = -0,76$	-1,6 (c_{pe10} , Zone A)	$(-1,1*1,6-0,2) * 0,70 = -1,37$

Tabelle 4.2-4: Windlasten nach der neuen Norm [kN/m²]

4.2.5.3 Vergleich der Belastungen und Neubemessung

In Tabelle 4.2-5 sind die Windlasten und deren Zuwächse für die Profile nach gültiger und neuer Norm aus Tabelle 4.2-2 und Tabelle 4.2-4 einander gegenübergestellt.

		Druck			Sog		
		gültige Norm	neue Norm	Zuwachs	gültige Norm	neue Norm	Zuwachs
Außen- schale		0,80	0,83	+4 %	-0,56	-0,53	-5 %
Distanz- profile	Normalbereiche	0,80	0,83	+4 %	-0,56	-0,91	+63 %
	Eckbereich				-1,60	-1,59	-1 %
Innen- schale	über 8 m	0,64	0,83	+30 %	-0,56	-0,53	-5 %
	bis 8 m	0,40		+108 %	-0,35		+51 %

Tabelle 4.2-5: charakteristische Windlasten der Profile [kN/m²]

Der Vergleich mit der gültigen Norm zeigt, dass die Belastung in einigen Fällen deutlich größer wird. Die vorhandenen Reserven in der Außenschale und den Distanzprofilen können die Zusatzbelastung jedoch aufnehmen. (Außenschale und Distanzprofile waren unter- und oberhalb 8 m gleich bemessen. Daher ist hier nur der Bereich über 8 m aufgeführt.)

Die Kassetten-Innenschale muss auf der ganzen Gebäudehöhe mit der Blechdicke 0,88 mm ausgeführt werden. (Nach der gültigen Norm waren unterhalb von 8 m 0,75 mm ausreichend.)

Die Erhöhung der Windlasten rührt zum größten Teil vom Innendruck her, der nach der Besprechung [4.1] immer anzusetzen ist. Zusätzlich wirkt sich bei der Innenschale aus, dass die Abstufung des Staudrucks bei Höhe 8 m entfällt.

In Tabelle 4.2-6 sind die Windlasten für die Befestigungen nach gültiger und neuer Norm aus Tabelle 4.2-2 und Tabelle 4.2-4 einander gegenübergestellt.

Befestigung der ...		Sog Normalbereich			Sog Eckbereiche		
		gültige Norm	neue Norm	Zuwachs	gültige Norm	neue Norm	Zuwachs
Außen- schale	über 8 m	-0,56	-0,91	+63 %	-1,60	-1,59	-1 %
	bis 8 m	-0,35		+160 %	-1,00		+59 %
Distanz- profile	über 8 m	-0,56	-0,91	+63 %	-1,60	-1,59	-1 %
	bis 8 m	-0,35		+160 %	-1,00		+59 %
Innen- schale	über 8 m	-0,56	-0,76	+36 %	-1,60	-1,37	-14 %
	bis 8 m	-0,35		+117 %	-1,00		+37 %

Tabelle 4.2-6: charakteristische Windlasten der Befestigungsmittel [kN/m²]

Die hier auftretenden starken Zunahmen können von den gewählten Befestigungen der Außenschale und Distanzprofile nicht aufgenommen werden.

Mögliche Maßnahmen:

Eine sinnvolle Verstärkungsmaßnahme wäre, die Abstände der Distanzprofile von 0,35 m in den Eckbereichen und 0,70 m in den Normalbereichen zu verringern. Eine Nebenrechnung ergab den zulässigen Abstand 0,62 m in den Bereichen B. Konstruktiv könnte der Abstand auf 0,30 m in den Eckbereichen A und auf 0,60 m im übrigen Wandbereich gesetzt werden.

Die Anschlusskräfte der Innenschale an die Unterkonstruktion werden nicht über Einzugsflächen, sondern aus den dreifeldrig durchlaufenden Innenschalensystemen berechnet. Wegen der viel größeren Breite der Eckbereiche gegenüber der gültigen Norm vergrößert sich die Kraft an der ersten Innenstütze wesentlich. Die Tragfähigkeit der hier angeordneten 4 Bohrschrauben wird um 70 % überschritten. Anstelle von 4 Schrauben müssen 6 Schrauben höherer Tragfähigkeit (z.B. spedec SD 10 – H15 – 5,5) auf der gesamten Wandhöhe verwendet werden.

4.2.6 Bemessung der Tragkonstruktion

Die Tragkonstruktion aus Riegeln, Pendelstützen und Verbänden wurde als räumliches Stabwerk nach Theorie II. Ordnung mit dem Programm [P.3] gerechnet (Bild 4.2-8).

Die Eingabedatei wurde uns freundlicherweise vom Aufsteller der Statischen Berechnung zur Verfügung gestellt. Nach einigen – für die Bemessung unerheblichen – Korrekturen wurde das System zunächst noch einmal mit dem Lastansatz nach den gültigen Normen berechnet. Dafür wurden 10 Lastkombinationen untersucht.

Die Untersuchung wird hier nur kurz zusammengefasst, da das Thema Tragkonstruktionen im Kapitel 4.1 bereits ausführlich behandelt wurde.

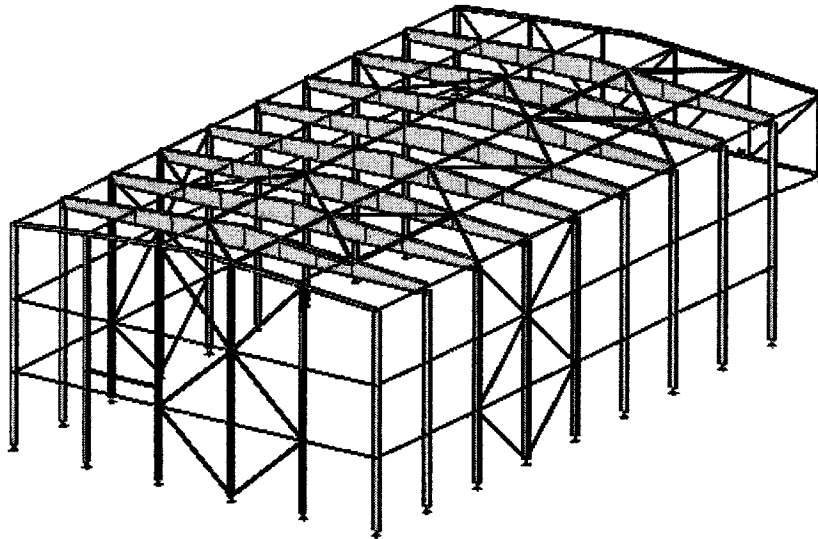


Bild 4.2-8: Tragsystem als räumliches Stabwerk

4.2.6.1 Bemessung nach der neuen Norm

Eigengewicht, ständige Lasten:
unverändert ggü. der Ursprungsstatik

Windlast:
entsprechend dem Standort in Windzone 1, Geländekategorie II;
keine Berücksichtigung des Innendrucks auf die Tragkonstruktion, da er sich in der resultierenden Horizontalkraft aufhebt;
keine Berücksichtigung der Randsogbereiche (Zonen A und B) auf den Wänden, da sie sich in der resultierenden Horizontalkraft aufheben;
keine Entlastung durch Dachsog (analog zur Ursprungsstatik).

Geschwindigkeitsdruck nach E DIN 1055-4, vereinfachte Annahme nach Tabelle 2:

$$q = 0,70 \text{ kN/m}^2$$

Beiwerte für Wind in Längsrichtung ($d/h = 3,0$):

Druck, Zone D:	$C_{pe,10} = +0,75$
Sog, Zone C = Zone E:	$C_{pe,10} = -0,50$

Beiwerte für Wind in Querrichtung ($d/h = 1,78$):

Druck, Zone D:	$C_{pe,10} = +0,78$
Sog, Zone C = Zone E:	$C_{pe,10} = -0,50$

Schneelast: (s. Kapitel 4.2.4.1)

$$s = \mu_1 * s_k = 0,80 * 0,65 = 0,52 \text{ kN/m}^2$$

Anhäufungen durch Verwehung an der umlaufenden Attika werden nicht angesetzt, da ihr Anteil an der Gesamtbelastung der Tragkonstruktion sehr gering ist.

Nutzlast auf dem nicht begehbaren Dach:

DIN 1055-3, Tabelle 2 (Kategorie H):

$$q = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

Überlagerung mit Schnee ist nicht erforderlich, siehe auch Kapitel 4.2.4.2.

Imperfektionen:

Vorkrümmungen und Schiefstellungen nach DIN 18800 wie in der Ursprungsstatik.

Grundkombinationen

nach DIN 1055-100, Anhang A.4 ("Vereinfachte Kombinationsregeln für Hochbauten"), Absatz (6):

$$E_d = \gamma_G * E_{Gk} + 1,50 * E_{Q,unf} \text{ mit } \gamma_G = 1,35,$$

wobei

$$E_{Q,unf} = E_{Qk,1} + \Psi_{0,Q} * \sum_{i>1} E_{Qk,i}$$

1. Fall: Nutzlast vorherrschend:

Für Wind ist nach DIN 1055-100 Tabelle A.2 $\Psi_{0,Q} = 0,6$.

Die Kombination ist

$$1,35 * \text{Ständig} + 1,5 * \text{Nutzlast} + (1,5 * 0,6) * \text{Wind}.$$

2. Fall: Wind vorherrschend:

Für Nutzlast in Kategorie H ist nach DIN 1055-100 Tabelle A.2 $\Psi_{0,Q} = 0$.

Deshalb ist hier Schnee anzusetzen mit $\Psi_{0,Q} = 0,5$.

Die Kombination ist

$$1,35 * \text{Ständig} + 1,5 * \text{Wind} + (1,5 * 0,5) * \text{Schnee}.$$

Unter Berücksichtigung der verschiedenen Windrichtungen ergeben sich insgesamt 14 Lastkombinationen, die nach Theorie II. Ordnung berechnet werden. Anschließend werden für die ungünstigsten Schnittgrößen die Querschnitte nachgewiesen.

Ergebnisse

Die Spannungsnachweise ergeben Ausnutzungsgrade, die im allgemeinen etwas niedriger sind als nach der gültigen Norm.

Weniger ausgenutzt sind vor allem die Verbandsstäbe und die Stützen. Die Bemessungsschnittgrößen in den Riegeln bleiben fast gleich.

Ursache hierfür ist der Geschwindigkeitsdruck, der bei der hier vorliegenden Gebäudehöhe von knapp unter 20 m geringer wird als nach der gültigen Norm. Davon sind die Verbände und die aus Wind auf die Fassaden auf Biegung beanspruchten Stützen betroffen. Die Summe der Dachlasten und damit die Beanspruchung der Riegel ändert sich dagegen kaum.

Unter Beachtung der – zusätzlich zu den Spannungsnachweisen – zu führenden Stabilitätsnachweise lassen sich die Stützenprofile optimieren. Für die Regelstützen genügt jetzt ein IPE 450 statt vorher IPE 500 und für die Verbandsstützen (die vorher große Reserven hatten) ein HEA 300 statt vorher HEA 400.

4.2.7 Geänderter Standort: Stralsund (Mecklenburg-Vorpommern)

Es wird untersucht, wie sich die Bemessung ändern würde, wenn die Halle statt im Rheingau in Stralsund errichtet würde.

Lastparameter sind:

Geländehöhe:	12 m ü. NN
nach der gültigen Norm:	Schneelastzone III
nach der neuen Norm:	Schneezone Z = 3
	Windzone 3, Geländekategorie II

Die Lasten nach der gültigen Norm sind damit die gleichen wie im Rheingau.

Die Einwirkungen für die Dachbemessung werden: (s. Absatz 4.2.4.1)

<u>Nutzlast</u>	unverändert	$q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$
<u>Schneelast</u>	Mindestwert $s_k = 1,10 \text{ kN/m}^2$	$s = 0,8 * 1,10 = 0,88 \text{ kN/m}^2$
<u>Windlast</u>	Geschwindigkeitsdruck $q = 1,05 \text{ kN/m}^2$ maximale andrückende Windlast	$w = (0,2 + 0,3) * 1,05 = 0,53 \text{ kN/m}^2$

Im Gegensatz zum Standort Eitville ist jetzt also die Schneelast und nicht die Dach-Nutzlast maßgebend.

Grundkombinationen sind für den Grenzzustand der Tragfähigkeit:

1. Schneelast ist vorherrschend:

$$q_{d,1}^T = 1,35 * (0,15+0,25+0,30) + 1,5 * (0,88 + 0,6*0,53) = 2,74 \text{ kN/m}^2$$

2. Wind ist vorherrschend, Schnee ist untergeordnet:

$$q_{d,3}^T = 1,35 * (0,15+0,25+0,30) + 1,5 * (0,5*0,88 + 0,53) = 2,40 \text{ kN/m}^2$$

Maßgebend als maximale Belastung ist die Kombination $q_{d,1}^T$, in der die Schneelast vorherrschend angenommen wird.

Für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ergibt sich

$$q_{d,1}^G = 0,15+0,25+0,30 + 0,88 + 0,6*0,53 = 1,90 \text{ kN/m}^2$$

In den beiden Einfeldträgern an den Hallenenden treten unter den Einwirkungen nach der neuen Norm ($q_{d,1}^G$) jetzt 2,41 cm auf. Der zulässige Wert von 2,00 cm wird damit um 21 % überschritten, und die gewählte Ausführung ist so nicht mehr möglich. Allerdings ist die Anordnung von Einfeldträgern an den Hallenenden sehr ungünstig. Durch die Ausbildung von Durchlaufträgern bis in die Endfelder können die Verformungen auf unter 2,00 cm reduziert werden.

Die Tragfähigkeiten (Feld- und Stützmomente, Auflagerkräfte) sind unter $q_{d,1}^T$ zu maximal 71 % ausgenutzt. Das gewählte Trapezprofil kann daher – mit der beschriebenen Systemänderung – auch in Stralsund verwendet werden.

Die abhebenden Lasten für die Bemessung der Befestigung sind analog zu Tabelle 4.2-1 in Tabelle 4.2-7 zusammengestellt.

Windlastbereich		F		G		H	
		Endaufl.	Zwischenaufl.	Endaufl.	Zwischenaufl.	Endaufl.	Zwischenaufl.
	c_{pe}	-1,61	-1,43	-1,19	-1,00	-0,98	-0,83
resultierende Windlast [kN/m ²]	$(c_{pe}-0,2)*1,05$	-1,90	-1,71	-1,46	-1,26	-1,24	-1,08
ständige Last [kN/m ²]		0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Bemessungslast [kN/m ²]	$1,5 * \text{Wind} + 0,9 * \text{ständig}$	-2,49	-2,21	-1,83	-1,53	-1,50	-1,26

Tabelle 4.2-7: resultierende abhebende Lasten nach neuer Norm in Stralsund

Sie sind bis zu 75 % größer als im Rheingau. Die Erhöhung entspricht in etwa dem Mehrbedarf an Befestigungsmitteln, führt aber konstruktiv nicht zu Problemen.

Die **Ausbildung der zweischaligen Wand** ist für den Standort Stralsund nicht ohne weiteres umzusetzen. Die Beanspruchung für die Bemessung der Außen- und Innenschale und der Befestigung steigt um eine Größenordnung von 50 % an. Die höheren Beanspruchungen werden eine Anpassung der Konstruktion, wie z. B. andere Profile, zusätzliche Wandriegel mit vertikaler Spannrichtung der Kassetten bei Verzicht auf Distanzprofile oder vergleichbare Maßnahmen erfordern, um eine wirtschaftliche, optisch und bauphysikalisch gleichwertige Lösung zu erhalten. Die mögliche Ausführung bestimmt der Markt. Sie wird an dieser Stelle nicht weiter verfolgt.

Die Einfluß auf die **Tragkonstruktion** wird an diesem Beispiel nicht näher untersucht. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Erhöhung des Wind-Geschwindigkeitsdrucks um 50 % zu einem erhöhten Materialbedarf bei den Aussteifungsscheiben und insbesondere deren Diagonalen führt.

4.3 Referenzobjekt 3: Hochregallager und Logistikgebäude, Wiesbaden

4.3.1 Gegenstand der Untersuchung

Betrachtet wird ein Hochregallager mit angrenzendem Logistikgebäude.

Das Hochregallager ist eine Stahlkonstruktion mit Fassade aus Sandwichelementen, das Logistikgebäude ein Stahlbetonskelettbau mit einem Dach aus Spannbetonhohldielen.

Das Hochregallager ist 4,55 m höher als das Logistikgebäude.

Untersucht werden:

- Das Dach des Logistikgebäudes
Dabei wird besonders auf den Schneeeil infolge des Höhenversprungs zum Hochregallager eingegangen. Neben dem Standort Wiesbaden werden auch die Standorte Hannover, Görlitz, München und Villingen untersucht.
- Die Fassade des Hochregallagers
Bei der Bemessung nach der neuen Norm werden die Windzonen 1 bis 4, jeweils Geländekategorie II, untersucht.
- Das Aussteifungssystem des Hochregallagers
Die Bemessung nach der neuen Norm erfolgt für den Standort Wiesbaden.
Schwerpunkt der Untersuchung ist die Kombination der veränderlichen Lasten nach DIN 1055-100 [1.6].

4.3.2 Gebäudedaten

Abmessungen: Hochregallager B / L / H = 19,53 / 68,88 / 22,55 m
Logistikgebäude B / L / H = 72,70 / 45,60 / 18,00 m
Dachneigung: 2°

4.3.3 Lastparameter

Geländehöhe: 135 m ü. NN
nach der gültigen Norm: Schneelastzone II
nach der neuen Norm: Schneezone Z = 2
Windzone 1, Geländekategorie II

4.3.4 Bemessung der Dacheindeckung des Logistikgebäudes

gewählte Ausführung: Spannbetonhohldielen Brespa CF265, F90

Stützweite	l	= 11,40 m
Eigengewicht	g	= 4,95 kN/m ²
zulässige Beanspruchungen:	zul M _y	= 114 kNm/m
	zul Q	= 68,8 kN/m

4.3.4.1 Bemessung nach der gültigen Norm

Nach den derzeit gültigen Vorschriften und Erläuterungen ist eine Regelung für den Ansatz von Schneeanhäufungen nur für die Schneezonen I bis III mit $s_0 \leq 0,75 \text{ kN/m}^2$ vorgesehen.

Für das untersuchte Bauwerk ergibt sich danach, bei einer maximalen Schneehöhe von 2,0 m und einer Oberflächenneigung gegen die Dachfläche von 20°, eine Schneeeillänge von 4,46 m. Die anzusetzende Schneelast im Bereich des Versprungs beträgt 4,0 kN/m² (siehe Mitteilungsblatt [2.4]).

Aus Eigengewicht und Schnee ergeben sich für die Schneezonen I bis III die maßgebenden Schnittgrößen, die in Tabelle 4.3-1 den zulässigen Werten für die gewählten Spannbetonhohl- dielen gegenübergestellt sind.

Schneezone	I	II	III
My [kNm/m] (zul M = 114kNm/m)	98,06	98,06	98,06
Q [kN/m] (zul Q = 68,8kN/m)	38,79	38,79	38,79

Tabelle 4.3-1: Schnittgrößen nach der gültigen Norm

Es ist ersichtlich, dass noch Reserven vorhanden sind.

4.3.4.2 Bemessung nach der neuen Norm

Zwischen dem Hochregallager und dem Logistikgebäude ist ein Höhenversprung von ca. 4,50 m vorhanden. Gemäß E DIN 1055-5 Abs.3.2.7 ist in diesem Bereich eine Schneeanhäufung zu berücksichtigen. Die Grundlagen für den Schneelastansatz wurden aus dem amtlichen Gutachten des Deutschen Wetterdienstes [4.3] entnommen. Neben dem Standort Wiesbaden wurden auch die Standorte Hannover, Görlitz, München und Villingen untersucht.

In der Tabelle 4.3-2 sind für die untersuchten Standorte die charakteristischen Schneelasten (Bodenwerte) gemäß dem DWD – Gutachten [4.3] angegeben.

Standort	Wiesbaden	Hannover	Görlitz	München - Riem	Villingen
Meereshöhe Hs [m ü. NN]	135,0	57	230	527,0	700,0
Schneezone Z	1	2	3	2	2
Schneelast s _k	0,65	0,85	1,10	1,72	2,58

Tabelle 4.3-2: charakteristische Schneelasten s_k [kN/m²]

Nach der überarbeiteten Schneekarte gelten für die Standorte Wiesbaden, Hannover und Görlitz die Sockelwerte für die Schneezonen 1 bis 3. Die Schneelast für die Standorte München und Villingen wurden mit der folgenden vom DWD überarbeiteten Höhenformel ermittelt.

$$s_k = 0,06043 \times (Z+2,13137) + (Z-0,09265) \times [(H_s+140)/760]^2$$

Nach E DIN1055-5 sind die Bodenwerte der charakteristischen Schneelasten mit den Formbeiwerten μ_i in Abhängigkeit von der Dachform auf die Dachfläche umzurechnen. Für die Schneeanhäufung bei Höhenversprüngen sind nach Abs. 3.2.7 zusätzlich die Schneelasten und Formbeiwerte nach Bild 4.3-1 zu berücksichtigen.

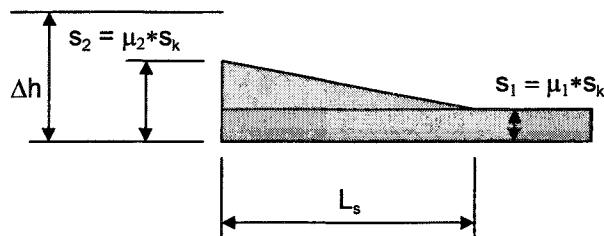


Bild 4.3-1

Die anzusetzende Länge des Verwehungskeils L_s beträgt $2 \times \Delta h$, mit der Begrenzung $5,0 \text{ m} \leq L_s \leq 15,0 \text{ m}$. Bei einem Höhenversprung von 4,50 m ergibt sich damit eine Schneekelllänge von 9,0 m.

Für die Formbeiwerte gilt:

$$\begin{aligned} \mu_1 &= 0,8 \\ \mu_2 &= \mu_s + \mu_w \quad \text{mit } 0,8 \leq \mu_2 \leq 4,0 \end{aligned}$$

Der Formbeiwert μ_s gilt für die von dem oberen Dach abrutschende Schneelast. Da die Dachneigung im vorliegenden Beispiel kleiner als 15° ist, kann dieser Anteil entfallen ($\mu_s = 0$).

Der Formbeiwert μ_w für die Schneelast aus Verwehung wird nach [1.5] Gl. (4) in Abhängigkeit von den Gebäudeabmessungen bestimmt, dabei ist der Grenzwert nach Gl. (5) einzuhalten.

Für die untersuchten Standorte Wiesbaden, Hannover, Görlitz und München ist der obere Grenzwert für μ_2 (4,0) maßgebend. Für den Standort Villingen bzw. für alle Orte mit einer charakteristischen Schneelast $s_k > 2,25 \text{ kN/m}^2$ (bei gleicher Gebäudegeometrie) wird dagegen Gl. (5) als Grenzwert maßgebend. Für Villingen ist $\mu_2 = 3,49$, dies entspricht einer Schneeanhäufung, die bei einer Wichte des Schnees von $2,0 \text{ kN/m}^3$ bis zur Oberkante des Versprungs geht.

Damit ergeben sich die Schneelasten in Tabelle 4.3-3.

Standort	Wiesbaden	Hannover	Görlitz	München	Villingen
$s_1 = \mu_1 \cdot s_k$	0,52	0,68	0,88	1,38	2,06
$s_2 = \mu_2 \cdot s_k$	2,60	3,40	4,40	6,88	9,00
Schneehöhe am Versprung [m]	1,30	1,70	2,20	3,44	4,50

Tabelle 4.3-3: Schneebelastung für das Dach in $[\text{kN/m}^2]$

Aus Eigengewicht und Schnee ergeben sich für die Standorte die maßgebenden Schnittgrößen, die in Tabelle 4.3-1 den zulässigen Werten für die gewählten Spannbetonhohldielen gegenübergestellt sind.

Standort	Wiesbaden	Hannover	Görlitz	München	Villingen
Schneezone	1	2	3	2	2
M_y [kNm/m] (zul $M = 114 \text{ kNm/m}$)	101,63	108,19	116,41	136,98	156,94
Q [kN/m] (zul $Q = 68,8 \text{ kN/m}$)	38,08	41,11	44,90	54,32	62,94

Tabelle 4.3-4: Schnittgrößen nach der neuen Norm

4.3.4.3 Schlussfolgerungen

Die Gegenüberstellung zeigt, dass auch nach der neuen Norm für Schnee und unter Berücksichtigung der vom DWD überarbeiteten Schneezonenkarten für den Standort Wiesbaden keine wesentlichen Änderungen bei den Schnittgrößen auftreten. Für den Standort Hannover erhöht sich zwar das Bemessungsmoment um ca. 10%, die geplante Ausführung wäre hier jedoch weiterhin möglich. Erst für die Schneezone 3 (Görlitz) wäre im vorliegenden Fall das zulässige Moment geringfügig überschritten.

Für die Standorte München und Villingen bzw. für den süddeutschen Raum ist ein direkter Vergleich nicht möglich, da hier nach der gültigen Norm im Allgemeinen die Regelschneelast s_0 größer als $0,75 \text{ kN/m}^2$ ist und damit ein Lastansatz für den Schneekiel nach dem Mitteilungsblatt [2.4] nicht mehr möglich ist. Nach der derzeit gültigen Norm sind für diese Standorte vom Aufsteller der statischen Berechnung eigenverantwortlich Lastansätze zu wählen.

4.3.5 Bemessung der Fassade des Hochregallagers

gewählte Ausführung: horizontal gespannte Sandwichelemente mit 14 cm Bauteildicke, mikrolinierter Außendeckschicht und liniertes Innendeckschicht als Drei- und Vierfeldträger
Typ: ROMA PM140-St 0,60 0,50
Befestigungsmittel: Schrauben Typ EJOT-JZ3-6,3xL-E16

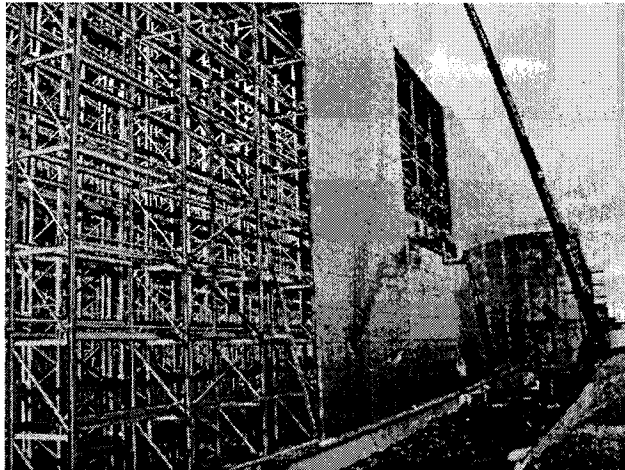


Bild 4.3-2: Montage der Sandwichelemente

In der Längswand sind 3 statische Systeme zu unterscheiden (System 1.1 bis 1.3, siehe Bild 4.3-3). Für die Bemessung sind dabei die System 1.2 und 1.3 maßgebend. Das System 1.1 ist nur nachzuweisen, wenn bei dem Windlastansatz nach E-DIN1055-5 die Anzahl der Befestigungsmittel optimiert werden soll.

In der Giebelwand ist nur ein statisches System zu untersuchen (System 2).

