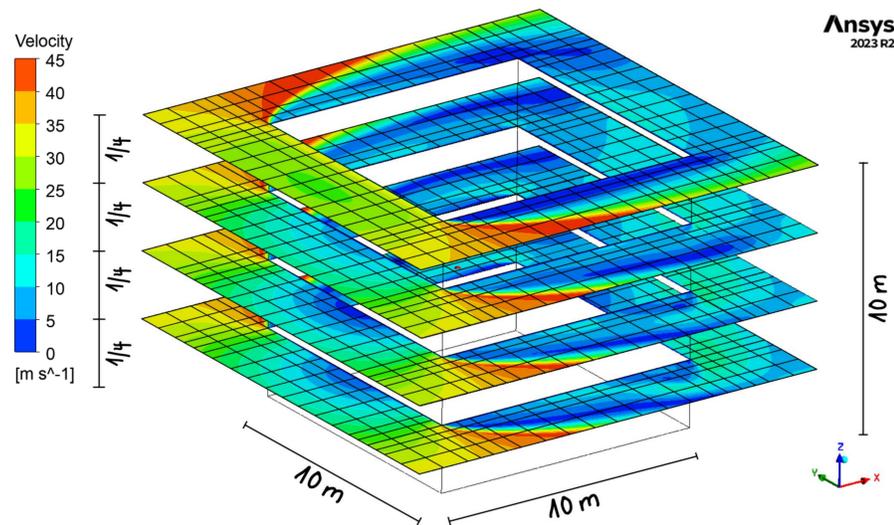


# CFD-gestützte Berechnung der Windkräfte auf bewachsene Seilfassaden



Ansys 2023 R2

## Berechnung Impulsverlust

Ansys CFX

$$S_{M,x} = -1/2 \cdot \rho \cdot K_{loss} \cdot |u| \cdot u_x$$

$$S_{M,y} = -1/2 \cdot \rho \cdot K_{loss} \cdot |u| \cdot u_y$$

$$S_{M,z} = -1/2 \cdot \rho \cdot K_{loss} \cdot |u| \cdot u_z$$

$$\text{mit } |u| = \sqrt{u_x^2 + u_y^2 + u_z^2}$$

## Pflanzenkräfte

$$F_{R,i} = 1/2 \cdot \rho \cdot c_{D^1} \cdot A \cdot u^2 = 1/2 \cdot \rho \cdot 8.75 \cdot \sqrt{u_r^2 + u_p^2}^{-0.81} \cdot A \cdot |u| \cdot u_i \quad \text{für } i \in \{r, p\}$$

<sup>1</sup> übergeordneter  $c_D$ -Superordinate für Kletterpflanzen (Arnold et al., 2025)

## Angeströmte Körper

$$F_R = 1/2 \cdot \rho \cdot c_D \cdot A \cdot u^2$$

## Definition $K_{loss}$

$$K_{loss} = \frac{c_{D^1}}{d_x} = \frac{8.75 \cdot \sqrt{u_x^2 + u_y^2}^{-0.81}}{d_x}$$

## R-Wert

$$R = \frac{\text{Strömungsgeschwindigkeit am Pflanzenstandort}}{\text{Referenzgeschwindigkeit auf Dachhöhe (ungestörter Bereich)}}$$

