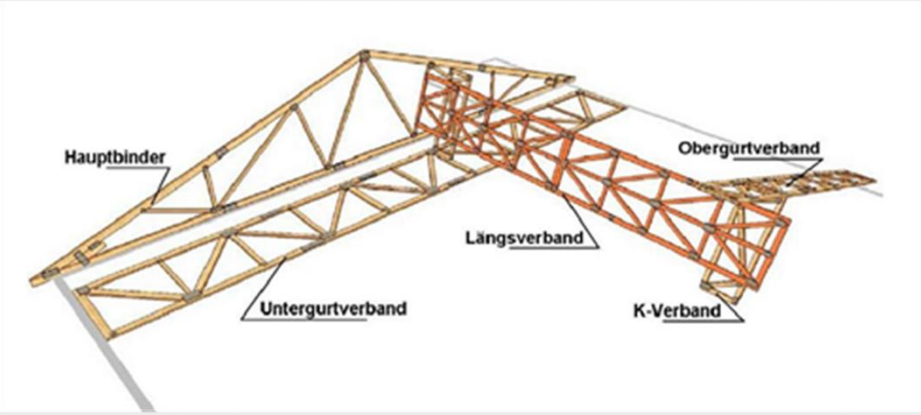
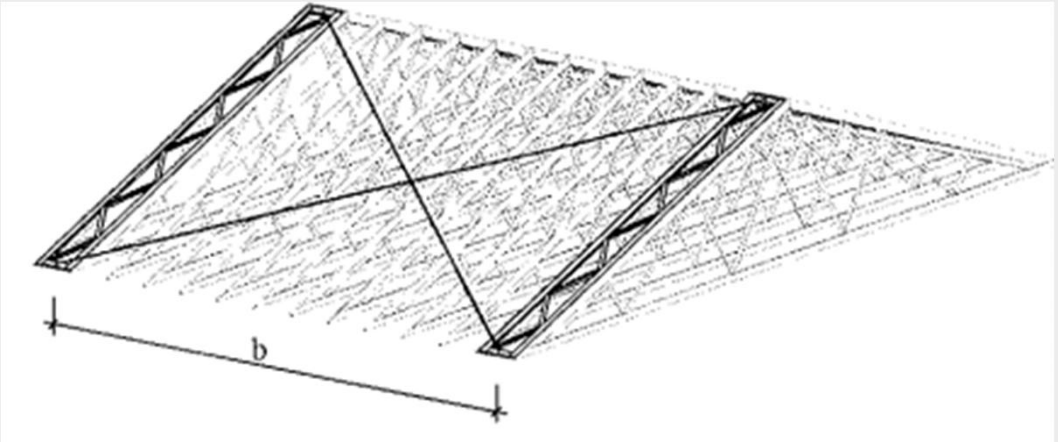
Prüfung der Aussteifung von Nagelplattenbindern

Zusammenfassung des Vortrages von Herrn Prof. Dr. M. H. Kessel



Mit K-Bock, Längs- u. Untergurtverband (QDAS)

Mit Windrispenabspannung



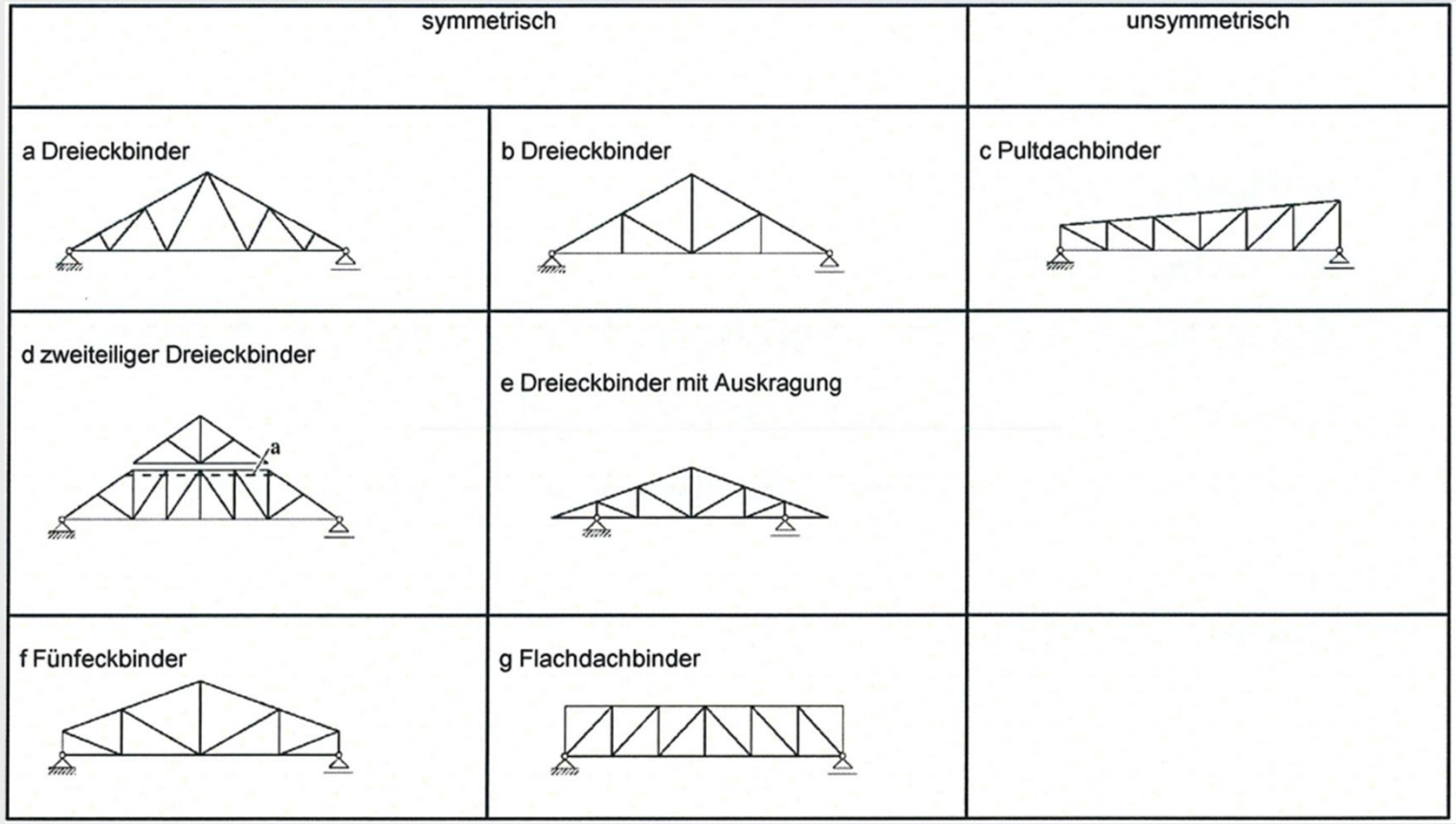
Dipl.-Ing. (FH) Michael Bendig

Vorbemerkungen:

- Nagelplattenbinder bilden räumliche Konstruktionen.
- Räumliche Nagelplattenkonstruktionen kommen in der Zimmererausbildung nicht vor.
- Hinweis aus der ARGE Bau:

  Tragwerke mit Nagelplattenkonstruktionen sind keine „zimmermannsmäßigen Konstruktionen“ sondern solche, die konsequent ingenieurmäßig nach den vorgenannten technischen Regeln geplant und ausgeführt werden müssen.

Wesentliche Bindervarianten (Primärsystem):



Möglichkeit 1 zur Aussteifung von symmetrischen Dreiecksbindern mit Windrispen

Erklärung der Begriffe:

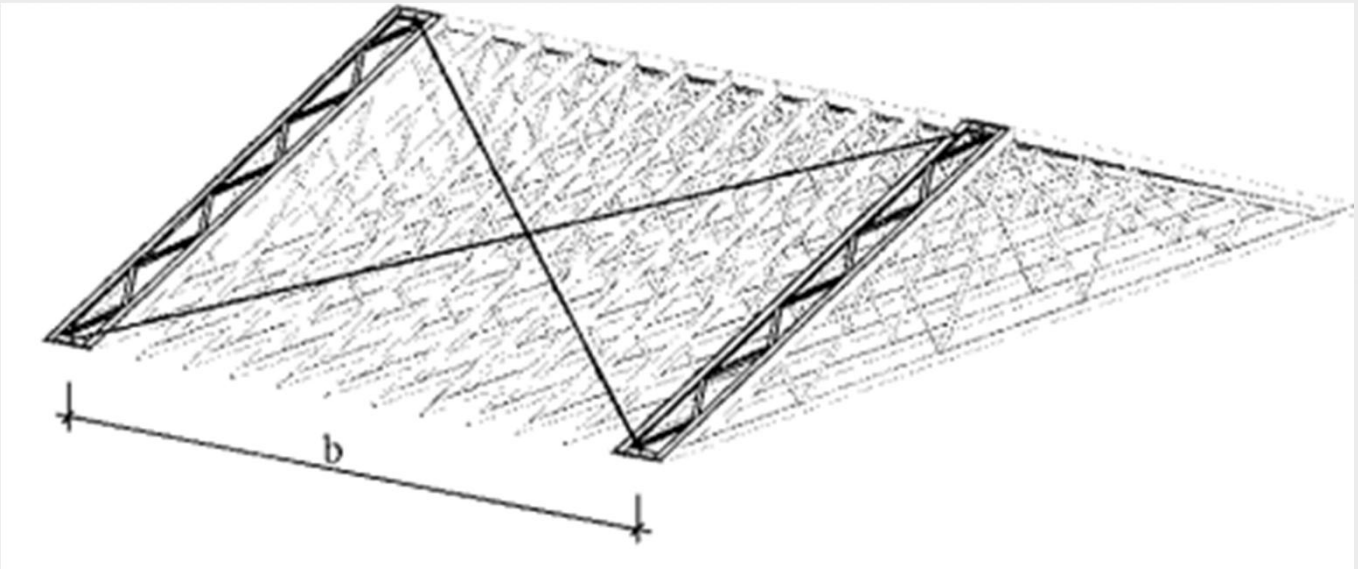
Primärsystem: Dreiecksbinder zur Abtragung der Vertikallasten

Sekundärsystem: Bauteile zur Aussteifung, bestehend aus 2 Primärsystemen + Wind- und Aussteifungsverband (WAV), Dachpfetten, Windrispen, First- und Traufbohle

Auch HI wird empfiehlt den Begriff „Dachlatte“ bei diesen Konstruktionen durch den Begriff „Dachpfette“ zu ersetzen, da:

1) die Dimensionen meist größer 30 x 50 mm sind.
2) diese Bauteile für das Tragwerk von großer Bedeutung sind und ein Zimmermann beim Begriff Pfette weiß, dass es sich um ein tragendes Bauteil handelt.

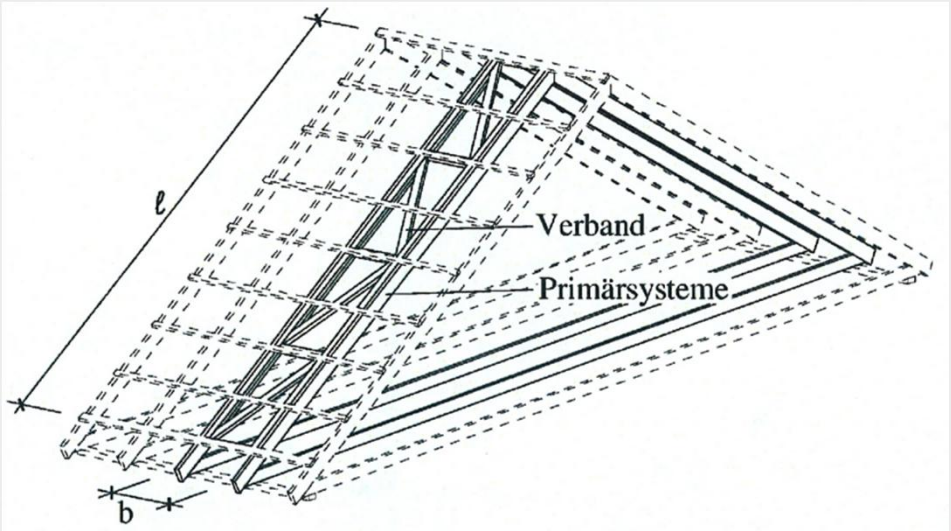
Sekundärsystem bestehend aus Dachpfetten, First- und Traufbohle, Obergurt-WAV



- Aussteifung der Druckgurte OK

Aussteifungssystem zur Aufnahme der inneren Kräfte aus Vorverformungen:

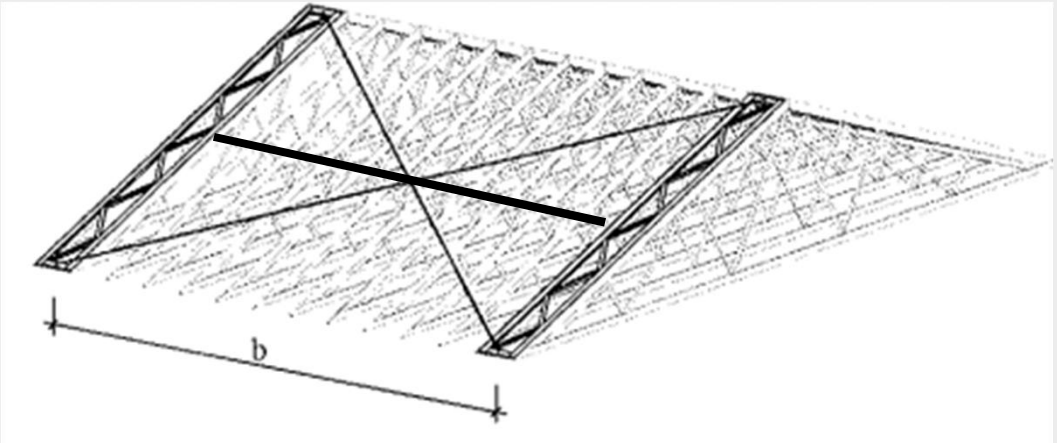
Sekundärsystem bestehend aus 2 Primärsystemen und einem Wind- und Aussteifungsverband in Obergurtebene
(Teilsystem aus Folie 5)