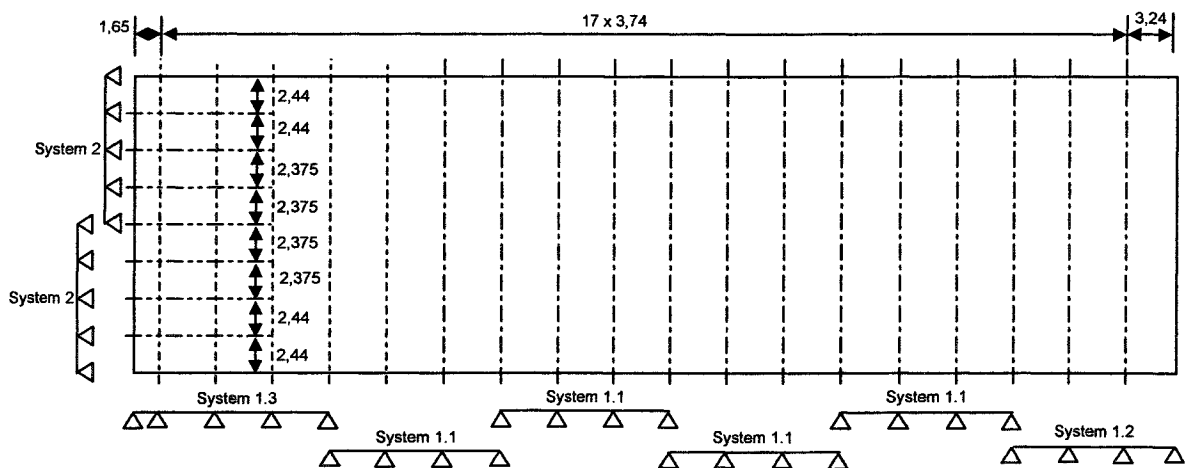


Bild 4.3-3: Grundriss mit Sandwichelement-Systemen

Die Berechnung wird mit dem Programm [P.4] durchgeführt.

4.3.5.1 Bemessung nach der gültigen Norm

Die Fassadenelemente werden aus konstruktiven Gründen über die gesamte Gebäudehöhe gleich ausgeführt, damit ist für die Bemessung der Elemente das oberste Element maßgebend, d.h. es wird der Staudruck von $H = 22,55$ m angesetzt.

Die Befestigungsmittel wurden zur Vereinfachung nur für das oberste Element nachgewiesen. Nach DIN 1055, Teil 4 hätte eine Abstufung für 8,0 m, 20,0 m und über 20,0 m erfolgen können.

Der Staudruck für 22,55 m beträgt $q = 1,10$ kN/m².

Als Druckbeiwert ist c_p mit 0,80, als Sogbeiwert mit -0,70 anzusetzen. Der Druckbeiwert wird zusätzlich um 25% für den Nachweis von Einzelbauteilen erhöht.

Die an den Schnittkanten von Wand- und Dachflächen auftretenden Sogspitzen werden entsprechend der Anlage A aus der Zulassungen für die Sandwichelemente nur für die Bemessung der Befestigungsmittel berücksichtigt. Die Breite des Wandbereiches mit den erhöhten Sogbeiwerten ($c_p = -2,0$) beträgt 2,0 m.

Nach der gültigen Norm für Windbelastungen kann das Hochregallager als geschlossen betrachtet werden. Damit ist kein Innendruck anzusetzen.

Als Temperaturlastfälle wurden nach Zulassung folgende Ansätze berücksichtigt:

- Im Sommer für den Gebrauchsfähigkeitsnachweis $\vartheta_{\text{außen}} = +65^\circ\text{C}$ $\vartheta_{\text{innen}} = -10^\circ\text{C}$
- Im Sommer für den Tragfähigkeitsnachweis $\vartheta_{\text{außen}} = +80^\circ\text{C}$ $\vartheta_{\text{innen}} = -10^\circ\text{C}$
- Im Winter $\vartheta_{\text{außen}} = -20^\circ\text{C}$ $\vartheta_{\text{innen}} = +20^\circ\text{C}$

Die Lastfallkombinationen wurden gemäß den Zulassungen für Sandwichelemente Anlage A, Abs. 7 angesetzt.

Damit ergeben sich für die gewählten Elemente (ROMA PM140-St 0,60 0,50, Farbgruppe 2) die Ausnutzungsgrade nach Tabelle 4.3-5.

Nachweis	System 1.1	System 1.2	System 1.3	System 2
Tragfähigkeitsnachweis der Zug- und Druckspannungen	36,6%	36,6%	36,6%	15,6%
Tragfähigkeitsnachweis der Schubspannungen	41,4%	41,4%	41,4%	27,0%
Tragfähigkeitsnachweis der Auflagerkräfte	76,1%	76,1%	76,1%	59,6%
Gebrauchsfähigkeitsnachweis der Zug- und Druckspannungen	101,9%	101,9%	101,9%	91,9%
Gebrauchsfähigkeitsnachweis der Schubspannungen	42,1%	42,3%	43,2%	38,1%
Gebrauchsfähigkeitsnachweis der Auflagerkräfte	65,6%	66,0%	73,7%	84,2%
Gebrauchsfähigkeitsnachweis der Verformungen	23,9%	23,9%	23,9%	15,3%

Tabelle 4.3-5: Ausnutzung der Sandwichelemente nach der gültigen Norm

Nach der zur Zeit gültigen Norm gelten die Ausnutzungsgrade unabhängig vom Standort für ganz Deutschland.

4.3.5.2 Bemessung nach der neuen Norm

Ermittlung der charakteristischen Werte der Einwirkungen:

Die Fassade wurde für die Windzonen 1 bis 4 nach [1.4] Anhang A nachgewiesen. Als Geländekategorie nach Anhang B wurde die Kategorie II angenommen.

Damit können die Geschwindigkeitsdrücke in den verschiedenen Windzonen nach Gl. (10) der Norm ermittelt werden. Als Bezugshöhe z_0 wurde die Gebäudehöhe zugrunde gelegt. Auf einen vereinfachten Ansatz der Geschwindigkeitsdrücke nach Tab.2 für niedrige Gebäude wurde verzichtet, da diese Werte über den Werten nach Gl.(10) liegen.

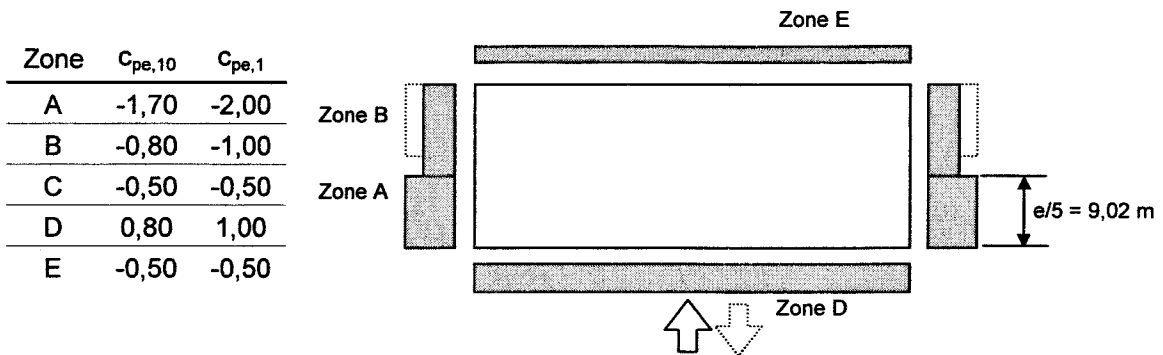
Gl. (10): $q(z) = 2,1 \times q_{ref} \times (z/10,0)^{0,24}$

Windzone	WZ1	WZ2	WZ3	WZ 4
q_{ref}	0,32	0,39	0,47	0,56
$q(22,55)$	0,82	1,00	1,20	1,43

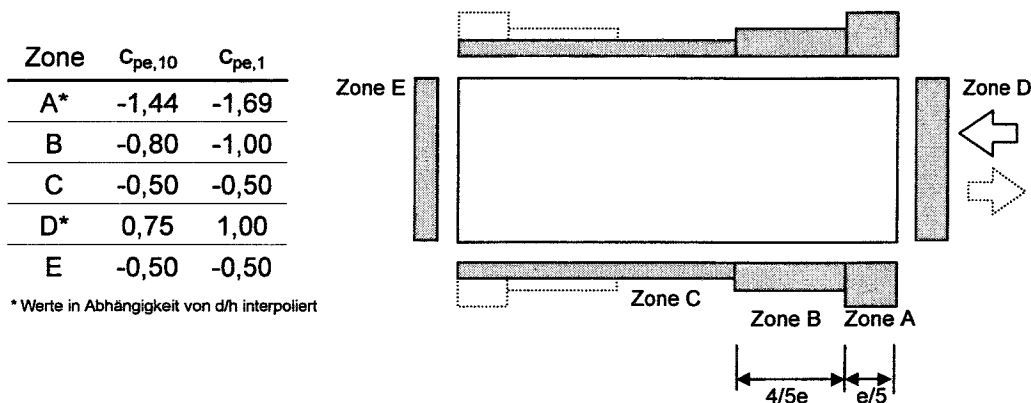
Tabelle 4.3-6: Geschwindigkeitsdrücke [kN/m²]

Nach [1.4], Abs. 12.1.1., Tab.4 sind für die Fassade folgende Außendruckbeiwerte anzusetzen:

LF1 Wind auf die Längswand mit $d/h = 19,53/22,55 = 0,87 < 1,0$ und $e = 2h = 45,10$ m



LF2 Wind auf die Giebelwand mit $d/h = 68,88/22,55 = 3,05$ und $e = b = 19,53$ m



Die c_{pe} -Werte für eine Lasteinzugsfläche < 10 m² sind nach Abs.12.1.1 für den Nachweis der Verankerungen von Bauteilen zu berücksichtigen. Dabei können die Werte für eine Lasteinzugsfläche zwischen 1 m² und 10 m² nach Gl.(14) ermittelt werden.

Gemäß den Bestimmungen der Zulassung für die Sandwichelemente werden die erhöhten Sogbeiwerte in den Zonen A und B nur für den Nachweis der Befestigungsmittel angesetzt. Für den Nachweis der Elemente werden für die beiden Lastfälle *Wind auf die Längswand* und *Wind auf die Giebelwand* die Sogbeiwerte aus den Zonen C und E zugrunde gelegt.

Die Außendruckbeiwerte werden für die Gebäudehüllen nach Abs. 8 (8) um 10% erhöht.

Nach [1.4] Abs. 12.1.7 und [4.1] werden als Mindestwerte für den Innendruck $c_{pi} = 0,20$ und $c_{pi} = -0,30$ berücksichtigt.

Die Einwirkungen aus Wind für die Fassade ergeben sich damit aus:

$$q_w = (1,10 \times c_{pe} + c_{pi}) \times q(z) \quad [\text{kN/m}^2]$$

Für die Systeme in der Längs- und Giebelwand gelten folgende maßgebende Einwirkungen:

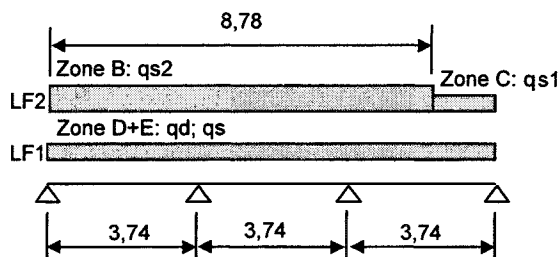
System 1.1

Lasteinzugsflächen

Elementbreite $b = 1,15 \text{ m}$

Endauflager $A_1 = 1,15 \times 3,74 / 2 = 2,15 \text{ m}^2$

Zwischenauf. $A_2 = 1,15 \times 3,74 = 4,30 \text{ m}^2$



Die Außendruckbeiwerte für die Verbindungsmittel werden in Abhängigkeit von der Lasteinzugsfläche nach Gl. (14) für den Lastfall 2 *Wind auf die Giebelwand* für die Zone B ermittelt. Für die Zonen C und E sind die $c_{pe,10}$ -Werte und die $c_{pe,1}$ -Werte gleich.

Zone	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,A1}$	$c_{pe,A2}$
B	-0,80	-1,00	-0,933	-0,873

Einwirkungen einschl. Innendruck [kN/m ²]	WZ1	WZ2	WZ3	WZ4	
LF 1 Wind auf die Längswand	$q_d = 0,96$	1,17	1,42	1,69	Zone D
	$q_s = -0,61$	-0,75	-0,90	-1,07	Zone E
LF 2 Wind auf die Giebelwand	$q_{s1} = -0,61$	-0,75	-0,90	-1,07	Zone C
für $z_e = h = 22,55 \text{ m}$	$q_{s2,A2} = -0,95$	-1,16	-1,39	-1,66	Zone B

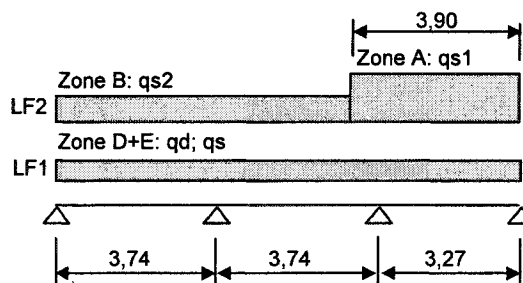
Da für das Sandwichelement bei allen Systemen der Nachweis über den Innenstützen maßgebend wird, wird bei der Ermittlung der erforderlichen Anzahl der Befestigungsmittel der c_{pe} -Wert, der sich aus der Lasteinzugsfläche für das maßgebende Zwischenaufleger ergibt, angesetzt.

System 1.2

Lasteinzugsflächen

Endauflager $A_1 \geq 1,15 \times 3,27 / 2 = 1,88 \text{ m}^2$

Zwischenauf. $A_2 \geq 1,15 \times (3,74 + 3,27) / 2 = 4,03 \text{ m}^2$



Für den Lastfall 2 *Wind auf die Giebelwand* ergeben sich nach Gl. (14) folgende c_{pe} -Werte:

Zone	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,A1}$	$c_{pe,A2}$
A	-1,44	-1,69	-1,621	-1,539
B	-0,80	-1,00	-0,945	-0,879

Einwirkungen einschl. Innendruck [kN/m ²]		WZ1	WZ2	WZ3	WZ4	
LF 1 Wind auf die Längswand	$q_d =$	0,96	1,17	1,42	1,69	Zone D
	$q_s =$	-0,61	-0,75	-0,90	-1,07	Zone E
LF 2 Wind auf die Giebelwand für $z_e = h = 22,55$ m	$q_{s1,A2} =$	-1,55	-1,88	-2,27	-2,71	Zone A
	$q_{s2,A2} =$	-0,92	1,12	-1,35	-1,61	Zone B

System 1.3

Lasteinzugsflächen

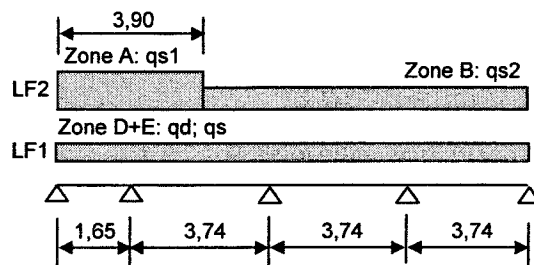
Endauflager $A_1 = 1,15 \times 3,74 / 2 = 2,15$ m²

$A_{1,1} = 1,15 \times 1,65 / 2 = 0,95$ m²

Zwischenauf. $A_2 = 1,15 \times 3,74 = 4,30$ m²

$A_{2,1} = 1,15 \times (3,74 + 1,65) / 2 = 3,10$ m²

m²



Für den Lastfall 2 *Wind auf die Giebelwand* ergeben sich nach Gl. (14) folgende c_{pe} Werte:

Zone	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,A1}$	$c_{pe,A1.1}$	$c_{pe,A2}$	$c_{pe,A2.1}$
A	-1,44	-1,69	-	-1,690	-1,532	-1,567
B	-0,80	-1,00	-0,933	-	-0,873	-0,902

Einwirkungen einschl. Innendruck [kN/m ²]		WZ1	WZ2	WZ3	WZ4	
LF 1 Wind auf die Längswand	$q_d =$	0,96	1,17	1,42	-1,69	Zone D
	$q_s =$	-0,61	-0,75	-0,90	-1,07	Zone E
LF 2 Wind auf die Giebelwand für $z_e = h = 22,55$ m	$q_{s1,A2.1} =$	-1,57	-1,92	-2,31	-2,75	Zone A
	$q_{s2,A2.1} =$	-0,97	-1,19	-1,43	-1,70	Zone B

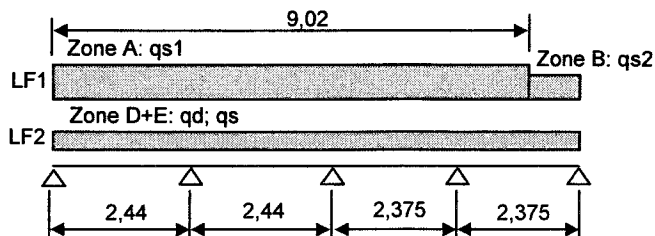
System 2:

Lasteinzugsflächen

Endauflager $A_1 \geq 1,15 \times 2,375 / 2 = 1,37$ m²

m²

Zwischenauf. $A_2 \geq 1,15 \times 2,375 = 2,73$ m²



Für den Lastfall 1 *Wind auf die Längswand* ergeben sich nach Gl. (14) folgende c_{pe} -Werte:

Zone	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,A1}$	$C_{pe,A2}$
A	-1,70	-2,00	-1,959	-1,896
B	-0,80	-1,00	-0,973	-0,913

Einwirkungen einschl. Innendruck [kN/m ²]		WZ1	WZ2	WZ3	WZ4	
LF 1 Wind auf die Längswand	$q_{s1,A2} =$	-1,84	-2,25	-2,71	-3,22	Zone A
	$q_{s2,A2} =$	-0,98	-1,20	-1,44	-1,72	Zone B
LF 2 Wind auf die Giebelwand	$q_d =$	0,92	1,12	1,35	1,61	Zone D
für $z_e = h = 22,55$ m	$q_s =$	-0,61	-0,75	-0,90	-1,07	Zone E

Berechnung und Ergebnisse:

Die Nachweise für die Befestigungsmittel werden bei allen Systemen mit den Einwirkungen geführt, die sich aus den Lasteinzugsflächen für das maßgebende Zwischenauflager ergeben. Die Bemessung der Befestigungsmittel liegt dabei im Bereich der Endauflager geringfügig auf der unsicheren Seite, was durch eine konstruktive Erhöhung der Schraubenanzahl für die Endauflager ausgeglichen werden kann.

Würde man mit den Einwirkungen für die Endauflager rechnen, wären die erforderliche Schraubenanzahl an den Innenauflagern zu groß. Dies führt bei einer Schraubenanzahl von mehr als 3 Schrauben pro Meter zu ungünstigen Abminderungen der Knitterspannung nach Anlage B der Zulassung für Sandwichelemente.

Eine getrennte Berechnung für jedes Auflager, mit den zu der jeweiligen Lasteinzugsfläche gehörenden c_{pe} -Werten, würde zwar zu genauen Ergebnissen führen, wäre aber in der Praxis aufgrund des hohen Aufwandes nicht vertretbar.

Für die untersuchten Elemente ergeben sich damit die maximalen Ausnutzungen nach Tabelle 4.3-7.

Systeme in der Längswand

System 1.1

Elementtyp Farbgr. 2	Windzone nach E DIN 1055-4			
	WZ1	WZ2	WZ3	WZ4
PM140-St 0,60 0,50	100,30%	109,90%	125,00%	-
PM140-St 0,75 0,50		99,50%	102,20%	116,90%
P 140-St 0,60 0,50	92,20%	101,00%	114,90%	-
P 140-St 0,75 0,50			98,20%	116,90%

System 1.2

Elementtyp Farbgr. 2	Windzone nach E DIN 1055-4			
	WZ1	WZ2	WZ3	WZ4
PM140-St 0,60 0,50	105,70%	122,30%	-	-
PM140-St 0,75 0,50	98,30%	99,50%	108,90%	-
P 140-St 0,60 0,50	97,10%	110,60%	-	-
P 140-St 0,75 0,50		91,40%	100,10%	116,90%

System 1.3

Elementtyp Farbgr. 2	Windzone nach E DIN 1055-4			
	WZ1	WZ2	WZ3	WZ4
PM140-St 0,60 0,50	102,30%	115,60%	-	-
PM140-St 0,75 0,50		100,20%	106,90%	-
P 140-St 0,60 0,50	94,00%	106,30%	-	-
P 140-St 0,75 0,50		92,10%	98,20%	116,90%

System in der Giebelwand

System2

Elementtyp Farbgr. 2	Windzone nach E DIN 1055-4			
	WZ1	WZ2	WZ3	WZ4
PM140-St 0,60 0,50	97,40%	108,10%	-	-
PM140-St 0,75 0,50		90,60%	99,80%	111,10%
P 140-St 0,60 0,50	89,50%	99,30%	115,20%	-
P 140-St 0,75 0,50			93,60%	102,10%

Tabelle 4.3-7: Ausnutzung der Sandwichelemente nach der neuen Norm

In den Windzonen 1 bis 3 ergeben sich die maximalen Ausnutzungen aus dem Gebrauchsfähigkeitsnachweis der Zug- und Druckspannungen. Dabei ist zu beachten, dass gemäß den gültigen Sandwichzulassungen für den Gebrauchssicherheitsnachweis u.a. hinsichtlich des Knitterns der Deckschicht nur eine Sicherheit von 1,1 vorgesehen ist.

In der Windzone 4 wird zusätzlich bei den Systemen 1.1 bis 1.3 der Tragfähigkeitsnachweis für die Auflagerdruckspannung maßgebend, d.h. die vorhandenen Auflagerbreiten sind nicht mehr ausreichend. Bei dem System 2 ist der Gebrauchsfähigkeitsnachweis der Zug- und Druckspannungen maßgebend.

Die Untersuchung zeigt, dass die Ausführung mit dem Element PM 140-St 0,60 0,50 nach neuer Norm nicht mehr möglich ist. Bereits in der Windzone 1 ergibt sich für das System 1.2 eine ma-

ximale Ausnutzung von 105,7 %. Für die Windzonen 1 und 2 müsste eine dickere Außendeckschicht verwendet werden. Eine Deckschicht von 0,75 mm würden nach Herstellerangaben Mehrkosten von ca. 1,40 €/m² gegenüber einer Deckschicht von 0,60 mm bedeuten.

Werden Elemente verwendet, die keine mikrolinierte Außenschale haben, kann in den Windzonen 1 und 2 auf eine dickere Außenschale verzichtet werden. In der Windzone 3 wäre eine Deckschicht mit 0,75 mm erforderlich.

In der Windzone 4 ist bei der vorhandenen Unterkonstruktion eine Ausführung mit 14 cm dicken Sandwichelementen in der Längswand nicht mehr möglich. Um die Elemente verwenden zu können, sind konstruktive Änderungen erforderlich, wie z. B. die Reduzierung der Spannweite durch zusätzliche Fachwerkscheiben, Änderung der Farbgruppe und Verbreiterung der Auflager oder Änderung der Spannrichtung der Elemente.

Alternativ könnte auch ein anderes Element oder das eines anderen Herstellers gewählt werden.

Obwohl in den Windzonen 1 und 2 der für 22,55 m Höhe anzusetzende Geschwindigkeitsdruck kleiner ist als der nach der gültigen Norm, führen die vergrößerten Randzonen (Zone A und B) dazu, dass über den Auflagern mehr Verbindungsmittel erforderlich werden. Dadurch ist nach Anlage B der Zulassung für Sandwichelemente die Knitterspannung stärker abzumindern als nach der gültigen Norm.

Darüber hinaus wird die Beanspruchung durch den nach E DIN1055-4 ungünstig anzusetzenden Innendruck weiter vergrößert.

Für die Windzonen 3 und 4 kommt zusätzlich der größere Geschwindigkeitsdruck hinzu.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass der Geschwindigkeitsdruck für die Geländekategorie II ermittelt wurde. Der günstig wirkende Einfluß der Geländekategorie III oder auch der Ansatz eines Mischprofils zwischen den Geländekategorien II, III und IV wurde an diesem Beispiel nicht untersucht.

4.3.6 Bemessung des Aussteifungssystems des Hochregallagers

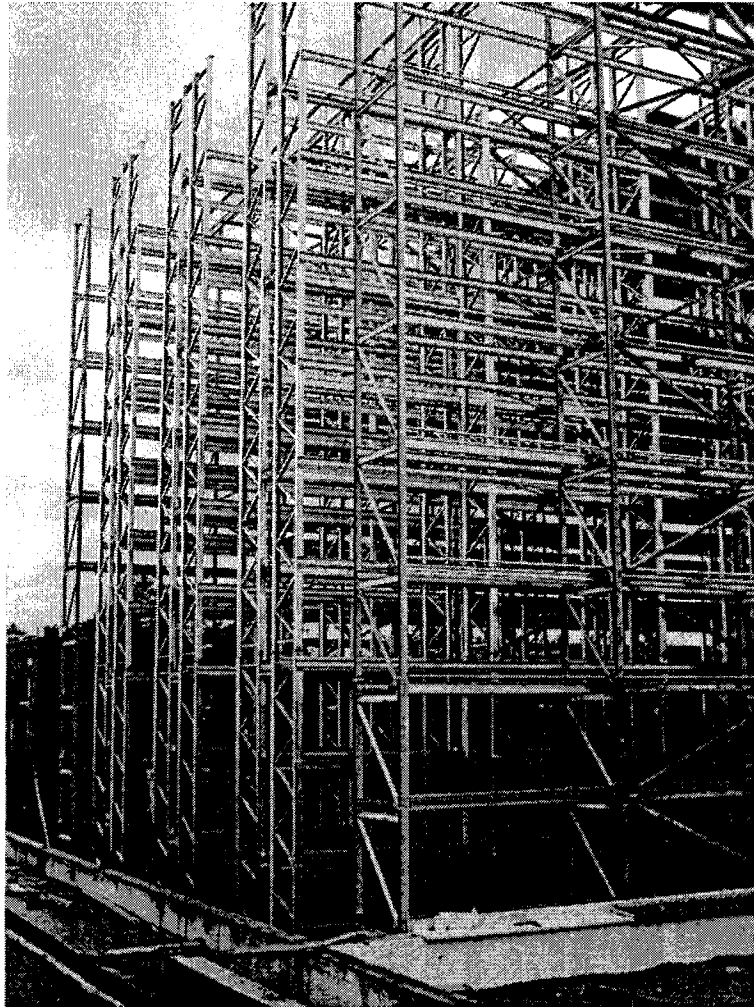


Bild 4.3-4: Aussteifungssystem in Querrichtung

Gegenstand des Vergleichs ist die Aussteifung in Querrichtung. Sie wird durch 6 innere und 2 äußeren Fachwerkscheiben gebildet, die aus den Regalstielen und Diagonalverbänden bestehen. Auf Bild 4.3-4 sind die Verbände in den dreimal zwei inneren Regalen und in den zwei Fassadenregalen zu erkennen. Ein Fachwerkbinder unter dem Dach, der auf Bild 4.3-4 teilweise schon montiert ist, verbindet die Köpfe der Verbände. Die aus acht Einzelverbänden bestehenden Scheiben haben einen Abstand von 3,74 m in Gebäudelängsrichtung.