Bild 1: Geschwindigkeitsfelder mit Auswertungsraster

Bild 2: Pflanzenkraftberechnung und R-Wert

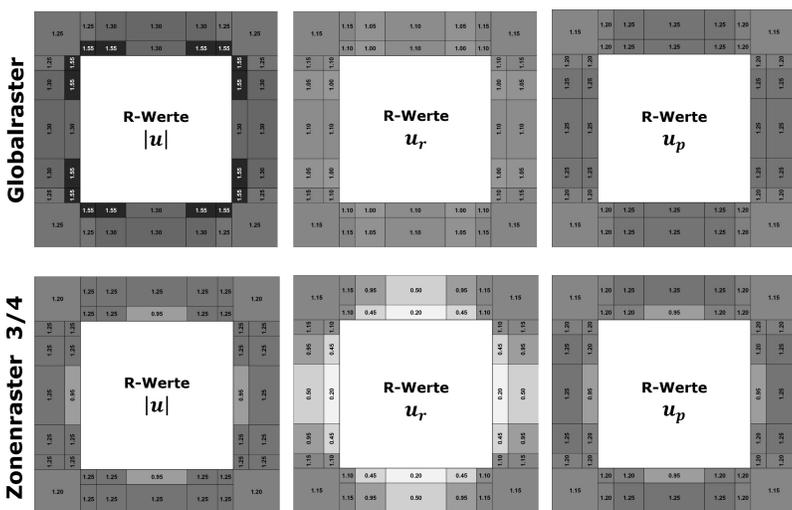


Bild 3: Auswertungsraster R-Werte

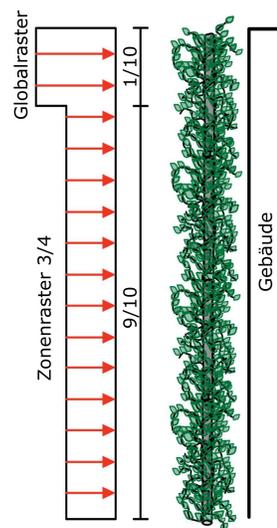


Bild 4: Windeinwirkung

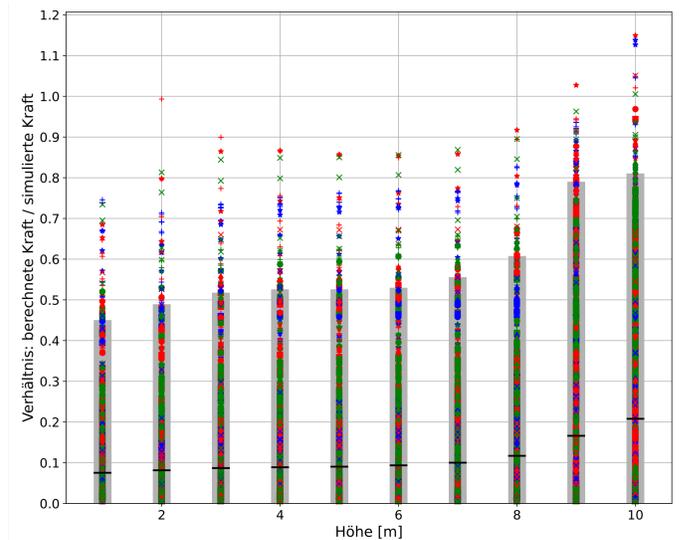


Bild 5: Validierung Pflanzensimulationen

## Forschungsfrage

Für die Bemessung der Windkräfte auf bewachsene Seilfassaden soll eine Berechnungsmethode entwickelt werden. Eine Teilaufgabe davon ist, ein CFD-Modell zu entwickeln, mit welchem die Windkräfte auf bewachsene Seilfassaden ermittelt werden können, um dieses Modell in einer Parameterstudie zu verwenden. Aus den Resultaten ist ein Berechnungskonzept zu erarbeiten, um bewachsene Seilfassaden ohne komplexe Simulationen bemessen zu können.

## Grundlage und Vorarbeiten

Im Forschungsprojekt «Windkräfte auf bewachsene Fassaden – CFD-Studie»<sup>2</sup> sind pflanzenspezifische Widerstandsbeiwerte mit Hilfe von Windkanalversuchen ermittelt worden. Diese werden in dieser Arbeit als Eingabeparameter für die CFD-Simulationen verwendet. Die Windkanalversuche aus dem Forschungsprojekt dienen zur Validierung für des CFD-Modells.

<sup>1</sup> Arnold et al. (2025) Wind forces in overgrown rope facades –

Wind tunnel tests on ten climbing plants (Version submitted)

<sup>2</sup> Luible A. & Casarelli E. (2001) Windkräfte in bewachsenen

Seilfassaden: CFD-Studie, SNF-Forschungsprojekt (Grant Nr. 198092)

## CFD-Modellierung und Simulation

Die Pflanzen werden in den CFD-Simulationen mit Hilfe eines porösen Körpers modelliert. Die Porosität wird durch die im Forschungsprojekt ermittelten  $c_D$ -Widerstandsfaktoren definiert (Bild 2). Neben den Simulationen mit Pflanzen rund um das Gebäude, werden Simulationen zur Ermittlung der Umströmungsgeschwindigkeiten gemacht (Bild 1).

## Berechnungskonzept

Die Berechnung der Pflanzenkraft ist mit der Formel aus Bild 2 möglich. Sie setzt sich aus dem Widerstand eines Körpers in einer Strömung und dem Widerstandsfaktor zusammen, welcher im Forschungsprojekt ermittelt wurde. Die zu verwendenden Geschwindigkeiten wurden durch Auswertungen von R-Werten (Velocity Ratio) über Simulationen ohne Pflanzen ermittelt. Diese Auswertungsraster sind in R-Werte der Geschwindigkeiten rechtwinklig  $u_r$  und parallel  $u_p$  zur Fassade und eine resultierende Geschwindigkeit  $|u|$  unterteilt. So können die Seilkräfte und Einwirkungen der Unterkonstruktionen genauer ermittelt werden.

Es gibt ein globales Auswertungsraster, welches die maximalen R-Werte über die gesamte Gebäudehöhe beinhaltet und für die obersten 10% der Höhe verwendet werden muss. Das Zonenraster  $3/4$  beinhaltet wiederum alle Maxima ausser der obersten Rasterhöhe. Diese wird für die Berechnung der unteren Pflanzenabschnitte verwendet.

Mit dieser Abstufung ist es möglich, vor allem im unteren Teil deutlich reduzierte Windlasten ansetzen zu können. Die Validierung der Pflanzensimulationen in Bild 5 zeigt, dass trotz dieser Abminderung eine Berechnung mit genügend Sicherheitsreserven möglich ist.

## Philipp Lustenberger

Advisorin  
Prof. Dr. Susanne Gosztonyi

Experte  
Dr. Stefan Barp