

Modellsimulation der Windgeschwindigkeit über einem Agroforstsystem und Einfluss auf Verdunstung und Winderosion

Christian Markwitz¹, Justus van Ramshorst¹, Lukas Siebicke¹, Michael Kanzler², Alexander Knohl¹ & Oswald Knoth¹

(1) Universität Göttingen, Bioklimatologie, Göttingen; (2) Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Cottbus; (3) Leibniz-Institut für Troposphärenforschung, Leipzig

Motivation

Die Trockenheit der vergangenen Jahre führte zu Ertragseinbußen, hohen Wasserverlusten durch Verdunstung und Bodenabtrag durch Winderosion auf landwirtschaftlichen Nutzflächen. Agroforst (AF), das Einbinden von Bäumen in die landwirtschaftliche Nutzfläche, kann durch die Reduktion der Windgeschwindigkeit zur Reduktion des Erosionspotenzials und der Verdunstung beitragen. Innerhalb eines Agroforstsystems werden diese Parameter durch bspw. die Abstände zwischen den Baumstreifen, der Baumhöhe, der Porosität und der Ausrichtung der Baumstreifen beeinflusst. In dieser Studie untersuchen wir den Einfluss von heterogenen Agroforstsystemen auf das Windfeld, die Evapotranspiration und das Erosionspotenzial.

1. Material und Methoden

a) Modellumgebung und Windsimulation

- Windfeld mittels All Scale Atmospheric Modell (ASAM) im LES Modus simuliert für drei Windrichtungen (West, Nordwest, Nord), drei Baumhöhen (2, 5, 8 m) und einem Referenzfall ohne Bäume
- Widerstandskraft, F_d , der Bäume auf das mittlere Windfeld wurde in folgender Form implementiert

$$F_d = c_d LAD U u_i \rho$$

mit dem Widerstandsbeiwert, $c_d = 0.2$, der Blattflächendichte, LAD ($\text{m}^2 \text{m}^{-3}$), dem mittleren Wind, U (m s^{-1}), der Windgeschwindigkeit in x, y, und z Richtung, u_i (m s^{-1}), und der Luftdichte ρ (kg m^{-3})

