

## TOP-Forschungsprojekte 2017

## Optimierung winderregter Tragstrukturen unter Berücksichtigung stochastischer Einwirkungen und verschiedener Grenzzustände

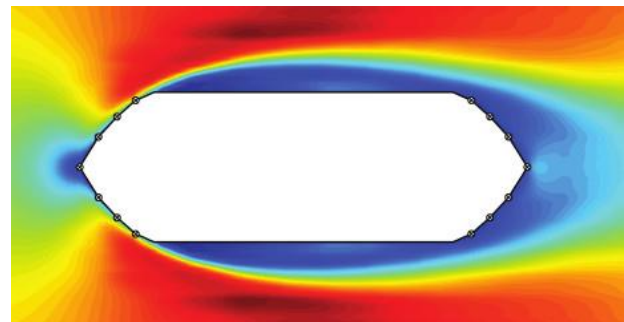
Professuren:	Modellierung und Simulation – Konstruktion Prof Dr.-Ing. Guido Morgenthal gemeinsam mit Juniorprofessur Stochastik und Optimierung Prof. Dr. Tom Lahmer
	Fakultät Bauingenieurwesen
Laufzeit:	1. August 2017 bis 31. Juli 2020
Drittmittelgeber:	DFG
Fördersumme:	294.068,00 Euro (Modellierung und Simulation - Konstruktion) 180.368,00 Euro (Stochastik und Optimierung)

### Beschreibung:

Bauwerke sind durch den Einfluss der atmosphärischen Grenzschicht komplexen Windwirkungen ausgesetzt. Insbesondere bei schlanken Bauwerken wie Brücken, Türmen und Masten kann die Interaktion der umströmenden Luft mit der Struktur zur Induzierung erheblicher Schwingungen führen. Dabei spielen vielfältige Erregungsmechanismen eine Rolle, wobei Wirbelerregung, Böenerregung und Flattern von besonderer praktischer Relevanz sind.

Das aerodynamische Verhalten eines Bauwerkes wird insbesondere durch seine Geometrie beeinflusst, was die Nutzung Form-bezogener mathematischer Optimierungsalgorithmen in Verbindung mit effizienten numerischen Simulationsmethoden der Strömungsmechanik sinnvoll erscheinen lässt, um die Windanfälligkeit zu verringern. Die Auswahl von maßgebenden Grenzzuständen und die stochastische Beschreibung wesentlicher Parameter auf Einwirkungs- und Widerstands-Seite erlauben dabei eine zuverlässigkeitstheoretische Beurteilung der Tragwerksreaktion als Zielfunktion der Optimierung.

In diesem Forschungsprojekt soll ein Methodengerüst entwickelt werden, das die robuste Optimierung des Bauwerksverhaltens unter vollständiger Berücksichtigung der Stochastik des natürlichen Windfeldes in Bezug auf verschiedene Grenzzustände erlaubt. Dazu werden vorhandene Simulationsmethoden auf Basis pseudo-dreidimensionaler Vortex-Partikel-Methoden, welche die Abbildung turbulenter Anströmung sowie einer Fluid-Struktur-Kopplung erlauben, so angepasst,



Optimierte Form einer Windnase zur Minimierung der Langwindkräfte bei Berücksichtigung der Anströmung aus beiden Richtungen. Modellierung der Form als Polygonzug, bei dem die vertikalen Koordinaten der Punkte (o) als Designvariablen dienen.

(Abb. Morgenthal/Lahmer/Heumüller)

### Kontakt:

Bauhaus-Universität Weimar  
Modellierung und Simulation – Konstruktion  
Prof. Dr. Guido Morgenthal  
guido.morgenthal@uni-weimar.de  
Tel. 03643 / 58 44 18

Juniorprofessur Stochastik und Optimierung  
Prof. Dr. Tom Lahmer  
tom.lahmer@uni-weimar.de  
Tel. 03643/ 58 42 71

## TOP-Forschungsprojekte 2017

dass eine rechentechnisch effiziente Behandlung der betrachteten Effekte möglich wird. Insbesondere sind die stochastischen Parameter des Windfeldes abzubilden, die Strukturantwort in Bezug auf die Grenzzustände auszuwerten und die Simulationen parallelisiert in die Optimierungsprozedur einzubinden.

Zusätzlich werden existierende Modelle zur Phänomen-bezogenen Betrachtung der Erregung wie zum Beispiel quasi-statische aerodynamische Koeffizienten und Kraftamplituden der Wirbelbildung, Strouhal-Zahl, Scanlan Derivativa und Admittanz benutzt, um eine Eingrenzung des Suchraumes zu ermöglichen und damit die Effizienz der Optimierung zu erhöhen. Des Weiteren kann hierdurch eine Entkopplung der Modellierung von strömungs- und strukturdynamischen Effekten erfolgen, die neben der Form- auch die Optimierung der Topologien ermöglicht.

