

STRATEGIEN ZUR REDUZIERUNG DES STURMSCHADENSRIKOS FÜR WÄLDER

VERBESSERUNG DER STURMSTABILITÄT VON WALDBESTÄNDEN (RESTER-UNIKA-2)



Dr.-Ing. Cornelia Frank und Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Bodo Ruck
Laboratorium für Gebäude- und Umweltaerodynamik
Institut für Hydromechanik - Universität Karlsruhe

ZIEL DES TEILPROJEKTES

Ziel des RESTER-UniKA-2-Teilprojektes ist, den Einfluss von verschiedenen Bestands-eigenschaften auf die Strömungsvorgänge um Waldbestände und damit auf die Sturmstabilität von Waldbeständen unter aerodynamischen Gesichtspunkten zu erfassen. Hierfür werden

experimentelle Untersuchungen in einem atmosphärischen Grenzschichtwindkanal und begleitend bzw. ergänzend numerische Berechnungen mit einem RANS-Modell (CFD-Programmpaket FLOVENT der Firma Flomerics) durchgeführt.

Bestandseigenschaften

- Lichtungsbreite
- Bestandshöhe
- Bestandsdichte
- Traufkantenausbildung
- Topographie

Verlauf der einwirkenden Windlast:

Windkräfte F in Kronendachnähe (z/H = 1.13)

$$F_{mean} = 0.5 \cdot \rho \cdot u^2 \cdot c_d \cdot A$$

$$F_{max} = 0.5 \cdot \rho \cdot (u + g \cdot u')^2 \cdot c_d \cdot A$$

Stammbiegemomente BM

$$BM_{mean} = \int_{z=0}^H 0.5 \cdot \rho \cdot u \cdot |u| \cdot c_d \cdot a \cdot A_g \cdot z \, dz$$

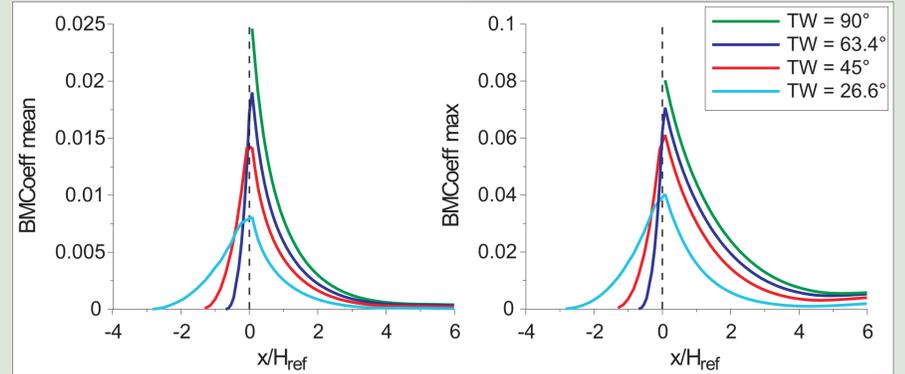
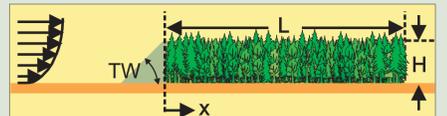
$$BM_{max} = \int_{z=0}^H 0.5 \cdot \rho \cdot (u + g \cdot u') \cdot (|u + g \cdot u'|) \cdot c_d \cdot a \cdot A_g \cdot z \, dz$$

$$BMCoeff = \frac{BM}{0.5 \cdot \rho \cdot u_{ref}^2 \cdot H_{ref}^3}$$

ρ = Dichte der Luft
 a = Blattflächendichte
 A = angeströmte Querschnittsfläche
 A_g = projizierte Grundfläche des Baums
 c_d = Widerstandskoeffizient
 H = Bestandshöhe
 H_{ref} = Referenzbestandshöhe
 g = Böenwichtungsfaktor
 $u(x,z)$ = mittlere horizontale Geschwindigkeit
 $u'(x,z)$ = Standardabweichung der hor. Ges.
 u_{ref} = Referenzgeschwindigkeit
 z = Höhe über Grund

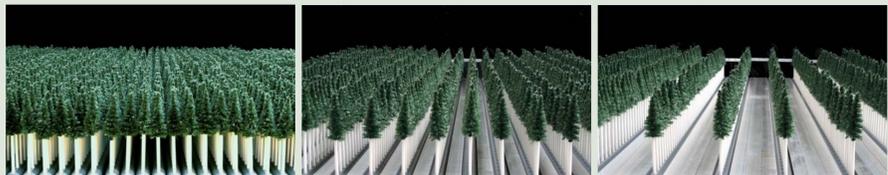
EINFLUSS DER TRAUFKANTENAUSBILDUNG

Die numerischen Ergebnisse zeigen, dass sowohl die mittleren als auch die maximalen Biegemomente in Kantennähe mit abnehmendem Traufkantenwinkel abnehmen.