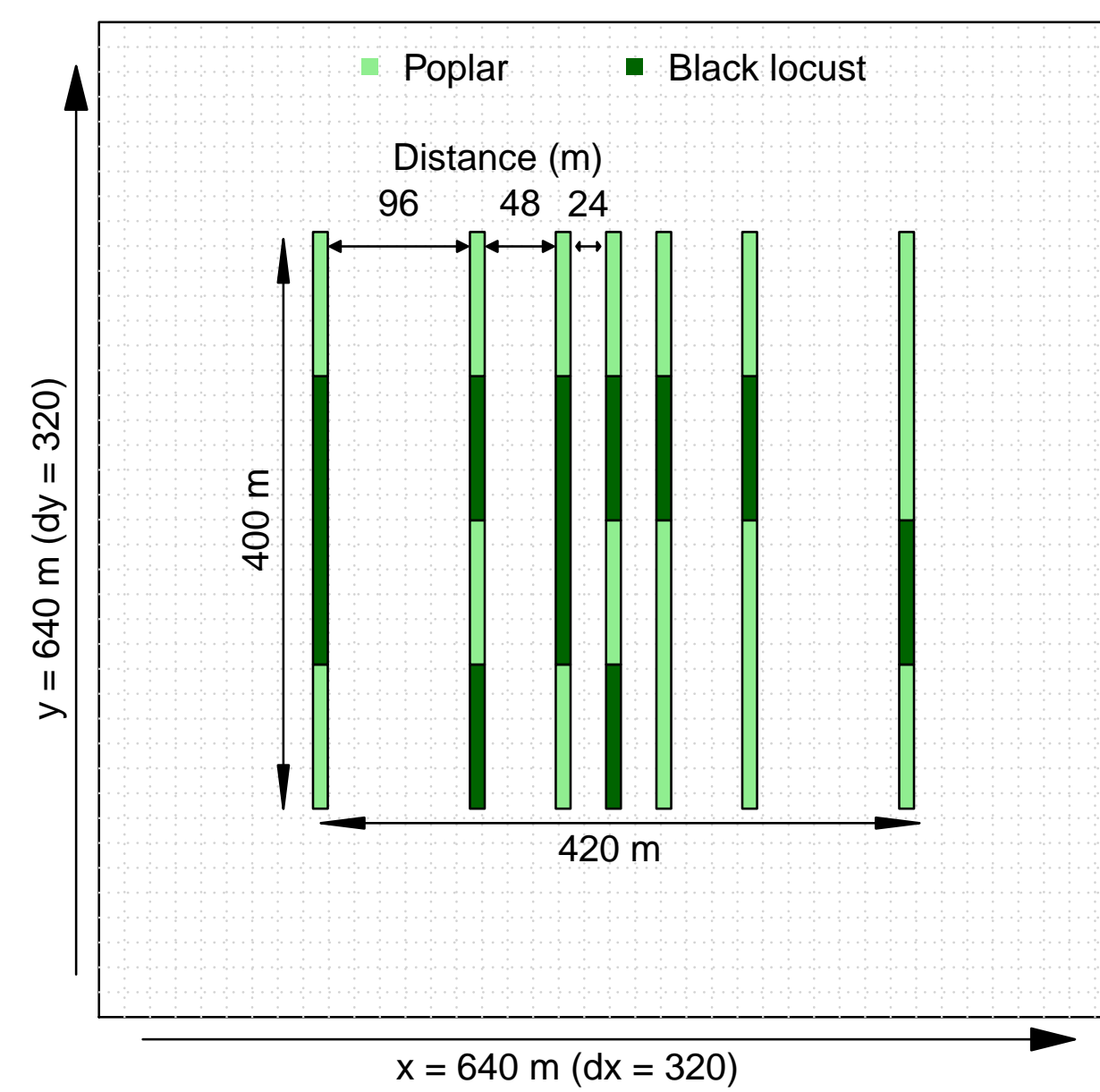


Abbildung 1: Aufbau des Agroforstsystems in Forst, Niederlausitz, Deutschland. Die jeweiligen Baumarten, Pappel (hellgrün) und Robinie (dunkelgrün) sind durch unterschiedliche Porositäten charakterisiert.

b) Evapotranspiration (ET)

- Evapotranspiration (mm Tag^{-1}) wurde unter Verwendung der Penman-Monteith Gleichung nach FAO Standard [Allen et al., 1998] berechnet

$$ET_0 = \frac{0.408s(R_N - G) + \gamma \left[\frac{900}{(T_a + 273)} \right] U_2 \cdot VPD}{s + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (1)$$

mit dem mittleren Anstieg der Sättigungsdampfdruckkurve, s ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$), Nettostrahlung, R_N ($\text{MJ m}^{-2} \text{Tag}^{-1}$), Bodenwärmestrom, G ($\text{MJ m}^{-2} \text{Tag}^{-1}$), Psychrometerkonstante, γ ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$), mittlere Lufttemperatur, $\overline{T_a}$ ($^\circ\text{C}$), Windgeschwindigkeit in 2 m Höhe, U_2 (m Tag^{-1}) und Dampfdruckdefizit, VPD (kPa)

c) Erosionspotenzial

- Erosionspotenzial entspricht

$$\frac{\# \text{Tage Windgeschwindigkeit} \geq 5 \text{ m s}^{-1} \text{ im AF}}{\# \text{Tage Windgeschwindigkeit} \geq 5 \text{ m s}^{-1} \text{ im offenen Feld}} * 100 \quad (2)$$

Zielsetzung

- Untersuchung des Windfeldes über einem Agroforstsystem bestehend aus mehreren aufeinanderfolgenden Baumstreifen mittels Large Eddy Simulationen (LES) und Windgeschwindigkeitsmessungen
- Untersuchung der Abhängigkeit des Windfeldes von Standortparametern, wie dem Abstand zwischen den Baumstreifen, der Baumhöhe, der Dichte und der Ausrichtung
- Quantifizierung des Einflusses der Windreduktion auf die Evapotranspiration auf Systemskala und des Erosionspotenzials

2. Ergebnisse

a) Windgeschwindigkeitsreduktion

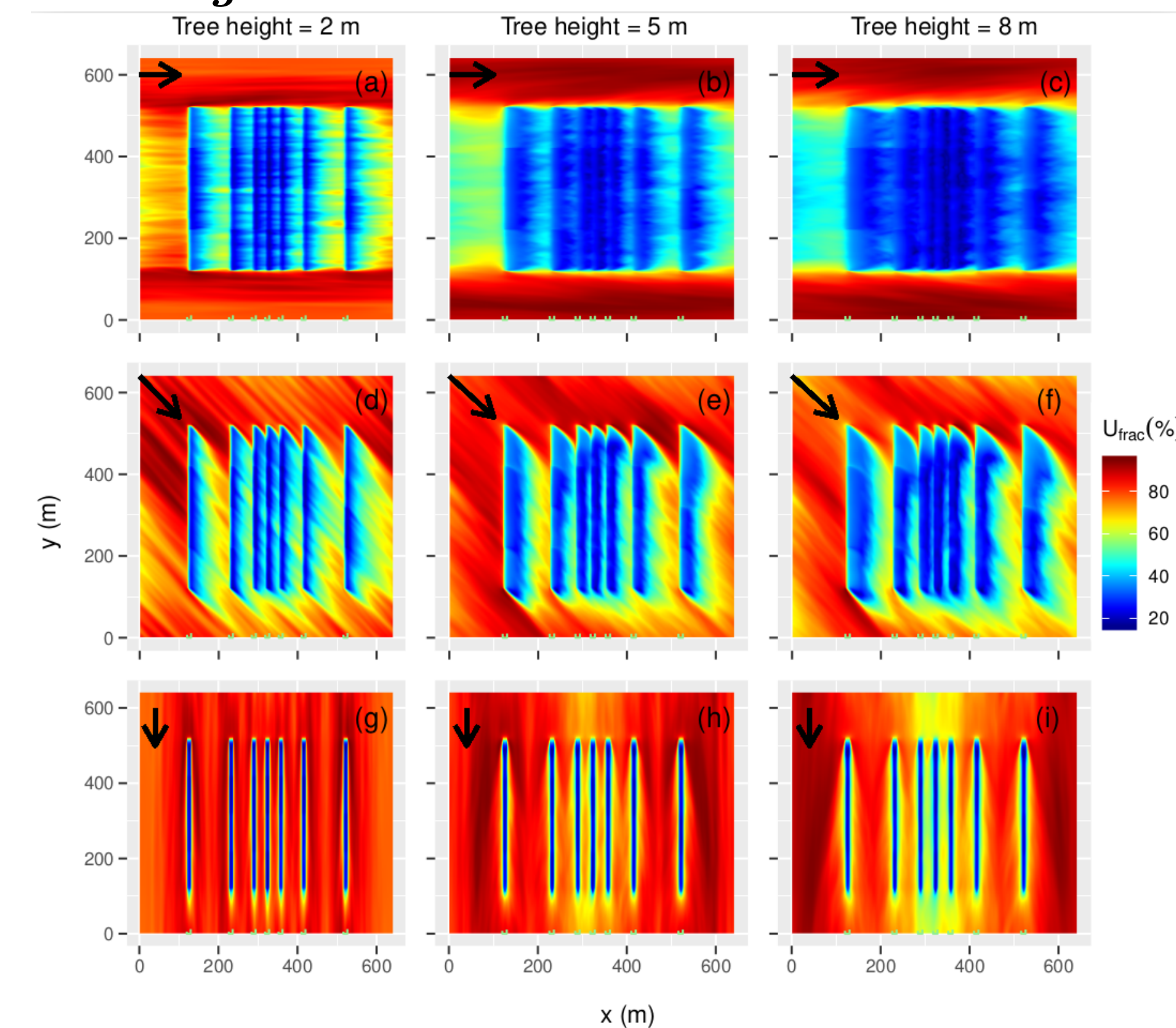


Abbildung 2: Relative Windgeschwindigkeitsreduktion, U_{frac} , für Westwind (a)-(c), Nordwestwind (d)-(f) und Nordwind (g)-(i) in einer Höhe von 2 m über dem Boden und Baumhöhen von 2, 5 und 8 m. Die Daten entsprechen dem Mittelwert über die letzten 15 Minuten der insgesamt 30 minütigen Simulationszeit.

- stärkste Windgeschwindigkeitsreduktion für West und Nord-Westwind im Lee (Abb. 2 (a)-(c) und (d)-(f))
- Verstärkung der Windgeschwindigkeitsreduktion mit steigender Baumhöhe von 48.5% (für 2m hohe Bäume) zu 79% (für 8m hohe Bäume) bei Westwind (Tab. 1)
- eine Erweiterung des Abstandes zw. den Baumstreifen von 24 m zu 96 m führte zu turbulenten Bedingungen in der folgenden Baumreihe (Abb. 2) → konstanter Abstand von 48m am besten geeignet

Windrichtung (°)	Westwind	Nordwestwind	Nordwind
Baumhöhe (m)			
2	51.5 ± 16.5	47.8 ± 19	80.72 ± 22.62
5	29.63 ± 14.7	42.4 ± 22.7	75.45 ± 25.7
8	21 ± 11	35.1 ± 20.3	76.6 ± 28.4

Abbildung 1: Mittlere relative Windgeschwindigkeitsreduktion und Standardabweichung bei einem Transekt in y-Richtung ($y = 320 \text{ m}$), einer Höhe von 2 m über dem Boden, für Baumhöhen von 2, 5 und 8 m, und West, Nordwest und Nordwind.

Schlussfolgerung

- Agroforstsysteme können ein effektives Mittel zur Reduktion der Windgeschwindigkeit und des Erosionspotenzials sein
- unter vereinfachten Annahmen führte eine Reduktion der Windgeschwindigkeit zu einer reduzierten Evapotranspiration
- Systemfaktoren wie die Abstände zwischen den Baumreihen, die Baumhöhe und -ausrichtung sind entscheidend bei der Planung von neuen Systemen

b) Windgeschwindigkeitseinfluss auf Evapotranspiration

- Kumulative Summe der Evapotranspiration für alle Windrichtungen und Baumhöhen reduziert relativ zu einem offenen Feld ohne Bäume (Tab. 2)
- stärkste Reduktion der Jahressumme der ET wurde für Westwind (5.2 - 7.4%) und Nordwestwind (6 - 7.9 %) beobachtet (Tab. 2)
- ET wurde mit steigender Baumhöhe von 2 auf 8 m für West- und Nordwestwind um $\approx 2\%$ reduziert, was auf die verstärkte Reduktion der Windgeschwindigkeit zurückzuführen ist; für Nordwind zeigte sich kein Baumhöhen effekt (Tab. 2)

Windrichtung	Westwind	Nordwestwind	Nordwind
Baumhöhe (m)			
2	5.2%	6.0%	2.6%
5	6.4%	6.6%	3.1%
8	7.4%	7.9%	3.0%

Abbildung 2: Reduktion der flächenmäßig gemittelten Jahressumme der Evapotranspiration in 2 m Höhe über dem Boden, für Baumhöhen von 2, 5 und 8 m und Westwind, Nordwestwind und Nordwind für das Jahr 2016 relativ zum offenen Feld.

c) Erosionspotenzial

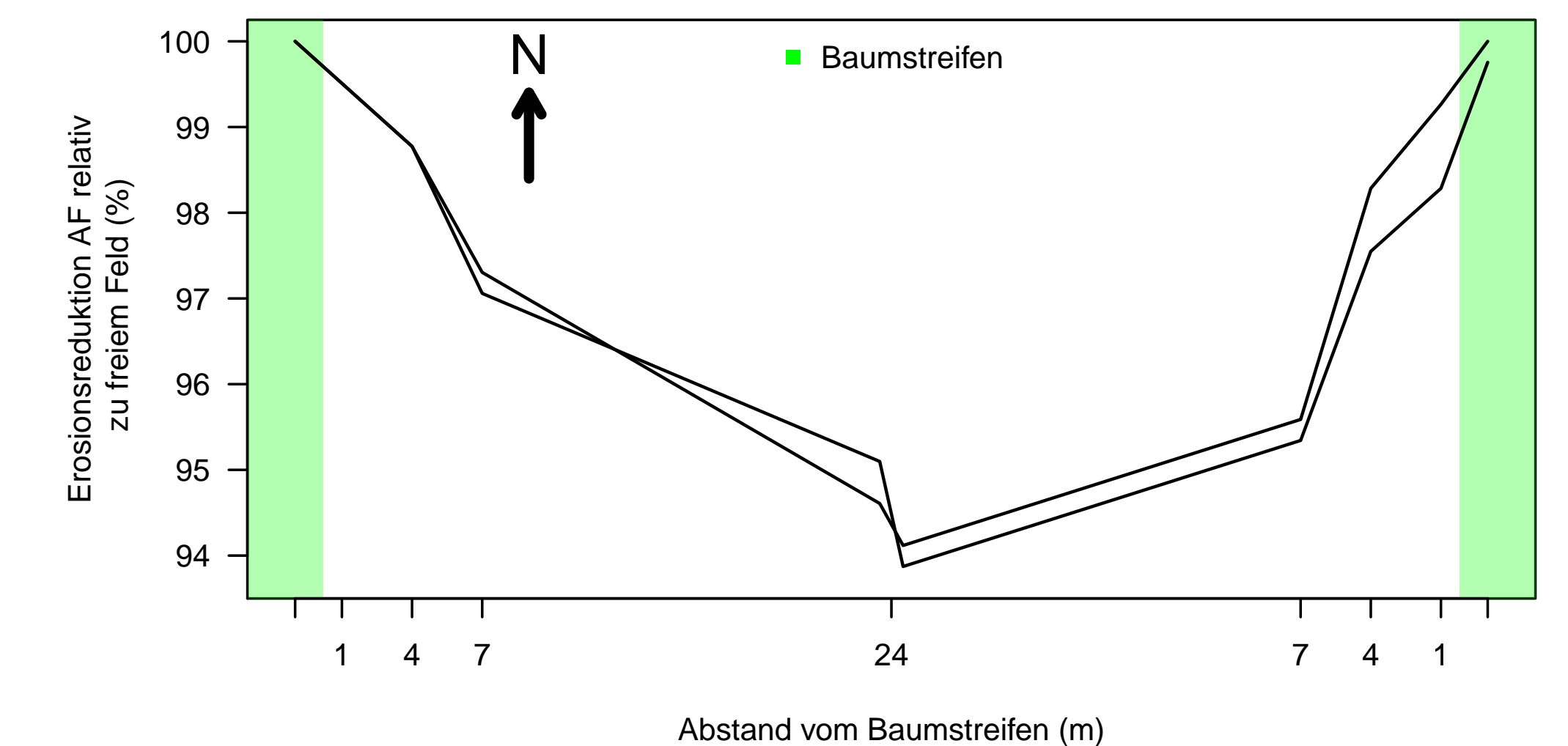


Abbildung 3: Reduktion der Erosion zwischen zwei Baumstreifen relativ zum offenen Feld. Dies entspricht der Anzahl Tage mit einer mittleren Windgeschwindigkeit $\geq 5 \text{ m s}^{-1}$ innerhalb des Agroforstsystems dividiert durch die Anzahl der Tage einer mittleren Windgeschwindigkeit $\geq 5 \text{ m s}^{-1}$ im offenen Feld.

- Erosion zu 100% in 1 m Abstand zu den Baumstreifen reduziert und bis zu 94% in 24 m Abstand relativ zum offenen Feld (Abb. 3)

Danksagung

Dieses Projekt wurde durch das Ministerium für Bildung und Forschung (BMBF, SIGNAL, BonaRes, Modul A, 031A562A) gefördert.

Kontakt

Christian Markwitz
Mail: christian.markwitz@forst.uni-goettingen.de
Phone: +49 551 39-28100

