

# Eine Frage der Aussteifung

Der sechste Teil der Artikelserie zum Thema „Statik in der Veranstaltungstechnik“ widmet sich dem Thema Riggs, die auf dem Boden aufgebaut werden: den Ground Support Riggs. Viele Aspekte, die wir schon bei den Bühnendächern und PA-Towern erläutert haben, sind auch bei diesen Systemen von Bedeutung. Wiederum ist Feedback erlaubt und gewünscht.



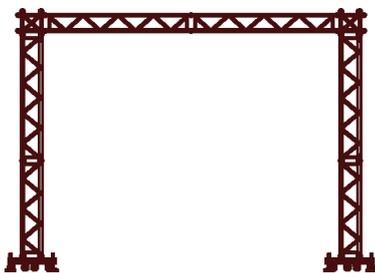
**Mit Ground-Support Riggs sind Systeme gemeint**, bei denen Traversenrahmen auf Stützen stehen und zur Aufnahme von Deko-Elementen, Scheinwerfern, einer LED-Wand usw. dienen. Im Allgemeinen werden hier wie im Veranstaltungsbereich üblich hauptsächlich Aluminiumtraversen verwendet.

Wie auch bei PA-Towern kommen diese Systeme im Indoor- wie im Outdoorbereich zum Einsatz. Für beide Bereiche ist die horizontale Aussteifung entscheidend. Neben Eigengewicht und Nutzlasten sind diese Konstruktionen also noch zusätzlichen Belastungen ausgesetzt.

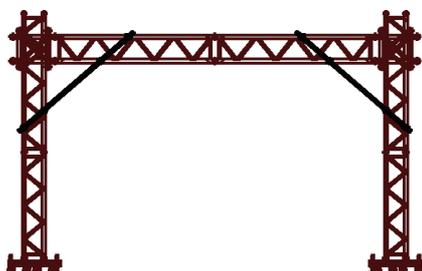
Für den Anwendungsbereich Outdoor sind das im Wesentlichen Windlasten, für den Anwendungsbereich Indoor sind es horizontale Ersatzlasten aus Schiefstellung, Stabilisierungslasten und/oder Anpralllasten von Personen. (In einigen Messehallen wird inzwischen auch der Nachweis der Standsicherheit unter begrenzten Windlasten gefordert)

**Welche Systeme kommen zum Einsatz bzw. was sind stabile Systeme und wie sind sie konstruktiv durchgebildet?**

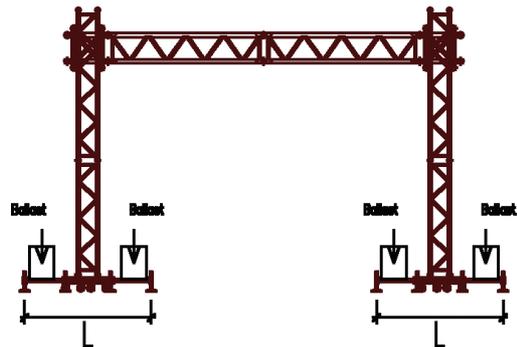
**A. Als Rahmen mit „biegesteifen“ Ecken (oben), den so genannten Cornerblocks/Boxcorner oder**



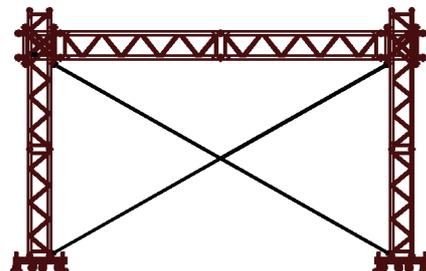
**B. Aussteifung (als Rahmen) durch in den Ecken angeordnete Diagonalen**



**C. Fußeinspannung mittels ballastierten Basements und/oder Auslegern. Hierzu sind auch ausführliche Betrachtungen in unserem Artikel 4 - PA-Tower**



**D. Eine Aussteifung über Verbände mit Seilkreuzen wie bei Bühnen. - Vgl. auch unseren Artikel 3 zu Bühnenkonstruktionen**



**E. Mischformen.**

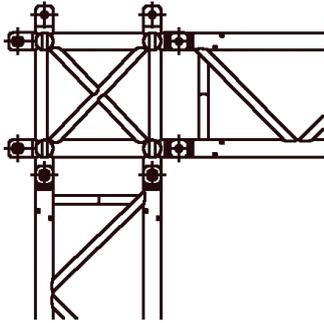
**Zu A. Rahmen mit „biegesteifen“ Ecken**

Wie werden biegesteife Ecken ausgebildet?