4.3.6.1 Bemessung nach der gültigen Norm

Die Bemessung wurde mit der folgenden Belastung geführt:

Ständige Lasten:	Eigengewicht Dach	0,75 kN/m ²
	Eigengewicht Wand	0,25 kN/m ²
Nutzlast:	je Regalfach (8 Regale mit je 12 Fächern)	36,6 kN
Schnee:	Schneelastzone II	0,75 kN/m ²
Wind:	Staudruck	höhengestaffelt 0,50/0,80/1,10 kN/m ²
	Beiwerte	Druck 0,8, Sog -0,5
sowie horizontale Stabilisierungslasten aus Schiefstellung nach DIN 18800		

Tabelle 4.3-8: Lasten nach gültigen Normen

Die Untersuchung wird in diesem Beispiel auf den Einfluß der Windeinwirkung auf die Bemessung beschränkt, und damit auf den Nachweis der Fachwerkdiagonalen. Maßgebend ist nach den gültigen Normen die Lastkombination

$$1,35 * \text{Ständige Lasten} + 1,5 * 0,9 * (\text{Nutzlast} + \text{Schnee} + \text{Wind}).$$

Es zeigt sich, dass die sechs inneren Verbände nur geringen Anteil an der Windlastabtragung haben. Die Windlasten werden fast ausschließlich von den beiden äußeren Verbänden übernommen. Maßgebend für die Bemessung werden die unteren Diagonalen auf der Leeseite, die als Druckstäbe nachgewiesen werden müssen. Die Ausnutzung der ungünstigsten Druckdiagonalen beträgt nach der gültigen Norm 81 %.

4.3.6.2 Bemessung nach der neuen Norm

Nach den neuen Normen bleiben ständige und Nutzlasten unverändert.

Für den Schnee wird nach der Besprechung [4.2] das Gutachten [4.3] herangezogen. Danach ist für den Standort Wiesbaden der Mindestwert $s_k = 0,65 \text{ kN/m}^2$ anzusetzen. Der Formbeiwert beträgt $\mu_1 = 0,8$.

Der Wind-Geschwindigkeitsdruck wird nach [1.4], Tabelle 2 mit $0,80 \text{ kN/m}^2$ angesetzt. Beiwerte sind für Druck 0,8 (Zone D) und für Sog -0,5 (Zone E).

Zusätzlich ist der Lastfall Nutzlast auf Dach nach [1.3], Abs. 6.2 anzusetzen. Die Flächenlast $0,75 \text{ kN/m}^2$ gilt alternativ zur Schneelast.

Ständige Lasten:	Eigengewicht Dach	0,75 kN/m ²
	Eigengewicht Wand	0,25 kN/m ²
Nutzlast:	je Regalfach (8 Regale mit je 12 Fächern)	36,6 kN
Schnee:	Schneelastzone II	$0,8 * 0,65 = 0,52 \text{ kN/m}^2$
Wind:	Geschwindigkeitsdruck	0,80 kN/m ²
	Beiwerte	Druck 0,8, Sog -0,5
Nutzlast Dach:	alternativ zum Schnee	0,75 kN/m ²
sowie horizontale Stabilisierungslasten aus Schiefstellung nach DIN 18800		

Tabelle 4.3-9: Lasten nach neuen Normen

Die Lastkombinationen werden nach [1.6] ermittelt.

Zunächst wurden die "Vereinfachten Kombinationsregeln für Hochbauten" ([1.6] Anhang A.4) verwendet. Darin ist allerdings in Gleichung (A.1) als Beiwert $\Psi_{0,q}$ der "bauwerksbezogene Größtwert nach Tabelle A.2" für alle Einwirkungen gleich einzusetzen. Dieser ist, wenn die Nutzlast der Regale in Kategorie E (Lagerräume) eingeordnet wird, 1,0 und damit sehr ungünstig. Die Kombinationsregel Absatz 9.4 ergibt günstigere Werte.

In Tabelle 4.3-10 sind die Beiwerte für vier Lastkombinationen zusammengestellt. Darin ist jeweils eine veränderliche Last als vorherrschend angenommen, die anderen werden mit Beiwerten Ψ_0 nach [1.6] Tabelle A.2 reduziert. Ein erster Vergleich zeigt, dass die Kombinationen 1 und 2 gegenüber 3 bzw. 4 nicht maßgebend sind.

LK	darin vorherrschend	Lastfall					Bem.
		Ständige Lasten	Nutzlast Regal	Schnee	Wind	Nutzlast Dach	
1	Nutzlast Regal	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_Q \cdot \Psi_0 = 1,50 \cdot 0,5 = 0,75$	$\gamma_Q \cdot \Psi_0 = 1,50 \cdot 0,6 = 0,9$	$\gamma_Q \cdot \Psi_0 = 1,50 \cdot 0 = 0$	<i>kleiner als LK 3</i>
2	Schnee	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_Q \cdot \Psi_0 = 1,50 \cdot 1,0 = 1,50$	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_Q \cdot \Psi_0 = 1,50 \cdot 0,6 = 0,9$	-	<i>kleiner als LK 4</i>
3	Wind	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_Q \cdot \Psi_0 = 1,50 \cdot 1,0 = 1,50$	$\gamma_Q \cdot \Psi_0 = 1,50 \cdot 0,5 = 0,75$	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_Q \cdot \Psi_0 = 1,50 \cdot 0 = 0$	
4	Nutzlast Dach	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_Q \cdot \Psi_0 = 1,50 \cdot 1,0 = 1,50$	-	$\gamma_Q \cdot \Psi_0 = 1,50 \cdot 0,6 = 0,9$	$\gamma_Q = 1,50$	

Tabelle 4.3-10: Kombinationsbeiwerte

Die Stabwerksberechnung ergibt, dass für die Diagonalen die Lastkombination 3 maßgebend ist. Die Ausnutzung der ungünstigsten Druckdiagonalen beträgt jetzt 98 %. Die nach der gültigen Norm vorhandenen Tragreserven sind also nahezu aufgebraucht.

Hauptursache dieser Erhöhung um 20 % ist die Windlast. Zum einen vergrößert sich die resultierende Horizontalkraft aus Wind nach der neuen Norm um 12 %, zusätzlich ist der Wind nach der neuen Kombinationsregel nicht mehr mit dem Beiwert 1,35, sondern mit 1,5 anzusetzen. Die anderen veränderlichen Lasten, deren Kombinationsbeiwerte z.T. wesentlich kleiner werden, haben nur sehr geringe Auswirkungen auf die Diagonalenkräfte.

Ein erhöhter Materialeinsatz ist infolge der neuen Lastnormen für das untersuchte Beispiel bei gleichem Standort nicht erforderlich.

4.4 Referenzobjekt 4: Isolierglasfassade Bürogebäude Frankfurt/Main

4.4.1 Gegenstand der Untersuchung

Betrachtet wird die Glasfassade an einer Außenwand eines zehnstöckigen Bürogebäudes (Bild 4.4-1).

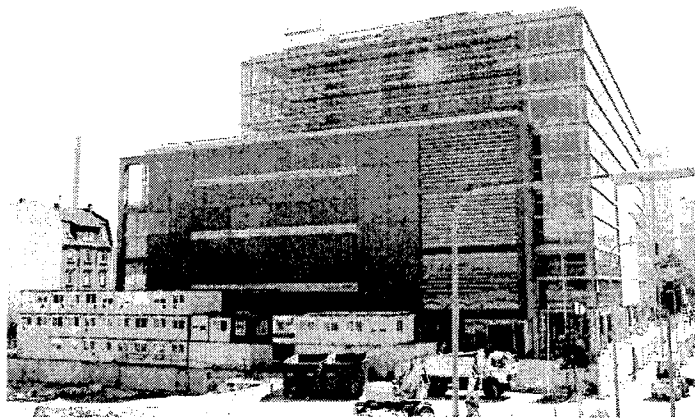


Bild 4.4-1: Referenzobjekt 4, Ansicht von Südwesten

Die stockwerk hohen Fassadenelemente bestehen aus zweischiebigem Isolierglas.

Zunächst wird für verschiedenen Glasdicken der Außenscheiben die zulässige Windbelastung ermittelt.

Danach werden die nach der gültigen Norm und nach der neuen Norm auftretenden Windbelastungen berechnet und durch Vergleich mit den zulässigen Werten die erforderlichen Glasdicken bestimmt.

Die Bemessung nach der neuen Norm erfolgt für die Windzonen 1 bis 4 jeweils für die Geländekategorien II, III und IV.

4.4.2 Gebäudedaten

Zehnstöckiger Stahlbeton-Skelettbau mit annähernd rechteckiger Grundfläche

Abmessungen: B / L / H = 70,0 / 56,0 / 36,0 m

Dachneigung: 2°

Aussteifung: Stahlbetondecken und Wandscheiben

Fassade: Isolierverglasung ab dem 1.OG

Scheibenabmessungen b/h = 2700/1500 mm

vierseitig liniengelagert

Scheibenaufbau: außen Floatglas mit statisch erforderlicher Dicke,
mindestens 10 mm, Scheiben-Zwischenraum 16 mm
innen VSG 12 mm (Float 2*6mm, PVB-Folie 0,76 mm)

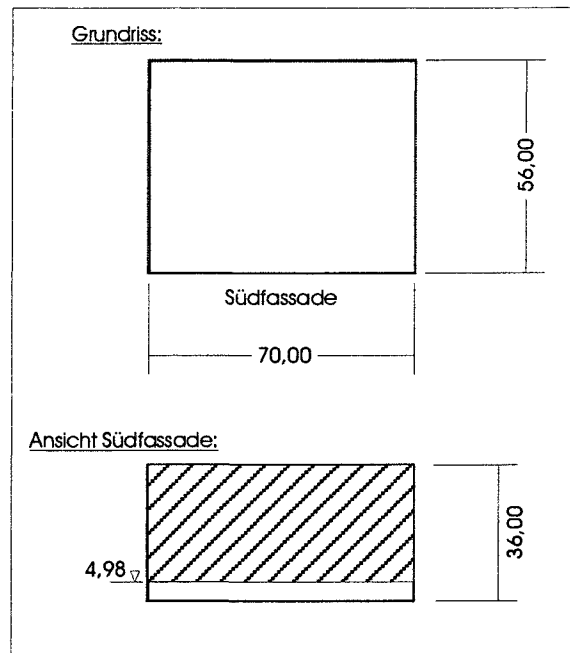


Bild 4.4-2: Umriss-Skizze zum Referenzobjekt 4

4.4.3 Lastparameter

nach der neuen Norm: Windzone 1, Geländekategorie II

4.4.4 Ermittlung der zulässigen Windbelastungen

Der Nachweis der Scheiben erfolgt nach der TRLV [3.5].

Dabei wird vorausgesetzt, dass die dort angegebenen zulässigen Spannungen trotz des durch die neue Normreihe 1055 geänderten Sicherheitsniveaus beibehalten werden.

Für die Berechnung der Druckdifferenzen im Isolierglas werden die Standard-Klimawerte der TRLV mit einer Absorption von 30 bis 50% angesetzt.

Aus diesen Angaben können mit Hilfe eines auf der TRLV beruhenden EDV-Programms [P.1] die zulässigen Windbelastungen für verschiedene Dicken t der Außenscheibe ermittelt werden (Tabelle 4.4-1).

Dicke der Außenscheibe	zulässiger Winddruck	zulässiger Windsog
$t = 10 \text{ mm}$	zul $w_D = 2,00 \text{ kN/m}^2$	zul $w_S = -1,95 \text{ kN/m}^2$
$t = 12 \text{ mm}$	zul $w_D = 2,61 \text{ kN/m}^2$	zul $w_S = -2,55 \text{ kN/m}^2$
$t = 15 \text{ mm}$	zul $w_D = 3,83 \text{ kN/m}^2$	zul $w_S = -3,77 \text{ kN/m}^2$

Tabelle 4.4-1: zulässige Windbelastungen

4.4.5 Bemessung nach der gültigen Norm

Nach der gültigen Windnorm [2.2] ergeben sich abgestuft über die Höhe die vorhandenen Windbelastungen nach Tabelle 4.4-2.

Höhe	Staudruck [kN/m ²]	Winddruck wD [kN/m ²]	Windsog wS [kN/m ²]	
		cp = 0,8	normal: cp = -0,7	Ecke: cp = -2,0
über 20 m	1,10	0,88	-0,77	-2,20
8 m bis 20 m	0,80	0,64	-0,56	-1,60
unter 8 m	0,50	0,40	-0,35	-1,00

Tabelle 4.4-2: Windbelastungen nach gültiger Windnorm

Der Vergleich der beiden Tabellen zeigt, dass überall, außer im Eckbereich über 20 m $t_A = 10$ mm ausreicht. Dort ist $t_A = 12$ mm erforderlich. Bild 4.4-3 gibt eine Übersicht über die gewählte Ausführung. Der zu verstärkende Bereich ist insgesamt 86,4 m² groß und entspricht 4 % der Gesamtglasfläche.

(Der Eckbereich ist nach der gültigen Norm 2,00 m breit. Die Breiten von Bereichen mit erhöhter Beanspruchung werden stets auf Vielfache der Scheibenbreite 2,70 m aufgerundet.)

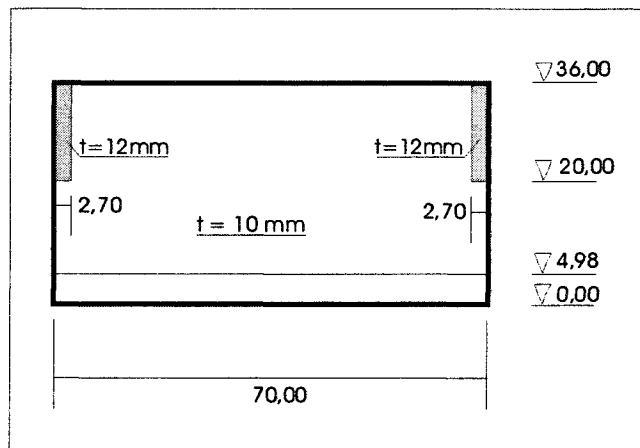


Bild 4.4-3: Außenscheiben nach der gültigen Windnorm

4.4.6 Bemessung nach der neuen Norm

Nach der neuen Windnorm [1.4] und unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Besprechung [4.1] ergeben sich folgende Formeln zur Berechnung der Windbelastung:

- für den Winddruck:

$$w_D = 1,1 * c_{pe} * q(z) - c_{pi} * q(h) \quad (\text{Gleichung 4.4-1})$$

- für den Windsog:

$$w_S = 1,1 * c_{pe} * q(h) - c_{pi} * q(h) \quad (\text{Gleichung 4.4-2})$$

(Erhöhungsfaktor 1,1 für Gebäudehüllen nach Absatz 8, Satz (8)).

Dabei ist berücksichtigt, dass nach [4.1] für den äußeren Winddruck der höhenabhängige Geschwindigkeitsdruck $q(z)$ angesetzt werden darf. Im übrigen ist für Sog und Innendruck $q(h)$ mit der Gebäudehöhe $h = 36$ m anzusetzen.

Die Breiten der Bereiche nach [1.4], Bild 4 sowie die Beiwerte nach [1.4], Tabelle 4 und Abs. 12.1.7 sind in Tabelle 4.4-3 zusammengestellt. Die Außendruckbeiwerte c_{pe} ergeben sich darin aus der Lasteinzugsfläche $A = 1,50 * 2,70 = 4,05$ m² (gesamte Scheibe).

Bereich	Breite [m]	Außendruckbeiwert c_{pe}	Innendruckbeiwert c_{pi}
D (Druck)	70,00	0,855	-0,30
A	11,20	-1,66	0,20
B	44,80	-0,88	0,20
C	14,00	-0,50	0,20

Tabelle 4.4-3

In den folgenden Tabellen sind die Formeln (4.4-1) und (4.4-2) für die Windzonen 1 bis 4 und die Geländekategorien II bis IV ausgewertet. Zur Bemessung wird die ermittelte Windbeanspruchung mit den zulässigen Werten aus Tabelle 4.4-1 verglichen.

	Geländekategorie II		Geländekategorie III		Geländekategorie IV	
	q(z=36 m)	wD [kN/m ²]	q(z=36 m)	wD [kN/m ²]	q(z=36 m)	wD [kN/m ²]
WZ 1	0,91	1,13	0,77	0,96	0,59	0,73
WZ 2	1,11	1,38	0,94	1,17	0,72	0,89
WZ 3	1,34	1,66	1,13	1,40	0,86	1,07
WZ 4	1,60	1,98	1,34	1,66	1,03	1,28
	< 2,00		< 2,00		< 2,00	

Tabelle 4.4-4: Charakteristische Werte der Winddruckbeanspruchung nach neuer Norm

Geländekategorie II				
cpe	q(z=36 m)	Bereich A	Bereich B	Bereich C
		-1,66	-0,88	-0,5
wS [kN/m ²]				
WZ 1	0,91	-1,84	-1,06	-0,68
WZ 2	1,11	<u>-2,25</u>	-1,30	-0,83
WZ 3	1,34	<u>-2,71</u>	-1,57	-1,01
WZ 4	1,60	<u>-3,24</u>	-1,87	-1,20
		< 1,95	< 1,95	< 1,95
		> 1,95 -> 12 mm		
		> 2,55 -> 15 mm		
Geländekategorie III				
cpe	q(z=36 m)	Bereich A	Bereich B	Bereich C
		-1,66	-0,88	-0,5
wS [kN/m ²]				
WZ 1	0,77	-1,56	-0,90	-0,58
WZ 2	0,94	-1,90	-1,10	-0,71
WZ 3	1,13	<u>-2,29</u>	-1,32	-0,85
WZ 4	1,34	<u>-2,71</u>	-1,57	-1,01
		< 1,95	< 1,95	< 1,95
		> 1,95 -> 12 mm		
		> 2,55 -> 15 mm		
Geländekategorie IV				
cpe	q(z=36 m)	Bereich A	Bereich B	Bereich C
		-1,66	-0,88	-0,5
wS [kN/m ²]				
WZ 1	0,59	-1,20	-0,69	-0,44
WZ 2	0,72	-1,46	-0,84	-0,54
WZ 3	0,86	-1,74	-1,00	-0,65
WZ 4	1,03	<u>-2,09</u>	-1,20	-0,77
		< 1,95	< 1,95	< 1,95
		> 1,95 -> 12 mm		

Tabelle 4.4-5: Windsogbeanspruchung nach neuer Norm

Aus den Tabellen ist folgendes zu ersehen:

Für die Druckbelastung reichen die 10-mm-Scheiben überall aus. Der Winddruck w_D übersteigt nie den zulässigen Wert von 2,00 kN/m².

Maßgebend wird die Sogbelastung. Hierbei kommt es im Eckbereich A in ungünstigen Windzonen/Geländekategorien zum Teil zu großen Überschreitungen des für 10 mm zulässigen Werts 1,95 kN/m² (unterstrichene Zahlen). In den ungünstigsten Fällen WZ 3/II, WZ 4/II und WZ 4/III reichen sogar 12 mm nicht mehr aus (siehe Bild 4.4-4 und Bild 4.4-5).

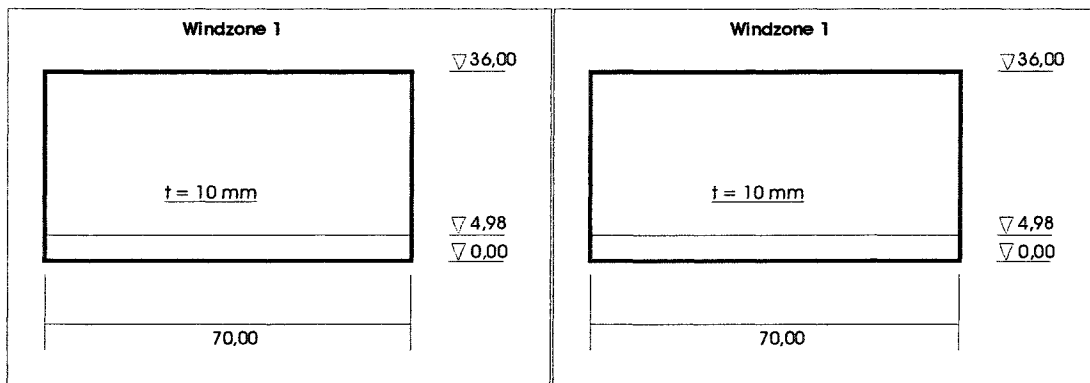


Bild 4.4-4: erforderliche Außenscheibendicken in Windzone 1 und 2

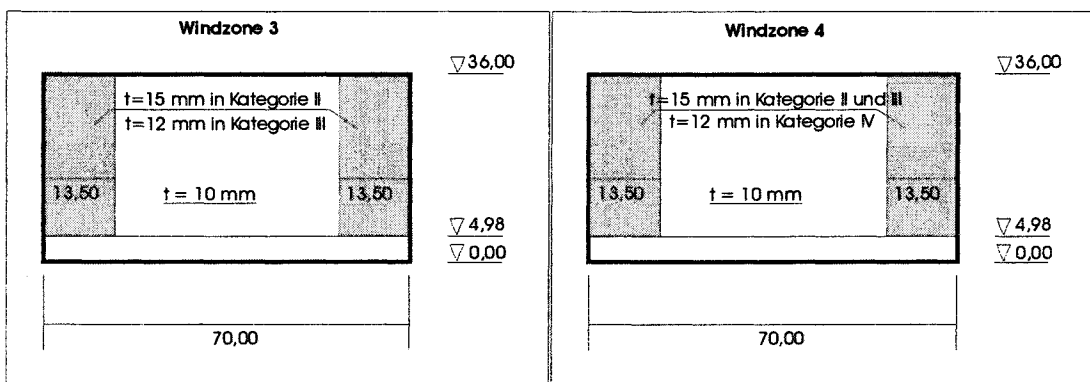


Bild 4.4-5: erforderliche Außenscheibendicken in Windzone 3 und 4

Der in den Windzonen 2 bis 4 zu verstärkenden Bereich ist insgesamt 837,5 m² groß, also rund zehnmal so groß wie bei Bemessung nach der gültigen Norm, Er entspricht 39 % der Gesamtglasfläche.

Um den Einfluss des Innendrucks abschätzen zu können, wird die Berechnung noch einmal ohne Ansatz des Innendrucks durchgeführt ($c_{pi} = 0$). Dabei ergeben sich in den Windzonen 3 und 4 z.T. günstiger Bemessungsergebnisse als die in Bild 4.4-5 dargestellten:

- in Windzone 3 / Geländekategorie II reichen 12 mm (statt 15 mm)
- in Windzone 4 / Geländekategorie III reichen 12 mm (statt 15 mm)
- in Windzone 4 / Geländekategorie IV reichen 10 mm (statt 12 mm).

4.4.7 Schlussfolgerung

Beim Vergleich der erforderlichen Glasdicken fällt vor allem auf, dass die zu verstärkenden Randbereiche nach der neuen Windnorm fast zehnmal so groß sind wie nach der gültigen. Das liegt an den größeren Randbereichsbreiten und daran, dass bei den vorliegenden Fassadenabmessungen keine Abstufung des Geschwindigkeitsdrucks über die Höhe für die Ermittlung der Sogbeanspruchung und des Innendrucks mehr möglich ist. Nach E DIN 1055-4 ist der Geschwindigkeitsdruck in Höhe 36,00 m für die gesamte Gebäudehöhe maßgebend, während nach der gültigen Norm die Abstufungen in 20,00 m und 8,00 m zu einer Entlastung der unteren Fassadenbereiche führen.

Der Ansatz des Innendrucks erfordert teilweise eine Verstärkung der Außenscheiben.

In der Besprechung [4.1] wurde erwogen, für den Fall Winddruck auf Fassaden eine höhenabhängige Staffelung des Geschwindigkeitsdrucks nach Gleichung (10) der neuen Norm zuzulassen. Das hätte im vorliegenden Beispiel keine Auswirkungen auf die Bemessung, da der Fall Winddruck nie maßgebend wird (s. Tabelle 4.4-4).

4.5 Referenzobjekt 5: Mehrfamilienhaus als Mauerwerksbau

4.5.1 Gegenstand der Untersuchung

Betrachtet wird ein sechsstöckiges Mehrfamilienhaus mit annähernd rechteckigem Grundriss. Das Beispiel wird dem Buch [5.1], Kapitel 6.8.2 entnommen. Der Grundriss ist in Bild 4.5-1 dargestellt. Das Gebäude hat ein Kellergeschoß mit 2,60 m Höhe und 6 Stockwerke (Erdgeschoss, 4 Obergeschosse, Dachgeschoss) mit je 2,85 m Höhe. Die Gebäudehöhe oberhalb Gelände ergibt sich damit zu $6 \cdot 2,85 = 17,10$ m.

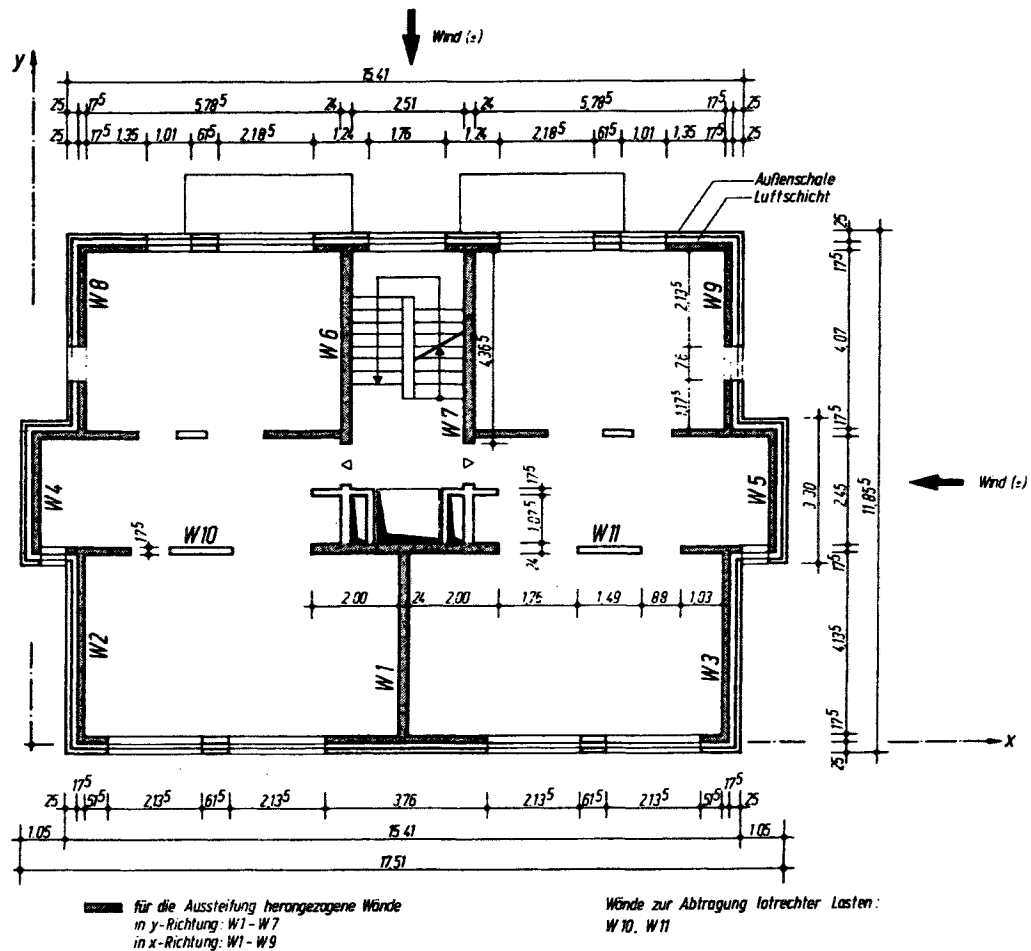


Bild 4.5-1: Grundriss

In [5.1] werden die Nachweise für die Mauerwerkswände unter Belastung nach den gültigen Normen geführt. Nachgewiesen werden die Stabilität des Gesamtbauwerks, die Windabtragung sowie exemplarisch die Standsicherheit der Wände Pos. W 9, W 11 und W 1. Andere Bauteile wie Dach und Decken sind nicht Gegenstand des Buchs und der hier geführten Untersuchung.