Verlauf der mittleren (links) und maximalen (rechts) Biegemomentenkoeffizienten in Hauptströmungsrichtung in Abhängigkeit vom luvseitigen Traufkantenwinkel ($u_{ref} = 6.7 \text{ m/s}$, $L = 412 \text{ m}$, $H = 23 \text{ m}$, $H_{ref} = 15 \text{ m}$)

EINFLUSS DER BESTANDSDICHTE: Waldbestände einheitlicher Struktur



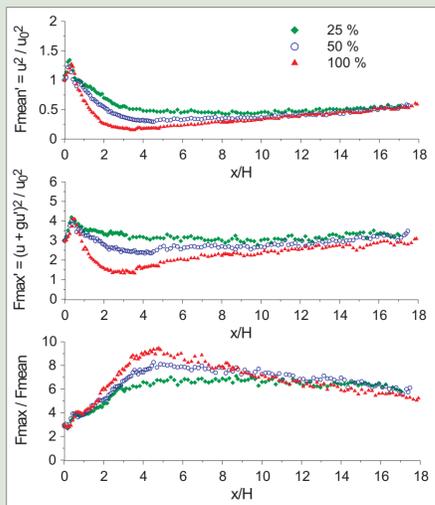
Dichter Bestand:
600 Bäume/ha (100%)

Mitteldichter Bestand:
300 Bäume/ha (50%)

Lichter Bestand:
150 Bäume/ha (25%)

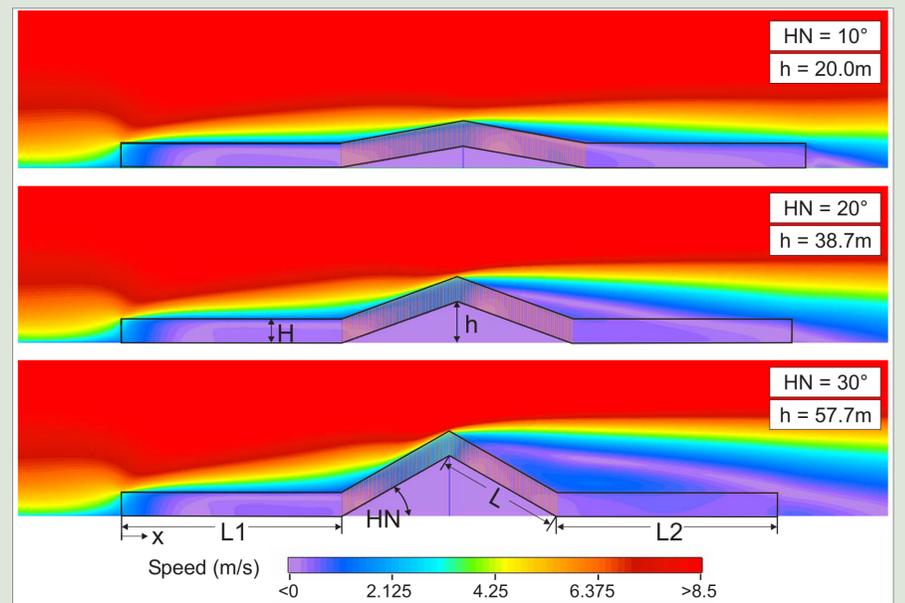
Die Bestandsdichte der einheitlichen Waldbestände wurde dreifach variiert, indem ganze Reihen des ursprünglich dichten Modellwalds entfernt wurden.

Mit abnehmender Bestandsdichte nimmt über der luvseitigen Waldhälfte sowohl die mittlere als auch die maximale Windbelastung zu, über der leeseitigen Waldhälfte jedoch nur die maximale Windbelastung. Das Verhältnis von F_{max} zu F_{mean} nimmt im Gegensatz dazu über der windzugewandten Waldhälfte mit abnehmender Bestandsdichte ab.



Windbelastung in unmittelbarer Kronendachnähe ($z/H = 1.13$ mit $H = 23 \text{ m}$) bei Waldbeständen einheitlicher Struktur. Oben: Mittlere Windlast. Mitte: Maximale Windlast. Unten: Verhältnis maximaler zu mittlerer Windlast. Werte normiert mit Ges. der ungestörten Anströmung $u_0 = 5.4 \text{ m/s}$