Die aufnehmbaren Eckmomente sind abhängig von der Ausbildung des Eckelementes und zwar:

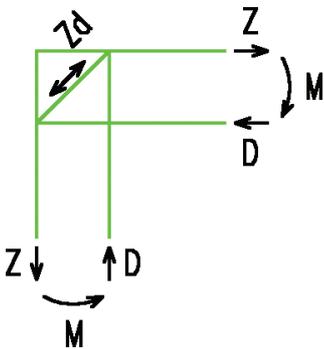
- Anzahl der Diagonalen (1, 2 Diagonalen oder Diagonalkreuze)
  - Anordnung der Diagonalen im Eckbereich
  - Größe der Rohre (d, t) insbesondere der Diagonalen
  - Ausmitte im Anschluß der Rohre usw.
- Eine **genaue Berechnung** ist somit **erforderlich!**

### 1. Eckelemente, so genannte Cornerblock/Boxcorner



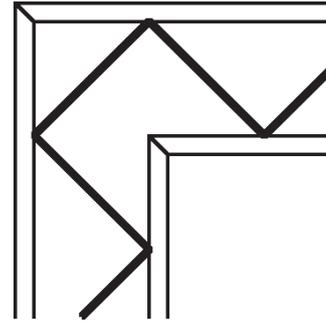
Bei diesen „biegesteifen Ecken“ ist zu beachten, dass die Eckelemente ( $M_{Ech}$ ) so gut wie nie die volle Tragfähigkeit der Traverse auf Biegung ( $M_{TRAVERSE}$ ) erreichen.

zul.  $M_{Ech} = \text{ca. } 20\% \text{ bis } 70\% \text{ zul. } M_{TRAVERSE}$  (Erfahrungswert)



Das Prinzip ist, dass die Biegung als Zug-/Druckkraft über die Diagonale mit einem Hebelarm „umgeleitet“ wird (s.o.).

### 2. „Geschweißte Ecken“ – „unausgesteifte“ Ecken



Dies sind meist irgendwie mit Diagonalen versehene „Deko“-Traversen. Bei einer „ungünstigen“ Bauweise wie im Bild dargestellt, sinkt das aufnehmbare Moment allein auf die vergleichsweise geringe Biegetragfähigkeit der Gurtrohre.

$M_{Ech} = \text{ca. } 5\% \text{ bis } 10\% M_{TRAVERSE}$  (Erfahrungswert)

Nicht zu vergessen ist, dass aus der Rahmenwirkung aus Vertikalkräften auf das Rigg Horizontalkräfte am Fußpunkt und Ekmomente entstehen. Dies gilt auch für das folgende System (B.)

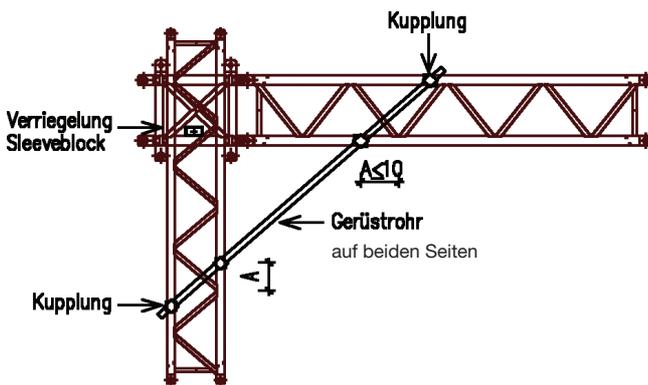
#### Zu B. Mit angeschellten Gerüstrohren biegesteif ausgebildete Ecken

Diese können ausgebildet werden, z.B. wenn über sogenannte „Sleeveblocks“ der Trägerrost aus Traversen hochgefahren wird.