Im Rahmen des Forschungsprojekts werden die in [5.1] geführten Nachweise für Belastung nach den neuen Normen für die Windzone 1 geführt. Daran anschließend wird untersucht, ob die vorhandenen Tragfähigkeitsreserven die selbe Ausführung auch in anderen Windzonen zulassen.

4.5.2 Gebäudedaten

Grundriss: $B / L = 17,51 / 11,855$ m

Höhe:	H = 17,10 m
Decken:	Stahlbeton B25, Dicke 15 cm
Wände:	Mauerwerk Steinfestigkeitsklasse 12, Mörtelgruppe IIa und Steinfestigkeitsklasse 20, Mörtelgruppe III Wanddicken 11,5, 17,5 und 24 cm

4.5.3 Bemessung nach der gültigen Norm

Belastung:

ständige Lasten	siehe [5.1], S. 245	
Schnee:		s = 0,75 kN/m²
Zwischendecken:	Verkehrslast 1,50 kN/m ² Trennwandzuschlag 1,25 kN/m ²	
		p = 2,75 kN/m²
Treppenhaus, Balkone:	Verkehrslast	p = 3,50 kN/m²
Wind:	Staudruck bis 8 m 0,50 kN/m ² Staudruck über 8 m 0,80 kN/m ² Druckbeiwert 0,80 Sogbeiwert -0,50 Bei Bemessung einzelner Bauteile wird der Winddruck um 25 % erhöht ([2.2] Abs. 5.2.2).	

Die resultierende Vertikallast im Erdgeschoss setzt sich danach wie folgt zusammen:

aus ständigen Lasten	12628 kN
aus Schnee	132 kN
aus Verkehr	2646 kN
Summe	15406 kN

Der Anteil der ständigen Lasten beträgt 82 %.

Zusammenfassung der Nachweise aus [5.1], S. 248 ff:

Pos. W 9: Außenwand im Dachgeschoss

Wanddicke d = 17,5 cm, Steinfestigkeitsklasse 12, Mörtelgruppe II a.

Die Wand hat einen L-förmigen Querschnitt (s. Bild 4.5-1). Sie wird nachgewiesen für Vertikallasten und Wind rechtwinklig zur Plattenebene. Da die Nachweisstellen außerhalb des Eckbereichs liegen, werden die erhöhten Windsoglasten des Eckbereichs nicht angesetzt.

Alle geführten Nachweise sind erfüllt.

Pos. W 11: Innenwand im Erdgeschoss

Wanddicke d = 17,5 cm, Steinfestigkeitsklasse 20, Mörtelgruppe III.

Die Wand ist keine Aussteifungswand, sie trägt nur lotrechte Lasten ab.

Alle geführten Nachweise sind erfüllt.

Pos. W 1: Aussteifungswand im Erdgeschoss

Wanddicke d = 24 und 17,5 cm, Steinfestigkeitsklasse 12, Mörtelgruppe II a.

Die Wand wird beansprucht durch Vertikallasten, Aussteifung des Gebäudes und direkte Windbelastung auf ihre in der Außenwand liegenden Flügel.

Alle geführten Nachweise sind erfüllt.

4.5.4 Bemessung nach der neuen Norm

Einwirkungen:

Da in der Mauerwerksnorm [3.7] alle Spannungsnachweise mit zulässigen Spannungen ohne Teilsicherheitsbeiwerte geführt werden, werden hier die charakteristischen Einwirkungen nach der neuen Norm ohne Berücksichtigung von DIN 1055-100 aufgebracht.

Schnee- und Nutzlasten haben nur einen geringen Anteil an der resultierenden Vertikallast (nach der gültigen Norm 18 %, s.o.). Deshalb werden ihre Werte nach der neuen Norm hier nur kurz zum Vergleich mit der gültigen Norm aufgelistet. Die Nachweise werden wegen der geringen Auswirkungen der neuen Norm mit den in [5.1] nach der gültigen Norm ermittelten Vertikallasten geführt.

ständige Lasten	wie oben: siehe [5.1], S. 245		
Schnee:	geschätzt:		s < 0,75 kN/m²
Zwischendecken:	Nutzlast	1,50 kN/m ²	
	Trennwandzuschlag	1,20 kN/m ²	
			p = 2,70 kN/m²
Treppenhaus:	Nutzlast		p = 3,00 kN/m²
Balkone:	Nutzlast		p = 4,00 kN/m²
Wind:	Windzone 1, Geländekategorie II		
	Geschwindigkeitsdruck nach [1.4] Tab. 2		q = 0,70 kN/m²
	Beiwerte für die Belastung des Aussteifungssystems:		
	Druck (Zone D)	$C_{pe,10} = 0,8$	
	Sog (Zone E)	$c_{pe,10} = -0,5$	

Überarbeitung der Nachweise aus [5.1], S. 248 ff.

Pos. W 9: Außenwand im Dachgeschoss

Die Wand liegt jetzt voll in der Windzone A (siehe Bild 4.5-2). Dadurch erhöht sich die Sogbelastung stark.

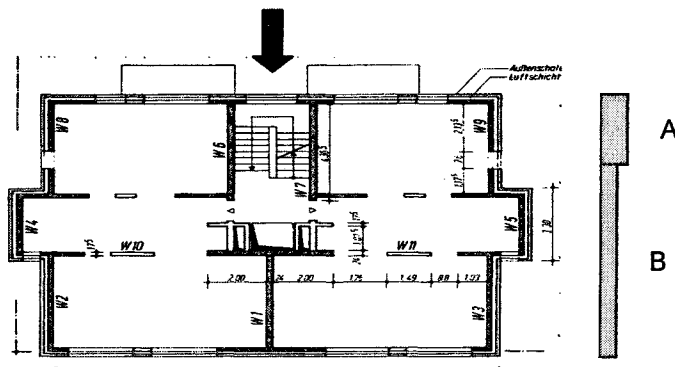


Bild 4.5-2: Windzonen für Wind in y-Richtung

Druckbeiwerte:

Außendruck	Zone D	$C_{pe,10} =$	+0,8
Außensog	Zone A	$C_{pe,10} =$	-1,7
Innendruck		$C_{pi} =$	+0,2
Innensog		$C_{pi} =$	-0,3

Außendruck und -sog sind nach [1.4] Abs. 8 Satz (8) um 10 % zu erhöhen.

Damit ergibt sich

der Winddruck	$w_d = (1,1 * 0,8 + 0,3) * 0,70$	= 0,83 kN/m ²
der Windsog	$w_s = (1,1 * (-1,7) - 0,2) * 0,70$	= 1,45 kN/m ²

(Das ist beim Windsog eine Erhöhung um 262 % gegenüber der gültigen Norm.)

Beim Knicksicherheitsnachweis analog [5.1] Seite 251 ergibt sich die planmäßige Ausmitte in halber Geschosshöhe zu $e = 0,073$ m. Zulässig ist $e = d/3 = 0,175/3 = 0,058$ m.

Die Wanddicke muss daher von 17,5 auf 24 cm heraufgesetzt werden. Damit werden alle Nachweise analog [5.1] erfüllt.

Pos. W 11: Innenwand im Erdgeschoss

Die Wand trägt keine Windlasten ab. Sie ist daher von Änderungen infolge der neuen Norm nicht betroffen.

Pos. W 1: Aussteifungswand im Erdgeschoss

Überarbeitet werden nur die Nachweise, die von Windeinwirkungen betroffen sind.

Die in der Außenwand liegenden Wandflügel sind jetzt für direkt wirkenden Windsog in Zone B zu bemessen. Dadurch und durch den zusätzlich anzusetzenden Innendruck erhöht sich der direkt auf diese Wandflügel wirkende Windsog um 202 %.

Außerdem trägt die Position W 1 als Teil des Aussteifungssystems einen Anteil der resultierenden Gesamtwindlast ab. Die Änderungen der resultierenden Windeinwirkung im Erdgeschoss sind in Bild 4.5-3 zu sehen:

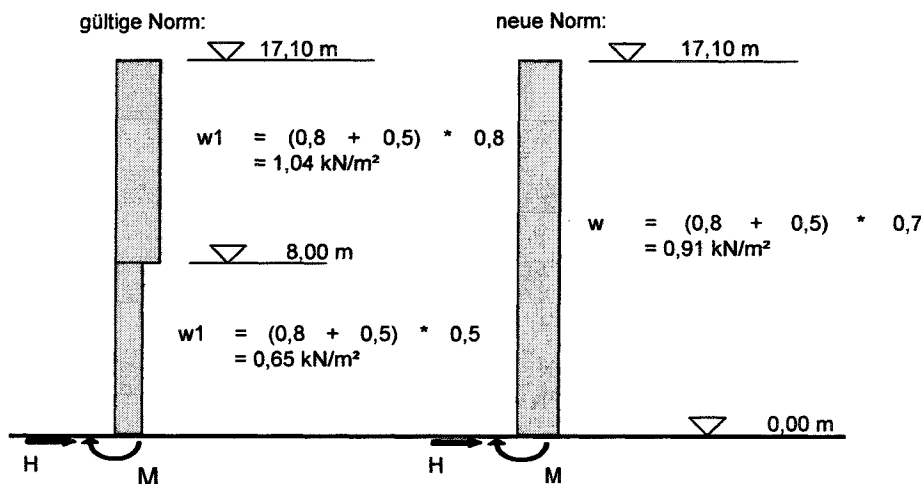


Bild 4.5-3: resultierende Windeinwirkungen

Die resultierende Horizontallast H wird um etwa 6 % größer. Das resultierende Moment M wird, da gleichzeitig der Schwerpunkt der Last sinkt, um 5 % kleiner.

Für die Bemessung ergeben sich daraus folgende Änderungen:

Die aus der Horizontalkraft entstehenden Schubspannungen werden etwas größer. Da hier allerdings wie üblich noch große Reserven vorhanden waren, ist der Nachweis weiterhin erfüllt.

Das Biegemoment in den Außenwandflügeln aus dem direkt wirkenden Windsog wächst proportional mit diesem an. Hier im Erdgeschoss ist jedoch – anders als im Dachgeschoss in Pos. W 9 – der Druck aus Vertikallasten so groß, dass die Ausmitte der Schnittgrößen kleiner als $d/6$ bleibt. Der Normalspannungsnachweis ist erfüllt.

Durch die Verringerung des resultierenden Windmoments wird die Beanspruchung der anderen Teile der Position W 1 etwas kleiner. Eine kleinere Wandstärke lässt sich allerdings nicht erzielen.

Ausnutzung von Tragfähigkeitsreserven

Die Aussteifungswand im Erdgeschoss (Pos. W 1) hat in der untersuchten Windzone 1 noch Tragreserven. Es wird untersucht, wie weit der Wind-Geschwindigkeitsdruck erhöht werden kann, ohne eine der Nachweisbedingungen zu verletzen.

Der maximal zulässige Geschwindigkeitsdruck ergibt sich zu $q = 0,93 \text{ kN/m}^2$.

Damit sind die Geschwindigkeitsdrücke von

Windzone 2, Geländekategorie II ($q = 0,85 \text{ kN/m}^2$ nach [1.4], Tab. 2 bzw. $q = 0,93 \text{ kN/m}^2$ nach Gl. (10))

und

Windzone 3, Geländekategorie III ($q = 0,90 \text{ kN/m}^2$ nach [1.4], Gl. (2) und Tab. B.2)

abgedeckt.

Eine entsprechende Untersuchung der auf 24 cm verstärkten Außenwand im Dachgeschoss (Pos. W 9) ergibt ebenfalls den maximal zulässigen Geschwindigkeitsdruck $q = 0,93 \text{ kN/m}^2$. Damit sind die gleichen Windzonen wie oben abgedeckt.

4.5.5 Schlussfolgerungen

Aussteifungselemente werden nach der neuen Norm geringfügig schwächer beansprucht.

Bei Außenwänden führen die größeren Sograndbereiche und der Innendruck zu größeren Beanspruchungen. Das schlägt allerdings nur dann auf die Bemessung durch, wenn die direkte Windbeanspruchung einen großen Anteil an der Gesamtbeanspruchung der Wand hat, also hauptsächlich in oberen Stockwerken.

In unteren Stockwerken wächst der Anteil der Vertikallasten und der Aussteifungswirkung an der Gesamtbeanspruchung der Wände. Dadurch wird der Zuwachs der direkten Windbeanspruchung unbedeutend.

Unter der Voraussetzung, dass die untersuchten Positionen W 1 und W 9 die für die Bemessung maßgebenden sind, wäre das Gebäude auch in Windzone 2, Geländekategorie II bis IV und in Windzone 3, Geländekategorie III und IV ausführbar. Die Außenwände sind zu verstärken.

5 Schlussfolgerungen

5.1 Auswirkungen der neuen Normen

Die Anwendung der neuen Normen für die Einwirkungen aus Wind und Schnee führt für die meisten Standorte bei den untersuchten Referenzbauwerken zu einer ungünstigeren Bemessung als nach den gültigen Normen. Nachstehend sind die wesentlichen Einflüsse aufgeführt.

5.1.1 Windlasten nach E DIN 1055-4 [1.4]

5.1.1.1 Erhöhte Anforderungen, die sich aus der aerodynamischen Forschung seit Einführung der derzeitig gültigen Norm ergeben haben:

Ansatz des Innendrucks bei geschlossenen Baukörpern

Breitere Randzonen A und B mit erhöhten Sogbeiwerten

Eine große Bedeutung hat dabei, dass nach der gültigen Norm [2.2], Abs. 5.2.2 die erhöhten Beiwerte nur „bei unmittelbar durch Wind belasteten Einzelbauteilen, z.B. Wand- und Dachtafeln“ anzunehmen sind, nach der neuen Norm aber für die gesamte Tragkonstruktion.

Winddruck auf gering geneigten Dächern

Auf Flachdächern, Pult-, Sattel- und Trogdächern mit Neigungen bis 15° ist auf der windabgewandten Seite in den Bereichen I und J alternativ zum Sog auch ein Winddruck mit $c_{pe} = +0,2$ anzusetzen (E DIN 1055-4 [1.4], Tabellen 5, 6 und 7). Diese Forderung führt zu einem erheblichen Mehraufwand bei der statischen Berechnung und zu einer erhöhten Beanspruchung für die direkt betroffenen Bauteile wie Rahmenriegel oder Dachbinder, aber auch für die Tragwerksteile von Giebelwänden, wie Ortgangriegel oder Stützen (siehe Referenzobjekt 1, S. 18ff).

5.1.1.2 Einschränkende Formulierungen im Normtext:

Berücksichtigung der Geländerauigkeit

In E DIN 1055-4 [1.4] (Stand 25.4.2002), Anhang B werden die Geländekategorien III und IV wegen fehlender Anlaufängen in Deutschland praktisch ausgeschlossen.

Bei den Referenzobjekten 1 (Kapitel 4.1.7), 4 (Kapitel 4.4.6) und 5 (Kapitel 4.5.4) wird gezeigt, dass die Wahl der Geländekategorie einen großen Einfluss auf die Bemessung hat. Daher sollte durch Einführung genauer Geländedefinitionen in die Norm (wie z.B. im Eurocode [3.1]) die Anwendung der Geländekategorien III und IV und zwischen II und III und zwischen III und IV liegender Mischprofile ermöglicht werden.

Entlastend wirkender Dachsog

Nach der Auslegung [3.9] zur gültigen DIN 1055 Teil 4 gilt:

„Wenn durch Verringerung des Windsogs am Flachdach eine für die Bemessung maßgebende Beanspruchung vergrößert wird, ist dieser Sog mit $w_s = -0,5 * 0,6 * q$ anzusetzen, falls nicht auf seine Berücksichtigung ganz verzichtet wird. ...“.

Daher wird bei der Bemessung der Tragkonstruktionen nach der gültigen Norm in Lastkombinationen mit Wind im allgemeinen der entlastende Dachsog zu 50 % angesetzt.

In der neuen Norm sind keine Angaben darüber enthalten, ob und mit welchem Anteil der günstig wirkende Dachsog angesetzt werden darf. In Anlehnung an [3.9] wurde im Referenzobjekt 1 (s. Seite 21) bei der Lastfallüberlagerung alternativ der halbe Dachsog angesetzt.

Eine entsprechende Regelung sollte auch für die Nachweise nach neuer Norm zugelassen werden.

5.1.2 Schneelasten nach DIN 1055-5 [1.5]

Der Entwurf der DIN 1055-5 [1.5] sieht in Deutschland eine stark differenzierte Einteilung der Schneezonenkarte vor. Dabei werden zwei verschiedene Regionen mit jeweils 4 Schneezonen unterschieden. Durch das DWD-Gutachten [4.3] zur Überarbeitung der Schneelastzonenkarte wird für die Praxis eine wesentliche Vereinfachung erreicht, da nur noch 3 Schneezonen unterschieden werden.

In dem DWD-Gutachten werden Mindestwerte für die charakteristische Schneelast eingeführt. Damit werden die erheblichen Reduzierungen der Schneebelastung des Gelbdrucks E DIN 1055-5 gegenüber der gültigen Norm teilweise wieder aufgehoben. Die Nutzlast nach DIN 1055-3 [1.3] Abs. 6.2 sollte die vermeintlichen Defizite infolge der zu niedrigen Schneelasten des Gelbdrucks im Hinblick auf die Robustheit der Dachkonstruktionen kompensieren helfen. In weiten Bereichen von Deutschland sind auch nach dem DWD-Gutachten geringere Schneelasten anzusetzen als nach der gültigen Norm.

Durch die neue E DIN 1055-5 liegt jetzt eine flächendeckende Regelung zur Berücksichtigung von Schneeanhäufungen vor. Für Hessen ergeben sich danach ähnliche Beanspruchungen wie bei dem Lastansatz nach dem Mitteilungsblatt [2.4].

Über nachstehende Anpassungen könnte in den entsprechenden Ausschüssen nachgedacht werden.

Nutzlasten auf Flachdächern

Nach DIN 1055-3 [1.3] Abs. 6.2 ist auf Dächern mit Neigungen bis 20° immer eine Nutzlast $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$ auf der gesamten Fläche anzusetzen. Diese Nutzlast muss nicht mit Schneelasten überlagert werden.

Damit ist in allen Fällen, in denen die Schneelast auf dem Dach kleiner als $0,75 \text{ kN/m}^2$ ist, die Nutzlast maßgebend.

Für die Schneelast auf dem Dach gilt

$$s_1 = \mu_1 * s_k$$

Bei einem Formbeiwert $\mu_1 = 0,8$ für die Schneelast auf dem Dach kann an allen Standorten mit einer charakteristische Schneelast $s_k \leq 0,75 / 0,8 = 0,94 \text{ kN/m}^2$ die günstige Auswirkung der niedrigeren Schneelast nicht genutzt werden. Zum Vergleich: der niedrigste Sockelwert für s_k beträgt $0,65 \text{ kN/m}^2$.

Nach dem DWD-Gutachten [4.3] sind in Schneelastzone 1 alle Orte unterhalb von 550 m ü.NN und in Schneelastzone 2 alle Orte unterhalb von 315 m ü.NN hiervon betroffen.

Abhilfe: Die Nutzlast nach DIN 1055-3 könnte entsprechend ihrem Zweck (Erhaltungsmaßnahmen, Reparaturen) als Überlast auf eine zu bestimmende Fläche in ungünstiger Anordnung begrenzt werden.

Schneeanhäufungen an Höhengsprüngen

Nach DIN 1055-5 [1.3] Abs. 3.2.7 sind Anhäufungen bei Höhengsprüngen ab 0,5 m zu berücksichtigen. Die Länge des Verwehungskeils ist dabei mit mindestens 5 m anzusetzen. Das gleiche gilt nach Abs. 3.2.8 an Dachaufbauten, wobei Wände und Aufbauten mit einer Ansichtsfläche unter 1 m^2 ausgenommen sind.

Die Grenzhöhe von 0,5 m führt zu einem großen Berechnungsaufwand, da hiervon eine Vielzahl von kleinen Höhengsprüngen und Dachaufbauten betroffen ist.

Die Mindestlänge von 5 m scheint bei **0,5 m Höhengsprung** sehr groß. Die österreichische ÖNORM B 4013 [3.2] enthält in Abs. 4.2.6 eine ähnliche Regelung für **Aufbauten ab 2,50 m** Höhe. Dafür ergibt sich dort die Keillänge zu 5 m. Die lineare Abhängigkeit des Formbeiwerts für die Schneeverwehungen von der charakteristischen Schneelast nach Gleichung (5) führt zu einem maximal anzusetzenden Höhengsprung von 1,30 m bei niedrigen Schneelasten und auf

über 8 m bei hohen Schneelasten z.B. im Allgäu. Dies erscheint im Vergleich zur ÖNORM unverhältnismäßig hoch.

5.2 Hinweis auf mögliche Fehlinterpretationen bei den Anwendungsregeln

5.2.1 Windlasten nach E DIN 1055-4 [1.4]

Vereinfachte Annahmen für den Geschwindigkeitsdruck

In Abs. 10.2 und Tab. 2 sind vereinfachte Annahmen für den Geschwindigkeitsdruck bei niedrigen Bauwerken angegeben. Die Geschwindigkeitsdrücke nach dieser Tabelle sind – am stärksten in der Nähe der jeweiligen Bereichsgrenzen, 8 m, 20 m usw. – niedriger als die, die sich höhenabhängig aus dem Profil des Geschwindigkeitsdrucks nach Gl. (10) ergeben. Dabei sind die Werte nach Tab. 2 über die Bauwerkshöhe konstant anzusetzen und entsprechen etwa den „über die Höhe verschmierten“ Resultierenden des höhenabhängigen Profils.

Dieses steht allerdings im Widerspruch zu Abs. 12.1.2 und Bild 3 der Norm, wonach im Fall $h \leq b$ über die gesamte Wandhöhe der Geschwindigkeitsdruck anzusetzen ist, der sich für die Wandoberkante ergibt.

Weiterhin darf die vereinfachte Annahme auch für den maßgebenden Geschwindigkeitsdruck zur Dachbemessung verwendet werden, was zu Unterschieden in den charakteristischen Werten von bis zu 15% zwischen den beiden Verfahren an den Bereichsgrenzen führen kann. Bei den Nachweisen der Referenzobjekte wird dem Normtext folgend immer der günstigere Geschwindigkeitsdruck (aus Tab. 2 oder Gl. (10)) angesetzt.

Durch den Normausschuss sollte geklärt werden, ob diese Unterschiede gewollt sind, in ihrer Wirkung bei Gebäuden bis 20 m Höhe geglättet werden sollen, oder ob das vereinfachte Verfahren ggf. nur für die Nachweise der Tragkonstruktion, nicht aber für die von Dach und Wand verwendet werden darf.

Berücksichtigung kleiner Lasteinzugsflächen

Abs. 12.1.1 (2) lautet: „Die Werte für Lasteinzugsflächen $< 10 \text{ m}^2$ sind für den Nachweis der Verankerungen von Bauteilen und deren Unterkonstruktion zu verwenden.“

Es ist nicht klar, ob damit „der Nachweis der Verankerungen von Bauteilen und der Nachweis der Verankerung von deren Unterkonstruktion“ oder „der Nachweis der Verankerungen von Bauteilen und der Nachweis der Unterkonstruktion der Bauteile“ gemeint ist. Im zweiten Fall wäre die gesamte Unterkonstruktion wie Wandriegel und Distanzkonstruktionen für die erhöhten Einwirkungen nachzuweisen.

Außerdem sollten die Lasteinzugsflächen genauer definiert werden (siehe z.B Referenzobjekt 2, Seite 39).

Regelungen für Vordächer

Für Vordächer sind in der Norm keine Regelungen getroffen. Hier sollte nach entsprechenden Regelungsmöglichkeiten gesucht und diese wenn möglich aufgenommen werden.

6 Verzeichnis der Anlagen

- A 1 Referenzobjekt 2: Bemessung Trapezblechdach nach der gültigen Norm
- A 2 Referenzobjekt 2: Befestigung Trapezblechdach nach der gültigen Norm
- A 3 Referenzobjekt 2: Bemessung der zweischaligen Wand nach der gültigen Norm



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

Pos. 1 alt: Einfeldträger System 1, gültige Norm

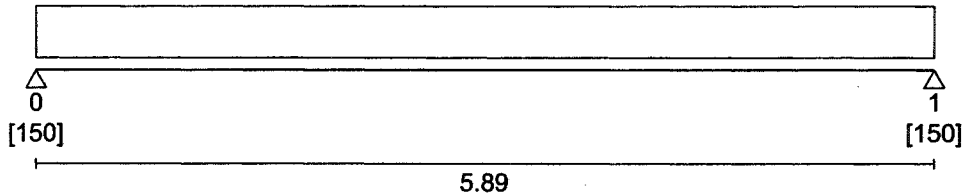
Dachneigung > 2% => keine Wassersackbildung

Auflagerbreite [mm]:

Auflager	0	1
a	150	150

Stützweitenreduzierung gem. DIN 18807 T.3:

$$\text{Feld 1: } L_{\text{red}} = 6.00 - (0.15 - 0.04) / 2 - (0.15 - 0.04) / 2 = 5.89 \text{ m}$$



Abmessungen [m], Belastung [kN/m², kN/m] (ohne Blechgew.)

Feld	l	von	bis	q _l	q _r	P
1	5.89	0.00	5.89	1.38	1.38	0.00

Blechgewicht (geschätzt): g = 0.00 kN/m²

Schnittgrößen [kN/m, kNm/m]

Auflager	Q _{ll}	Q _{re}	V	M	Feld	max M _f	f[cm]
0		4.06	4.06				
1	-4.06		4.06		1	5.98	1.73

gewählt:

Hoesch-Stahltrapezprofil Positivlage
 E 135 / t_N = 1.50mm g = 0.19 kN/m²

nach Prüfbescheid-Nr. 3.P30-152/90 verlängert durch Bescheid
 Nr. II B3-543-596

Nachweise

Globaler Sicherheitsbeiwert: $\gamma = 1.1 \cdot 1.5 = 1.65$

Grenzstützweite: vorh max l = 5.89 m < l_{gr} = 17.40 m

maximale Durchbiegung: (vorh l_{eff} = 594.00 cm⁴/m)

Feld: vorh f = l / 339.7 < l / 300

Feldmoment: (maßgebend: Feld 1)

1.65 * vorh M_f = 9.87 kNm/m < M_{dF} = 26.50 kNm/m



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

Endauflager:

0 : $1.65 \cdot R_A = 1.65 \cdot 4.06 = 6.71 \text{ kN/m} < R_{AG} = 27.70 \text{ kN/m}$
 1 : $1.65 \cdot R_A = 1.65 \cdot 4.06 = 6.71 \text{ kN/m} < R_{AG} = 27.70 \text{ kN/m}$

Pos. 2 alt: Vierfeldträger System 2, gültige Norm

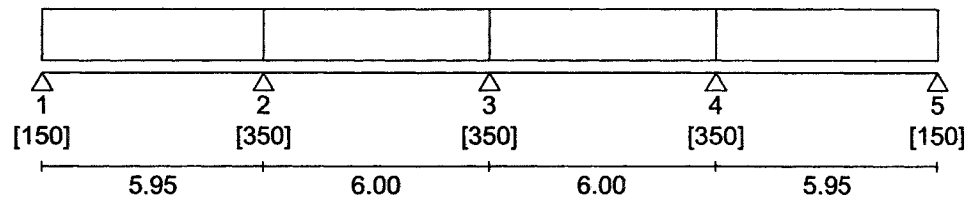
Dachneigung > 2% ⇒ keine Wassersackbildung

Auflagerbreite [mm]:

Auflager	1	2	3	4	5
a,b	150	350	350	350	150

Stützweitenreduzierung gem. DIN 18807 T.3:

Feld 1: $L_{red} = 6.00 - 0.15 / 2 + 0.04 / 2 = 5.95 \text{ m}$
 Feld 4: $L_{red} = 6.00 - 0.15 / 2 + 0.04 / 2 = 5.95 \text{ m}$



Abmessungen [m], Belastung [kN/m², kN/m] (ohne Blecheigengew.)

Feld	l	von	bis	q_l	q_r	P
1	5.95	0.00	5.95	1.38	1.38	0.00
2	6.00	0.00	6.00	1.38	1.38	0.00
3	6.00	0.00	6.00	1.38	1.38	0.00
4	5.95	0.00	5.95	1.38	1.38	0.00

Blecheigengewicht (geschätzt): $g = 0.00 \text{ kN/m}^2$

Schnittgrößen [kN/m, kNm/m]

Auflager	Q_{li}	Q_{re}	V	M	Feld	max M_f	f[cm]
1		3.22	3.22				
2	-4.99	4.42	9.40	-5.25	1	3.75	1.33
3	-3.86	3.86	7.72	-3.58	2	1.82	0.42
4	-4.42	4.99	9.40	-5.25	3	1.82	0.42
5	-3.22		3.22		4	3.75	1.33



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

gewählt:

Hoesch-Stahltrapezprofil Positivlage E 135 / $t_N = 1.00\text{mm}$	$g = 0.13 \text{ kN/m}^2$
---	---------------------------

nach Prüfbescheid-Nr. 3.P30-152/90 verlängert durch Bescheid
Nr. II B3-543-596

Nachweise

Globaler Sicherheitsbeiwert: $\gamma = 1.1 * 1.5 = 1.65$

Grenzstützweite: vorh max $l = 6.00 \text{ m} < l_{gr} = 14.30 \text{ m}$

maximale Durchbiegung: (vorh $I_{eff} = 387.00 \text{ cm}^4/\text{m}$)

Feld: vorh $f = l / 445.7 < l / 300$

Feldmoment: (maßgebend: Feld 4)

$1.65 * \text{vorh } M_f = 6.19 \text{ kNm/m} < M_{dF} = 14.80 \text{ kNm/m}$

Endauflager:

1 : $1.65 * R_A = 1.65 * 3.22 = 5.31 \text{ kN/m} < R_{AG} = 10.20 \text{ kN/m}$
5 : $1.65 * R_A = 1.65 * 3.22 = 5.31 \text{ kN/m} < R_{AG} = 10.20 \text{ kN/m}$

Zwischenaufleger:

Auflager	$M_{st} \text{ [kNm/m]}$		$B \text{ [kN/m]}$	
	$1.65 * \text{vorh}$	M_B	$1.65 * \text{vorh}$	max R_B
2	8.67 <	15.58	15.52 <	37.00
3	5.91 <	15.60	12.74 <	37.00
4	8.67 <	15.58	15.52 <	37.00



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

Pos. 3 alt: Dreifeldträger System 3 gültige Norm

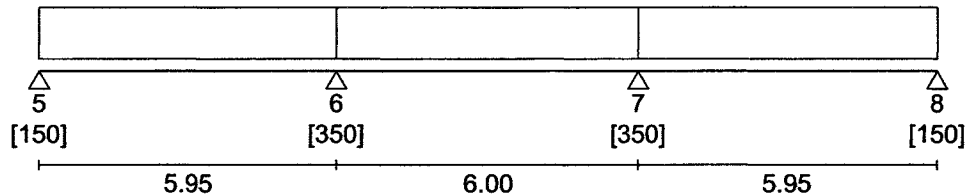
Dachneigung > 2% ⇒ keine Wassersackbildung

Auflagerbreite [mm]:

Auflager	5	6	7	8
a,b	150	350	350	150

Stützweitenreduzierung gem. DIN 18807 T.3:

Feld 1: $L_{red} = 6.00 - 0.15 / 2 + 0.04 / 2 = 5.95 \text{ m}$
 Feld 3: $L_{red} = 6.00 - 0.15 / 2 + 0.04 / 2 = 5.95 \text{ m}$



Abmessungen [m], Belastung [kN/m², kN/m] (ohne Blecheigengew.)

Feld	l	von	bis	q_l	q_r	P
1	5.95	0.00	5.95	1.38	1.38	0.00
2	6.00	0.00	6.00	1.38	1.38	0.00
3	5.95	0.00	5.95	1.38	1.38	0.00

Blecheigengewicht (geschätzt): $g = 0.00 \text{ kN/m}^2$

Schnittgrößen [kN/m, kNm/m]

Auflager	Q_{li}	Q_{re}	V	M	Feld	max M_r	f[cm]
5		3.27	3.27				
6	-4.93	4.14	9.07	-4.92	1	3.89	1.42
7	-4.14	4.93	9.07	-4.92	2	1.29	0.14
8	-3.27		3.27		3	3.89	1.42

gewählt:

Hoesch-Stahltrapezprofil Positivlage
 E 135 / $t_N = 1.00 \text{ mm}$ $g = 0.13 \text{ kN/m}^2$

nach Prüfbescheid-Nr. 3.P30-152/90 verlängert durch Bescheid Nr. II B3-543-596



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

Nachweise

Globaler Sicherheitsbeiwert: $\gamma = 1.1 * 1.5 = 1.65$

Grenzstützweite: vorh max $l = 6.00 \text{ m} < l_{gr} = 14.30 \text{ m}$

maximale Durchbiegung: (vorh $I_{eff} = 387.00 \text{ cm}^4/\text{m}$)

Feld: vorh $f = l / 417.2 < l / 300$

Feldmoment: (maßgebend: Feld 1)

$1.65 * \text{vorh } M_f = 6.41 \text{ kNm/m} < M_{df} = 14.80 \text{ kNm/m}$

Endauflager:

5 : $1.65 * R_A = 1.65 * 3.27 = 5.40 \text{ kN/m} < R_{AG} = 10.20 \text{ kN/m}$

8 : $1.65 * R_A = 1.65 * 3.27 = 5.40 \text{ kN/m} < R_{AG} = 10.20 \text{ kN/m}$

Zwischenaufleger:

Auflager	$M_{st} \text{ [kNm/m]}$		$B \text{ [kN/m]}$	
	$1.65 * \text{vorh}$	M_B	$1.65 * \text{vorh}$	$\max R_B$
6	8.12 <	15.60	14.96 <	37.00
7	8.12 <	15.60	14.96 <	37.00



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

Nachweis der Befestigungsmittel

Stahlhalle Eitville

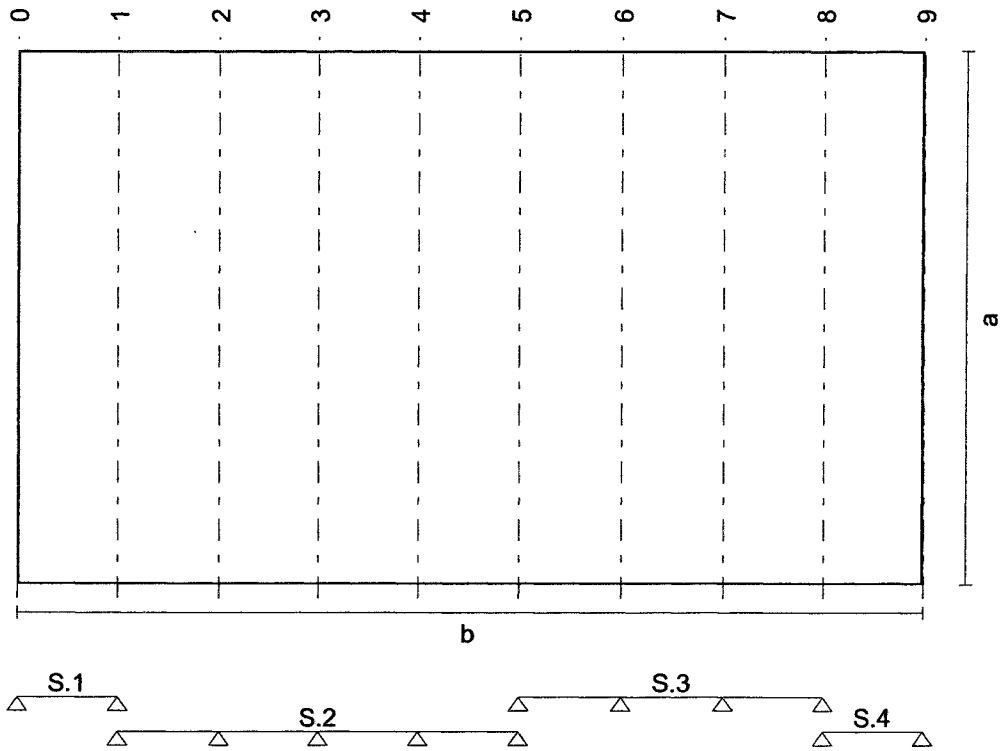
Belastung nach gültiger Norm

Gebäudegeometrie:

Länge in Spannrichtung: $b = 54.00$ m
 Länge quer zur Spannrichtung: $a = 32.00$ m
 Höhe: $h = 17.50$ m
 Dachneigung: $\alpha = 4.00^\circ$ quer zur Spannrichtung
 Anzahl der offenen Seiten: 0
 Dacheindeckung: Hoesch-Stahltrapezprofil Positivlage
 E 135 (Blechdicke: s.u.)
 Rippenbreite: $b_R = 310.00$ mm
 Breite des Untergurts: $b_G = 43.00$ mm

Einteilung in Spannrichtung: (von links nach rechts)

Feld	Länge [m]	Blechdicke [mm]	Achse	UKo-Typ		
				Mitte	Rand	
1	6.00	1.50	0	1	1	
2	6.00	1.00	1	1	1	Querstoß
3	6.00	1.00	2	1	1	
4	6.00	1.00	3	1	1	
5	6.00	1.00	4	1	1	
6	6.00	1.00	5	1	1	Querstoß
7	6.00	1.00	6	1	1	
8	6.00	1.00	7	1	1	
9	6.00	1.50	8	1	1	Querstoß
			9	1	1	



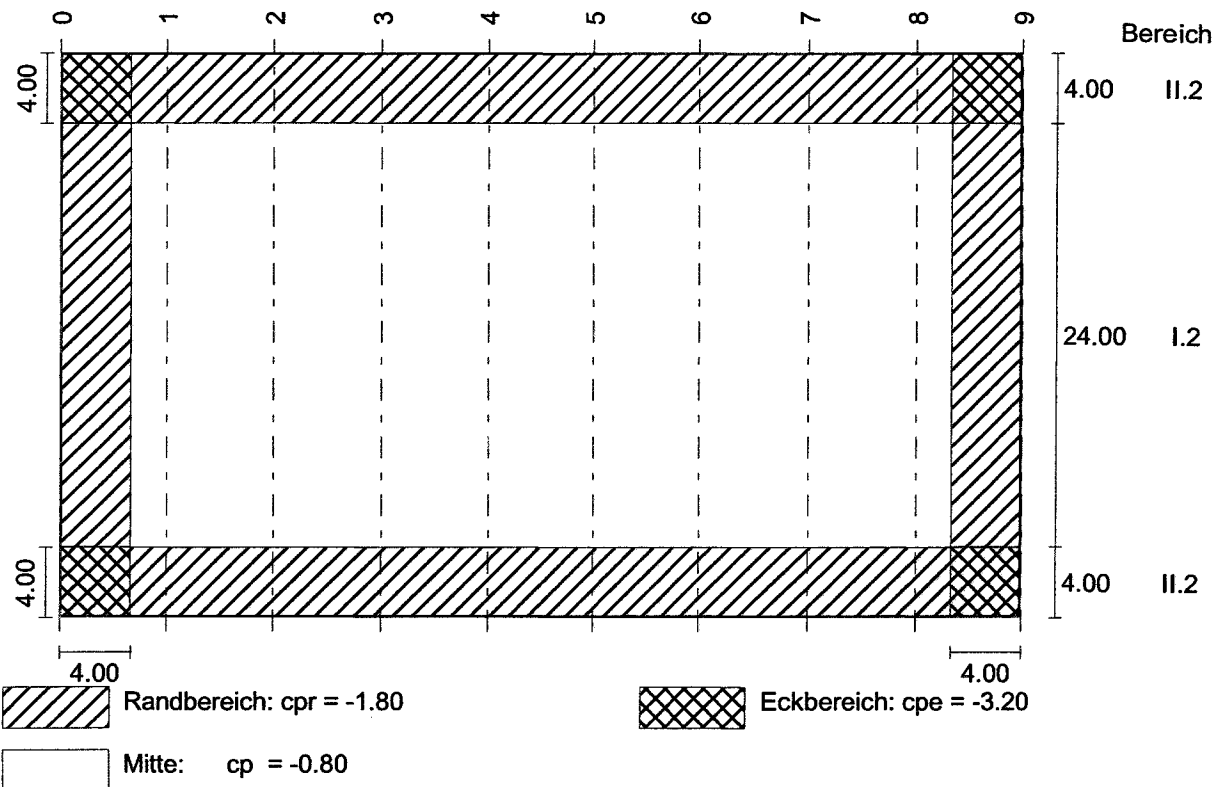


Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

Windbelastung:

Näherungsansatz nach DIN 1055 T.4 Tab.11 Z.3

Die folgende Skizze ist aus Gründen der Lesbarkeit nicht immer maßstabsgetreu.



Staudruck: $q = 0.800 \text{ kN/m}^2$
 gegen Abheben ansetzbares Eigengewicht: $\min g = 0.400 \text{ kN/m}^2$

Auflagerkräfte [kN/m]:

System	Achse	min g	aus Windsog in den Bereichen:	
			II.2	I.2
System 1	0	-1.20	7.31	4.06
	1	-1.20	5.82	2.99
System 2	1	-0.94	3.39	1.51
	2	-2.74	9.87	4.39
	3	-2.23	8.02	3.57
	4	-2.74	9.87	4.39
	5	-0.94	3.39	1.51
System 3	5	-0.96	3.46	1.54
	6	-2.64	9.50	4.22
	7	-2.64	9.50	4.22
	8	-0.96	3.46	1.54



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

Achse	min g	aus Windsog in den Bereichen:	
		II.2	I.2
System 4 8	-1.20	5.82	2.99
9	-1.20	7.31	4.06

Unterkonstruktionen und Befestigung

Definition der Befestigungsmittelanzahl n:

n = 1/2 = Befestigung in jedem 2. Profilgurt

n = 1 = Befestigung in jedem Profilgurt

n = 3/2 = Befestigung in jedem Profilgurt + ein Verbindungselement in jedem 2. Profilgurt

n = 2 = Befestigung mit zwei Verbindungselementen in jedem Profilgurt usw.

Abstand der Profilgürte = Rippenbreite $b_R = 310.00$ mm

Kräfte je Element: vorh $F[kN] = A[kN/m] \cdot b_R[mm]/1000 / n$

Untersuchte Lastfälle:

LF 1: maximale abhebende Lasten

Windsog + $0.9 \cdot \min g + \min g / \max q \cdot (A + \text{Stabil.})$

LF 2: maximale Schublasten

Windsog + $\max q + A + \text{Stabil.}$

Uko-Typ 1: Stahl $t_H = 20.00$ mm
 Befestigung im anliegenden Gurt

Befestigung: EJOT JZ3-6,3-E16
 nach Zulassungsbescheid Z-14.1-4, Blatt 6.5
 $t_t = 1.50$ mm \Rightarrow zul $F_Q = 3.65$ kN, zul $F_Z = 2.95$ kN
 $t_t = 1.00$ mm \Rightarrow zul $F_Q = 2.55$ kN, zul $F_Z = 2.00$ kN

für $t_t = 1.50$ mm:

Berechnung der aufnehmbaren Querkraft:

Umrechnung zulässiger \Rightarrow charakteristischer Wert nach Verbindungsmittelzulassung:
 aufnehmbare Querkraft mit $\gamma_M = 1.33$:

$$F_{Q,R,d} = 2.00 \cdot \text{zul}F_Q / \gamma_M = 5.49 \text{ kN}$$

Berechnung der aufnehmbaren Zugkraft:

Keine Abminderung der zul. Zugkräfte für besondere Anwendungsfälle nach Tabelle 1 der Verbindungsmittelzulassung erforderlich $\Rightarrow \alpha_E = 1.00$

Umrechnung zulässiger \Rightarrow charakteristischer Wert nach Verbindungsmittelzulassung:
 $F_{Z,R,k} = 2.00 \cdot \text{zul}F_Z = 5.90$ kN



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

aufnehmbare Zugkraft mit $\gamma_M = 1.33$:

$$F_{Z,R,d} = \alpha_E * F_{Z,R,k} / \gamma_M = 4.44 \text{ kN}$$

für $t_f = 1.00 \text{ mm}$:

Berechnung der aufnehmbaren Querkraft:

Umrechnung zulässiger \Rightarrow charakteristischer Wert nach Verbindungsmittelzulassung:

aufnehmbare Querkraft mit $\gamma_M = 1.33$:

$$F_{Q,R,d} = 2.00 * \text{zul}F_Q / \gamma_M = 3.83 \text{ kN}$$

Berechnung der aufnehmbaren Zugkraft:

Keine Abminderung der zul. Zugkräfte für besondere Anwendungsfälle nach Tabelle 1 der Verbindungsmittelzulassung erforderlich $\Rightarrow \alpha_E = 1.00$

Umrechnung zulässiger \Rightarrow charakteristischer Wert nach Verbindungsmittelzulassung:

$$F_{Z,R,k} = 2.00 * \text{zul}F_Z = 4.00 \text{ kN}$$

aufnehmbare Zugkraft mit $\gamma_M = 1.33$:

$$F_{Z,R,d} = \alpha_E * F_{Z,R,k} / \gamma_M = 3.01 \text{ kN}$$

Interaktionsbedingung bei kombinierter Scher- und Zugbeanspruchung gemäß Zulassung:

$$f = F_{Q,S,d}/F_{Q,R,d} + F_{Z,S,d}/F_{Z,R,d} \leq 1 \text{ mit } \gamma_F = 1.50$$

Achse	Bereich	gew.n	Lastfall 1			Lastfall 2		
			$F_{Q,S,d}$	$F_{Z,S,d}$	f	$F_{Q,S,d}$	$F_{Z,S,d}$	f
0	II.2	1	0.00	2.90	0.65	0.00	1.38	0.31
	I.2	1	0.00	1.38	0.31	0.00	0.00	0.00
1	II.2	3/2	0.00	2.94	0.98	0.00	0.91	0.30
	I.2	1	0.00	1.78	0.59	0.00	0.00	0.00
2	II.2	3/2	0.00	2.30	0.76	0.00	0.00	0.00
	I.2	1/2	0.00	1.79	0.59	0.00	0.00	0.00
3	II.2	1	0.00	2.80	0.93	0.00	0.00	0.00
	I.2	1/2	0.00	1.45	0.48	0.00	0.00	0.00
4	II.2	3/2	0.00	2.30	0.76	0.00	0.00	0.00
	I.2	1/2	0.00	1.79	0.59	0.00	0.00	0.00
5	II.2	1	0.00	2.41	0.80	0.00	0.00	0.00
	I.2	1	0.00	0.62	0.21	0.00	0.00	0.00
6	II.2	3/2	0.00	2.21	0.73	0.00	0.00	0.00
	I.2	1/2	0.00	1.72	0.57	0.00	0.00	0.00
7	II.2	3/2	0.00	2.21	0.73	0.00	0.00	0.00
	I.2	1/2	0.00	1.72	0.57	0.00	0.00	0.00
8	II.2	3/2	0.00	2.94	0.98	0.00	0.91	0.30
	I.2	1	0.00	1.78	0.59	0.00	0.00	0.00
9	II.2	1	0.00	2.90	0.65	0.00	1.38	0.31
	I.2	1	0.00	1.38	0.31	0.00	0.00	0.00



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

Befestigung bei Uko-Typ 1

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	½	¾	1	¾	1	¾	¾	¾		4.00
	1	½	½	½	1	½	½	1		24.00
	½	¾	1	¾	1	¾	¾	¾		4.00



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

Pos. FA1: Wand nach der gültigen Norm

Gebäudegeometrie:

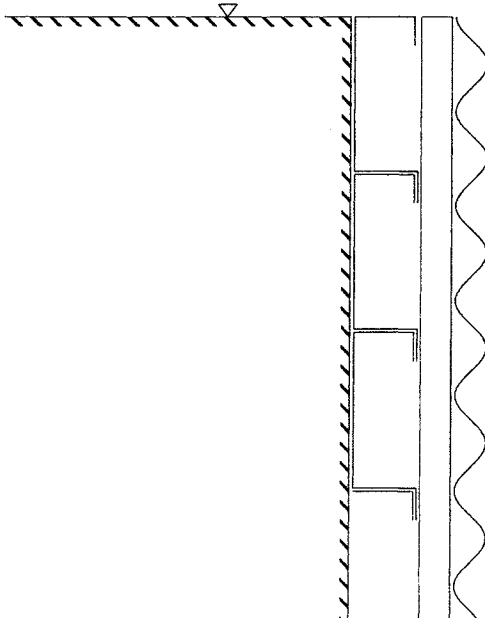
Breite: a = 54.00 m
Tiefe: b = 32.00 m
Traufhöhe: h = 17.05 m
Anzahl der offenen Seiten: 0

Der nachzuweisende Wandbereich läuft von Achse 400 bis Achse 409.
Achse 400 ist eine Gebäudeecke.
Achse 409 ist eine Gebäudeecke.
Die Unterkante des nachzuweisenden Wandbereichs liegt an der Geländeoberfläche.
Die Oberkante des nachzuweisenden Wandbereichs liegt an der Dachtraufe.

Wandaufbau:

Außenschale:	horizontale Wellprofile
Distanzkonstruktion:	eine Lage vertikale Distanzprofile
Abstände:	im Mittelbereich in den Randbereichen
über 8 m	0.700 m 0.350 m
unter 8 m	0.700 m 0.350 m
Tragschale:	horizontal gespannte Kassetten

unmaßstäbliche Prinzipskizze:



Die Distanzprofile sind in achsialer Richtung unverschieblich zu lagern!



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

Einteilung in Tragschalen-Spannrichtung:

Feld	Länge [m]	Achse	Auflagerbreite [mm]
1	6.00	400	150
2	6.00	401	150
3	6.00	402	150
4	6.00	403	150
5	6.00	404	150
6	6.00	405	150
7	6.00	406	150
8	6.00	407	150
9	6.00	408	150
		409	150

Gelenkige Querstöße: Achse 403 406

Belastung:

Wind nach DIN 1055 T.4:

Staudruck (höhenabhängig): siehe Bemessung der einzelnen Bauteile!

Druckbeiwert (25% erhöht für Einzelbauteile): $C_{pd} = 1.25 * 0.8 = 1.000$
Sogbeiwert nach Tabelle 11, Nr. 1, $h/a = 0.533$: $C_{ps} = -0.700$
Sogbeiwert in Randbereichen (Breite 2.00 m): $C_{ps} = -2.000$

Vertikallast aus Dämm-Material:

Dicke 12.0 cm, Eigengewicht je cm Dicke $g = 0.014 \text{ kN/m}^2/\text{cm}$
 $\Rightarrow q_v = 12.0 * 0.014 = 0.17 \text{ kN/m}^2$

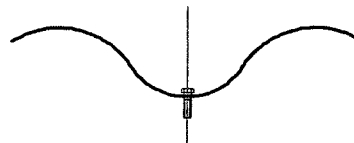
Bemessung der Außenschale

Staudrücke in den maßgebenden Höhen:

H [m]	q [kN/m ²]
über 8 m	0.80
unter 8 m	0.50

gewählt: Montana-Aluminiumwellprofil SP 42 Al

nach Prüfbescheid II B 3-543-411
Befestigung im Untergurt





Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

über 8 m, Mittelbereich:

$t_N = 0.70$ mm, Befestigung in jeder Rippe

Stützweite $l = 0.700$ m

unter Winddruck $q = 0.80$ kN/m²:

$$\begin{aligned} M_F &= 0.080 * q * l^2 = 0.03 \text{ kNm/m} \\ M_{St} &= 0.107 * q * l^2 = 0.04 \text{ kNm/m, B} = 1.1 * q * l = 0.62 \text{ kN/m} \\ M_{F;S,d} &= 1.50 * 0.03 = 0.05 < M_{F;R,d} = 1.40 / 1.10 = 1.27 \text{ kNm/m} \\ M_{St;S,d} &= 1.50 * 0.04 = 0.06 < \max M_{B,d} = 0.29 / 1.10 = 0.26 \text{ kNm/m} \\ R_{B;S,d} &= 1.50 * 0.62 = 0.92 < \max R_{B,d} = 2.29 / 1.10 = 2.08 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

unter Windsog $q = 0.56$ kN/m²:

$$\begin{aligned} M_F &= 0.080 * q * l^2 = 0.02 \text{ kNm/m, V} = 0.6 * q * l = 0.24 \text{ kN/m} \\ M_{St} &= 0.107 * q * l^2 = 0.03 \text{ kNm/m, B} = 1.1 * q * l = 0.43 \text{ kN/m} \\ M_{F;S,d} &= 1.50 * 0.02 = 0.03 < M_{F;R,d} = 1.40 / 1.10 = 1.27 \text{ kNm/m} \\ M_{St;S,d} &= 1.50 * 0.03 = 0.04 < \max M_{B,d} = 0.42 / 1.10 = 0.38 \text{ kNm/m} \\ R_{B;S,d} &= 1.50 * 0.43 = 0.65 < \max R_{B,d} = 5.80 / 1.10 = 5.27 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Tragfähigkeiten über der Stütze sind Tabellenwerte für Befestigung in jeder 2. Rippe (sichere Seite).

über 8 m, Randbereich:

$t_N = 0.70$ mm, Befestigung in jeder Rippe

ohne weiteren Nachweis

unter 8 m, Mittelbereich:

$t_N = 0.70$ mm, Befestigung in jeder Rippe

ohne weiteren Nachweis

unter 8 m, Randbereich:

$t_N = 0.70$ mm, Befestigung in jeder Rippe

ohne weiteren Nachweis



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

Bemessung der Distanzprofile

Die Profile sind gegen Verdrehung gehalten.
 Der Nachweis der Z-Profile erfolgt nach DAST-Richtlinie 016 (1.88) und der Anpassungsrichtlinie zu DIN 18800 (Ausgabe Juli 1995).

$E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Die Sicherheitsbeiwerte sind $\gamma_F = 1.50$ und $\gamma_M = 1.10$.