- Die Seitenlasten werden über die Dachpfetten in den Wind- und Aussteifungsverband eingeleitet und über First- und Traufbohle wieder kurzgeschlossen.
- Aussteifung gegen Wind und Horizontallasten aus Schiefstellung **<u>nicht OK</u>**

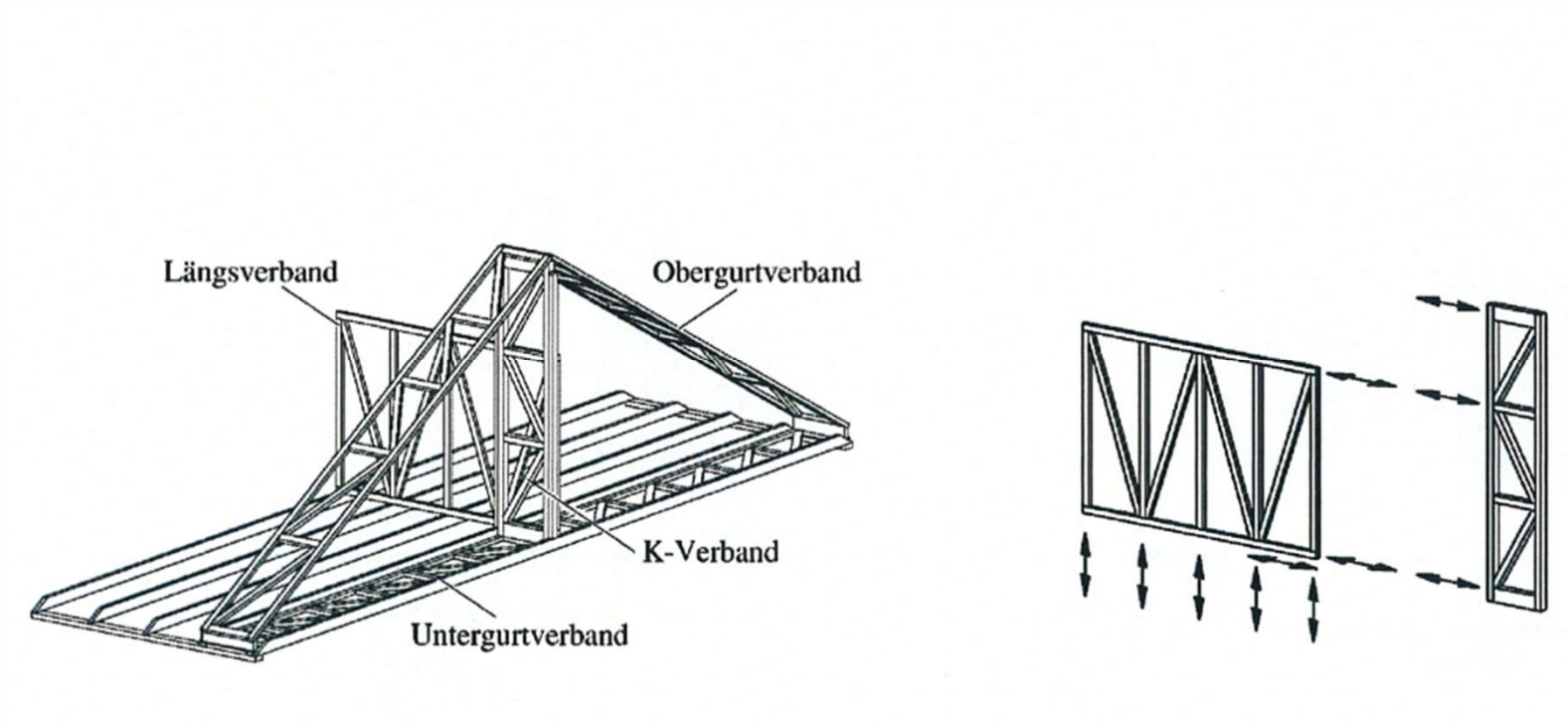
  => Der First muss z.B. über Windrispenbänder nahe zu unverschieblich gehalten werden.

Aussteifungssystem zur Aufnahme der gesamten Kräfte:
(System wie zuvor, zusätzlich noch mit Windrispenband)



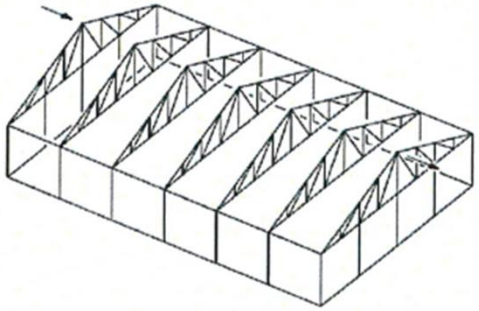
- Räumliches System: Unterspannung des WAV über Druckbohle und Rispenbänder
- Die Windlast wird wie die Seitenlasten über die Dachpfetten in den Verband eingeleitet.
- Das Windrispenband dient als Auflager des Verbandes im First und leitet die Last in den Ringgurt. (Anschluss nur an Traufe und First statisch notwendig)

Möglichkeit 2: Aussteifungssystem zur Aufnahme der gesamten Kräfte ohne Windrispenbänder:

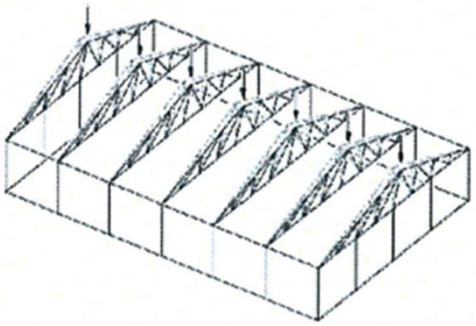


- Hier werden die Windrispen durch einen oder mehrere K-Böcke im Firstbereich, sowie einen Untergurt- und einen oder mehrere Längsverbände ersetzt.

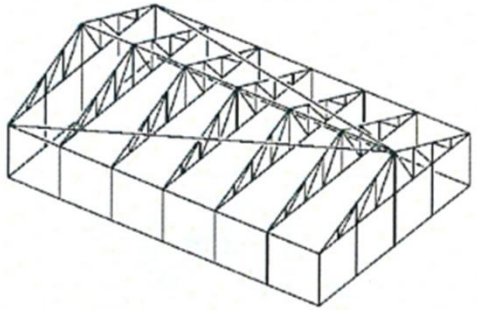
Verschiedene Einwirkungsszenarien und Aussteifung



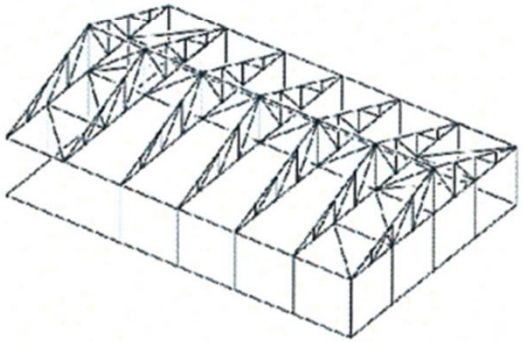
a Windsog und –druck



b Schrägstellung und vertikale Lasten

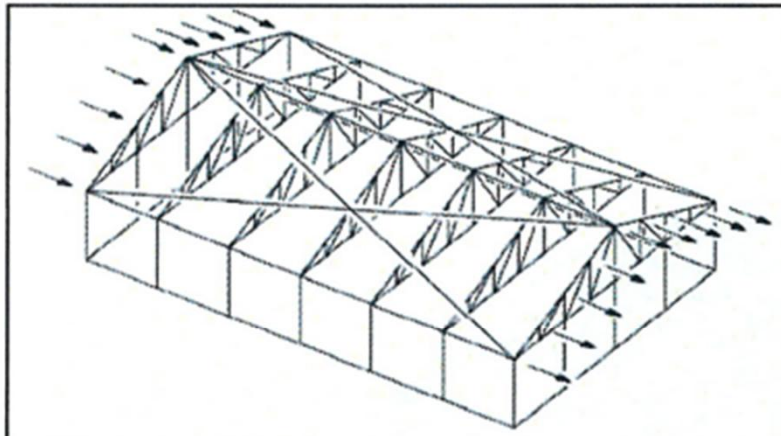


c Sekundärsystem bestehend aus 1 **Windrispe** je Dachseite und 1 Binder oder

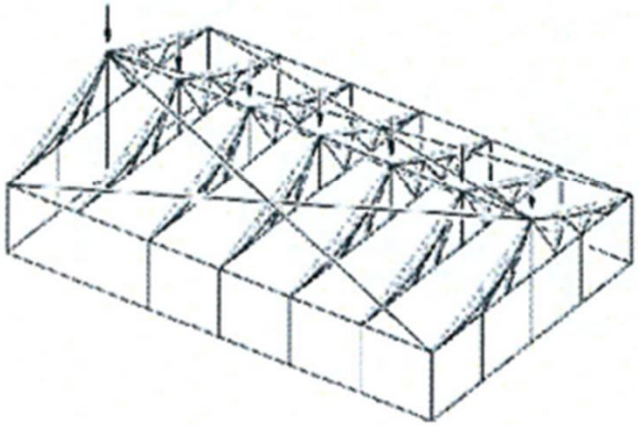


d Sekundärsystem bestehend aus vertikalen **Verbänden** in der Firstlinie (jeweils zwischen benachbarten Primärsystemen), die vertikal auf jedem Primärsystem und horizontal durch die Untergurtverbände gelagert sind

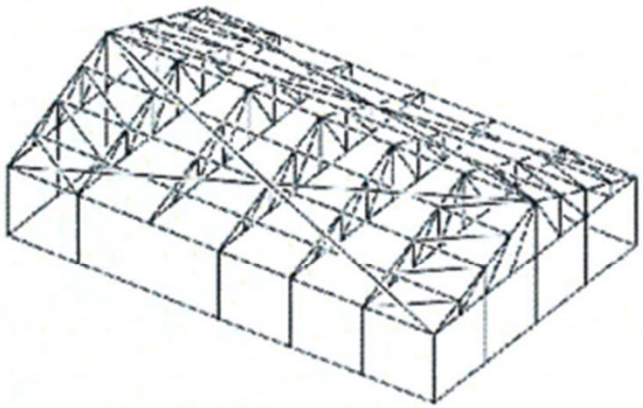
Weitere Einwirkungsszenarien und Aussteifung



a Windsog und -druck



b Obergurte mit Vorkrümmung und konstanter Normalkraft aus vertikalen Lasten

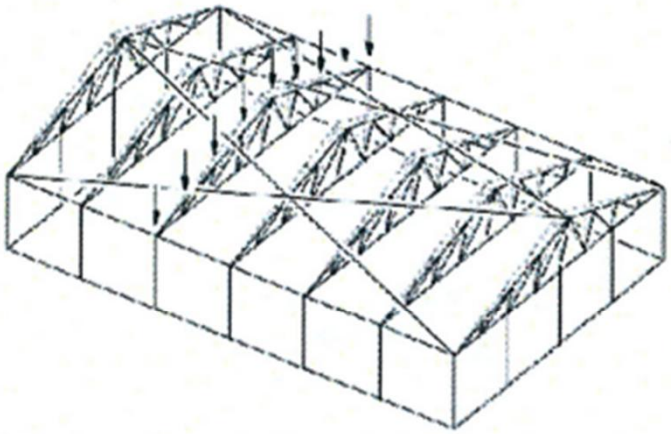


c Verbindung Dachlatten mit den 4 Obergurtverbänden, die als Einfeldträger an First und Traufe gelagert sind:

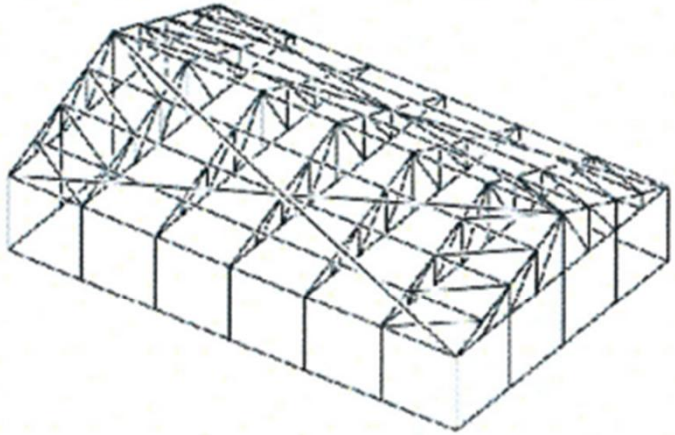
1. am First im Fall Wind durch Windrispe und im Fall Vorkrümmung durch Firstbohle
2. an der Traufe im Fall Wind durch Windbohle/Windbock und im Fall Vorkrümmung durch Traufbohle

Weitere Einwirkungsszenarien und Aussteifung:

Biegebeanspruchung der Binderobergurte infolge Schrägstellung der Binder



a mit Windrispe

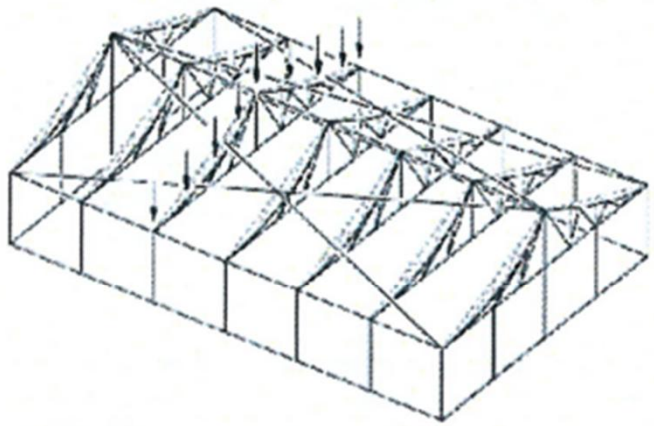


b Verbindung Dachlatten mit den 4 Obergurtverbänden, die als Einfeldträger an First und Traufe gelagert sind:

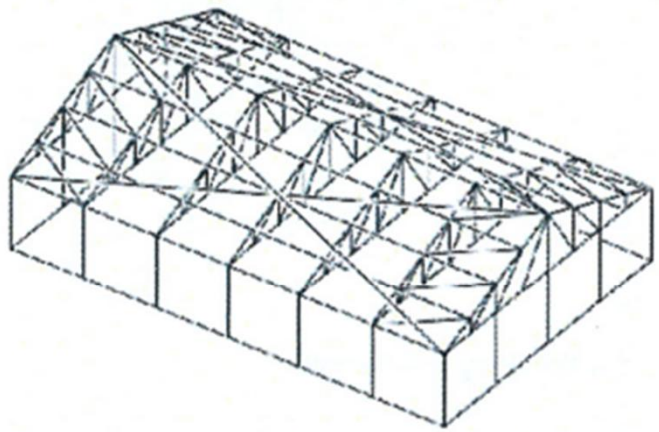
1. am First durch Windrispe
2. an der Traufe durch Traufbohle

Weitere Einwirkungsszenarien und Aussteifung:

Biegebeanspruchung der Binderobergurte infolge Vorkrümmung der Obergurte



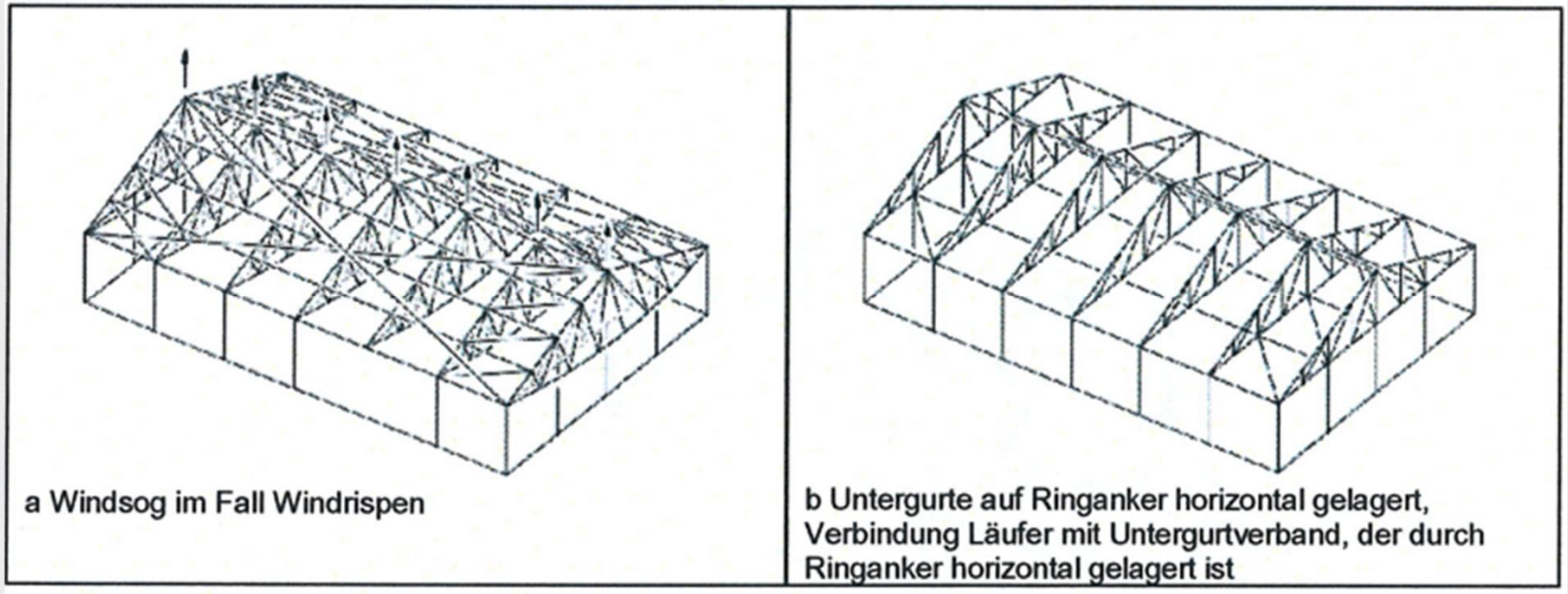
a mit Windrispe



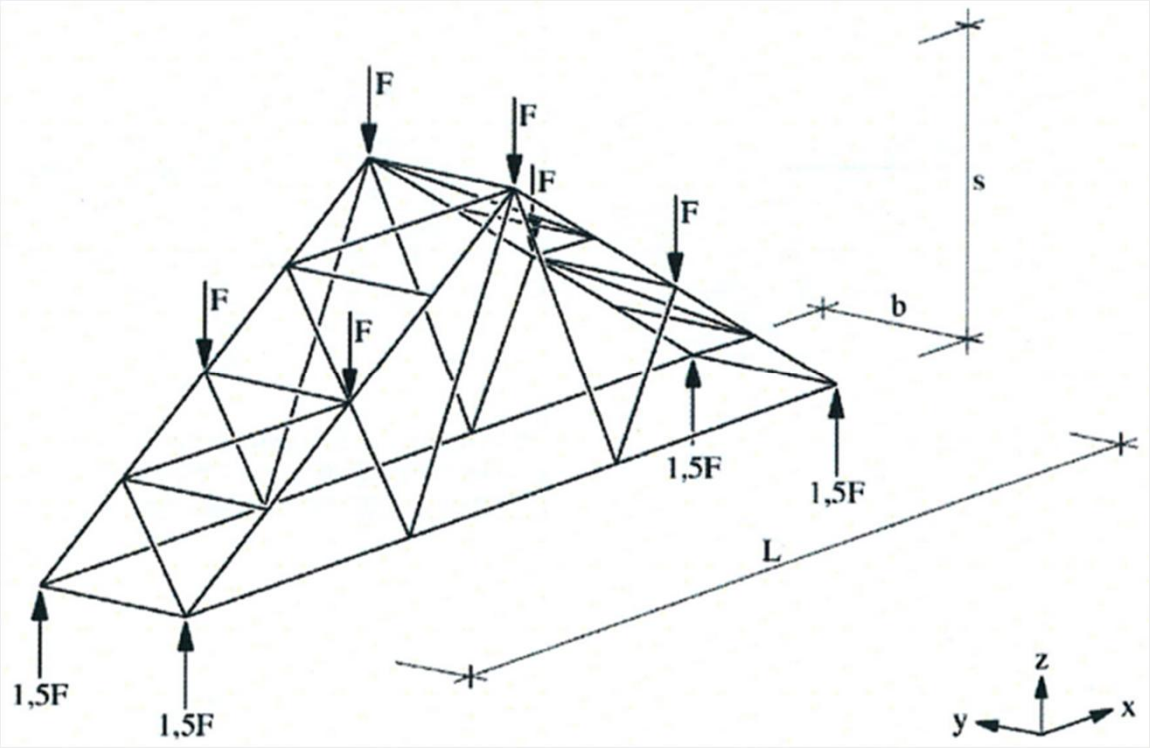
b Verbindung Dachlatten mit den 4 Obergurtverbänden, die als Einfeldträger an First und Traufe gelagert sind:
1. am First durch Windrispe
2. an der Traufe durch Traufbohle

Weitere Einwirkungsszenarien und Aussteifung:

Biegebeanspruchung der Binderuntergurte durch Imperfektionen im Fall Windsog auf Dachfläche



Imperfektionen und Eigenformen



- Perfektes Tragmodell, entsprechend der Ausführungsplanung

Imperfektionen

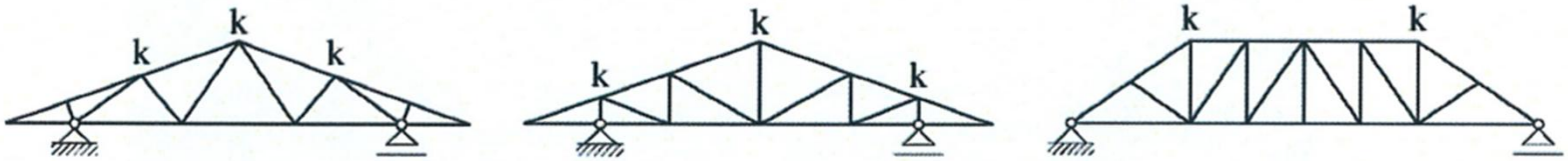
Die Auswirkungen der Imperfektionen dürfen im Grenzzustand der Tragfähigkeit durch den Beiwert

$$k_{sim} = \frac{1}{2}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{n}}\right)$$ mit N = Anzahl der Binder

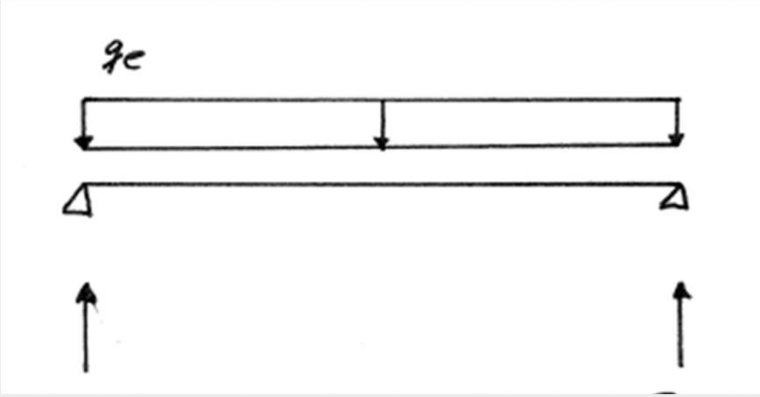
reduziert werden.

Dieser Beiwert berücksichtigt die Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens einer Imperfektion in einem Kollektiv von n Bindern.

Kontrolle der lotrechten Ausrichtung in den Knoten k



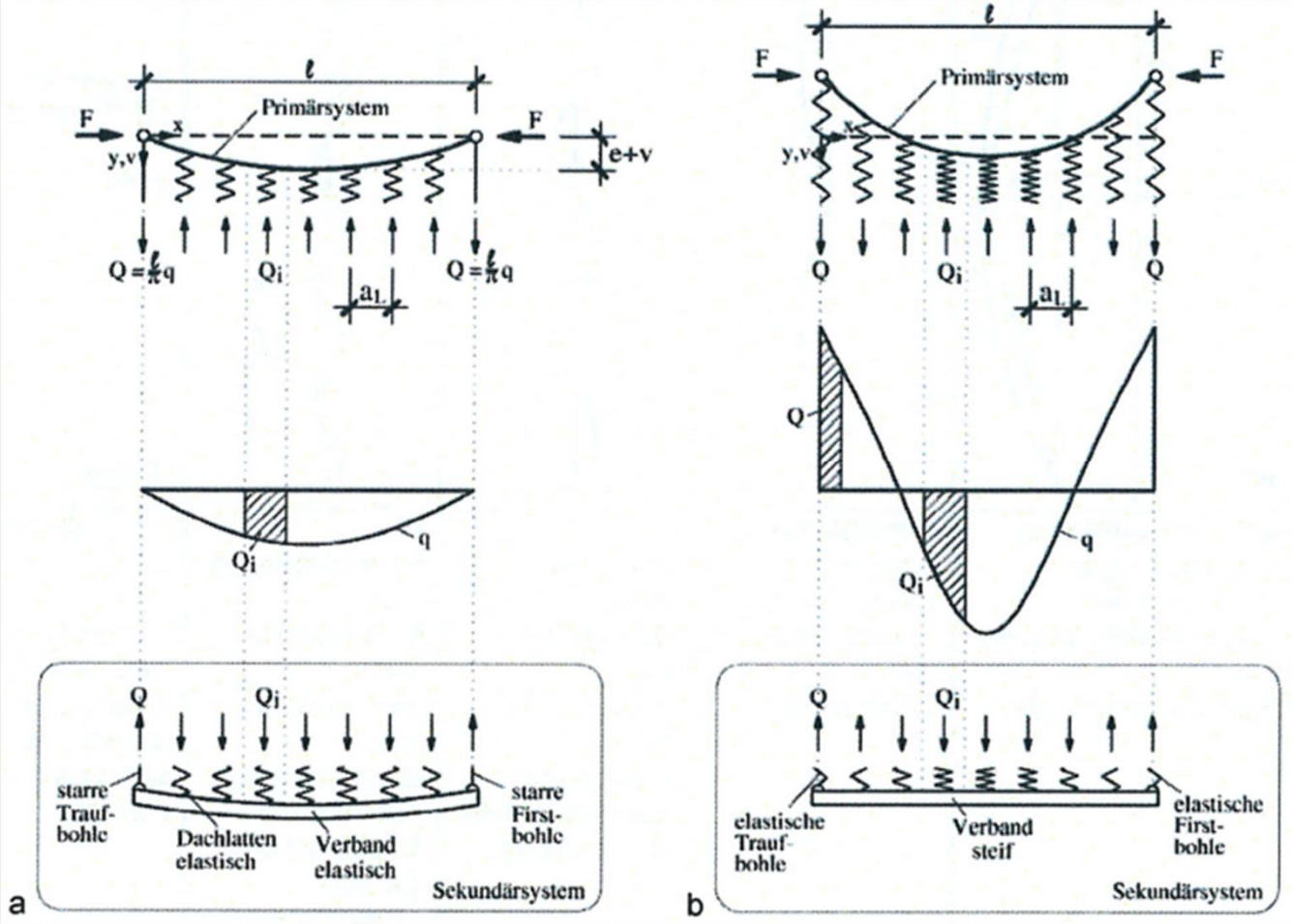
Seitenlast qe der Binderobergurte mit Kurzschluss in der Dachfläche über First und Traufbohle Qe (Systemimmanent)