Zur Validierung und Interpretation der Simulations- und Optimierungsergebnisse werden Experimente im Windkanal sowie Visualisierungsmethoden genutzt, zu deren Umsetzung das an der Bauhaus-Universität neu entstehende Digital Bauhaus Lab genutzt werden soll.

Im Ergebnis der Untersuchungen soll eine validierte Methodik zur effizienten und verteilten Simulation der Erregung linienförmiger Bauwerke unter stochastischer Winderregung im Kontext der Grenzzustands-basierten Strukturoptimierung zu entwickelt werden, die sich auch auf verwandte Probleme der Bauwerksdynamik anwenden ließe. In prototypischen Untersuchungen soll die Fähigkeit der Methode aufgezeigt werden, die Verbesserung der Performance in Bezug auf vielfältige Grenzzustände zu erreichen.

Weitere Informationen: [Professur Modellierung und Simulation – Konstruktion](#)  
[Juniorprofessur Stochastik und Optimierung](#)

### Kontakt:

Bauhaus-Universität Weimar  
Modellierung und Simulation – Konstruktion  
Prof. Dr. Guido Morgenthal  
guido.morgenthal@uni-weimar.de  
Tel. 03643 / 58 44 18

Juniorprofessur Stochastik und Optimierung  
Prof. Dr. Tom Lahmer  
tom.lahmer@uni-weimar.de  
Tel. 03643/ 58 42 71

## TOP-Forschungsprojekte 2017

**Optimisation of Structures Excited by Wind under Consideration of Stochastic Actions and Various Limit States**

Civil structures are exposed to complex wind actions as a result of the effects in the atmospheric boundary layer. Slender structures such as bridges, towers and masts may be prone to significant vibrations induced by the aerodynamic effects arising from the wind. Phenomena of practical relevance are vortex induced vibrations, buffeting and flutter.

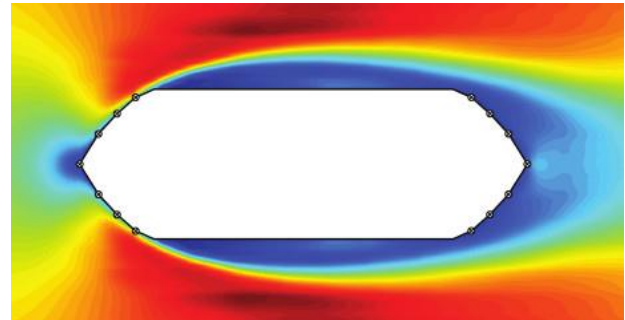
The aerodynamic behaviour of structures is influenced primarily by their geometry, which proposes mathematical shape optimisation strategies linked to computational fluid dynamics simulations as a means to improve their aerodynamic performance. The selection of relevant limit states and the stochastic description of effect and resistance parameters allow the reliability based assessment of the structural response as the target of the optimisation procedure.

This project aims to develop a methodological framework for the robust optimisation of structural response under the effect of a stochastically described natural wind field in respect of various limit states. To this end, existing numerical simulation procedures based on the pseudo-three-dimensional Vortex Particle Method with extensions for turbulent inflow conditions and fluid-structure coupling are extended to allow the computationally efficient analysis of the relevant effects. Specifically, the stochastic parameters of the wind field are to be reproduced, the structural response is to be analysed in respect of the limit states and the parallelised simulations are to be linked to the optimisation strategies.

Additionally, existing models for a phenomena based analysis of the excitation mechanisms such as quasi-static aerodynamic force coefficients, force amplitudes of vortex shedding, Strouhal Number, Scanlan Derivatives and admittance functions are employed to increase the efficiency of the optimisation and to allow a de-coupling of the fluid and structural. The latter will also allow topology optimisations to be performed.

The validation and interpretation of simulation and optimisation results will be supported by experiments in the wind tunnel and the use of visualisation tools in the new Digital Bauhaus Lab of Bauhaus University.

In conclusion, the project will yield a validated method for the efficient and parallelised simulation of wind excitation of line-like structures exposed to natural wind in the context of a limit state based optimisation. This will also be relevant for similar problems in structural dynamics. Sample analyses will be used to showcase the ability of the method to improve aerodynamic performance in relation to various limit states.



Optimized Shape of a Structure Affected by Wind.  
(Morgenthal/Lahmer/Heumüller)

**Kontakt:**

Bauhaus-Universität Weimar  
Modellierung und Simulation – Konstruktion  
Prof. Dr. Guido Morgenthal  
guido.morgenthal@uni-weimar.de  
Tel. 03643 / 58 44 18

Juniorprofessur Stochastik und Optimierung  
Prof. Dr. Tom Lahmer  
tom.lahmer@uni-weimar.de  
Tel. 03643/ 58 42 71