Die Biegemomententragfähigkeit ist $M_{u+} = f_{y,d} * W_{ef+}$ für positive und $M_{u-} = f_{y,d} * W_{ef-}$ für negative Momente mit

$f_{y,d} = f_{y,k}/1.10$.

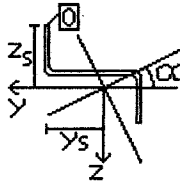
Die Tragfähigkeit bei örtlicher Lasteinleitung und am Zwischenaufleger ist

$R_u = 2 * R_{u1}$ mit R_{u1} nach Gl.(405).

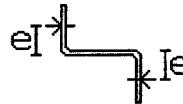
Für die M-R-Interaktion gilt EI. 411.

Die mitwirkende Breite für die Flanschbiegung wird mit 280 mm angesetzt.

Koordinaten:

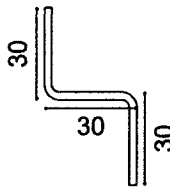


Befestigung:



Der Koordinaten-Bezugspunkt 0 ist jeweils der linke Profilanfang.

gewählt:
 Z 30/30/30/2.5 mm $f_{y,k}=240 \text{ N/mm}^2$
 Biegeradius $r=2.5 \text{ mm}$, abgewinkelte Länge = 80.00 mm



Querschnittswerte des Vollquerschnitts:

Fläche:	$A = 2.13 \text{ cm}^2$				
Schwerpunkt:	$y_s = -13.8 \text{ mm}$	$z_s = 28.8 \text{ mm}$	(bez. auf Punkt 0 = Anfang)		
Trägheitsm.:	$I_y = 4.0 \text{ cm}^4$	$I_z = 3.2 \text{ cm}^4$	$I_{yz} = -2.8 \text{ cm}^4$		
Hauptachsen:	$I_1 = 6.4 \text{ cm}^4$	$I_2 = 0.7 \text{ cm}^4$	$\alpha = 40.9^\circ$		

Abstand des Befestigungsmittels von der Profilecke: $e = 15 \text{ mm}$

Tragfähigkeiten:	$f_{y,d} = 240 / 1.10 = 218.2 \text{ N/mm}^2$		
	$M_{u+} = 0.502 \text{ kNm}$	$M_{u-} = -0.504 \text{ kNm}$	
Auflagerlänge	$L_A = 38.0 \text{ mm} \Rightarrow R_{u-} = 14.794 \text{ kN}$		
Flanschbiegung:	$M_{Flu} = 1/6 * 280 * 2.50^2 * 218.2 / 10000 = 6.364 \text{ kNcm}$		



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

effektive Breiten [mm] und Spannungen [N/mm²] bei Mu+ und Mu-: (Druck positiv)



über 8 m, Mittelbereich:

Abstand $e = 0.700$ m, Befestigung an jedem 2. Innenschalengurt

unter Winddruck $q_d = 0.80$ kN/m²:

Streckenlast $q = 1.1 * 0.700$ m * 0.80 kN/m² = 0.62 kN/m, Stützweite $l = 0.600$ m

$$M_F = 0.080 * q * l^2 = 0.02 \text{ kNm}$$

$$M_{St} = 0.107 * q * l^2 = 0.02 \text{ kNm}, \quad B = 1.1 * q * l = 0.41 \text{ kN}$$

$$1.50 * M_F / M_{u+} = 0.03 / 0.502 = 0.053 < 1.00$$

$$1.50 * M_{St} / M_{u-} = 0.04 / 0.504 = 0.071 < 1.00$$

$$1.50 * B / R_{u-} = 0.61 / 14.794 = 0.041 < 0.25$$

unter Windsog $q_s = 0.56$ kN/m²:

Streckenlast $q = 1.1 * 0.700$ m * 0.56 kN/m² = 0.43 kN/m, Stützweite $l = 1.200$ m

$$M_F = 0.080 * q * l^2 = 0.05 \text{ kNm}$$

$$M_{St} = 0.107 * q * l^2 = 0.07 \text{ kNm}, \quad B = 1.1 * q * l = 0.57 \text{ kN}$$

$$1.50 * M_F / M_{u-} = 0.07 / 0.504 = 0.148 < 1.00$$

$$1.50 * M_{St} / M_{u+} = 0.10 / 0.502 = 0.199 < 1.00$$

Flanschbiegung: $M_{Fl} = 1.5 * 0.57 = 0.85$ kNcm

$$1.50 * M_{Fl} / M_{Flu} = 1.28 / 6.364 = 0.201 < 1.00$$

über 8 m, Randbereich:

Abstand $e = 0.350$ m, Befestigung an jedem 2. Innenschalengurt

unter Winddruck $q_d = 0.80$ kN/m²:

Streckenlast $q = 1.1 * 0.350$ m * 0.80 kN/m² = 0.31 kN/m, Stützweite $l = 0.600$ m

$$M_F = 0.080 * q * l^2 = 0.01 \text{ kNm}$$

$$M_{St} = 0.107 * q * l^2 = 0.01 \text{ kNm}, \quad B = 1.1 * q * l = 0.20 \text{ kN}$$

$$1.50 * M_F / M_{u+} = 0.01 / 0.502 = 0.027 < 1.00$$

$$1.50 * M_{St} / M_{u-} = 0.02 / 0.504 = 0.035 < 1.00$$

$$1.50 * B / R_{u-} = 0.30 / 14.794 = 0.021 < 0.25$$

unter Windsog $q_s = 1.60$ kN/m²:

Streckenlast $q = 1.1 * 0.350$ m * 1.60 kN/m² = 0.62 kN/m, Stützweite $l = 1.200$ m

$$M_F = 0.080 * q * l^2 = 0.07 \text{ kNm}$$

$$M_{St} = 0.107 * q * l^2 = 0.09 \text{ kNm}, \quad B = 1.1 * q * l = 0.81 \text{ kN}$$

$$1.50 * M_F / M_{u-} = 0.11 / 0.504 = 0.211 < 1.00$$

$$1.50 * M_{St} / M_{u+} = 0.14 / 0.502 = 0.284 < 1.00$$

Flanschbiegung: $M_{Fl} = 1.5 * 0.81 = 1.22$ kNcm

$$1.50 * M_{Fl} / M_{Flu} = 1.83 / 6.364 = 0.287 < 1.00$$



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

unter 8 m, Mittelbereich:

Abstand $e = 0.700$ m, Befestigung an jedem 2. Innenschalengurt
ohne weiteren Nachweis

unter 8 m, Randbereich:

Abstand $e = 0.350$ m, Befestigung an jedem 2. Innenschalengurt
ohne weiteren Nachweis

Befestigungen

Der Nachweis der Befestigungsmittel erfolgt mit $\gamma_F = 1.50$ -fachen Schnittgrößen.

Als charakteristische Werte für die maximal aufnehmbaren Zugkräfte werden die 2.0 - fachen zulässigen Werte angesetzt.

Der Teilsicherheitsbeiwert für die Bemessungswerte der Tragfähigkeit ist $\gamma_M = 1.33$.

Außenschale an Distanzprofile:

gewählt: <n> AVEX-Blindniet 4,8 je Befestigungspunkt
nach Zulassungsbescheid Z-14.1-4, Blatt 2.1
Anzahl <n>: siehe unten!

Bemessungswerte der aufnehmbaren Zugkraft:

$$t_i = 0.70 \text{ mm} \quad t_{ii} = 2.50 \text{ mm} \quad \text{zul}F_z = 0.45 \text{ kN}$$

Berechnung der aufnehmbaren Zugkraft:

Abminderungsfaktoren für die Zugkraft nach DIN 18807 Teil 6:

Anordnung der Verbindungen (Tab. 4) $\Rightarrow \alpha_E = 0.70$

DIN 18807 Teil 6 Gl.(31):

$$Z_1 = 2.5 * 0.70 * 165 / 1000 = 0.29 \text{ kN}$$

Umrechnung zulässiger \Rightarrow charakteristischer Wert nach Verbindungsmittelzulassung:

$$Z_2 = F_{z,R,k} = 2.00 * \text{zul}F_z = 0.90 \text{ kN}$$

aufnehmbare Zugkraft mit $\gamma_M = 1.33$:

$$F_{z,R,d} = \alpha_E * \min(Z_1, Z_2) / \gamma_M = 0.15 \text{ kN}$$

Zugkraft:

$$F_{z,S,d} = \gamma_F * a * \text{Durchlauff.} * q_{wi} * \text{Stützw.}$$

über 8 m - Mittelbereich: ($t_i = 0.70$ mm)

$$F_{z,S,d} = 1.50 * 0.160 * 1.1 * 0.56 * 0.70 = 0.10 \text{ kN} < 0.15 \text{ kN} <n=1>$$

über 8 m - Randbereich: ($t_i = 0.70$ mm)

$$F_{z,S,d} = 1.50 * 0.160 * 1.1 * 1.60 * 0.35 = 0.15 \text{ kN} = 0.15 \text{ kN} <n=1>$$

unter 8 m - Mittelbereich: ($t_i = 0.70$ mm)

$$F_{z,S,d} = 1.50 * 0.160 * 1.1 * 0.35 * 0.70 = 0.06 \text{ kN} < 0.15 \text{ kN} <n=1>$$

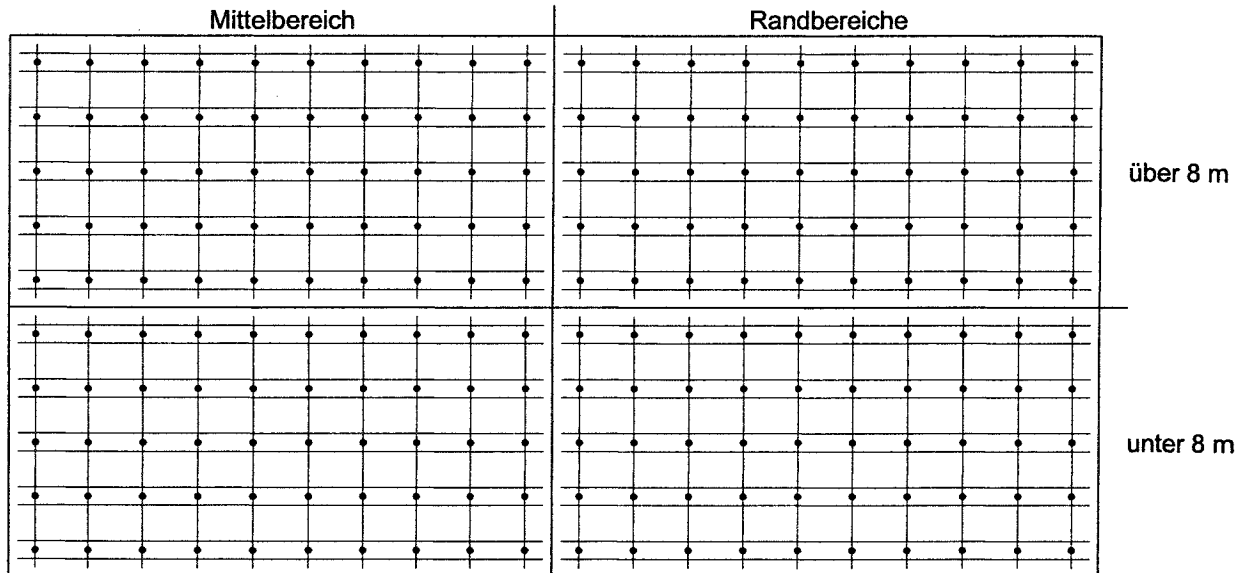
unter 8 m - Randbereich: ($t_i = 0.70$ mm)

$$F_{z,S,d} = 1.50 * 0.160 * 1.1 * 1.00 * 0.35 = 0.09 \text{ kN} < 0.15 \text{ kN} <n=1>$$



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

Befestigungsschema: (unmaßstäblich)



Distanzprofile an Tragschale:

gewählt: 1 SFS SPEDEC SX3-S19-5,5
 nach Zulassungsbescheid Z-14.1-4, Blatt 3.8
 $t_l = 2.50 \text{ mm}$, $t_H = 0.88 \text{ mm} \Rightarrow \text{zul}F_z = 1.30 \text{ kN}$

Bemessungswerte der aufnehmbaren Zugkraft:

$$\text{zul}F_z = 1.30 \text{ kN} \quad F_{z,R,d} = 0.7 * 2.00 * 1.30 / 1.33 = 1.36 \text{ kN}$$

(Faktor 0.7 wg. unsymmetrischer Unterkonstruktion)

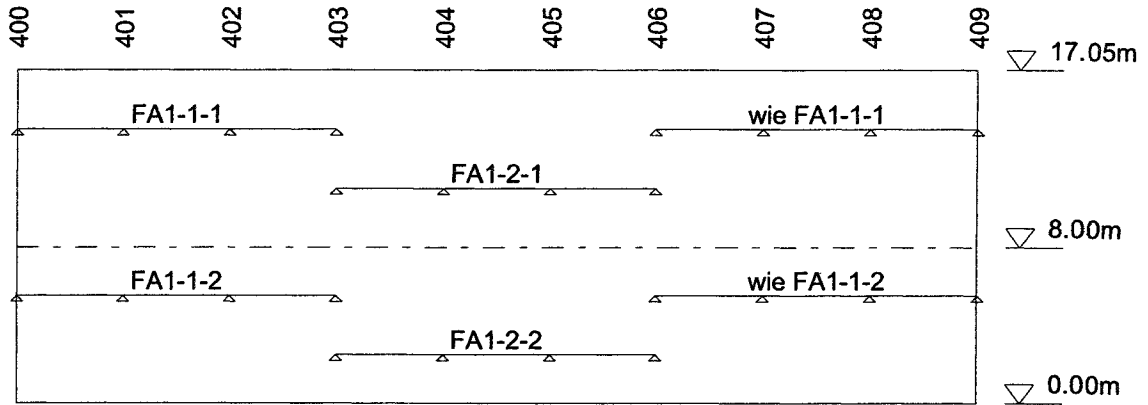
Zugkraft: $F_{z,S,d} = \gamma_F * \text{Durchlauff.} * q_{wi} * \text{Stützw.}$

- über 8 m - Mittelbereich:
 $F_{z,S,d} = 1.50 * 1.1 * 0.43 * 1.20 = 0.85 \text{ kN} < 1.36 \text{ kN}$
- über 8 m - Randbereich:
 $F_{z,S,d} = 1.50 * 1.1 * 0.62 * 1.20 = 1.22 \text{ kN} < 1.36 \text{ kN}$
- unter 8 m - Mittelbereich:
 $F_{z,S,d} = 1.50 * 1.1 * 0.27 * 1.20 = 0.53 \text{ kN} < 1.36 \text{ kN}$
- unter 8 m - Randbereich:
 $F_{z,S,d} = 1.50 * 1.1 * 0.38 * 1.20 = 0.76 \text{ kN} < 1.36 \text{ kN}$



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

Positionen der Tragschale: (unmaßstäblich)

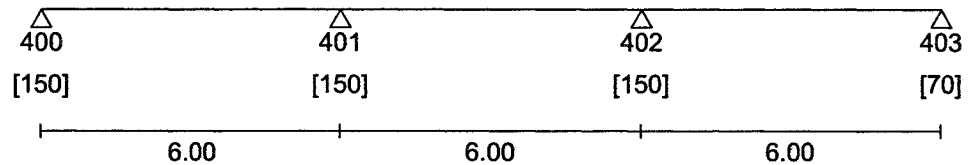




Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

Pos. FA1-1-1: Tragschale von Achse 400 bis Achse 403, über 8 m

Abmessungen [m] und Auflagerbreiten [mm]:



Belastung: Wind nach DIN 1055 Teil 4

Höhenlage: zwischen 8 m und 20 m \Rightarrow Staudruck $q = 0.8 \text{ kN/m}^2$
geschlossenes Gebäude

Lastfall 1: Winddruck $c_p = 0.8$

Querverteilung erfolgt über die Außenschale.
 $w_d = 0.8 * 0.8 = 0.640 \text{ kN/m}^2$

Lastfall 2: Windsog

Gebäudeabmessungen: $a/b/h = 54.00/32.00/17.05 \text{ m}$

$c_p = -0.700 \Rightarrow w_s = -0.700 * 0.8 = -0.560 \text{ kN/m}^2$

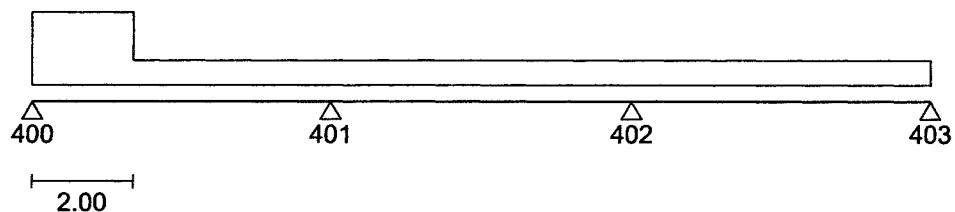
Lastfall 2a: Windsog mit Sogspitzen

(nur zum Nachweis der Befestigungsmittel!)

im Mittelbereich: $w_s = -0.700 * 0.8 = -0.560 \text{ kN/m}^2$

im Eckbereich: $c_p = -2.0 \Rightarrow w_s = -2.0 * 0.8 = -1.600 \text{ kN/m}^2$

Breite des Eckbereichs: links $d = 2.00 \text{ m}$



Stützweitenreduzierung für Lastfall Winddruck gem. DIN 18807 T.3:

Feld 1: $L_{red} = 6.00 - 0.15 / 2 + 0.04 / 2 = 5.95 \text{ m}$

Feld 3: $L_{red} = 6.00 - 0.07 / 2 + 0.04 / 2 = 5.99 \text{ m}$



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

Schnittgrößen: [kNm/m, kN/m]

Auflager	Lastfall 1		Lastfall 2		Lastfall 2a	
	M	H	M	H	M	H
400		1.52		-1.34		-2.99
401	-2.28	4.20	2.02	-3.70	2.54	-4.24
402	-2.30	4.22	2.02	-3.70	1.89	-3.57
403		1.53		-1.34		-1.37

Feld	Lastfall 1		Lastfall 2
	max Mf	f[cm]	
1	1.80	1.24	-1.61
2	0.59	0.11	-0.50
3	1.83	1.27	-1.61

Der Kassettenobergurt ist im Abstand 0.700 m durch Distanzprofile gehalten.

gewählt:

Hoesch-Stahlkassette 120/600 / t _N = 0.88mm	g = 0.11 kN/m ²
---	----------------------------

nach Zulassung Nr. Z-14.1-394

Die Stege der Kassettenprofiltafeln sind gemäß Zulassung miteinander zu verbinden.

Nachweise

Die nachfolgend geführten Nachweise gelten nur, wenn die Außenschale aus Trapezprofilen besteht und direkt mit den Kassetten unter Einhaltung des max. Verbindungsmittelabstands e_L = 732 mm (s. a. Zulassung) verbunden ist.

Globaler Sicherheitsbeiwert: $\gamma = 1.1 * 1.5 = 1.65$

Lastfall 1: Winddruck

maximale Durchbiegung: (vorh l_{eff} = 207.00 cm⁴/m)

Feld: vorh f = l / 470.0 < l / 300

Feldmoment: (maßgebend: Feld 3)

1.65 * vorh M_f = 3.02 kNm/m < M_{Fk} = 6.56 kNm/m

Endauflager:

400 : 1.65 * R_A = 1.65 * 1.52 = 2.51 kN/m < R_{Ak} = 10.40 kN/m

403 : 1.65 * R_A = 1.65 * 1.53 = 2.53 kN/m < R_{Ak} = 10.40 kN/m

Zwischenaufleger:

Auflager	M _{st} [kNm/m]		B [kN/m]	
	1.65*vorh	M _{Bk}	1.65*vorh	max R _{Bk}
401	3.75 <	6.90	6.93 <	26.10
402	3.80 <	6.90	6.97 <	26.10



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

Lastfall 2: Windsog

Feldmoment: (maßgebend: Feld 1)

$$1.65 \cdot \text{vorh } M_f = 2.66 \text{ kNm/m} < M_{Fk} = 6.44 \text{ kNm/m}$$

Endauflager:

$$400 : 1.65 \cdot R_A = 1.65 \cdot 1.34 = 2.22 \text{ kN/m} < 11.20 \text{ kN/m}$$

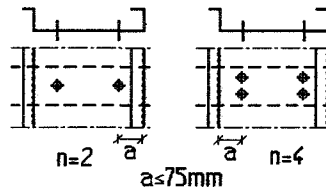
$$403 : 1.65 \cdot R_A = 1.65 \cdot 1.34 = 2.22 \text{ kN/m} < 11.20 \text{ kN/m}$$

Zwischenaufleger:

Auflager	M _{st} [kNm/m]		B [kN/m]	
	1.65*vorh	M _{Bk}	1.65*vorh	max R _{Bk}
401	3.33 <	5.89	6.10 <	28.00
402	3.33 <	5.89	6.10 <	28.00

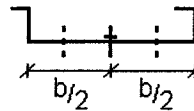
Befestigung an der Unterkonstruktion:

Statisch wirksame Befestigung:



Konstruktive Befestigung:

Um ein Beulen im Gurtbereich zu vermeiden ist in Gurtmitte ein zusätzliches Befestigungsmittel anzuordnen.



Belastung einer Kassette:

Zugkraft:	aus Windsog (s. Lastfall 2 und 2a)		
Scherkraft:	EG Tragschale		0.110 kN/m ²
	Dämmung (d = 12.0 cm)	12.0 * 0.014 =	0.168 kN/m ²
	EG Außenschale		0.025 kN/m ²
			<u>0.303 kN/m²</u>
Breite b _R = 0.600 m ⇒	0.600 * 0.303 =	0.182 kN/m	



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

Uko-Typ 1: Stahl $t_{ij} = 8.00 \text{ mm}$

Befestigung: Teks 5-5,5
nach Zulassungsbescheid Z-14.1-4, Blatt 4.7
 $t_i = 0.88 \text{ mm} \Rightarrow \text{zul}F_Q = 1.90 \text{ kN}, \text{zul}F_Z = 1.10 \text{ kN}$

Berechnung der aufnehmbaren Querkraft:

Umrechnung zulässiger \Rightarrow charakteristischer Wert nach Verbindungsmittelzulassung:
aufnehmbare Querkraft mit $\gamma_M = 1.33$:
 $F_{Q,R,d} = 2.00 * \text{zul}F_Q / \gamma_M = 2.86 \text{ kN}$

Berechnung der aufnehmbaren Zugkraft:

Abminderung der zulässigen Zugkräfte für besondere Anwendungsfälle nach Tabelle 1 der Verbindungsmittelzulassung:
Zeile 4: $b_E > 250 \text{ mm}, a \leq 75 \text{ mm} \Rightarrow \alpha_E = 0.70$
Umrechnung zulässiger \Rightarrow charakteristischer Wert nach Verbindungsmittelzulassung:
 $F_{Z,R,k} = 2.00 * \text{zul}F_Z = 2.20 \text{ kN}$
aufnehmbare Zugkraft mit $\gamma_M = 1.33$:
 $F_{Z,R,d} = \alpha_E * F_{Z,R,k} / \gamma_M = 1.16 \text{ kN}$

Interaktionsbedingung bei kombinierter Scher- und Zugbeanspruchung gemäß Zulassung:

$$f = F_{Q,S,d} / F_{Q,R,d} + F_{Z,S,d} / F_{Z,R,d} \leq 1 \text{ mit } \gamma_F = 1.50$$

Auflager 400: gewählt: 4 Stück je Kassette

$$\begin{aligned} F_{Q,S,d} &= 1.50 * 0.400 * 6.00 * 0.182 / 4 = 0.16 \text{ kN} \\ F_{Z,S,d} &= 1.50 * 0.600 * 2.99 / 4 = 0.67 \text{ kN} \\ f &= 0.16 / 2.86 + 0.67 / 1.16 = 0.64 < 1.00 \end{aligned}$$

Auflager 401: gewählt: 4 Stück je Kassette

$$\begin{aligned} F_{Q,S,d} &= 1.50 * 1.10 * (6.00 + 6.00) / 2 * 0.182 / 4 = 0.45 \text{ kN} \\ F_{Z,S,d} &= 1.50 * 0.600 * 4.24 / 4 = 0.95 \text{ kN} \\ f &= 0.45 / 2.86 + 0.95 / 1.16 = 0.98 < 1.00 \end{aligned}$$

Auflager 402: gewählt: 4 Stück je Kassette

$$\begin{aligned} F_{Q,S,d} &= 1.50 * 1.10 * (6.00 + 6.00) / 2 * 0.182 / 4 = 0.45 \text{ kN} \\ F_{Z,S,d} &= 1.50 * 0.600 * 3.70 / 4 = 0.83 \text{ kN} \\ f &= 0.45 / 2.86 + 0.83 / 1.16 = 0.88 < 1.00 \end{aligned}$$

Auflager 403: gewählt: 2 Stück je Kassette

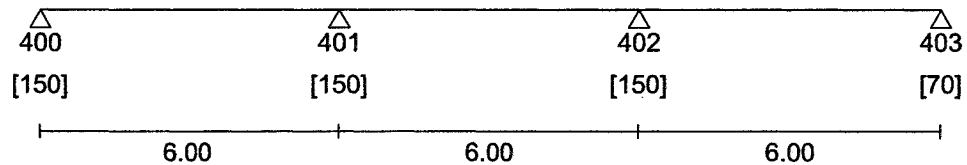
$$\begin{aligned} F_{Q,S,d} &= 1.50 * 0.400 * 6.00 * 0.182 / 2 = 0.33 \text{ kN} \\ F_{Z,S,d} &= 1.50 * 0.600 * 1.37 / 2 = 0.61 \text{ kN} \\ f &= 0.33 / 2.86 + 0.61 / 1.16 = 0.65 < 1.00 \end{aligned}$$



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

Pos. FA1-1-2: Tragschale von Achse 400 bis Achse 403, unter 8 m

Abmessungen [m] und Auflagerbreiten [mm]:



Belastung: Wind nach DIN 1055 Teil 4

Höhenlage: unter 8 m \Rightarrow Staudruck $q = 0.5 \text{ kN/m}^2$
geschlossenes Gebäude

Lastfall 1: Winddruck $c_p = 0.8$

Querverteilung erfolgt über die Außenschale.
 $w_d = 0.8 * 0.5 = 0.400 \text{ kN/m}^2$

Lastfall 2: Windsog

Gebäudeabmessungen: $a/b/h = 54.00/32.00/17.05 \text{ m}$

$c_p = -0.700 \Rightarrow w_s = -0.700 * 0.5 = -0.350 \text{ kN/m}^2$

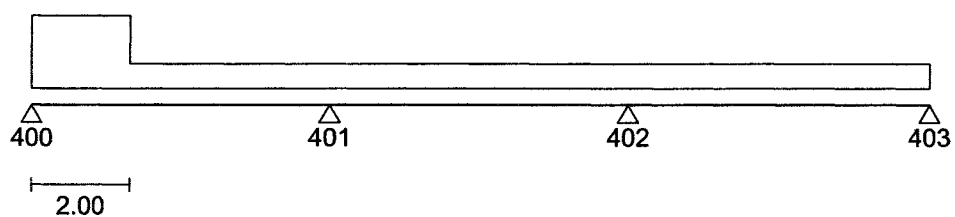
Lastfall 2a: Windsog mit Sogspitzen

(nur zum Nachweis der Befestigungsmittel!)

im Mittelbereich: $w_s = -0.700 * 0.5 = -0.350 \text{ kN/m}^2$

im Eckbereich: $c_p = -2.0 \Rightarrow w_s = -2.0 * 0.5 = -1.000 \text{ kN/m}^2$

Breite des Eckbereichs: links $d = 2.00 \text{ m}$



Stützweitenreduzierung für Lastfall Winddruck gem. DIN 18807 T.3:

Feld 1: $L_{red} = 6.00 - 0.15 / 2 + 0.04 / 2 = 5.95 \text{ m}$

Feld 3: $L_{red} = 6.00 - 0.07 / 2 + 0.04 / 2 = 5.99 \text{ m}$



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

Schnittgrößen: [kNm/m, kN/m]

Auflager	Lastfall 1		Lastfall 2		Lastfall 2a	
	M	H	M	H	M	H
400		0.95		-0.84		-1.87
401	-1.42	2.63	1.26	-2.31	1.59	-2.65
402	-1.44	2.64	1.26	-2.31	1.18	-2.23
403		0.96		-0.84		-0.85

Feld	Lastfall 1		Lastfall 2
	max Mf	f[cm]	max Mf
1	1.13	0.96	-1.01
2	0.37	0.09	-0.31
3	1.14	0.99	-1.01

Der Kassettenobergurt ist im Abstand 0.700 m durch Distanzprofile gehalten.

gewählt:

Hoesch-Stahlkassette 120/600 / $t_N = 0.75\text{mm}$	$g = 0.09 \text{ kN/m}^2$
---	---------------------------

nach Zulassung Nr. Z-14.1-394

Die Stege der Kassettenprofiltafeln sind gemäß Zulassung miteinander zu verbinden.