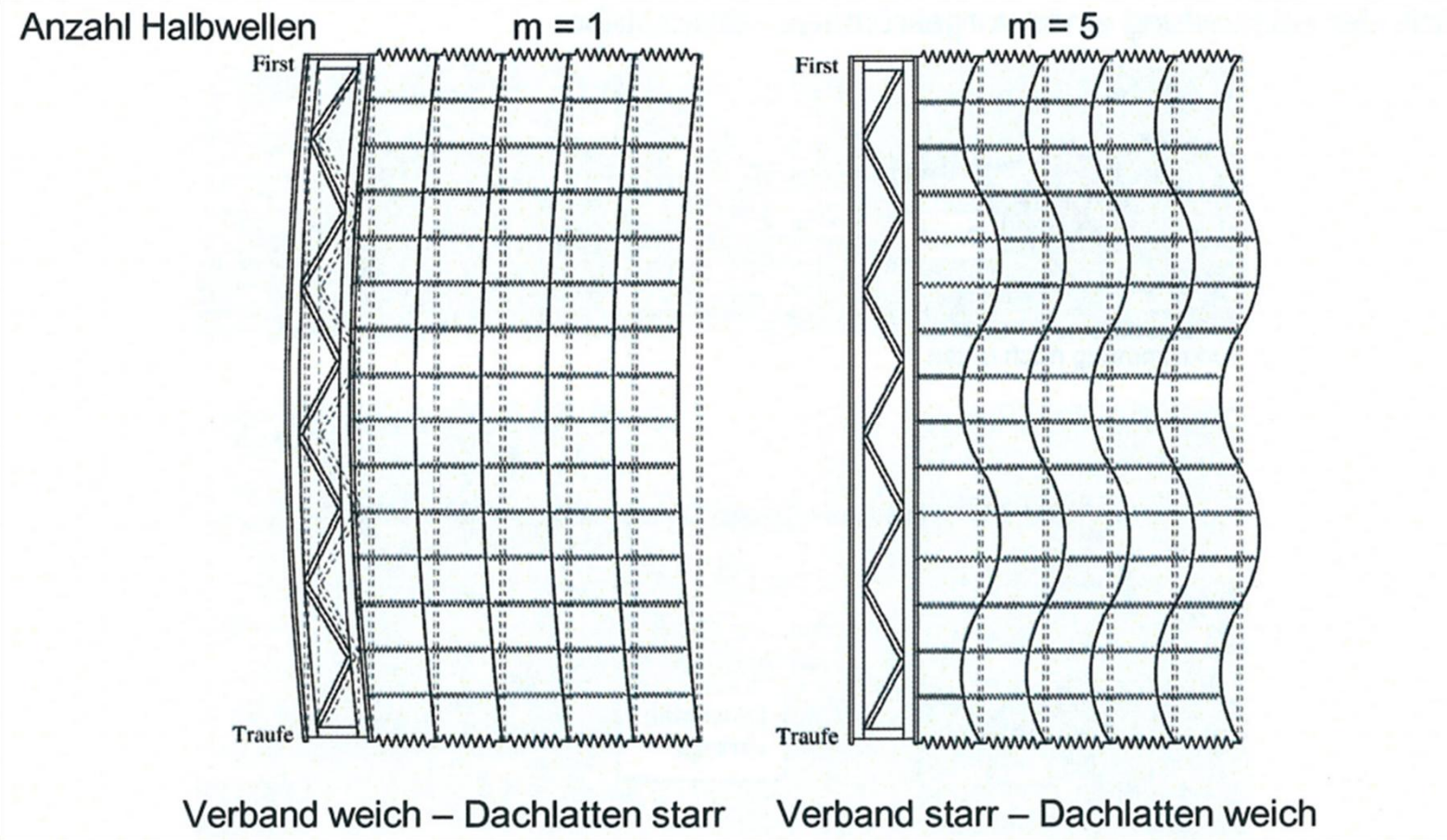
Q_e

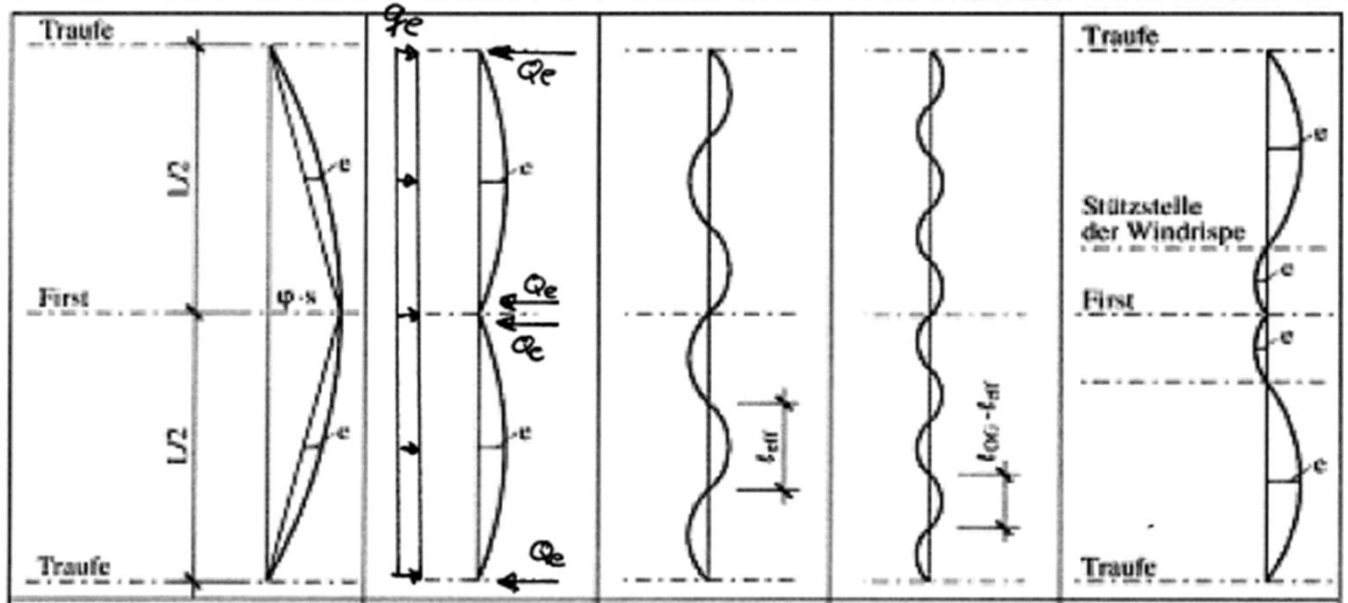
$Q_e = q_e * l/2$

Bedeutung der Randbohlen für die Aussteifung



Anzahl der Halbwellen

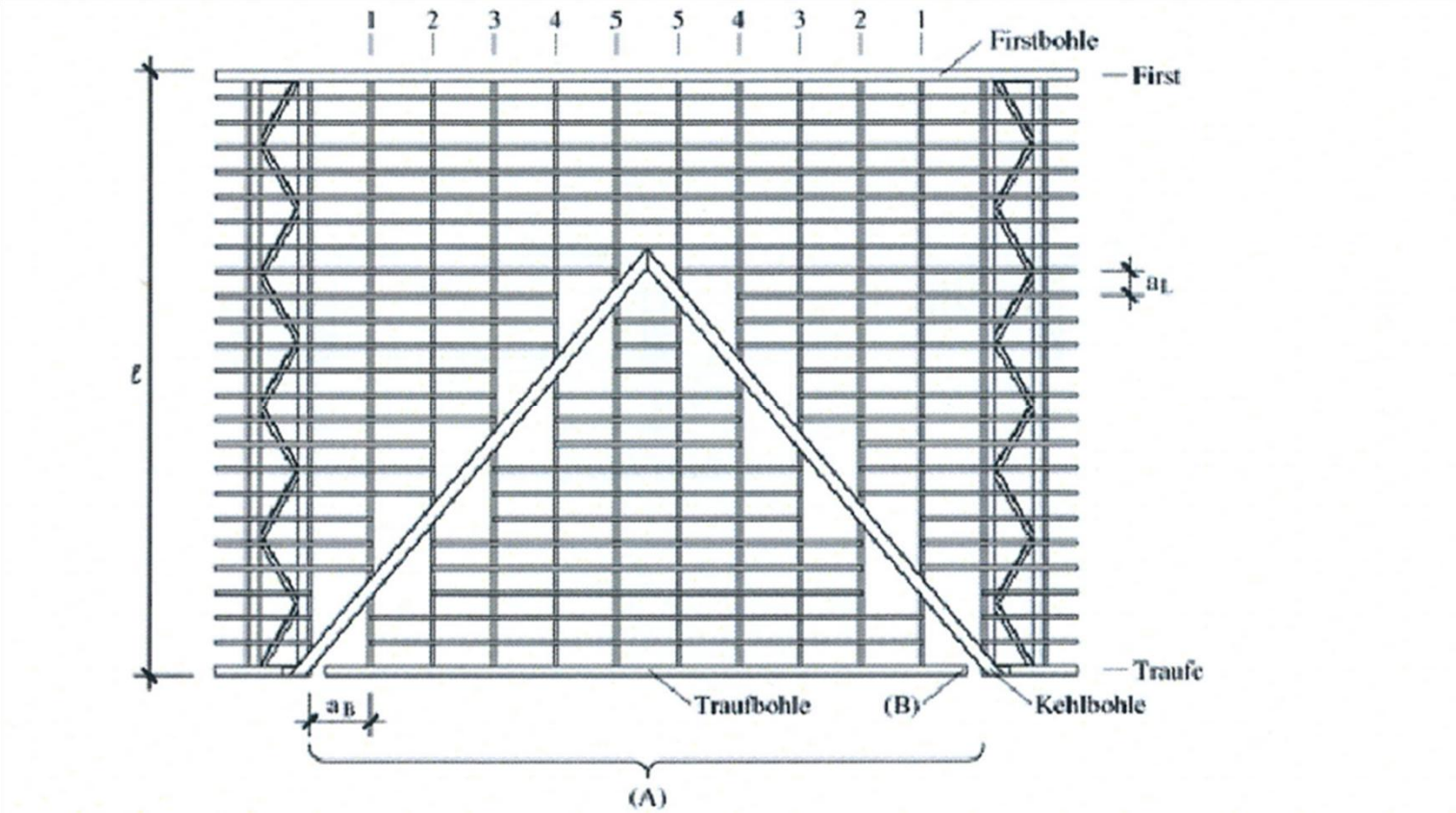




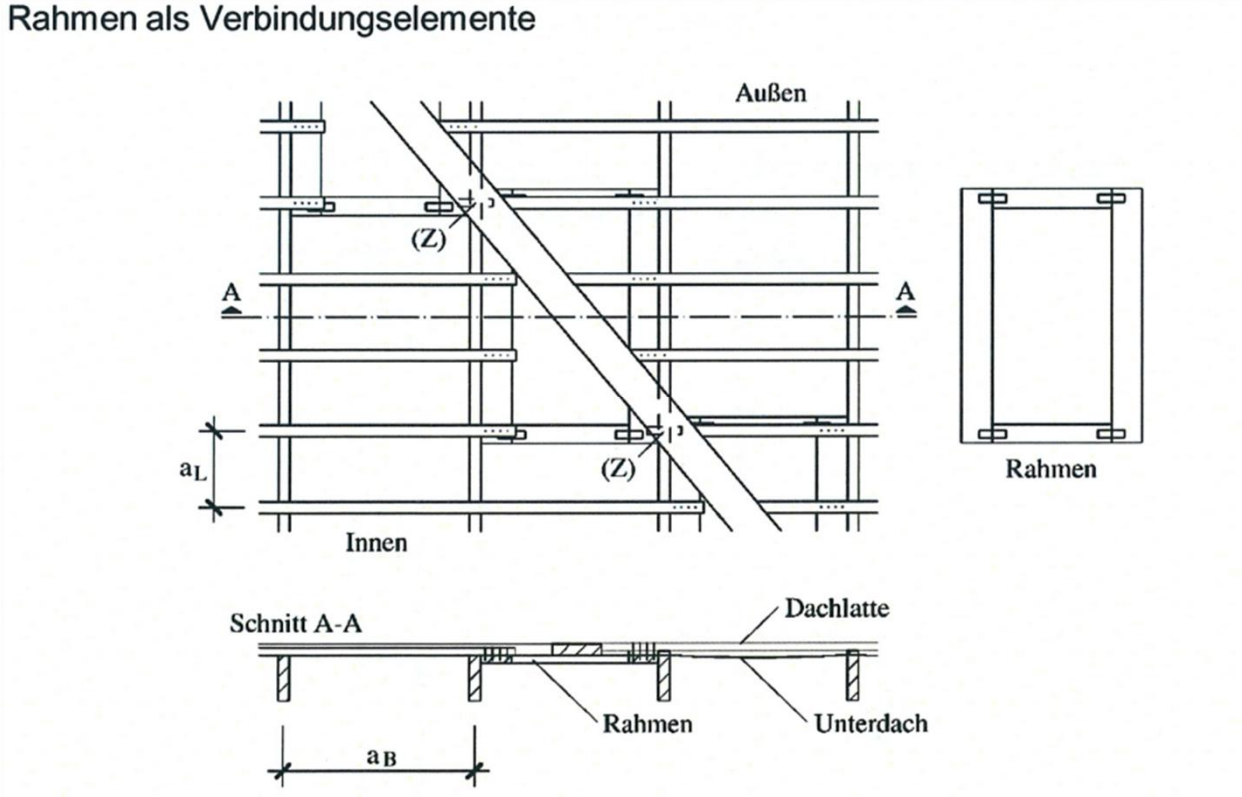
a Vorkrümmung und Schrägstellung zur Berechnung der maximalen Windrispen- und Verbandbeanspruchung	b mögliche, aber nicht maßgebende Vorkrümmung des Obergurtes	c Vorkrümmung des Obergurtes zur Berechnung der maximalen Dachlattenbeanspruchung	d Vorkrümmung des Obergurtes zur Berechnung der Biegebeanspruchung bzw. Ersatzstablänge des Obergurtes	e mögliche, aber nicht maßgebende Vorkrümmung des Obergurts mit Anschluss der Windrispe unterhalb des Firstes

Beispiele für Dachpfettenanschlüsse im Bereich von Aufsetzbindern

Dachpfetten und Traubohlen haben keine Verbindung zu den außerhalb angeordneten Verbänden: i.d.R. nicht ausreichend tragfähig.