Das aufnehmbare Moment ist davon abhängig:

- a. welchen **Hebelarm** die Diagonale (zu der Ecke) hat
- b. die **zulässige** Druckkraft der **Diagonalrohre** (je länger desto ge-

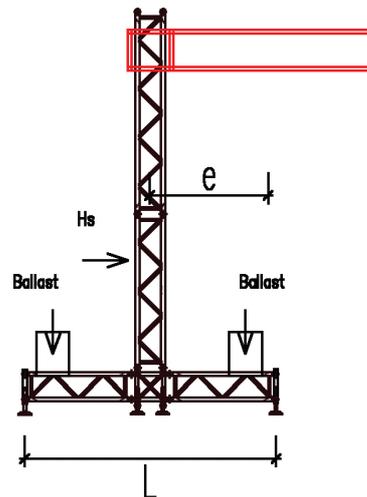
- ringer wegen Rohrknicken)
- c. eine symmetrische Anordnung der Diagonalen (also beidseits)
- d. die zulässigen **Anschlusskräfte** z.B. einer **Drehkupplung**. Problem hierbei ist, dass es in der Veranstaltungstechnik keine bauaufsichtlich zugelassene Kupplung mit Kraftübertragung auf Reibung (Verrutschen) gibt. Man behilft sich mit zugelassenen Werten aus dem Gerüstbau (z.B. Layher), wobei die Anwendung im Einzelfall mit der zuständigen Prüfbehörde abzustimmen ist.
- e. **Querbiegung** der Traversengurtrohre. Hier ist ein **geringer Abstand zu den Diagonalen** der Traverse anzustreben. Über die Gerüstrohre und die Druckkräfte entsteht über die Ausmitte (A siehe Graphik) lokale Querbiegung in den Stützengurtrohren, die die Tragfähigkeit stark herabsetzt. (Vorsicht: Diese Querbiegung (dadurch Spannungen) im Gurtrohr kann alleine zum Versagen der Traverse führen)



Wichtig ist weiterhin, dass der **Sleeveblock** nach unten und oben **verriegelt** ist z.B. über Stützenaufnahme mit Einschubrohr oder in Kette hängend und mit Kupplungen und Rohren nach oben befestigt!

**Zu C. Fußeinspannung mittels ballastierten Basements und/oder Auslegern**

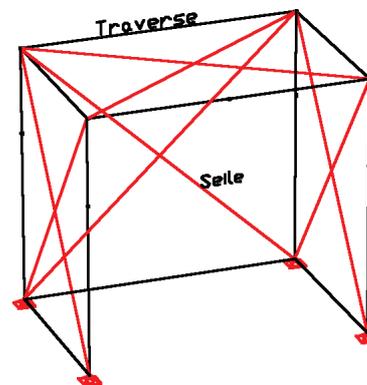
Die Standsicherheit der unten eingespannten Stütze ist davon abhängig, wie groß das „kippende“ Moment zu dem „haltenden“ Moment ist. Bildlich ausgedrückt heißt das, dass die H-Käfte die Stütze über ihre Basis kippen wollen. Das bedeutet, dass die Stütze in der Regel mindestens über ein Basement mit einer ausreichenden Breite und Ballast und/oder zusätzliche Ausleger verfügen muss.



Entscheidend für die Standsicherheit einer Stütze sind daher meistens die Größe des Basements (L), wie stabil es gebaut ist und das Eigengewicht mit Ballast der Gesamtkonstruktion. Nur bei sehr stabilen Basement-Konstruktionen kann die eigentliche Towerkonstruktion das schwächere Glied sein.

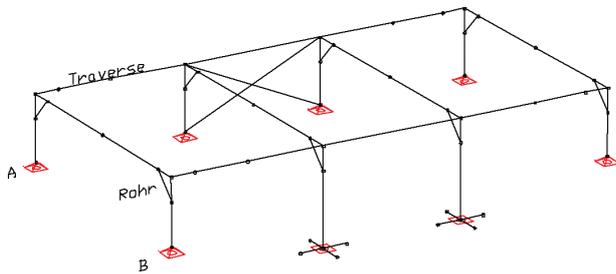
**Zu D. Aussteifung über Seilverbände**

Hier ist zu beachten, dass es drei unabhängige Wandverbände mit Seilkreuzen also Wandaussteifungsebenen gibt, wie bei den Bühnenkonstruktionen und die Dachebene als Scheibe mit Verbänden aus Seilkreuzen und evtl. mit Druckrohren ausgebildet wird. Alternativ kann die Trägerrostebene über biegesteife horizontale Ecken – also biegesteife Eckelemente – ausgesteift sein.



## Zu E: Mischformen

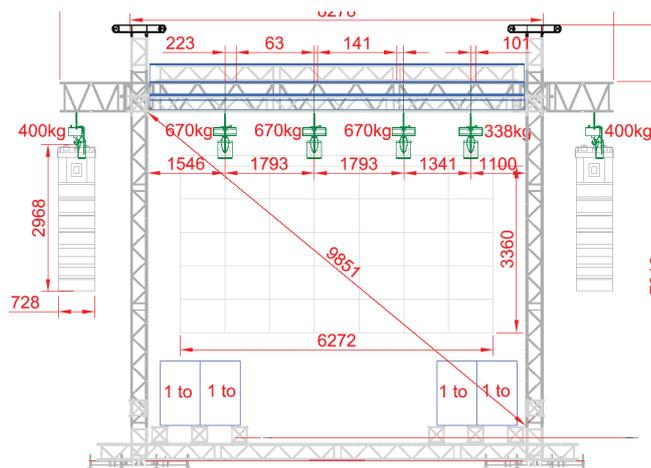
Outdoor-Rigg mit über Rohren ausgesteiften Ecken in Querrichtung. In Längsrichtung über zwei unten eingespannte Stützen (vorne B) und Seilkeuz (hinten A)



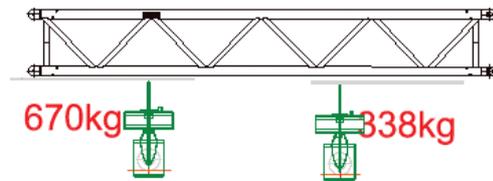
## Lokale Lasteinleitung in die Traversen

Die lokale Lasteinleitung von Lasten in die Traversen wird oft unterschätzt. Hier entstehen zu den Druck- und Zugkräften in den Gurtrohren aus der Gesamtbelastung der Traverse als Träger zusätzliche lokale Biegemomente, die die Tragfähigkeit der Traverse stark herabsetzen.

Als Beispiel die Aufhängung des LED-Rahmens an der Traverse. Dies geschieht z.B. mit mehreren Einzelpunkten und Motoren.



Übersicht



## Lokal

In diesem Fall führt die Last aus der **LED-Wand** von 670 kg zu einer unzulässigen Querbiegung im Untergurtrohr der Traverse. Bei einem Abstand von z.B. 55 cm ist überschlägig eine Biegung von

$$M = 6,7 \text{ kN} \times 55 / 6 = 61,4 \text{ kNcm}$$

Dies führt zu zusätzlichen lokalen Spannungen, die auch ohne die Spannungen aus der Wirkung als Träger zu einem Versagen der Traverse führen

$$\text{bei einem Rohr } 48,3 \text{ mm, } t = 4,5 \text{ mm } \sigma = 61,4 / 6,2 = 9,91 \text{ kN/cm}^2 > \text{zul } 8,5 \text{ kN/cm}^2 \text{ WEZ}$$

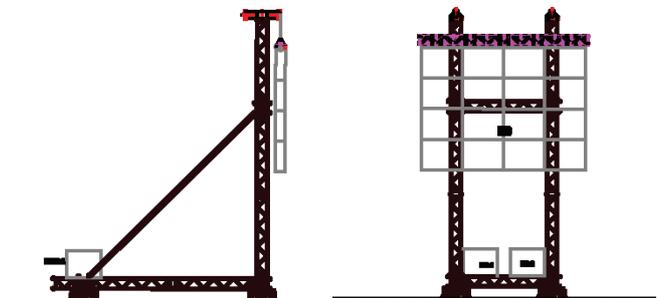
$$\text{bei einem Rohr } 48,3 \text{ mm, } t = 2,0 \text{ mm } \sigma = 61,4 / 3,2 = 19,2 \text{ kN/cm}^2 >> \text{zul } 8,5 \text{ kN/cm}^2 \text{ WEZ (mehr als 2-fach!!!)}$$

Die Lasten müssen also in den Knoten oder bestenfalls knotennah eingehängt oder aufgelegt werden. Eine Verteilung auf zwei Gurtrohre ist zusätzlich zu empfehlen.

## Outdoor- Riggs

Im Allgemeinen sind hier die Windangriffsflächen für die Stützen- oder Rahmennachweise und ausreichende Ballastierung bei entsprechenden Basements maßgebend. Die Gesamt H-Lasten sind hier geringer als bei Bühnen mit geschlossenen Seitenwänden. Zu beachten ist, dass bei Rahmen auch aus den Vertikallasten H-Lasten an den Stützenfüßen entstehen.

Eine Sonderform sind **LED-Riggs**:



Im Wesentlichen ist die Aufgabe

1. hohe horizontale Windlasten aus großer Fläche aufzunehmen und
2. das große Eigengewicht in die Traversen einzuleiten.

Da die **LED-Wand in der Regel hängen**, wird die Windlast oben an der Aufhängung abgegeben und führt somit zu einem **großen vertikalen Hebelarm** – also zu großen Biegemomenten - in den unten eingespannten Stützen und zu **hohen erforderlichen Auflasten** je nach Hebelarm der „Basementkonstruktion“.

Des Weiteren führt dies auch dazu, dass die Stützen abgestrebt werden müssen (im Besonderen auch bei Einsatz von Eckelementen an der Einspannung unten, da die aufnehmbaren Eckmomente vergleichsweise gering sind – wie vor erläutert). Hier ein Beispiel für die Ballastierung, bei dem die **LED-Wand** oben „nur hängt“.

**Beispiel 1**

**LED-Wand** 5 x 3,00 m = 15 m<sup>2</sup> – **aufgehängt** mit **WS > 8**

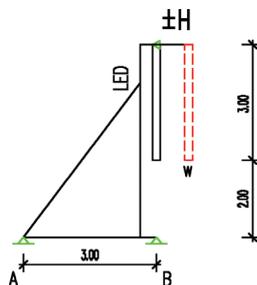
Basis mit a = 3,0 m

Eigengewicht  $G_{LED} = 1.100 \text{ kg} = 11,0 \text{ kN}$   
 Wind  $H = 1,3 \times 0,3 \times 3,0 \times 5,0 = \pm 5,85 \text{ kN}$

$M = 5,0 \times H = 29,25 \text{ kNm}$

Für die Ballastierung wird für den Wind ein Sicherheitsbeiwert von 1,2 gemäß DIN 4112 angesetzt

$Erf A = (1,2 \times 29,25) / 3,0 = 11,7 \text{ kN}$   
 $Erf B = 11,7 - 10,0 = 1,7 \text{ kN}$



mit **WS > 8**

erf. Auflast bei **A** **1200 kg**  
 erf. Auflast bei **B** **200 kg**

Der Nachteil des „Hängens“ mit großem Hebelarm wird dadurch kompensiert, dass die LED- Wand ab Windstärke 8 abgelassen wird und nur für den **Betriebszustand** bis **WS < 8** geringer ballastiert werden kann.

mit **WS < 8**

erf. Auflast bei **A** **600 kg**  
 erf. Auflast bei **B** **kein Ballast**

Im Gegensatz hierzu zum vorherigen Fall die erforderlichen Auflasten für den Fall, dass die **LED- Wand aufgesetzt** ist mit **WS > 8**. Hier ist es in der Regel nicht möglich die **LED-Wand** schnell zu entfernen, so dass **keine Windstärkenbegrenzung im Betriebszustand möglich** ist.

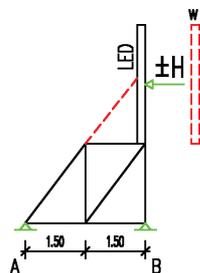
**Beispiel 2**

**LED-Wand** 5 x 3,00 m **aufgesetzt**

Basis mit a = 3,0 m

mit **WS > 8**

erf. Auflast bei **A** **820 kg**  
 erf. Auflast bei **B** **kein Ballast**



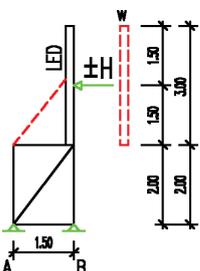
Ein weiterer Vergleich zeigt deutlich, wie sich eine reduzierte Basis auf die Auflasten auswirkt:

**Beispiel 3**

**LED-Wand** 5 x 3,00 m **aufgesetzt**

Basis mit a = 1,50 m

erf. Auflast bei **A** **1640 kg**  
 erf. Auflast bei **B** **640 kg**



**Indoor-Riggs**

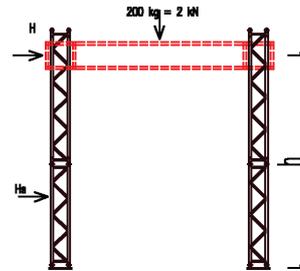
Für den Anwendungsbereich **Indoor** sind es horizontale Ersatzlasten aus Schiefstellung, Stabilisierungslasten und/oder Anpralllasten von Personen, die bei der Aussteifung berücksichtigt werden müssen. (In einigen Messehallen wird inzwischen auch der Nachweis der Standsicherheit unter begrenzten Windlasten gefordert). Die Systeme entsprechen denen der Outdoor-Riggs.

Weiterhin ist anzumerken, dass eine Rahmenausbildung auch im Innenbereich nur mit verriegelten „Sleeveblocks“ nicht ausreicht. Zum einen haben die Führungsrollen in der Regel viel Spiel, so dass sie erst nach einem „Kippen“ der Stütze anliegen. (Ein Eckbiegemoment würde zudem ein Kräftepaar – Druck und Zug – aus den Rollen auf das Stützengurtrohr bewirken, so dass hier lokale Spannungen aus Querbiegung nachzuweisen wären.) Bei diesen Riggs sind mindestens die Lasten aus ungewollter Schiefstellung mit **Horizontallast** aus Vertikallast:

$H = V / 200$  und  $V / 100$  also vereinfacht zusammen **V/50** anzusetzen. Es ist zu bedenken, dass für sich alleine **Stützen auf Fußplatten** mit geringen Abmessungen zunächst stehen bleiben, aber schon bei geringen Zusatz H-Lasten z.B. aus Publikumsverkehr **instabil** werden.

**Beispiel**

Stützen aus 35 er Traverse auf Fußplatte 40 x 40 cm mit h = 3,50 m mittlere Höhe des Riggs



aus Menschengedränge  $H_s > 0,5 \text{ kN}$  in Höhe h = 1,0 m  
 aus Nutzlast mit Eigengewicht:  $V = 2,0 / 2 = 1,0 \text{ kN}$  je Stütze  
 mit  $H = 1,0 / 50 = 0,02 \text{ kN}$

A.  $\ddagger M_{Kipp} = 3,5 \times 0,02 = 0,07 \text{ kNm}$

aus Menschengedränge  $H_s > 0,5 \text{ kN}$  in Höhe h = 1,0 m  
 B.  $\ddagger M_{Kipp} = 0,5 \times 1,0 = 0,50 \text{ kNm}$

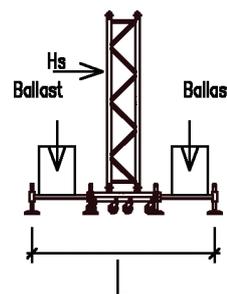
mit einer Sicherheit von 1,3 muß das Kippende Moment kleiner als das Haltende Moment sein

es sollte:  $M_{Kipp} \times 1,3 < V \times 0,18 \text{ m}$

A:  $0,07 \times 1,3 = 0,091 < 1,0 \times 0,18 = 0,18$   
 B:  $(0,07+0,5) \times 1,3 = 0,74 >> 0,18$

Die **Sicherheit** ist im Fall B **um 4 unterschritten!**

**Fazit:** Nur **unten eingespannte Stützen** sind nur mit **ausreichend stabilem Basement** evtl. mit Auslegern oder der Möglichkeit Ballast aufzubringen oder mit angedübelter und „starker“ Fußplatte auszuführen.



Autoren: Frank Bastians, Stefan Krasenbrink, Jan Keppler, Ralf-Harald vom Felde. Weitere Informationen gibt es von den Autoren unter [www.krasenbrink-bastians.de](http://www.krasenbrink-bastians.de) sowie [www.vom-felde.de](http://www.vom-felde.de)