Belastungen Berechnen

Auf Banner wirken verschiedene Belastungen, z.B. die Zuglast wenn es mithilfe von Leinen an den Ecken aufgespannt wird, oder die Windlast wenn es im Wind hängt.

Um ein Banner sicher aufzuhängen, ist es wichtig sich der Belastungen bewust zu sein. Sonst kann es passieren, dass Aufhängepunkte wie Ösen ausreißen, das Banner selbst reißt und so Gefahr entsteht.

Ein Beispiel aus der Praxis ist z.B., dass ein Banner an einem Gebäude aufgehängt wurde, wobei die Kletternden mit ihrem Körpergewicht das Banner nach unten abspannten. Ein plötzlicher Windstoß hatte so eine Krafteinwirkung, dass eine Person zusammen mit dem Banner vom Gebäude weg gezogen wurde und unkontrolliert in das Gebäude zurück schwang.

- Windlast auf Banner
- Banner an horizontalen Seil

Windlast auf Banner

Die Windlast auf Banner ist in eigentlich allen Verwendungszwecken von Bannern relevant. Das Beispiel aus der Einleitung des Kaptiels zeigt, das Windlast selbst dann relevant sein kann, wenn ein Banner direkt an einem Gebäude vor einer Wand aufgehängt wird. Generell ist die Windlast jedoch mehr zu beachten wenn ein Banner frei hängt, das heißt nicht vor oder hinter einer Struktur, die das Banner vom Wind abschirmt.

Als Faustregel können wir sagen:

- die Windlast ist höher wenn das Banner frei hängt (nicht vor/hinter einer Struktur)
- die Windlast ist höher wenn das Banner abgespannt ist (im Vergleich zu einem Banner das sich im Wind bewegen kann wie eine Fahne)
- die Windlast ist höher je höher das Banner ist, da die Windgeschwindigkeit mit der Höhe zunimmt.

Grundwerte für Windlastberechnung

Beim Berechnen der Windlast gehen wir von der maximalen Windgeschwindigkeit aus, da wir eine maximale Belastung suchen, die unser Banner und die Aufhängung aushalten können müssen. Diese hängt von drei Faktoren ab: Der Höhe über dem Boden, der Lage in Deutschland und der Geländekategorie. Die genauen Daten zur Lage in Deutschland und den dazugehörigen Windzonen finden sich in Din 1055-4 und die Geländezonen, sowie ausführliche Berechnungen zu ihrem Einfluss auf Windgeschwindigkeit und ihre Varianz finden sich in DIN EN 1991-1-4.

Da die meisten unserer Banner Aktionen in Wäldern, Dörfern oder Städten stattfinden und selten an extrem windigen Orten wie küstennahe Brücken oder Strukturen von über 50 Metern Höhe, können wir von den folgenden Referenzwerten ausgehen:

- Windzone 1 oder 2
- Geländezone 3
- daher maximale Böengeschwindigkeiten von 25m/s

Eine maximale Böengeschwindigkeit von 25m/s entspricht Windstärke 10, einem starken Sturm. In einem Wald wird es bei solchen Geschwindigkeiten sehr gefährlich und größere Gefahren bestehen höchstwahrscheinlich durch umfallende Bäume als ein Banner das sich losreißt.

Zum Schluss ist es vielleicht noch hilfreich zu erwähnen, dass die Bannerleinen nie komplett statisch sind und sich dadurch nie 100% der Kraft die auf das Banner wirkt direkt auf die Aufhängung überträgt.

Windlast für ein abgespanntes Banner berechnen

Windlast für ein "flatterndes" Banner berechnen

Die Formel zur Berechnung eines flatternden Banners ist:

$$F = \frac{1}{2}* C_d * \rho * A * V^2$$

wo:
F = Windkraft (in N) C_d = Luftwiderstandsbeiwert $\rho=Luftdichte(1.225kg/m^3$) A = Fläche des Banners (in m2) V = Windgeschwindigkeit (in m/s)

Für die Windgeschwindigkeit können wir die maximale Böengeschwindigkeit für unseren Anwendungsort einsetzen.
Der Luftwiderstandsbeiwert (C_d) hängt vom Banner ab, von den Dimensionen, dem Verhältnis von angebundener zu beweglicher Seite, sowie dem Material. Eine experimentelle Studie zeigte, dass Banner aus Polyester einen sehr geringen Luftwiderstandsbeiwert haben (zwischen 0,2 und 0,3 für geringe Windgeschwindigkeiten und 0,1 für höhere Windgeschwindigkeiten)(siehe hier). Auch andere Bannermaterialien haben geringe Luftwiderstandsbeiwerte. Selbst Baumwolle, mit den höchsten Werten generell hat einen Beiwert von unter 0,5 für Windgeschwindigkeiten über 10m/s. Dadurch können wir sicher von einem Beiwert von 0,3 für Berechnungen mit maximalen Böengeschwindigkeiten ausgehen.

Beispielrechnung (für ein sehr großes Banner):

$$F = \frac{1}{2}* C_d * \rho * A * V^2$$

C_d = 0,2 ρ = 1.225 kg/m^3 A = 150m^2 (50*3m) V = 25m/s

$$F = 0.5* 0,2* 1.225kg/m^3* 150m^2* (25m/s)^2 = 11484,375N = 11,484kN$$

Natürlich ist diese Beispielrechnung für ein sehr großes Banner, aber nicht unrealistisch groß. Knapp 11,5kN sind nicht auf die leichte Schulter zu nehmen, und es zeigt, dass selbst bei Bannern die nicht abgespannt sind, die Windlast nicht zu vernachlässigen ist. Andererseits ist es natürlich auch eine Extremsituation und wer bei 90km/h Wind ein Banner aufhängt hat bestimmt andere Probleme.

Banner an horizontalen Seil

Entwurf* - sollte also noch von anderen Menschen geprüft werden...

$$F_{Gesamt} = F_{Vorspannung} + \frac{\sqrt{F_{Windlast}^2+F_{Gewicht}^2}}{2* sin(w_{Durch})}$$

für ein Banner das einem horizontal "gespannten" Seil hängt.

"gespannt": Seile möchten nicht gespannt werden, eine Person die an einem Seil zieht ereicht idR. eine $F_{Vorspannung} $ zwischen $ 0.5-1 kN $

Belastung für das "gespannte" Seil: $F_{Gewicht} = m*9,81 \frac{m}{s} $

$ m $: Masse des Systems: also Seilgewicht und Gewicht des Banners (nass für Worst-Case bei Regen)

w_{Durch}: Durchhangswinkel

Bruchlastreduzierung durch Knoten, Nasseseile, Dauerbelastung etc. noch berücksichtigen

*von Mensch mit wenig Fachkentnissen