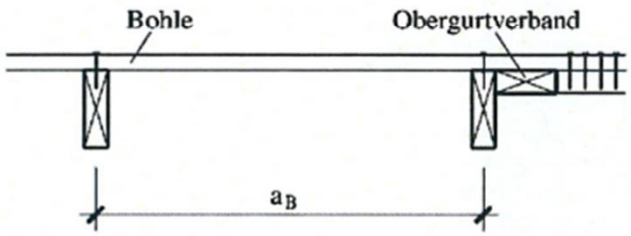
Beispiel für Dachpfettenanschlüsse im Bereich von Aufsetzbindern:



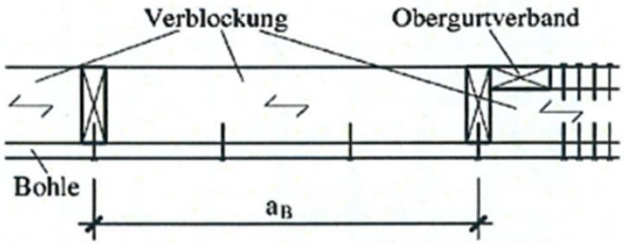
- Verbindung sollte anhand der Steifigkeit bemessen werden
- Bemessung für 1,5 – 2,0 fache Tragfähigkeit

Beispiel für den Anschluss der Bohlen:

First-, Trauf-, Knick- und Mittelbohlen

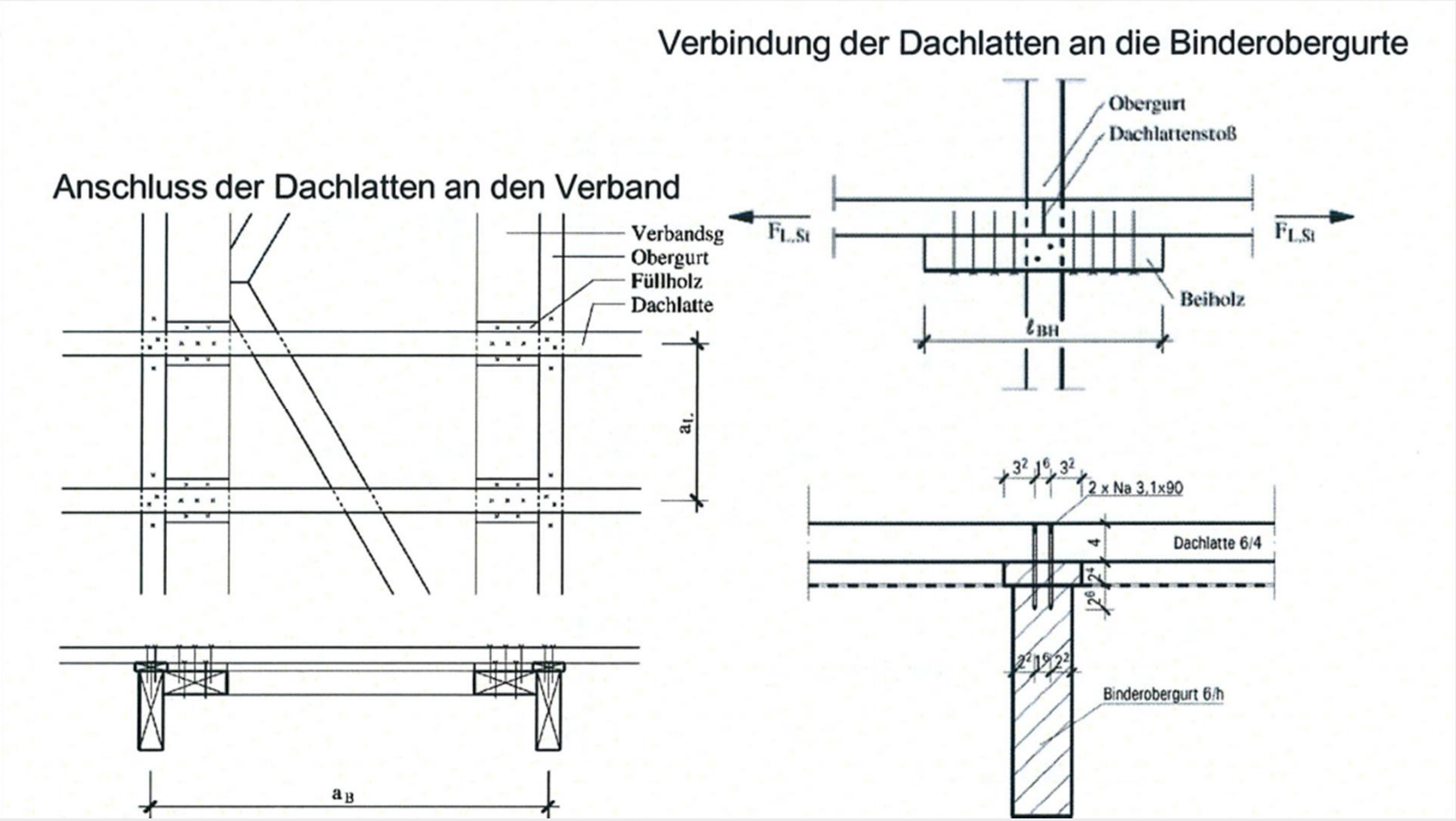


a Bohle in Dachlattenebene



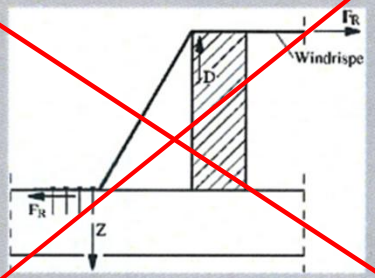
b Bohle außerhalb der Dachlattenebene

Beispiel für den Anschluss der Dachpfetten:

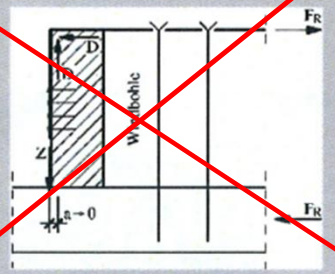


Anschluss des Windrispenbandes an der Traufe mit Betrachtung des Gleichgewichts der Windrispe

a nicht tragfähig wegen übermäßiger axialer Beanspruchung des rechten Nagels und punktueller Querdruckbeanspruchung

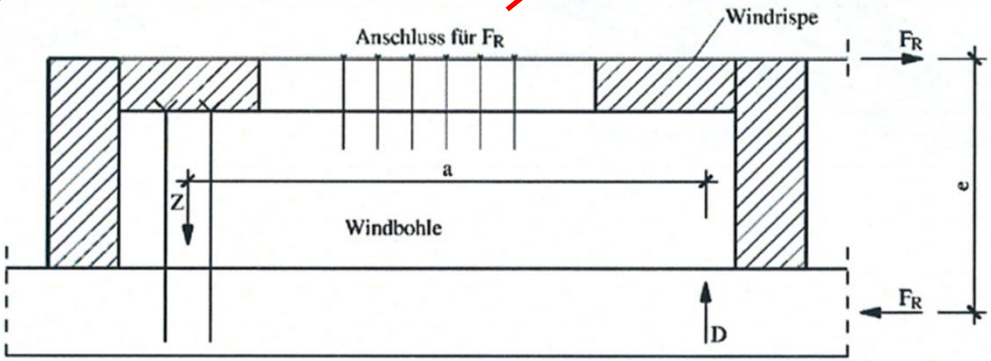


b nicht tragfähig, übermäßig welche Verbindung wegen übermäßig punktueller Querdruckbeanspruchung