Nachweise

Die nachfolgend geführten Nachweise gelten nur, wenn die Außenschale aus Trapezprofilen besteht und direkt mit den Kassetten unter Einhaltung des max. Verbindungsmittelabstands $e_A = 732 \text{ mm}$ (s. a. Zulassung) verbunden ist.

Globaler Sicherheitsbeiwert: $\gamma = 1.1 * 1.5 = 1.65$

Lastfall 1: Winddruck

maximale Durchbiegung: (vorh $I_{\text{eff}} = 167.00 \text{ cm}^4/\text{m}$)

Feld: vorh $f = l / 606.6 < l / 300$

Feldmoment: (maßgebend: Feld 3)

$1.65 * \text{vorh } M_f = 1.89 \text{ kNm/m} < M_{Fk} = 4.93 \text{ kNm/m}$

Endauflager:

400 : $1.65 * R_A = 1.65 * 0.95 = 1.57 \text{ kN/m} < R_{Ak} = 7.37 \text{ kN/m}$
 403 : $1.65 * R_A = 1.65 * 0.96 = 1.58 \text{ kN/m} < R_{Ak} = 7.37 \text{ kN/m}$

Zwischenaufleger:

Auflager	$M_{st} \text{ [kNm/m]}$		$B \text{ [kN/m]}$	
	$1.65 * \text{vorh}$	M_{Bk}	$1.65 * \text{vorh}$	max R_{Bk}
401	2.35 <	5.04	4.33 <	18.15
402	2.38 <	5.04	4.36 <	18.15



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

Lastfall 2: Windsog

Feldmoment: (maßgebend: Feld 3)

$$1.65 \cdot \text{vorh } M_f = 1.66 \text{ kNm/m} < M_{Fk} = 4.77 \text{ kNm/m}$$

Endauflager:

$$400 : 1.65 \cdot R_A = 1.65 \cdot 0.84 = 1.39 \text{ kN/m} < 8.56 \text{ kN/m}$$

$$403 : 1.65 \cdot R_A = 1.65 \cdot 0.84 = 1.39 \text{ kN/m} < 8.56 \text{ kN/m}$$

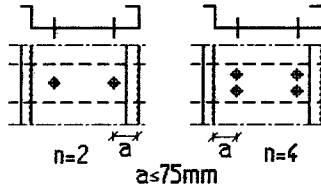
Zwischenaufleger:

Auflager	M _{st} [kNm/m]		B [kN/m]	
	1.65*vorh	M _{Bk}	1.65*vorh	max R _{Bk}
401	2.08 <	4.44	3.81 <	21.40
402	2.08 <	4.44	3.81 <	21.40

Befestigung an der Unterkonstruktion:

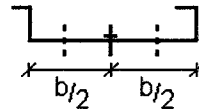
Statisch wirksame

Befestigung:



Konstruktive Befestigung:

Um ein Beulen im Gurtbereich zu vermeiden ist in Gurtmitte ein zusätzliches Befestigungsmittel anzuordnen.



Belastung einer Kassette:

Zugkraft:	aus Windsog (s. Lastfall 2 und 2a)		
Scherkraft:	EG Tragschale		0.094 kN/m ²
	Dämmung (d = 12.0 cm)	12.0 * 0.014 =	0.168 kN/m ²
	EG Außenschale		0.025 kN/m ²
			<u>0.287 kN/m²</u>
	Breite b _R = 0.600 m ⇒	0.600 * 0.287 =	0.172 kN/m



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

Uko-Typ 1: Stahl $t_{fl} = 8.00$ mm

Befestigung: Teks 5-5,5
nach Zulassungsbescheid Z-14.1-4, Blatt 4.7
 $t_t = 0.75$ mm \Rightarrow $zulF_Q = 1.60$ kN, $zulF_Z = 0.80$ kN

Berechnung der aufnehmbaren Querkraft:

Umrechnung zulässiger \Rightarrow charakteristischer Wert nach Verbindungsmittelzulassung:
aufnehmbare Querkraft mit $\gamma_M = 1.33$:

$$F_{Q,R,d} = 2.00 * zulF_Q / \gamma_M = 2.41 \text{ kN}$$

Berechnung der aufnehmbaren Zugkraft:

Abminderung der zulässigen Zugkräfte für besondere Anwendungsfälle nach Tabelle 1 der Verbindungsmittelzulassung:
Zeile 4: $b_G > 250$ mm, $a \leq 75$ mm $\Rightarrow \alpha_E = 0.70$

Umrechnung zulässiger \Rightarrow charakteristischer Wert nach Verbindungsmittelzulassung:

$$F_{Z,R,k} = 2.00 * zulF_Z = 1.60 \text{ kN}$$

aufnehmbare Zugkraft mit $\gamma_M = 1.33$:

$$F_{Z,R,d} = \alpha_E * F_{Z,R,k} / \gamma_M = 0.84 \text{ kN}$$

Interaktionsbedingung bei kombinierter Scher- und Zugbeanspruchung gemäß Zulassung:

$$f = F_{Q,S,d} / F_{Q,R,d} + F_{Z,S,d} / F_{Z,R,d} \leq 1 \text{ mit } \gamma_F = 1.50$$

Auflager 400: gewählt: 4 Stück je Kassette

$$\begin{aligned} F_{Q,S,d} &= 1.50 * 0.400 * 6.00 * 0.172 / 4 = 0.15 \text{ kN} \\ F_{Z,S,d} &= 1.50 * 0.600 * 1.87 / 4 = 0.42 \text{ kN} \\ f &= 0.15 / 2.41 + 0.42 / 0.84 = 0.56 < 1.00 \end{aligned}$$

Auflager 401: gewählt: 4 Stück je Kassette

$$\begin{aligned} F_{Q,S,d} &= 1.50 * 1.10 * (6.00 + 6.00) / 2 * 0.172 / 4 = 0.43 \text{ kN} \\ F_{Z,S,d} &= 1.50 * 0.600 * 2.65 / 4 = 0.60 \text{ kN} \\ f &= 0.43 / 2.41 + 0.60 / 0.84 = 0.89 < 1.00 \end{aligned}$$

Auflager 402: gewählt: 4 Stück je Kassette

$$\begin{aligned} F_{Q,S,d} &= 1.50 * 1.10 * (6.00 + 6.00) / 2 * 0.172 / 4 = 0.43 \text{ kN} \\ F_{Z,S,d} &= 1.50 * 0.600 * 2.31 / 4 = 0.52 \text{ kN} \\ f &= 0.43 / 2.41 + 0.52 / 0.84 = 0.79 < 1.00 \end{aligned}$$

Auflager 403: gewählt: 2 Stück je Kassette

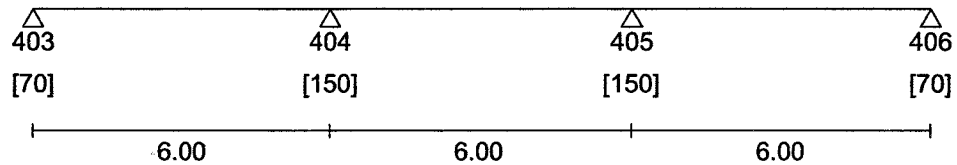
$$\begin{aligned} F_{Q,S,d} &= 1.50 * 0.400 * 6.00 * 0.172 / 2 = 0.31 \text{ kN} \\ F_{Z,S,d} &= 1.50 * 0.600 * 0.85 / 2 = 0.38 \text{ kN} \\ f &= 0.31 / 2.41 + 0.38 / 0.84 = 0.58 < 1.00 \end{aligned}$$



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

Pos. FA1-2-1: Tragschale von Achse 403 bis Achse 406, über 8 m

Abmessungen [m] und Auflagerbreiten [mm]:



Belastung: Wind nach DIN 1055 Teil 4

Höhenlage: zwischen 8 m und 20 m \Rightarrow Staudruck $q = 0.8 \text{ kN/m}^2$
 geschlossenes Gebäude

Lastfall 1: Winddruck $c_p = 0.8$

Querverteilung erfolgt über die Außenschale.
 $w_d = 0.8 * 0.8 = 0.640 \text{ kN/m}^2$

Lastfall 2: Windsog

Gebäudeabmessungen: $a/b/h = 54.00/32.00/17.05 \text{ m}$

$c_p = -0.700 \Rightarrow w_s = -0.700 * 0.8 = -0.560 \text{ kN/m}^2$

Stützweitenreduzierung für Lastfall Winddruck gem. DIN 18807 T.3:

Feld 1: $L_{red} = 6.00 - 0.07 / 2 + 0.04 / 2 = 5.99 \text{ m}$

Feld 3: $L_{red} = 6.00 - 0.07 / 2 + 0.04 / 2 = 5.99 \text{ m}$

Schnittgrößen: [kNm/m, kN/m]

Auflager	Lastfall 1		Lastfall 2	
	M	H	M	H
403		1.53		-1.34
404	-2.30	4.22	2.02	-3.70
405	-2.30	4.22	2.02	-3.70
406		1.53		-1.34

Feld	Lastfall 1		Lastfall 2
	max Mf	f[cm]	
1	1.83	1.28	-1.61
2	0.58	0.11	-0.50
3	1.83	1.28	-1.61



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

Der Kassettenobergurt ist im Abstand 0.700 m durch Distanzprofile gehalten.

gewählt:

Hoesch-Stahlkassette 120/600 / $t_N = 0.88\text{mm}$	$g = 0.11 \text{ kN/m}^2$
---	---------------------------

nach Zulassung Nr. Z-14.1-394

Die Stege der Kassettenprofiltafeln sind gemäß Zulassung miteinander zu verbinden.

Nachweise

Die nachfolgend geführten Nachweise gelten nur, wenn die Außenschale aus Trapezprofilen besteht und direkt mit den Kassetten unter Einhaltung des max. Verbindungsmittelabstands $e_L = 732 \text{ mm}$ (s. a. Zulassung) verbunden ist.

Globaler Sicherheitsbeiwert: $\gamma = 1.1 * 1.5 = 1.65$

Lastfall 1: Winddruck

maximale Durchbiegung: (vorh $I_{\text{eff}} = 207.00 \text{ cm}^4/\text{m}$)

Feld: $\text{vorh } f = l / 468.9 < l / 300$

Feldmoment: (maßgebend: Feld 3)

$1.65 * \text{vorh } M_f = 3.02 \text{ kNm/m} < M_{Fk} = 6.56 \text{ kNm/m}$

Endauflager:

403 : $1.65 * R_A = 1.65 * 1.53 = 2.53 \text{ kN/m} < R_{Ak} = 10.40 \text{ kN/m}$

406 : $1.65 * R_A = 1.65 * 1.53 = 2.53 \text{ kN/m} < R_{Ak} = 10.40 \text{ kN/m}$

Zwischenaufleger:

Auflager	M_{St} [kNm/m]		B [kN/m]	
	$1.65 * \text{vorh}$	M_{Bk}	$1.65 * \text{vorh}$	max R_{Bk}
404	3.79 <	6.90	6.96 <	26.10
405	3.79 <	6.90	6.96 <	26.10

Lastfall 2: Windsog

Feldmoment: (maßgebend: Feld 1)

$1.65 * \text{vorh } M_f = 2.66 \text{ kNm/m} < M_{Fk} = 6.44 \text{ kNm/m}$

Endauflager:

403 : $1.65 * R_A = 1.65 * 1.34 = 2.22 \text{ kN/m} < 11.20 \text{ kN/m}$

406 : $1.65 * R_A = 1.65 * 1.34 = 2.22 \text{ kN/m} < 11.20 \text{ kN/m}$



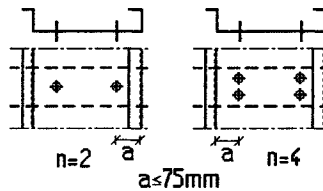
Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

Zwischenaufleger:

Auflager	M _{st} [kNm/m]		B [kN/m]	
	1.65*vorh	M _{Bk}	1.65*vorh	max R _{Bk}
404	3.33	< 5.89	6.10	< 28.00
405	3.33	< 5.89	6.10	< 28.00

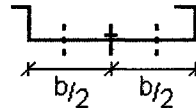
Befestigung an der Unterkonstruktion:

Statisch wirksame Befestigung:



Konstruktive Befestigung:

Um ein Beulen im Gurtbereich zu vermeiden ist in Gurtmitte ein zusätzliches Befestigungsmittel anzuordnen.



Belastung einer Kassette:

Zugkraft:	aus Windsog (s. Lastfall 2)		
Scherkraft:	EG Tragschale		0.110 kN/m ²
	Dämmung (d = 12.0 cm)	12.0 * 0.014 =	0.168 kN/m ²
	EG Außenschale		0.025 kN/m ²
			<u>0.303 kN/m²</u>
Breite b _R = 0.600 m ⇒	0.600 * 0.303 =		0.182 kN/m

Uko-Typ 1: Stahl t_{fl} = 8.00 mm

Befestigung: Teks 5-5,5
 nach Zulassungsbescheid Z-14.1-4, Blatt 4.7
 t_i = 0.88 mm ⇒ zulF_Q = 1.90 kN, zulF_Z = 1.10 kN

Berechnung der aufnehmbaren Querkraft:

Umrechnung zulässiger ⇒ charakteristischer Wert nach Verbindungsmittelzulassung:
 aufnehmbare Querkraft mit γ_M = 1.33:
 $F_{Q,R,d} = 2.00 * zulF_Q / \gamma_M = 2.86 \text{ kN}$

Berechnung der aufnehmbaren Zugkraft:

Abminderung der zulässigen Zugkräfte für besondere Anwendungsfälle nach Tabelle 1 der Verbindungsmittelzulassung:
 Zeile 4: b_G > 250mm, a ≤ 75mm ⇒ α_E = 0.70
 Umrechnung zulässiger ⇒ charakteristischer Wert nach Verbindungsmittelzulassung:
 $F_{Z,R,k} = 2.00 * zulF_Z = 2.20 \text{ kN}$



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

aufnehmbare Zugkraft mit $\gamma_M = 1.33$:

$$F_{Z,R,d} = \alpha_E * F_{Z,R,k} / \gamma_M = 1.16 \text{ kN}$$

Interaktionsbedingung bei kombinierter Scher- und Zugbeanspruchung gemäß Zulassung:

$$f = F_{Q,S,d} / F_{Q,R,d} + F_{Z,S,d} / F_{Z,R,d} \leq 1 \text{ mit } \gamma_F = 1.50$$

Auflager 403: gewählt: **2 Stück je Kassette**

$$\begin{aligned} F_{Q,S,d} &= 1.50 * 0.400 * 6.00 * 0.182 / 2 = 0.33 \text{ kN} \\ F_{Z,S,d} &= 1.50 * 0.600 * 1.34 / 2 = 0.60 \text{ kN} \\ f &= 0.33 / 2.86 + 0.60 / 1.16 = 0.64 < 1.00 \end{aligned}$$

Auflager 404: gewählt: **4 Stück je Kassette**

$$\begin{aligned} F_{Q,S,d} &= 1.50 * 1.10 * (6.00 + 6.00) / 2 * 0.182 / 4 = 0.45 \text{ kN} \\ F_{Z,S,d} &= 1.50 * 0.600 * 3.70 / 4 = 0.83 \text{ kN} \\ f &= 0.45 / 2.86 + 0.83 / 1.16 = 0.88 < 1.00 \end{aligned}$$

Auflager 405: gewählt: **4 Stück je Kassette**

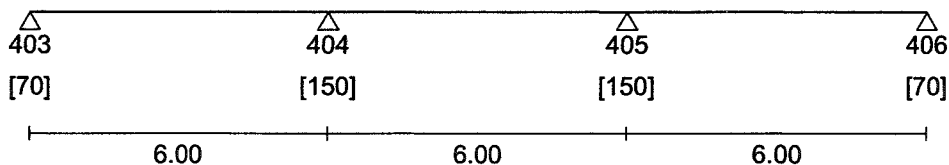
$$\begin{aligned} F_{Q,S,d} &= 1.50 * 1.10 * (6.00 + 6.00) / 2 * 0.182 / 4 = 0.45 \text{ kN} \\ F_{Z,S,d} &= 1.50 * 0.600 * 3.70 / 4 = 0.83 \text{ kN} \\ f &= 0.45 / 2.86 + 0.83 / 1.16 = 0.88 < 1.00 \end{aligned}$$

Auflager 406: gewählt: **2 Stück je Kassette**

$$\begin{aligned} F_{Q,S,d} &= 1.50 * 0.400 * 6.00 * 0.182 / 2 = 0.33 \text{ kN} \\ F_{Z,S,d} &= 1.50 * 0.600 * 1.34 / 2 = 0.60 \text{ kN} \\ f &= 0.33 / 2.86 + 0.60 / 1.16 = 0.64 < 1.00 \end{aligned}$$

Pos. FA1-2-2: Tragschale von Achse 403 bis Achse 406, unter 8 m

Abmessungen [m] und Auflagerbreiten [mm]:



Belastung: Wind nach DIN 1055 Teil 4

Höhenlage: unter 8 m \Rightarrow Staudruck $q = 0.5 \text{ kN/m}^2$
 geschlossenes Gebäude

Lastfall 1: Winddruck $c_p = 0.8$

Querverteilung erfolgt über die Außenschale.
 $w_d = 0.8 * 0.5 = 0.400 \text{ kN/m}^2$



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

Lastfall 2: Windsog

Gebäudeabmessungen: $a/b/h = 54.00/32.00/17.05$ m

$c_p = -0.700 \quad \Rightarrow \quad w_s = -0.700 * 0.5 = -0.350 \text{ kN/m}^2$

Stützweitenreduzierung für Lastfall Winddruck gem. DIN 18807 T.3:

Feld 1: $L_{red} = 6.00 - 0.07 / 2 + 0.04 / 2 = 5.99$ m

Feld 3: $L_{red} = 6.00 - 0.07 / 2 + 0.04 / 2 = 5.99$ m

Schnittgrößen: [kNm/m, kN/m]

Auflager	Lastfall 1		Lastfall 2	
	M	H	M	H
403		0.96		-0.84
404	-1.44	2.64	1.26	-2.31
405	-1.44	2.64	1.26	-2.31
406		0.96		-0.84

Feld	Lastfall 1		Lastfall 2
	max Mf	f[cm]	
1	1.14	0.99	-1.01
2	0.36	0.08	-0.31
3	1.14	0.99	-1.01

Der Kassettenobergurt ist im Abstand 0.700 m durch Distanzprofile gehalten.

gewählt:

Hoesch-Stahlkassette 120/600 / $t_N = 0.75\text{mm}$	$g = 0.09 \text{ kN/m}^2$
---	---------------------------

nach Zulassung Nr. Z-14.1-394

Die Stege der Kassettenprofiltafeln sind gemäß Zulassung miteinander zu verbinden.



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

Nachweise

Die nachfolgend geführten Nachweise gelten nur, wenn die Außenschale aus Trapezprofilen besteht und direkt mit den Kassetten unter Einhaltung des max. Verbindungsmittelabstands $e_c = 732$ mm (s. a. Zulassung) verbunden ist.

Globaler Sicherheitsbeiwert: $\gamma = 1.1 * 1.5 = 1.65$

Lastfall 1: Winddruck

maximale Durchbiegung: (vorh $I_{eff} = 167.00$ cm⁴/m)

Feld: vorh $f = l / 605.3 < l / 300$

Feldmoment: (maßgebend: Feld 1)

$1.65 * \text{vorh } M_f = 1.89$ kNm/m $< M_{Fk} = 4.93$ kNm/m

Endauflager:

403 : $1.65 * R_A = 1.65 * 0.96 = 1.58$ kN/m $< R_{Ak} = 7.37$ kN/m

406 : $1.65 * R_A = 1.65 * 0.96 = 1.58$ kN/m $< R_{Ak} = 7.37$ kN/m

Zwischenaufleger:

Auflager	M _{st} [kNm/m]		B [kN/m]	
	1.65*vorh	M _{Bk}	1.65*vorh	max R _{Bk}
404	2.37 <	5.04	4.35 <	18.15
405	2.37 <	5.04	4.35 <	18.15

Lastfall 2: Windsog

Feldmoment: (maßgebend: Feld 3)

$1.65 * \text{vorh } M_f = 1.66$ kNm/m $< M_{Fk} = 4.77$ kNm/m

Endauflager:

403 : $1.65 * R_A = 1.65 * 0.84 = 1.39$ kN/m < 8.56 kN/m

406 : $1.65 * R_A = 1.65 * 0.84 = 1.39$ kN/m < 8.56 kN/m

Zwischenaufleger:

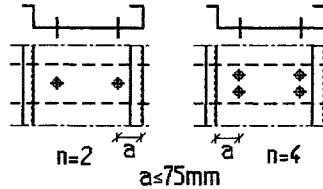
Auflager	M _{st} [kNm/m]		B [kN/m]	
	1.65*vorh	M _{Bk}	1.65*vorh	max R _{Bk}
404	2.08 <	4.44	3.81 <	21.40
405	2.08 <	4.44	3.81 <	21.40



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

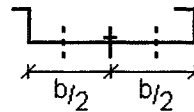
Befestigung an der Unterkonstruktion:

Statisch wirksame Befestigung:



Konstruktive Befestigung:

Um ein Beulen im Gurtbereich zu vermeiden ist in Gurtmitte ein zusätzliches Befestigungsmittel anzuordnen.



Belastung einer Kassette:

Zugkraft:	aus Windsog (s. Lastfall 2)		
Scherkraft:	EG Tragschale		0.094 kN/m ²
	Dämmung (d = 12.0 cm)	12.0 * 0.014 =	0.168 kN/m ²
	EG Außenschale		0.025 kN/m ²
			<u>0.287 kN/m²</u>
Breite b _R = 0.600 m ⇒	0.600 * 0.287 =		0.172 kN/m

Uko-Typ 1: Stahl t_{II} = 8.00 mm

Befestigung: Teks 5-5,5
 nach Zulassungsbescheid Z-14.1-4, Blatt 4.7
 t_I = 0.75 mm ⇒ zulF_Q = 1.60 kN, zulF_Z = 0.80 kN

Berechnung der aufnehmbaren Querkraft:

Umrechnung zulässiger ⇒ charakteristischer Wert nach Verbindungsmittelzulassung:
 aufnehmbare Querkraft mit γ_M = 1.33:

$$F_{Q,R,d} = 2.00 * zulF_Q / \gamma_M = 2.41 \text{ kN}$$

Berechnung der aufnehmbaren Zugkraft:

Abminderung der zulässigen Zugkräfte für besondere Anwendungsfälle nach Tabelle 1 der Verbindungsmittelzulassung:
 Zeile 4: b_G > 250mm, a ≤ 75mm ⇒ α_E = 0.70

Umrechnung zulässiger ⇒ charakteristischer Wert nach Verbindungsmittelzulassung:

$$F_{Z,R,k} = 2.00 * zulF_Z = 1.60 \text{ kN}$$

aufnehmbare Zugkraft mit γ_M = 1.33:

$$F_{Z,R,d} = \alpha_E * F_{Z,R,k} / \gamma_M = 0.84 \text{ kN}$$

Interaktionsbedingung bei kombinierter Scher- und Zugbeanspruchung gemäß Zulassung:

$$f = F_{Q,S,d} / F_{Q,R,d} + F_{Z,S,d} / F_{Z,R,d} \leq 1 \text{ mit } \gamma_F = 1.50$$

Auflager 403: gewählt: 2 Stück je Kassette

$$F_{Q,S,d} = 1.50 * 0.400 * 6.00 * 0.172 / 2 = 0.31 \text{ kN}$$

$$F_{Z,S,d} = 1.50 * 0.600 * 0.84 / 2 = 0.38 \text{ kN}$$

$$f = 0.31 / 2.41 + 0.38 / 0.84 = 0.58 < 1.00$$



Anwender: Weihermüller - Vogel GmbH Beratende Ingenieure für Bauwesen

Auflager 404: gewählt: 4 Stück je Kasette

$$\begin{aligned} F_{Q,S,d} &= 1.50 * 1.10 * (6.00 + 6.00) / 2 * 0.172 / 4 = 0.43 \text{ kN} \\ F_{Z,S,d} &= 1.50 * 0.600 * 2.31 / 4 = 0.52 \text{ kN} \\ f &= 0.43 / 2.41 + 0.52 / 0.84 = 0.79 < 1.00 \end{aligned}$$

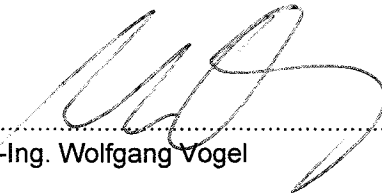
Auflager 405: gewählt: 4 Stück je Kasette

$$\begin{aligned} F_{Q,S,d} &= 1.50 * 1.10 * (6.00 + 6.00) / 2 * 0.172 / 4 = 0.43 \text{ kN} \\ F_{Z,S,d} &= 1.50 * 0.600 * 2.31 / 4 = 0.52 \text{ kN} \\ f &= 0.43 / 2.41 + 0.52 / 0.84 = 0.79 < 1.00 \end{aligned}$$

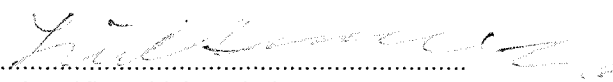
Auflager 406: gewählt: 2 Stück je Kasette

$$\begin{aligned} F_{Q,S,d} &= 1.50 * 0.400 * 6.00 * 0.172 / 2 = 0.31 \text{ kN} \\ F_{Z,S,d} &= 1.50 * 0.600 * 0.84 / 2 = 0.38 \text{ kN} \\ f &= 0.31 / 2.41 + 0.38 / 0.84 = 0.58 < 1.00 \end{aligned}$$

Wiesbaden, April 2003



.....
Dr.-Ing. Wolfgang Vogel



.....
Dr.-Ing. Klaus Lichtenthäler



.....
Dipl.-Ing. Carsten Schlenker

Bauforschung für die Praxis

- Brandschutzkosten im Wohnungsbau**
Karl Deters
Band 59, 2001, 245 S., Abb., Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4258-0
€ 50,- | sFr 86,-
- Gemeinschaftliches Wohnen im Alter**
R. Weeber, G. Wölflle, V. Rösner
Band 58, 2001, 175 S., Abb., Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4257-2
€ 46,- | sFr 79,-
- Entwicklung eines Bewertungssystems für ökonomisches und ökologisches Bauen und gesundes Wohnen**
C.J. Diederichs, P. Getto, S. Streck
Band 57, 2002, 230 S., mit CD-ROM, Abb., Tab., kart., ISBN 3-8167-4256-4
€ 50,- | sFr 86,-
- Vergabeverfahren und Baukosten**
Hannes Weeber, Simone Bosch
Band 56, 2001, 192 S., Abb., Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4255-6
€ 50,- | sFr 86,-
- Konzepte für die praxisorientierte Instandhaltungsplanung im Wohnungsbau**
Ralf Spilker, Rainer Oswald
Band 55, 2000, 71 S., 5 Abb., zahlr. Tab., kart., ISBN 3-8167-4254-8
€ 22,- | sFr 39,50
- Bewährung innen wärmedämmter Fachwerkbauten**
Problemstellung und daraus abgeleitete Konstruktionsempfehlungen
Reinhard Lamers, Daniel Rosenzweig, Ruth Abel
Band 54, 2000, 173 S., 123 Abb., kart.,
ISBN 3-8167-4253-X
€ 25,- | sFr 44,-
- Überprüfbarkeit und Nachbesserbarkeit von Bauteilen - untersucht am Beispiel der genutzten Flachdächer**
Rainer Oswald, Ralf Spilker, Klaus Wilmes
Band 53, 1999, 133 S., 49 Abb., 4 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4252-1
€ 37,- | sFr 63,-
- Bauschadensfibel für den privaten Bauherrn und Hauskäufer**
Rainer Oswald, Ruth Abel, Volker Schnapauff
Band 52, 1999, 140 S., 19 Abb., 3 Tab., fester Einband, ISBN 3-8167-4251-3
€ 25,- | sFr 44,-
- Balkone, kostengünstig und funktionsgerecht**
Hannes Weeber, Margit Lindner
Band 51, 1999, 146 S., 102 Abb., 26 Tab., kart., ISBN 3-8167-4250-5
€ 38,- | sFr 65,-
- Kostenfaktor Erschließungsanlagen**
Hannes Weeber, Michael Rees
Band 50, 1999, 226 S., 107 Abb., 15 Tab., kart., ISBN 3-8167-4249-1
€ 50,- | sFr 86,-
- Eigenleistung beim Bauen**
Wie Eigentümer und Mieter sich am Bau ihrer Wohnung beteiligen können
R. Weeber, H. Weeber, S. Kleebaur, H. Gerth, W. Pohrt
Band 49, 1999, 154 S., 25 Abb., 12 Tab.,
ISBN 3-8167-4248-3
€ 22,- | sFr 39,50
- Kosteneinsparung durch Bauzeitverkürzung**
Barbara Bredenbals, Heinz Hullmann
Band 48, 1999, 174 S., 38 Abb., 36 Tab.,
ISBN 3-8167-4247-5
€ 37,- | sFr 64,-
- Das wärme- und feuchteschutztechnische Verhalten von stählernen Fassadendurchdringungen**
Lutz Franke, Gernod Deckelmann
Band 47, 1998, 74 S., 38 Abb., 13 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4246-7
€ 15,- | sFr 26,-
- Kostengünstige bauliche Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs im Wohnungsbestand**
R. Oswald, R. Lamers, V. Schnapauff, R. Spilker, K. Wilmes
Band 46, 1998, 100 S., 57 Abb., kart.,
ISBN 3-8167-4245-9
€ 17,- | sFr 30,50
- Sicherung des baulichen Holzschutzes**
Horst Schulze
Band 45, 1998, 168 S., 136 Abb., 10 Tab., kart., ISBN 3-8167-4244-0
€ 22,- | sFr 39,50
- Luftdichtigkeit von industriell errichteten Wohngebäuden in den neuen Bundesländern**
Wolfgang Richter, Dirk Reichel
Band 44, 1998, 88 S., 34 Abb., 15 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4243-2
€ 15,- | sFr 26,-
- Leitfaden Kostendämpfung im Geschoßwohnungsbau**
Karl Deters, Joachim Arlt
Band 43, 1998, 162 S., 135 Abb., 34 Tab., kart., ISBN 3-8167-4242-4
€ 22,- | sFr 39,50
- Langzeitbewährung und Entwicklungstendenzen von Kunststoff-Bauprodukten im Wohnungsbau**
Dieter Arlt, Rainer Weltring
Band 42, 1998, 137 S., 90 Abb., 7 Graph., kart., ISBN 3-8167-4241-6
€ 20,- | sFr 35,-
- Ausschreibungshilfen für recyclinggerechte Wohnbauten**
Barbara Bredenbals, Wolfgang Willkomm
Band 41, 1998, 172 S., 28 Abb., kart.,
ISBN 3-8167-4240-8
€ 22,- | sFr 39,50
- Gebrauchsanweisung für Häuser**
Volker Schnapauff, Silke Richter-Engel
Band 40, 1997, 116 S., 4 Abb., 7 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4239-4
€ 19,- | sFr 34,-
- Ergänzender Neubau in bestehenden Wohnsiedlungen**
H. Weeber, R. Weeber, M. Lindner, u. a.
Band 39, 1997, 194 S., 230 Abb., kart.,
ISBN 3-8167-4238-6
€ 25,- | sFr 44,-
- Lüftung in industriell errichteten Wohnhäusern**
Wilfried Jank
Band 37, 1997, 66 S., 17 Abb., 12 Tab., 13 Tafeln, kart., ISBN 3-8167-4236-X
€ 15,- | sFr 26,-
- Auswirkungen der neuen Wärmeschutzverordnung auf den Schallschutz von Gebäuden**
Siegfried Koch, Werner Scholl
Band 36, 1997, 72 S., 33 Abb., 2 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4235-1
€ 15,- | sFr 26,-
- Baukostensenkung durch gesicherte Schadensbeurteilung an haufwerksporigen Leichtbetonelementen der industriell errichteten Wohnbauten der ehemaligen DDR**
Mirko Neumann, Mathias Reuschel
Band 35, 1997, 320 S., 227 Abb., 105 Tab., kart., ISBN 3-8167-4234-3
€ 41,- | sFr 70,-
- Verhinderung von Emissionen aus Baustoffen durch Beschichtungen**
Lutz Franke, Martin Wesselmann
Band 34, 1997, 68 S., 11 Abb., 9 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4233-5
€ 15,- | sFr 26,-
- Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) im Wohnungsbau**
Institut für Bauforschung e.V., Hannover
Band 32, 1997, 250 S., 128 Abb., 20 Tab., kart., ISBN 3-8167-4231-9
€ 30,- | sFr 51,50

BESTELLSCHEIN

■ Titel ankreuzen und im Umschlag oder
■ per Fax (07 11) 970 - 25 08 oder -25 07
■ senden an:

Fraunhofer IRB Verlag

■ Fraunhofer-Informationszentrum
■ Raum und Bau IRB
■ Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart
■ Telefon (07 11) 970 - 25 00
■ E-Mail: info@irb.fhg.de
■ URL: <http://www.IRBbuch.de>

■ Absender

■

■

■ Straße/PF

■ PLZ/Ort

■ Datum

■ Unterschrift

- Niedrigenergiehäuser unter Verwendung des Dämmstoffes Styropor**
Teil 1, Konstruktionsempfehlungen und optimierte Anschlußsituationen (Details)
W.-H. Pohl, S. Horschler, R. Pohl
Teil 2, Quantitative Darstellung der Wirkung von Wärmebrücken
Gerd Hauser, Horst Stiegel
Band 31, 1997, 294 S., 169 Abb., kart., ISBN 3-8167-4230-0
€ 14,- | sFr 25,-
- Fenster - Sanierung und Modernisierung**
Hans-Rudolf Neumann
Band 30, 1997, 134 S., 90 Abb., 11 Tab., kart., ISBN 3-8167-4229-7
€ 20,- | sFr 35,-
- Schäden an nicht industriell hergestellten Wohnbauten der neuen Bundesländer**
R. Oswald, R. Spilker, V. Schnapauff, u. a.
Band 29, 1996, 116 S., 66 Abb., 30 Tab., kart., ISBN 3-8167-4228-9
€ 17,- | sFr 30,50
- Parkierungsanlagen im verdichteten Wohnungsbau**
Hannes Weeber, Rotraut Weeber
Band 28, 1997, 156 S., 60 Abb., 28 Tab., kart., ISBN 3-8167-4227-0
€ 22,- | sFr 39,50
- Möglichkeiten der Einsparung von Wohnkosten durch Mieterbeteiligung**
M. Elff, K. Goldt, B. Harms, u. a.
Band 27, 1997, 157 S., 3 Abb., 8 Tab., kart., ISBN 3-8167-4226-2
€ 22,- | sFr 39,50
- Die Berechnung von Flachdecken über Zustands- und Einflußflächen**
Max Baerschneider
Band 26, 1996, 380 S., 196 Tab., kart., zweibändig, ISBN 3-8167-4225-4
€ 49,- | sFr 83,50
- Feuchttransportvorgänge in Stein und Mauerwerk - Messung und Berechnung**
M. Krus, H.-M. Künzel, K. Kießl
Band 25, 1996, 75 S., 31 Abb., 2 Tab., kart., ISBN 3-8167-4224-6
€ 15,- | sFr 26,-
- Wohngebäudesanierung und Privatisierung**
Hannes Weeber, Michael Rees
Band 24, 1996, 107 S., 51 Abb., 17 Tab., kart., ISBN 3-8167-4223-8
€ 20,- | sFr 35,-
- Der Feuchtehaushalt von Holz-Fachwerkwänden**
Helmut Künzel
Band 23, 1996, 85 S., 32 Abb., 10 Tab., kart., ISBN 3-8167-4222-X
€ 15,- | sFr 26,-
- Neue Konstruktionsalternativen für recyclingfähige Wohngebäude**
Barbara Bredenbals, Wolfgang Willkomm
Band 22, 1996, 110 S., 26 Abb., 3 Tab., kart., ISBN 3-8167-4221-1
€ 17,- | sFr 30,50
- Standisicherheit der Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundesländern**
E. Cziesielski, N. Fouad, F.-U. Vogdt
Band 21, 1996, 226 S., 71 Abb., kart., ISBN 3-8167-4220-3
€ 30,- | sFr 51,50
- Sicherheit von Glasfassaden**
X. Shen, H. Techen, J. D. Wörner
Band 20, 1996, 38 S., 26 Abb., 4 Tab., kart., ISBN 3-8167-4219-X
€ 12,- | sFr 21,50
- Kostengünstige Umnutzung aufgegebener militärischer Einrichtungen für Wohnzwecke, Wohnergängungseinrichtungen und andere Nutzungen**
B. Jacobs, J. Kirchhoff, J. Mezler
Band 19, 1996, 204 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4218-1
€ 28,- | sFr 47,50
- Holztafelbauweise im mehrgeschossigen Wohnungsbau**
Barbara Bredenbals, Heinz Hullmann
Band 18, 1996, 237 S., 116 Abb., 23 Tab., kart., ISBN 3-8167-4217-3
€ 30,- | sFr 51,50
- Gefährdungspotentiale asbesthaltiger Massenbaustoffe in den neuen Bundesländern**
Klaus Bergner, unter Mitarbeit von Franka Stodollik und Hans-Otto Eckler
Band 17, 1996, 75 S., 26 Abb., 9 Tab., kart., ISBN 3-8167-4216-5
€ 15,- | sFr 26,-
- Transparent gedämmte Altbauten**
G. H. Bondzio, K. Brandstetter, P. Sulzer, S. Al Bosta, u. a.
Band 15, 1996, 130 S., 44 Abb., 7 Tab., kart., ISBN 3-8167-4214-9
€ 22,- | sFr 39,50
- Kosten und Techniken für das "Überwintern" erhaltenswerter Bausubstanz**
Michael Rees, Hannes Weeber
Band 14, 1995, 190 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4213-0
€ 25,- | sFr 44,-
- Menschengerechte Raumklimatisierung durch Quelllüftung und Flächenkühlung**
Erhard Mayer (Hrsg.)
Band 13, 1995, 190 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4212-2
€ 25,- | sFr 44,-
- Zusätzliche Wärmedämmsysteme bei Fertigteilbauten**
Typenserie P2
P. Bauer, B. Loeser, H. Schwarzgig, T. Spengler
Band 12, 1995, 118 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4211-4
€ 20,- | sFr 35,-
- Körperschalldämmung von Sanitärräumen**
Karl Gösele, Volker Engel
Band 11, 1995, 76 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4210-6
€ 15,- | sFr 26,-
- Bauschäden an Holzbalkendecken in Feuchtraumbereichen**
Gertraud Hofmeister
Band 9, 1995, 210 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4208-4
€ 25,- | sFr 44,-
- Ökologische Auswirkungen von Hochhäusern**
Band 8, 1995, 418 S., 114 Abb., kart., ISBN 3-8167-4207-6
€ 50,- | sFr 86,-
- Wohnhochhäuser heute**
H. Weeber, R. Weeber, M. Hasenmaier, u. a.
Band 7, 1995, 165 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4206-8
€ 25,- | sFr 44,-
- Abfallvermeidung in der Bauproduktion**
Barbara Bredenbals, Wolfgang Willkomm
Band 6, 1994, 198 S., 75 Abb., 16 Tab., kart., ISBN 3-8167-4205-X
€ 25,- | sFr 44,-
- Barrierefreie Erschließungssysteme von Wohngebäuden**
R. Weeber, M. Rees, H. Weeber
Band 5, 1994, 64 S., 52 Abb., 6 Tab., kart., ISBN 3-8167-4204-1
€ 12,- | sFr 21,50
- Die Ausführung des Umkehrdaches bei erhöhten Anforderungen an den Wärmeschutz**
Lutz Franke, Gernod Deckelmann
Band 4, 1994, 80 S., zahlreiche Abb. und Tab., kart., ISBN 3-8167-4203-3
€ 20,- | sFr 35,-
- Niveaugleiche Türschwellen bei Feuchträumen und Dachterrassen**
R. Oswald, A. Klein, K. Wilmes
Band 3, 1994, 56 S., 48 Abb., kart., ISBN 3-8167-4202-5
€ 12,- | sFr 21,50
- Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundesländern**
R. Oswald, V. Schnapauff, R. Lamers, u. a.
Band 2, 1995, 333 S., 515 Abb., kart., ISBN 3-8167-4201-7
€ 40,- | sFr 69,50
- Heizung und Lüftung im Niedrigenergiehaus**
Gerhard Hausladen, Peter Springl
Band 1, 1994, 214 S., 74 Abb., 17 Tab., kart., ISBN 3-8167-4200-9
€ 25,- | sFr 44,-
- Informieren Sie mich bitte laufend über neue **Fachbücher**

BESTELLSCHEIN

Titel ankreuzen und im Umschlag oder per Fax (07 11) 970 - 2508 oder -2507 senden an:

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum
 Raum und Bau IRB

Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart

Telefon (07 11) 970 - 25 00

E-Mail: info@irb.fhg.de

URL: <http://www.IRBbuch.de>

Absender

 Straße/PF

 PLZ/Ort

 Datum

 Unterschrift

Schadenfreies Bauen

Herausgegeben von Professor Günter Zimmermann

- Schadenfreies Bauen**
Gesamtausgabe Bände 1 – 26
 2002, alle Bände mit festem Einband
 ISBN 3-8167-5796-0
 € 1037,- | sFr 1744,-
 Bei Abnahme der Gesamtausgabe
 sparen Sie € 115,-
- Schäden an polymeren Beschichtungen**
 Robert Engelfried
 Band 26: 2001, 146 S., 94 Abb., 14 Tab.,
 ISBN 3-8167-5795-2
 € 40,- | sFr 68,50
- Schäden an Belägen und Bekleidungen mit Keramik- und Werksteinplatten**
 Günter Zimmermann
 Band 25: 2001, 200 S., 175 Abb., 16 Tab.,
 ISBN 3-8167-5791-X
 € 48,- | sFr 82,50
- Schäden an Installationsanlagen**
 Heizungs- und Raumluftechnische Anlagen,
 Trinkwasser-, Abwasser- und Gasinstallations-
 anlagen
 Heinz Wirth, Stefan Wirth
 Band 24: 2001, 270 S., 114 Abb., 33 Tab.,
 ISBN 3-8167-5790-1
 € 57,- | sFr 96,-
- Schäden an Türen und Toren**
 Ralf Schumacher
 Band 23: 2001, 372 S., 291 Abb., 32 Tab.,
 ISBN 3-8167-4169-X
 € 71,- | sFr 118,-
- Schäden an elastischen und textilen Bodenbelägen**
 Hans-Joachim Scheewe
 Band 22: 2001, 232 S., 80 überw. farb. Abb.,
 50 Tab.,
 ISBN 3-8167-4168-1
 € 50,- | sFr 86,-
- Schäden an Glasfassaden und -dächern**
 Peter Küffner, Oliver Lummertzheim
 Band 21: 2000, 132 S., 106 z.T. farb. Abb.,
 6 Tab.,
 ISBN 3-8167-4165-7
 € 40,- | sFr 68,50
- Schäden an Wärmedämm-Verbundsystemen**
 Erich Cziesielski, Frank Ulrich Vogdt
 Band 20: 2000, 202 S., 75 Konstruktionsskiz-
 zen, 28 Tab. u. Diagramme, 98 Fotos,
 ISBN 3-8167-4164-9
 € 50,- | sFr 86,-
- Schäden an Außenwänden aus Mehrschicht-Betonplatten**
 Ralf Ruhnau, Nabil Fouad
 Band 19: 1998, 104 S., 61 Abb.; 7 Tab.,
 ISBN 3-8167-4160-6
 € 35,- | sFr 60,50
- Schäden an Deckenbekleidungen und abgehängten Decken**
 Hubert Satzger
 Band 18: 1998, 78 S., 59 Abb., 5 Tab.,
 ISBN 3-8167-4159-2
 € 23,- | sFr 40,50
- Schäden an Dränanlagen**
 Wilfried Muth
 Band 17: 1997, 114 S., 128 Abb., 10 Tab.,
 ISBN 3-8167-4154-1
 € 35,- | sFr 60,50
- Tauwasserschäden**
 Richard Jenisch
 Band 16: 2. überarb. Aufl., 2001, 129 S.,
 66 Abb., 6 Tab., ISBN 3-8167-5792-8
 € 37,- | sFr 62,50
- Schäden an Estrichen**
 Klaus G. Aurnhammer
 Band 15: 2., erg. Aufl., 1999, 216 S., 44 Abb.;
 17 Tab.,
 ISBN 3-8167-4162-2
 € 46,- | sFr 78,-
- Schäden an Tragwerken aus Stahlbeton**
 Bernhard Brand, Gerhard Glatz
 Band 14: 1996, 217 S., 129 Abb., 24 Tab.,
 ISBN 3-8167-4153-3
 € 46,- | sFr 78,-
- Schäden an Außenwänden aus Ziegel- und Kalksandstein-Verblendmauerwerk**
 Helmut Klaas, Erich Schulz
 Band 13: 1995, 224 S., 162 Abb., 13 Tab.,
 ISBN 3-8167-4152-5
 € 46,- | sFr 78,-
- Schäden an Metallfassaden und -dachdeckungen**
 Franz Lubinski, Fritz Röbber, Uwe Nagel, u. a.
 Band 12: 2. erw. Aufl., 2001, 415 S., 303
 Abb., 22 Tab.,
 ISBN 3-8167-4166-5
 € 76,- | sFr 127,-
- Schäden an Außenmauerwerk aus Naturstein**
 Martin Sauder, Renate Schloenbach
 Band 11: 1995, 274 S., 95 Abb., 31 Tab.,
 ISBN 3-8167-4150-9
 € 50,- | sFr 86,-
- Schäden an Außenwänden mit Asbestzement-, Faserzement- und Schieferplatten**
 Klaus W. Liersch
 Band 10: 1995, 146 S., 86 Abb., 20 Tab.,
 ISBN 3-8167-4149-5
 € 38,- | sFr 65,-
- Schäden an Fassadenputzen**
 Helmut Künzel
 Band 9: 2. erw. Aufl., 2000, 142 S., mit zahlr.
 Abb. und Tab.,
 ISBN 3-8167-4167-3
 € 38,- | sFr 65,-
- Schäden an Abdichtungen in Innenräumen**
 Erich Cziesielski, Michael Bonk
 Band 8: 1994, 112 S., 55 Abb., 4 Tab.,
 ISBN 3-8167-4147-9
 € 33,- | sFr 57,-
- Rissschäden an Mauerwerk**
 Ursachen erkennen - Rißschäden vermeiden.
 Werner Pfefferkorn
 Band 7: 3. überarb. Aufl., 2002, 292 S.,
 290 Abb., 18 Tab.,
 ISBN 3-8167-5793-6
 € 53,- | sFr 89,-
- Schäden an Fenstern**
 Wolfgang Klein
 Band 6: 1994, 154 S., 92 Abb., 2 Tab.,
 ISBN 3-8167-4145-2
 € 37,- | sFr 64,-
- Schäden an Wänden und Decken in Holzbauart**
 Horst Schulze
 Band 5: 1993, 158 S., 140 Abb.,
 ISBN 3-8167-4144-4
 € 37,- | sFr 64,-
- Schäden an Industrieböden**
 Erich Cziesielski, Thomas Schrepfer
 Band 4: 2., erw. Aufl., 1999, 169 S., 69 Abb.,
 33 Tab.,
 ISBN 3-8167-4163-0
 € 46,- | sFr 78,-
- Schäden an Sichtbetonflächen**
 Heinz Klopfer
 Band 3: 1993, 123 S., 77 Abb., 9 Tab.,
 ISBN 3-8167-4142-8
 € 35,- | sFr 60,50
- Schäden an Flachdächern und Wannens aus wasserundurchlässigem Beton**
 Gottfried C.O. Lohmeyer
 Band 2: 3. neu bearb. Aufl., 2001, 272 S.,
 171 Abb., 28 Tab.,
 ISBN 3-8167-5794-4
 € 50,- | sFr 86,-
- Schäden an Außenwandfugen im Beton- und Mauerwerksbau**
 Ralf Ruhnau
 Band 1: 1992, 132 S., 87 Abb.,
 ISBN 3-8167-4140-1
 € 35,- | sFr 60,50

BESTELLSCHEIN

■ Titel ankreuzen und im Umschlag oder
 ■ per Fax (07 11) 970 - 25 08 oder -25 07
 ■ senden an:

Fraunhofer IRB Verlag

■ Fraunhofer-Informationszentrum
 ■ Raum und Bau IRB

■ Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart

■ Telefon (07 11) 970 - 25 00

■ E-Mail: info@irb.fhg.de

■ URL: <http://www.IRBbuch.de>

■ Absender

■

■

■

■ Straße/PF

■ PLZ/Ort

■ Datum

■ Unterschrift

Die »Bauschäden-Sammlung« in 13 Bänden

Herausgegeben von Professor Günter Zimmermann



In der Fachwelt hat diese Zusammenstellung von typischen Bauschadensfällen als wichtiger Beitrag zur Verbesserung der Bau- und Planungsleistungen großes Ansehen erlangt.

Die 13 Bände mit dem Untertitel »Sachverhalt - Ursachen - Sanierung« enthalten Schadensberichte aus allen baukonstruktiven Bereichen und sind durch Themen- und Sachregister erschlossen.

Der Nutzer kann so auf Anhieb feststellen,

- ob ein gleicher oder ähnlicher Schaden bereits dokumentiert ist,
- welche Schäden für ein bestimmtes Bauteil typisch sind,
- wie diese Schäden vermieden werden können oder welche Maßnahmen zu ihrer Behebung in Frage kommen.

Seit 3 Jahrzehnten ist die »Bauschäden-Sammlung« eine ständige Rubrik des »Deutschen Architektenblattes«.

Bauschäden-Sammlung, Band 13 Sachverhalt - Ursachen - Sanierung

2001, 184 Seiten,
zahlreiche, überwiegend farbige
Abbildungen, fester Einband,
ISBN 3-8167-4185-1
€ 27,- | sFr 44,-

Der Herausgeber

Professor Günter Zimmermann, ein bekannter Bausachverständiger mit langjähriger Erfahrung, betreut seit 3 Jahrzehnten die »Bauschäden-Sammlung« im »Deutschen Architektenblatt« und ist auch für die Herausgabe der Buchausgabe verantwortlich.

BESTELLSCHEIN

- Band 1: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 2: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 3: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 4: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 5: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 6: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 7: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 8: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 9: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 10: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 11: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 12: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 13: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-

Sie sparen € 36,- bei Abnahme der

- Bände 1-13 komplett:
€ 315,- | sFr 476,-

Alle Bände im Format A 5 quer, mit zahlreichen, zum Teil farbigen Abbildungen, festem Einband und Fadenheftung

Titel ankreuzen und im Umschlag oder per Fax (07 11) 970 - 25 08 oder -25 07 senden an:

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum
Raum und Bau IRB

Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart
Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
E-Mail: info@irb.fhg.de
URL: <http://www.IRBbuch.de>

Absender

Straße/PF

PLZ/Ort

Datum

Unterschrift

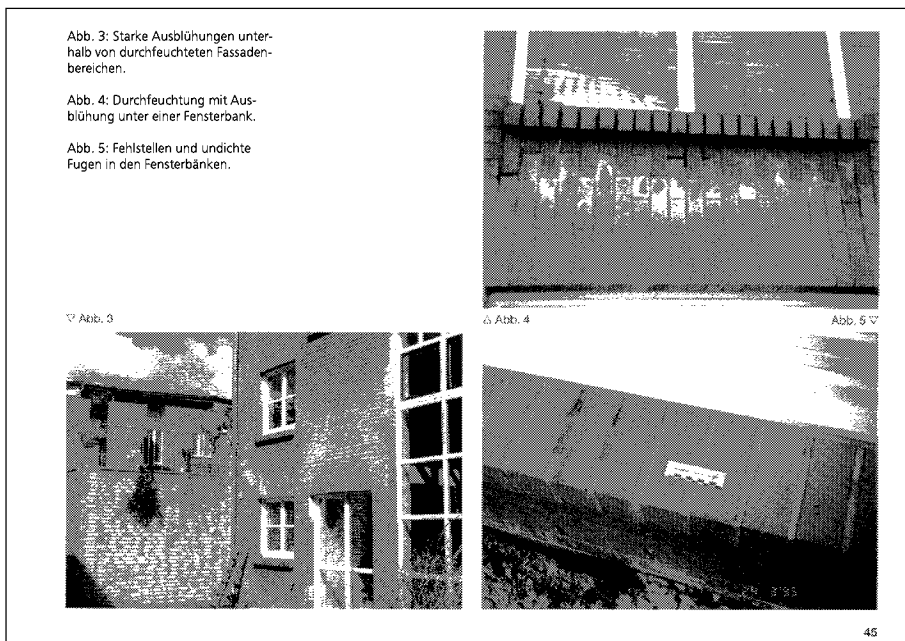


Abb. 3: Starke Ausblühungen unterhalb von durchfeuchteten Fassadenbereichen.

Abb. 4: Durchfeuchtung mit Ausblühung unter einer Fensterbank.

Abb. 5: Fehlstellen und undichte Fugen in den Fensterbänken.

Abb. 3

Abb. 4

Abb. 5