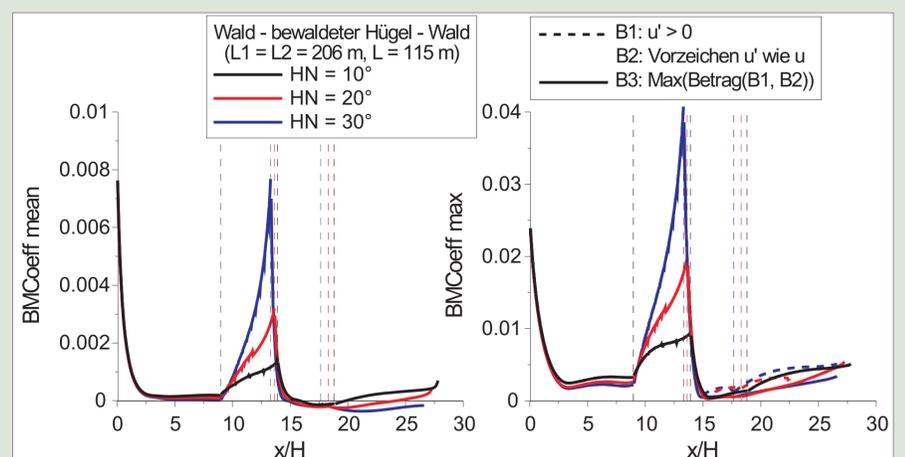
HÜGEL UNTERSCHIEDLICHER HANGNEIGUNG UND HÜGELHÖHE



Hügel unterschiedlicher Hangneigung HN und Hügelhöhe h (Hügelgröße $L = 115 \text{ m}$, Waldhöhe $H = 23 \text{ m}$, Anströmung von links)

Drei unterschiedliche „Wald – Bewaldeter Hügel – Wald“-Anordnungen wurden untersucht, wobei die Hangneigung HN und gleichzeitig auch die Hügelhöhe h variiert wurde. Obige Abbildung zeigt Isoplots der absoluten Windgeschwindigkeit. Im Lee der drei Hügel bilden sich Rezirkulationsgebiete, deren Größe mit der Hangneigung und der Hügelhöhe deutlich zunimmt. Bei flachen, niedrigen Hügeln findet Rückströmung nur innerhalb des Waldbestands statt, bei steilen,

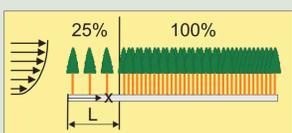
hohen Hügeln auch oberhalb des Bestands. Mit zunehmender Hangneigung und Hügelhöhe nehmen die Biegemomente hauptsächlich an der luvseitigen Hangfläche und dort insbesondere in der Nähe des Hügelgipfels zu. Die maximalen Biegemomente stellen sich bei dem hohen, steilen Hügel ($HN = 30^\circ$) im Bereich des Gipfels ein und bei den niedrigeren, flacheren Hügeln ($HN = 10^\circ$ und 20°) direkt an der luvseitigen Bestandskante.



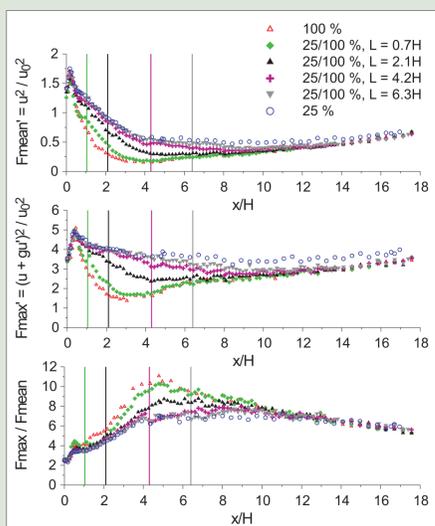
Verlauf der mittleren (links) und maximalen (rechts) Biegemomentenkoeffizienten in Hauptströmungsrichtung bei „Wald - Bewaldeter Hügel - Wald“-Anordnungen unterschiedlicher Hangneigung HN und Hügelhöhe h ($u_{ref} = 6.7 \text{ m/s}$, $H = H_{ref} = 23 \text{ m}$)

EINFLUSS DER BESTANDSDICHTE: Gestaffelte Waldanordnungen

Zusätzlich zu den einheitlichen Waldbeständen unterschiedlicher Bestandsdichte wurden gestaffelte Anordnungen untersucht, die sich aus lichten und dichten Teilbeständen unterschiedlicher Länge zusammensetzen.



Mit zunehmender Länge des lichten Waldbestands nimmt im kantennahen Bereich sowohl die mittlere als auch die maximale Windbelastung zu. Insbesondere im kantennahen Bereich ist daher von einer Ausrichtung dicht stehender, alter Waldbestände abzuraten. Wenn eine Ausrichtung durchgeführt wird, ist - zumindest in den ersten Jahren nach dieser waldbaulichen Maßnahme, in denen sich die Bäume noch nicht durch adaptives Wachstum an die erhöhte Windbelastung angepasst haben - mit einer höheren Sturmschadensanfälligkeit zu rechnen.



Windbelastung in unmittelbarer Kronendachnähe ($z/H = 1.13$ mit $H = 23 \text{ m}$) bei gestaffelten Waldanordnungen unterschiedlicher Länge. Oben: Mittlere Windlast. Mitte: Maximale Windlast. Unten: Verhältnis maximaler zu mittlerer Windlast. Werte normiert mit Ges. der ungestörten Anströmung $u_0 = 5.4 \text{ m/s}$