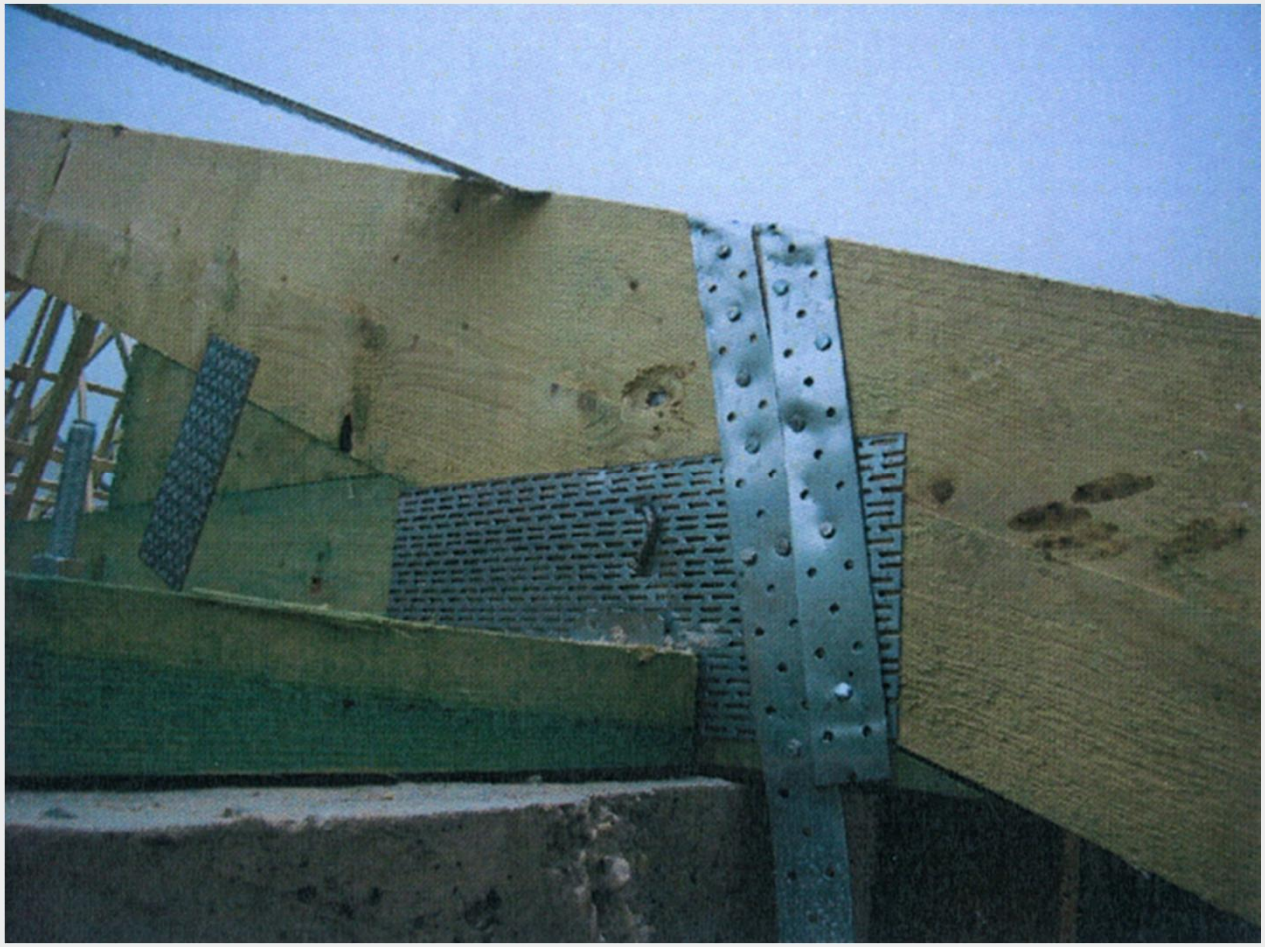


nicht zulässig

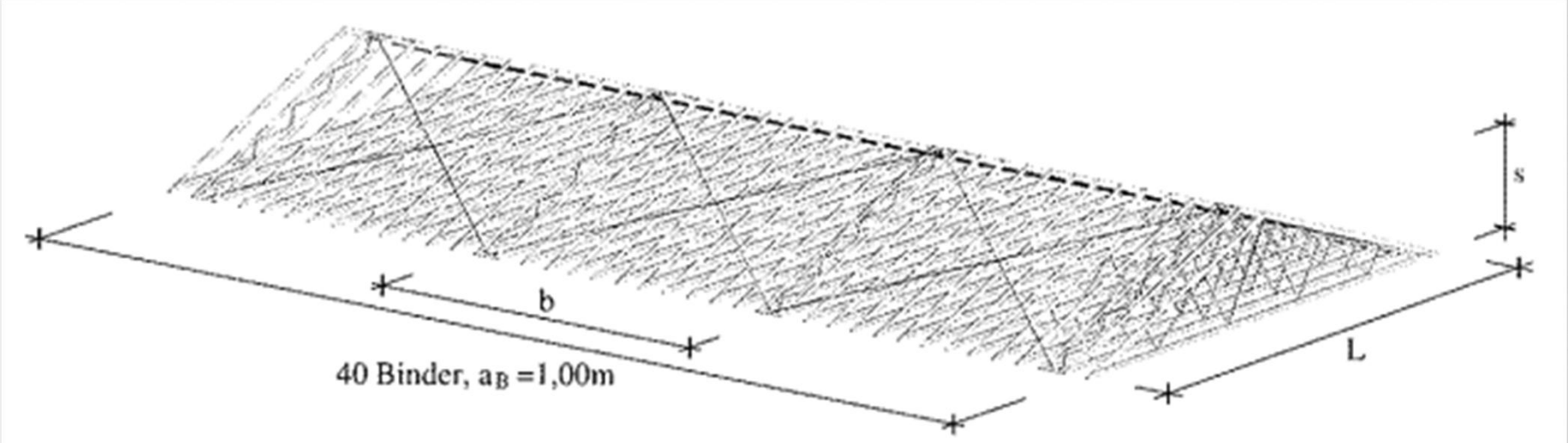
c rechnerisch nachweisbar und tragfähig



Beispiele für unzulässigen Anschluss eines Windrispenbandes

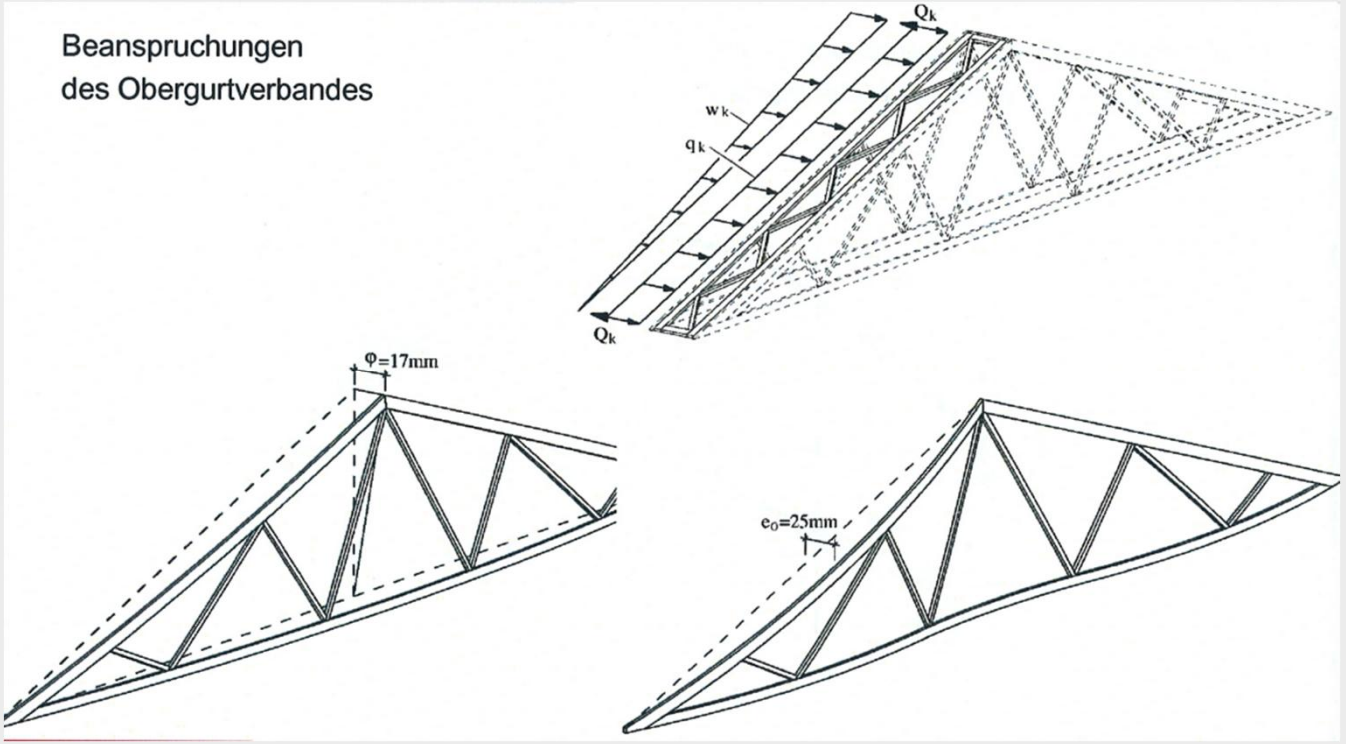


Verformungen: Satteldach mit Windrispenabspannung im First



Beispiel auf Seite 191 „Aussteifung von Nagelplattenkonstruktionen“ Ingenieurbüro kgs Martin H. Kessel und Alexander Kühl

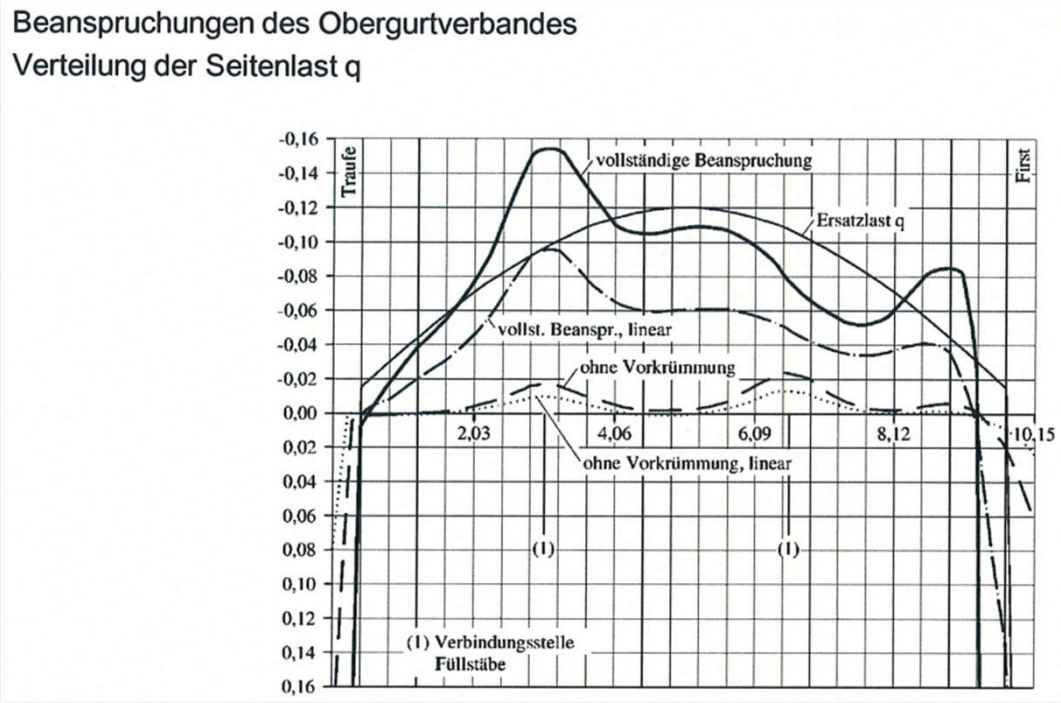
Verformungen: Satteldach mit Windrispenabspannung im First



<u>Beanspruchung und Imperfektion:</u>

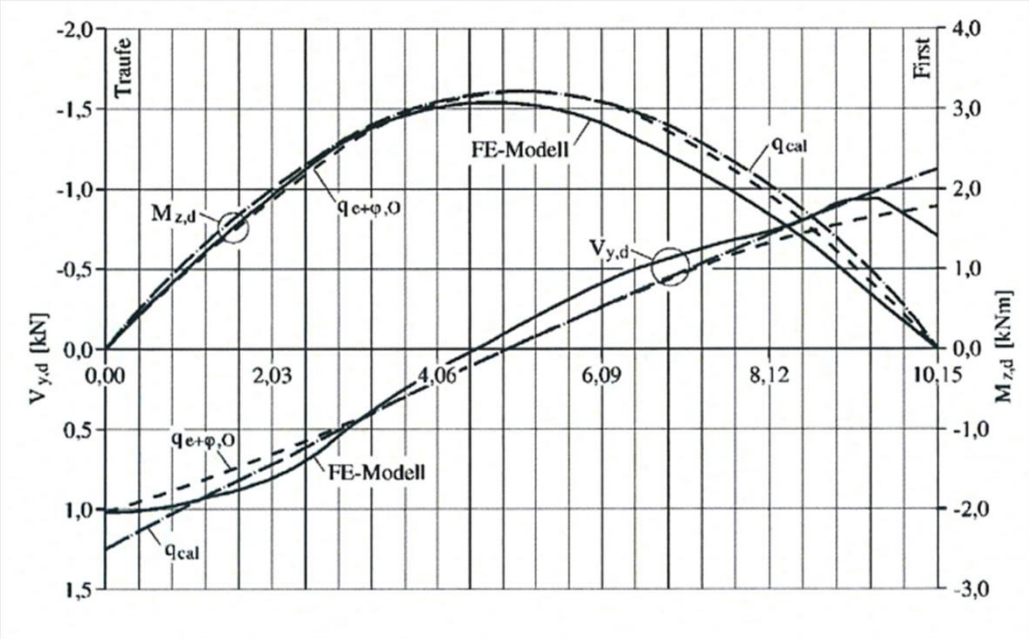
- Wind auf Giebel
- Seitenlast Druckgurt
- Schiefstellung 1/200 = 17 mm
- Obergurtvorkrümmung 1/400 = 25 mm

Verformungen: Satteldach mit Windrispenabspannung im First:



- Da die Beanspruchungsspitzen nur lokal begrenzt auftreten, haben Sie auf die Konstruktion des Verbands nur geringen Einfluss.
- Für die Verbindung der Dachpfetten mit dem Verband haben sie eine große Bedeutung. (In der Regel aber nicht größer als nach Gl. 60)
- Aufgrund der Begrenzung des Rechenaufwandes kann aber mit einer einfachen Sinusfunktion nach Gl. 128 die vollständige Beanspruchung des Verbandes beschrieben werden. (Ersatzlast q im Schaubild)

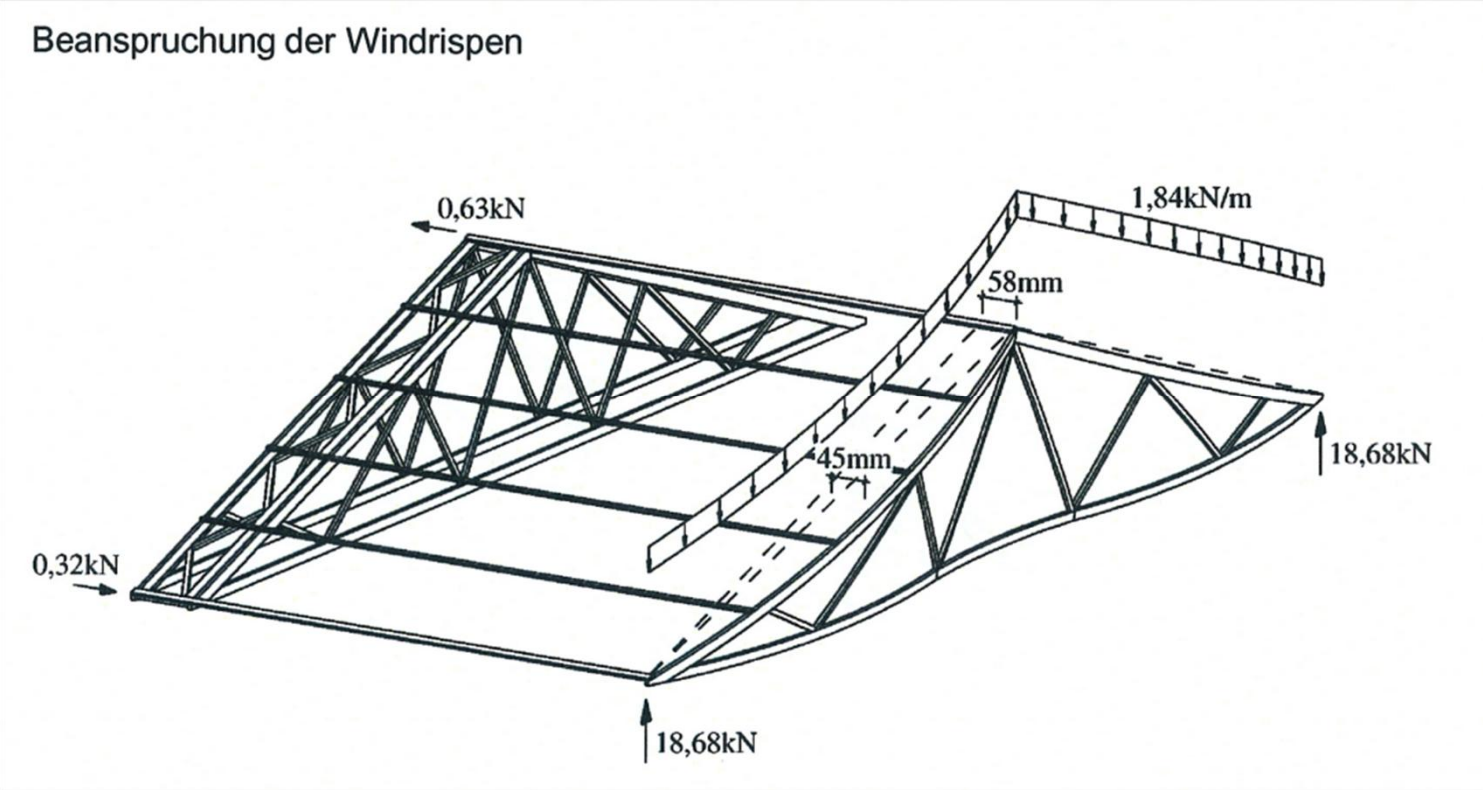
Verformungen: Satteldach mit Windrispenabspannung im First:



Vergleich der Beanspruchung des Verbandes mit der Ersatzlast q_{cal}:

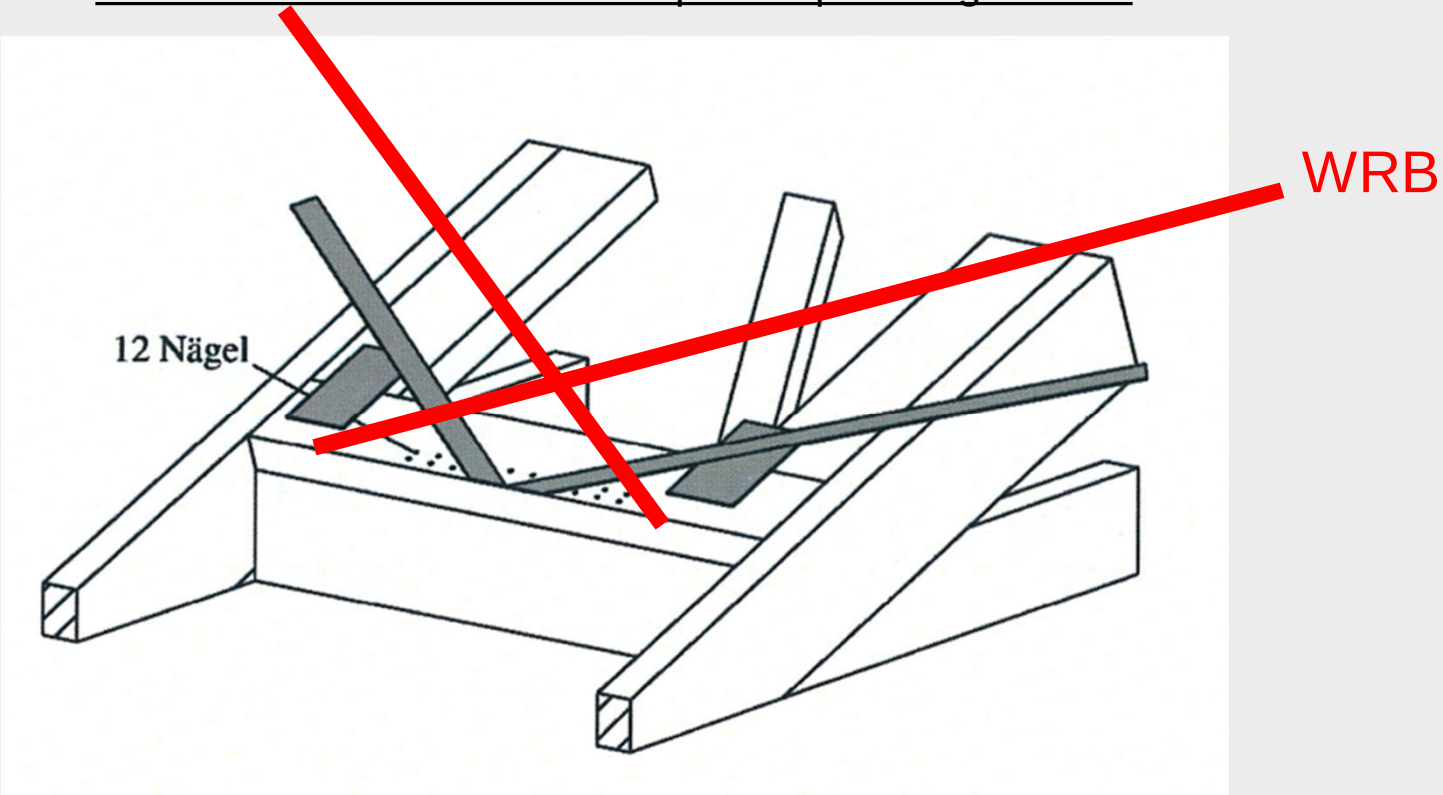
Schnittgrößen aus $q_{e+\varphi,0}$; q_{cal}; FE-Simulation

Verformungen: Satteldach mit Windrispenabspannung im First:



Horizontale Beanspruchung infolge eines imperfekten Binders an der Anschlussstelle der Windrispen

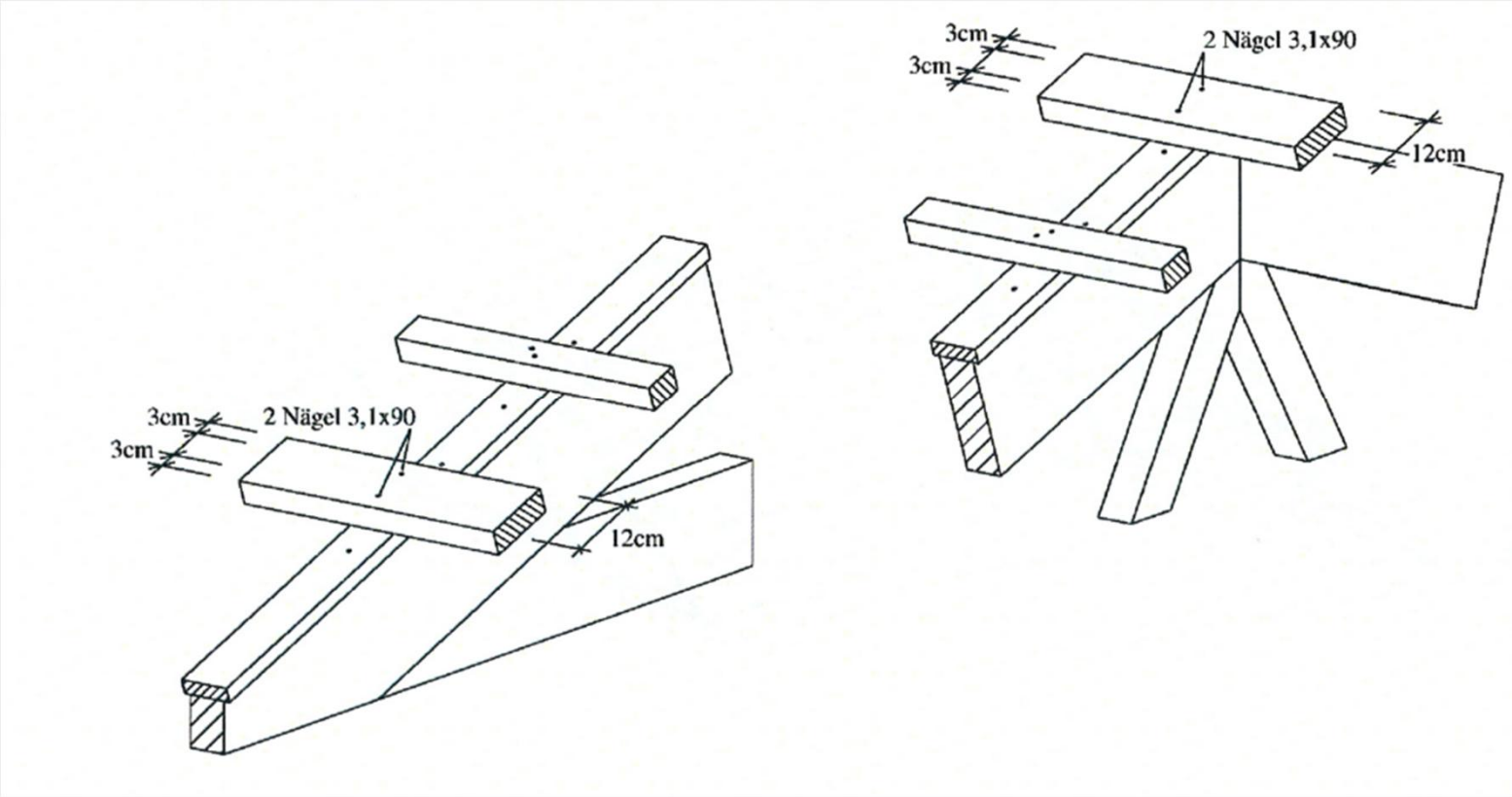
Details: Satteldach mit Windrispenabspannung im First



Anschluss des Verbands an Windbohle

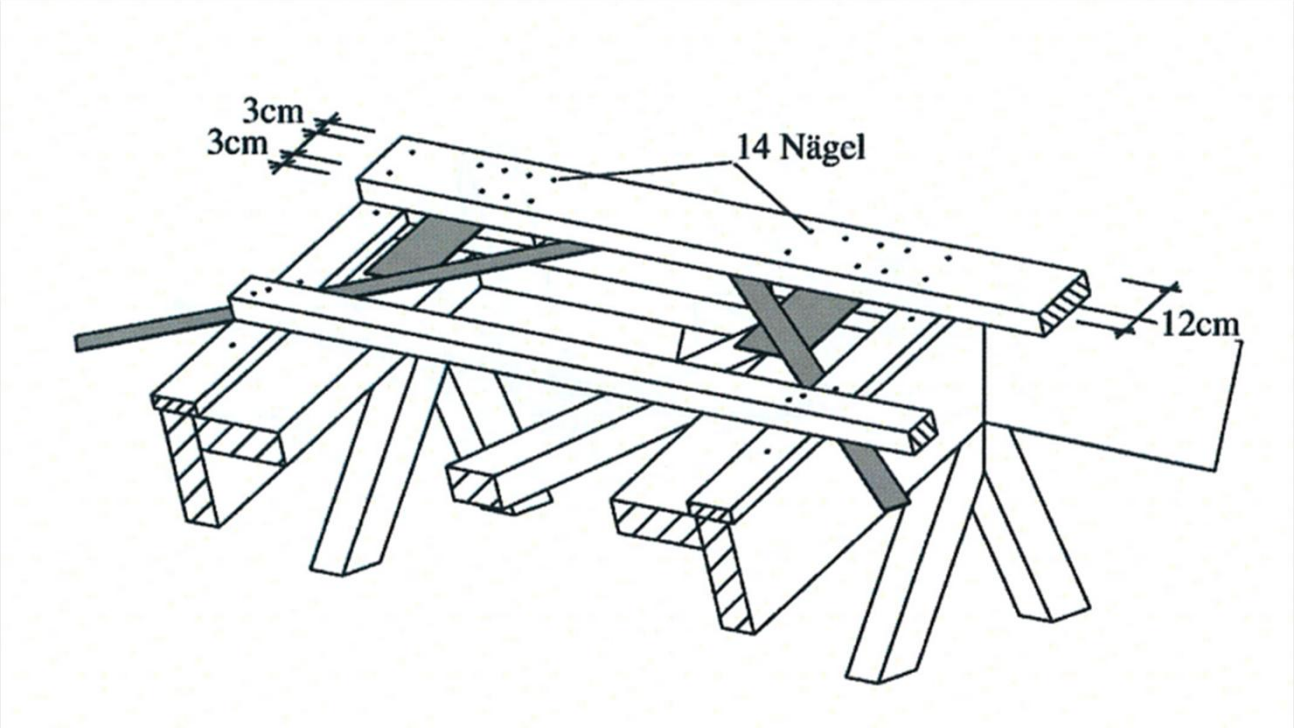
Anschluss besser, da die Bohle nicht auf Querzug beansprucht wird!

Details: Satteldach mit Windrispenabspannung im First:



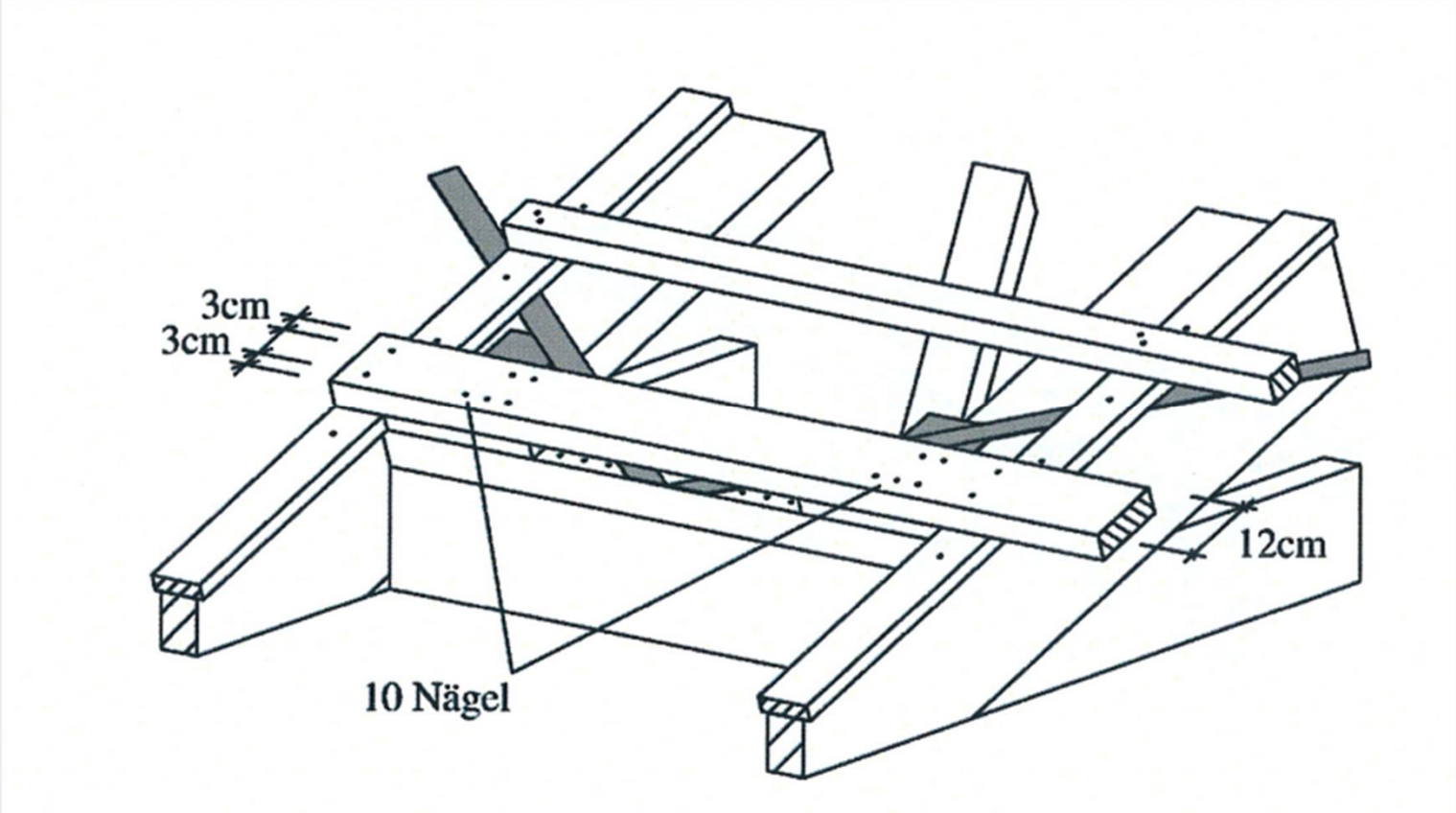
Anschluss Obergurt an Trauf- und Firstbohle

Details: Satteldach mit Windrispenabspannung im First:



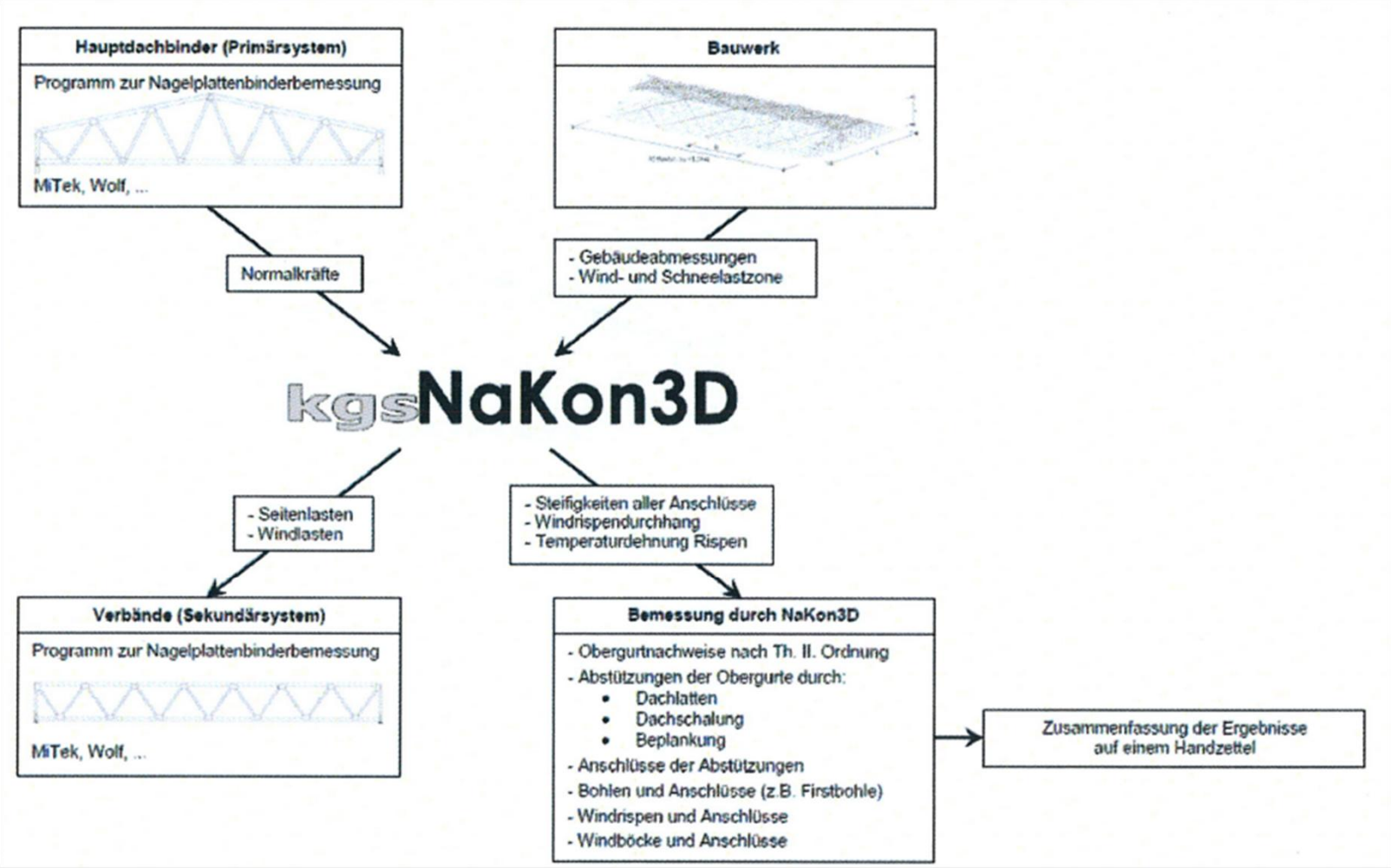
Anschluss Firstbohle an Verband

Details: Satteldach mit Windrispenabspannung im First:



Anschluss Traufbohle an Verband

Bemessungstool NaKon3D vom Ingenieurbüro kgs



Bemessungstool NaKon3D vom Ingenieurbüro kgs

10 Module: kgsNaKon3D

- **Satteldachbinder**: für symmetrische Dreieckbinder
- **Satteldachbinder Rispe unterhalb First**: für symmetrische Dreieckbinder mit Windrispenanschlüsse unterhalb des Firstes
- **Satteldachbinder ohne Windrispen – QDAS**: für symmetrische Dreieckbinder mit Windrispenanschlüsse unterhalb des Firstes
- **Satteldachbinder mit Anfangshöhe**: für symmetrische Dreieckbinder mit Anfangshöhe
- **Trapezbinder**: für symmetrische Trapezbinder mit Dreieckbinder als Aufsetzbinder
- **Flachdachbinder**: für symmetrische Flachdachbinder
- **Pultdachbinder mit Anfangshöhe**: für Pultdachbinder
- **Flach-Pultdachbinder mit unterspanntem Verband**: für Pultdachbinder mit symmetrisch unterspannten Verbänden
- **Füllstäbe**: für ungestützte, mittig abgestützte und in den Drittelspunkten abgestützte Füllstäbe
- **Aussteifung von Druckgurten**: für die Aussteifung von Druckgurten über elastische Abstützungen (Dachlatten, Dachschalung oder Beplankung)

Robustheit

Tragwerke aller Bauarten und Baustoffe sind nach Prinzip (4) in 2.1 des EC0 so auszubilden und auszuführen, dass u. a. durch menschliches Versagen keine Schadensfolgen entstehen, die in keinem Verhältnis zur Schadensursache stehen. Ein Tragwerk, das diese Anforderung erfüllt, wird als robust bezeichnet.

Welche Anforderungen im Falle menschlichen Versagens an die Ausführung eines Tragwerks gestellt werden, entscheiden der Bauherr und die zuständige Behörde im Einzelfall. Beide können im Einvernehmen Anforderungen an die Begrenzung von Schäden und deren Folgen festlegen.-Einige allgemeine und wenige bauartbezogene Festlegungen sind Inhalt des Teils 7 des EC1-1. Spezielle Festlegungen für Nagelplattenkonstruktionen wie für die meisten anderen Bauarten enthalten die Eurocodes nicht.

Die im Februar 2011 von der „Fachkommission Bautechnik der Bauministerkonferenz (ARGEBAU)“ veröffentlichten „Hinweise zur Planung und Ausführung von Nagelplattenkonstruktionen …“ fordern, dass der zufällige Ausfall eines Bauteils nicht zum (großflächigen) Versagen des Tragwerks führen darf. Diese Forderung gilt aber nach Prinzip (5) in 2.1 des EC0 für alle Bauarten und alle Baustoffe.

Robustheit:

Als menschliches Versagen kommen in Betracht:

- Fehlerhafte statische Berechnung
- Übersehen des schwächsten Querschnitts eines Untergurtes bei der Holzsortierung,
- Fehlverklebung eines Keilzinkenstoßes in einem Untergurt,
- Fehlpressung eines Nagelplattenstoßes eines Untergurtes,
- Durchtrennen eines Untergurts für eine haustechnische Leitung.

Robustheit:
Technische Mitteilung (TM) 06/017 der Arbeitsgruppe Nagelplatten des BVPI
(entspricht KI 165)

1. Die Robustheit des gesamten Dachtragwerks kann bereits durch bauliche Trennung in unabhängig ausgesteifte Dachabschnitte erhöht werden.
2. Der Ausfall eines Binders kann durch einen stehenden Längsverband aufgenommen werden (Fig. 1), welcher gleichzeitig zur Aussteifung der Knickstäbe des Binders dient. Der Längsverband muss die Last aus dem ausgefallenen Binder aufnehmen und in die beiden benachbarten Binder einleiten können. Die Bemessung des Längsverbandes sowie der Binder mit den erhöhten Lasten erfolgt als außergewöhnlicher Lastfall.
3. Alternativ können i.d.R. 2 durchlaufende Holzbohlen (zug- und druckfest) je Dachfläche an der Unterseite der Obergurte bemessen und angeordnet werden. (Aussteifung mit Windrispenband)

Technische Mitteilung der Arbeitsgruppe Nagelplatten VPI zur Robustheit

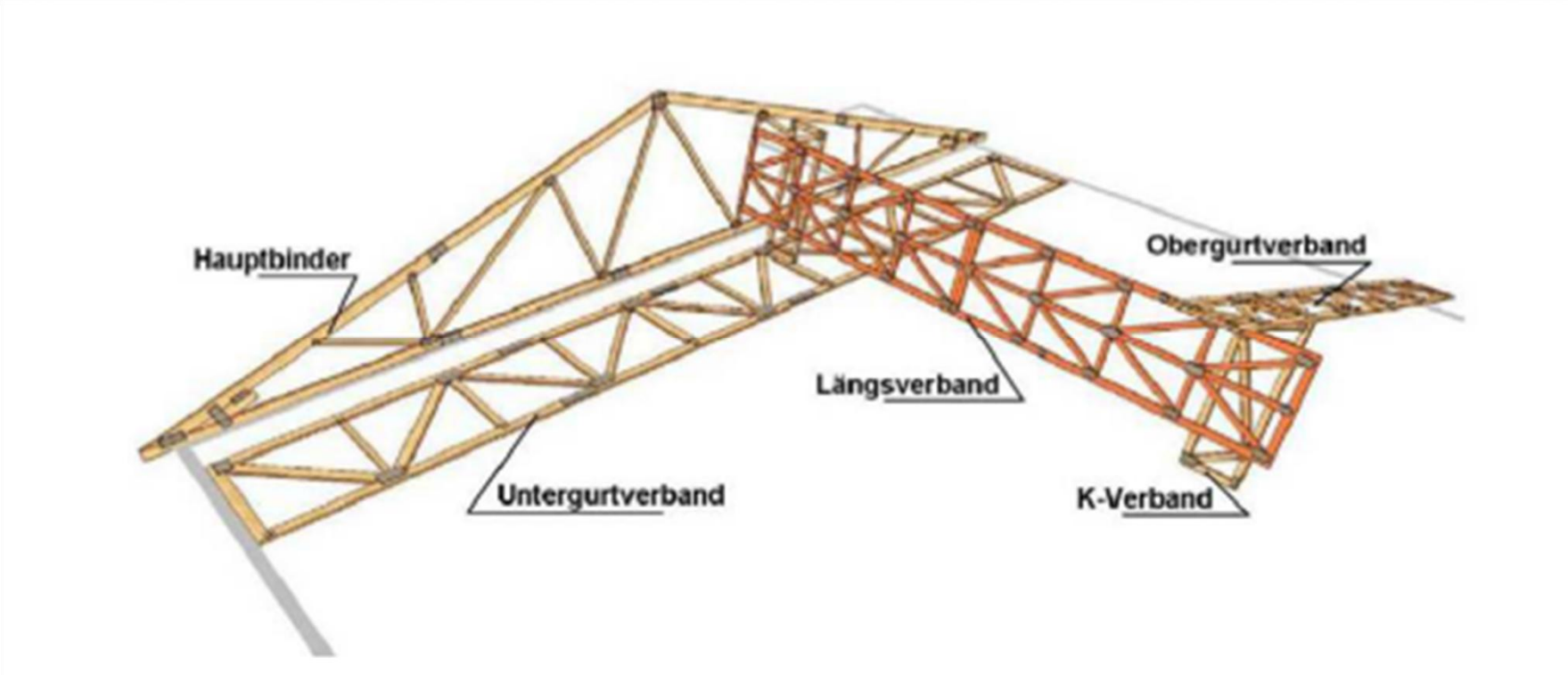


Fig. 1 Isometrie Dachstuhl (Beispiel) mit stehendem Längsverband

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit