

[Projekte](#) / [Projektsuche](#) / Effiziente Windenergieanlagen aus Stahl- und Spannbeton



Windenergie

# Effiziente Windenergieanlagen aus Stahl- und Spannbeton

**Kurztitel:**  
WinConFat

**Förderkennzeichen:**  
0324016A-G

**Themen:**  
Anlagentechnik, Physikalische Faktoren

**Projektkoordination:**  
Leibniz Universität Hannover, Institut für Massivbau

**Laufzeit gesamt:**  
November 2016 bis Februar 2021

**Schlagworte:**

Tragstrukturen Windenergieanlagen    Beton    Materialermüdung



## ANSPRECHPARTNER ZUM PROJEKT

 Prof. Dr. Steffen Marx  
 +49 (0)511 762-3352  
 Leibniz Universität Hannover - Institut für Massivbau  
Appelstraße 9a  
30167 Hannover  
 [www.massivbau.uni-hannover.de](http://www.massivbau.uni-hannover.de)



---

 Prof. Dr. Ludger Lohaus  
 +49 (0)511 762-3722  
 Leibniz Universität Hannover - Institut für Baustoffe  
Appelstraße 9a  
30167 Hannover  
 [www.baustoff.uni-hannover.de](http://www.baustoff.uni-hannover.de)



---

 Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung  
 [www.bam.de](http://www.bam.de)



---

 Materialprüfungs- und Forschungsanstalt Karlsruhe  
 [www.mpa.kit.edu](http://www.mpa.kit.edu)



---

 Ruhr-Universität Bochum Lehrstuhl für Baustofftechnik  
 [www.ruhr-uni-bochum.de/baustoffe](http://www.ruhr-uni-bochum.de/baustoffe)

---

 RWTH Aachen, Lehrstuhl und Institut für Massivbau  
 [www.imb.rwth-aachen.de](http://www.imb.rwth-aachen.de)

---

 Technische Universität München, Centrum Baustoffe und Materialprüfung  
 [www.bgu.tum.de/cbm](http://www.bgu.tum.de/cbm)

---

 Technische Universität Dresden, Institut für Massivbau  
 [www.tu-dresden.de/bu/bauingenieurwesen/imb](http://www.tu-dresden.de/bu/bauingenieurwesen/imb)

## ERGÄNZENDE LINK

Technische Universität Dresden – Institut für Maschinenbau


 [Webseite zum Forschungsverbund](#)


EnArgus

 [Forschungsvorhaben HyConCast](#)

## PUBLIKATIONEN ZUM PROJEKT

Leibniz Universität Hannover

 [Betonermüdung unter verschiedenen Belastungsfrequenzen und -pausen](#)

 [Ermüdungsversuche an großformatigen vorgespannten Betonbalken](#)

## DOWNLOADS ZUM PROJEKT

### Literaturliste zum Forschungsvorhaben

 [Publikationsliste -WinConFat.pdf \(PDF, 164 KB\)](#)

## QUINTESSENZ

- **Windenergieanlagen werden durch Wind und Wellen zyklisch und mechanisch belastet. Dadurch ermüdet das Material und kann im schlimmsten Fall die gesamte Anlage zerstören.**
- **Neue Tragstrukturen aus Stahl- und Spannbeton bieten technische und wirtschaftliche Vorteile.**
- **Die Materialeigenschaften von Beton werden auf neuen Testständen untersucht. Ziel sind Erkenntnisse für Lastwechselzahlen ab zwei Millionen.**
- **Die Ergebnisse sollen langfristig in Richtlinien und Merkblättern für Beton und Bautechnik einfließen.**

Aktuell werden Turm und Fundament, die Tragstrukturen von Windenergieanlagen, vorwiegend in Stahlbauweise hergestellt. Eine kosteneffiziente Alternative wären Bauteile aus Stahl- oder Spannbeton. Damit Windenergieanlagen Wind und Wellen sicher standhalten, gelten für Material und Konstruktion hohe Sicherheitsstandards. Dabei spielt das sogenannte Ermüdungsverhalten eine wichtige Rolle, welches aktuell für Beton nur unzureichend erforscht ist. Diese Wissenslücke möchten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler innerhalb des Forschungsverbunds „WinConFat“ schließen.

## Wind und Wellen belasten Turm und Gründung

Andauernde mechanische Belastung durch Wind und Wellen ermüden die einzelnen Bauteile einer Windenergieanlage. Diese Lastwechsel können beispielsweise zu Rissen im Material führen und Turm oder Fundament stark schädigen. Die Anlage muss abgeschaltet und saniert werden. Hier kommt das sogenannte Bemessungskonzept ins Spiel: Dieses garantiert verbindliche Qualitätsstandards für einzelne Komponenten und die gesamte Windenergieanlage. Konkret bedeutet dies für Windenergieanlagen eine Nutzungsdauer von 20 Jahren.

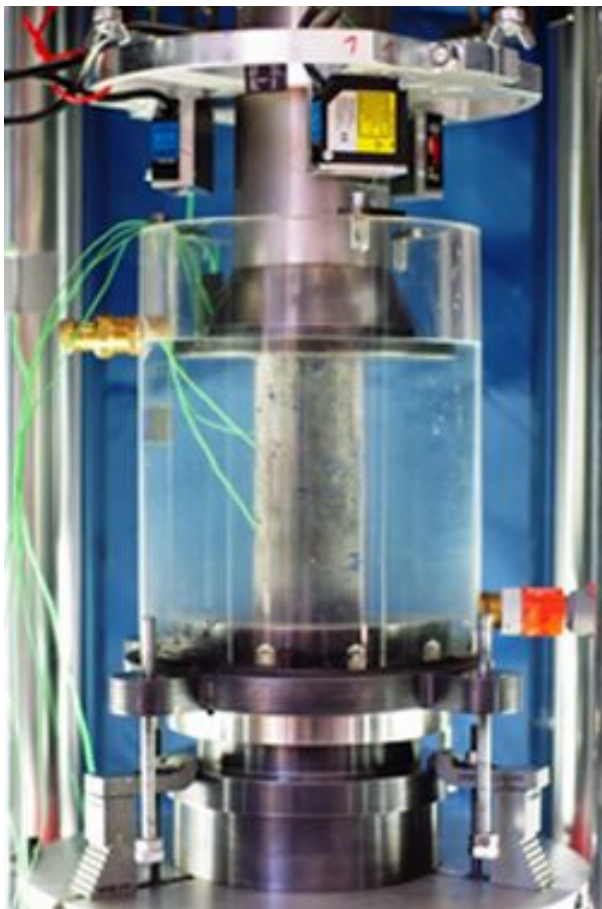
Aktuell liegen für Tragstrukturen aus Stahl- und Spannbeton keine ausreichenden Erkenntnisse für hohe Lastwechsel vor. Daher werden im Bemessungskonzept zusätzliche Sicherheiten gefordert. Das bedeutet: mehr Material für Turm und Fundament und folglich höhere Kosten. Hier setzt das Forschungsprojekt WinConFat, kurz für „Materialermüdung von On- und Offshore Windenergieanlagen aus Stahlbeton und Spannbeton unter hochzyklischer Beanspruchung“ an. Ziel ist es, die

Materialeigenschaften von Beton, Betonstahl und deren Verbund zu untersuchen und zu ermitteln. Hierfür entwickeln die Projektpartner beispielsweise neue Testverfahren, die die benötigten Ergebnisse schneller liefern können als bisherige Verfahren. Mittelfristig sollen die Ergebnisse aus dem Forschungsvorhaben in deutsche und europäische Normen einfließen, damit künftig Windenergieanlagen mit Türmen und Fundamenten aus Stahlbeton oder Spannbeton wirtschaftlich errichtet und sicher betrieben werden können.



© Lehrstuhl für Baustofftechnik, Ruhr-Universität Bochum

Das Foto zeigt einen Mehrfachprüfstand für die zyklische Beanspruchung von insgesamt drei Betonzylindern.



© Institut für Baustoffe, Leibniz Universität Hannover

Das Foto zeigt den Aufbau eines Ermüdungsversuchs an einem Betonzylinder unter Wasser.

## Neue Teststände und Prüfmethode für Beton und

# Betonstahl

Windenergieanlagen werden durchschnittlich 20 Jahre betrieben. Während dieser Zeit durchlaufen sie bis zu einer Milliarde Lastwechsel.

Derzeit sind die Materialeigenschaften von Beton nur für Lastwechsel bis zu zwei Millionen ausreichend untersucht. Darüber hinaus wurde bisher wenig geforscht, da die Versuche sehr viel Zeit benötigen. Daher entwickeln und nutzen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler neue Versuchsaufbauten, die zum Teil weniger Prüfzeit benötigen. Trotz dieser neuen Tests muss das zu prüfende Material mitunter wochen- oder auch monatelang bearbeitet werden. Erste belastbare Erkenntnisse mit den neuentwickelten Verfahren liegen nach circa zwei bis drei Jahren vor. Mit Hilfe der gewonnenen Daten ermitteln die Projektpartner dann beispielsweise den Einfluss von Umweltbedingungen (Wassersättigung) und Belastungsfrequenzen. Darüber hinaus erwarten sie Erkenntnisse inwieweit Laborversuche auf reale Bauteile übertragen werden können.

Teil weiterer Untersuchungen sind unter anderem Tests an großformatigen vorgespannten Betonbalken. Beton verfügt über eine hohe Druckfestigkeit hat aber nur eine geringe Zugfestigkeit. Deshalb wird Beton mit hochfesten Stahlspanngliedern vorgespannt, um einwirkende Zugspannungen zu überdrücken. Erste Ergebnisse an entsprechenden Spannbetonbalken haben gezeigt, dass sich die Spannungen innerhalb der Balken von den geschädigten weicheren Außenseiten der Balken in deren Mitte umlagern. Bei Windenergieanlagen wirkt sich dieser Effekt positiv auf die Lebensdauer aus. Die ursprünglich am stärksten beanspruchten Bereiche werden entlastet.



© Materialprüfungs- und Forschungsanstalt Karlsruhe

Mit dem entwickelten Versuchsstand können zur hochfrequenten Druckschwellbeanspruchungen an Betonzylinderproben erzeugt werden.



© Institut für Massivbau, Leibniz Universität Hannover

Auf einem Resonanzprüfstand erfolgen Untersuchungen zur Spannungumlagerungen in ermüdungsbeanspruchten Betonbalken.

## Weitere Abbildungen



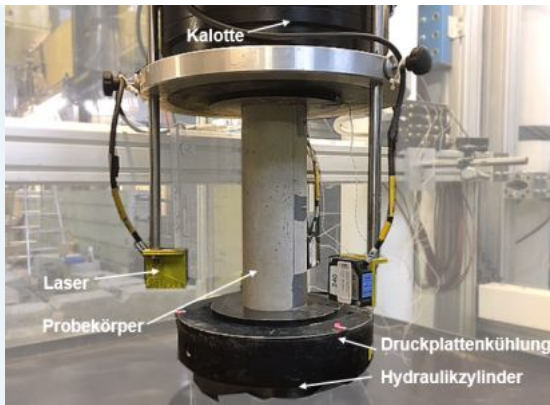
Das Foto zeigt den Versuchsaufbau, um das Ermüdungsverhalten im VHCF-Bereich (very high cycle fatigue), die Ermüdung bei unterschiedlichen Lastregimen sowie die dynamischen Kapazität (an Luft) zu untersuchen.

© Technische Universität München, Centrum Baustoffe und Materialprüfung



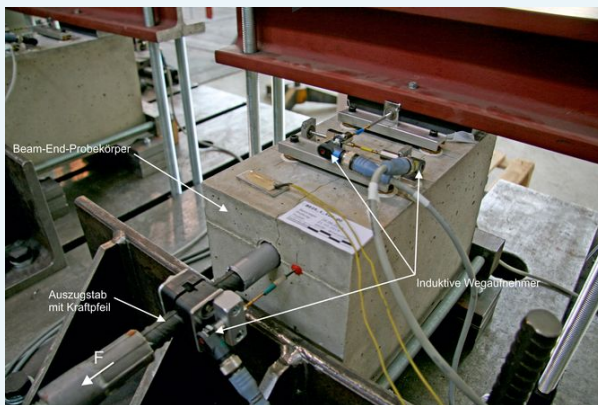
Das Foto zeigt den Versuchsaufbau zur Quantifizierung der dynamischen Kapazität (mit kombiniertem Korrosionsangriff).

© Technische Universität München, Centrum Baustoffe und Materialprüfung



Ermüdungsversuch an einen Betonzylinder

© Institut für Massivbau, Leibniz Universität Hannover



Verbundversuch mit Zugbelastung am Beam-End-Probekörper

© Institut für Massivbau, Technische Universität Dresden



Das Foto zeigt einen Verbundbereich nach Auszugversagen mit Rissen (nachgezeichnet).

© Institut für Massivbau, Technische Universität Dresden

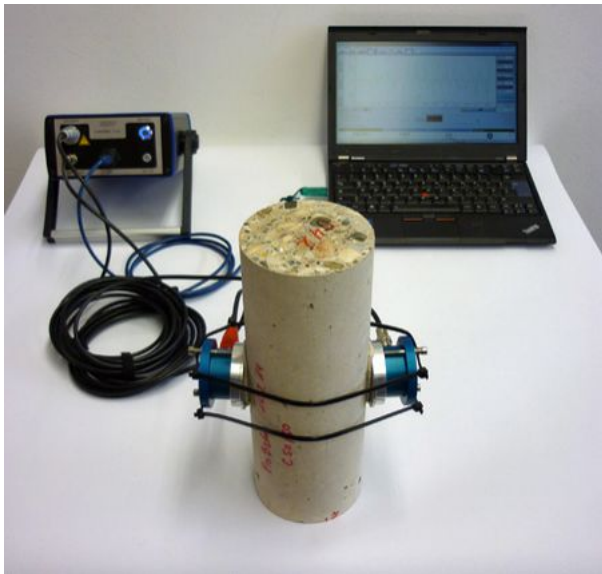


Das Foto zeigt einen Betonzylinder nach dem Ermüdungsversagen.

© Materialprüfungs- und Forschungsanstalt Karlsruhe

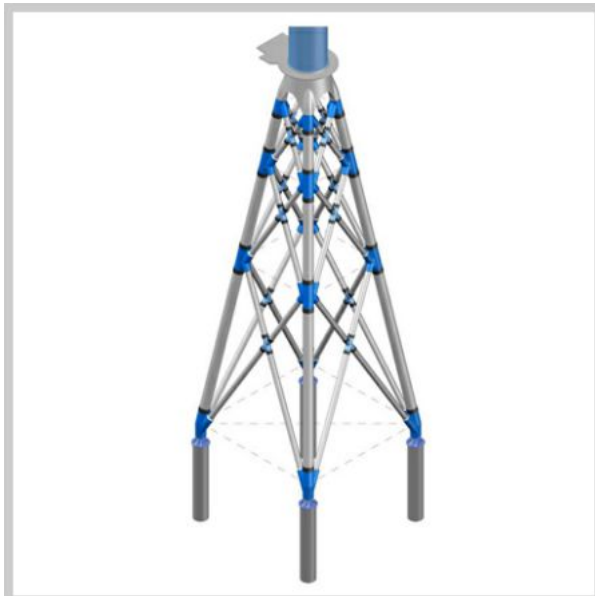
# Restnutzungsdauer von Windenergieanlagen bestimmen

Darüber hinaus untersuchen die Wissenschaftsteams, wie mit dem Ultraschall-Messverfahren und einer geeigneten Sensorapplikation und -datenauswertung der Schädigungsgrad von Beton am genauesten überwacht werden kann. Ziel ist es, Empfehlungen für geeignete Monitoring-Verfahren zu entwickeln, um den Zustands von Turm und Fundament bei bestehenden und bei neu zu errichtenden Windenergieanlagen zu erfassen. Die gewonnenen Daten und Empfehlungen können Betreibern helfen, die Restnutzungsdauer genauer abzuschätzen.



© Institut für Massivbau, Leibniz Universität Hannover

Ultraschallverstärker, -sensoren und Messprogramm



© SSF Ingenieure

Im Projekt „HyConCast“ haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eine Jacket-Struktur aus Spannbetonrohren untersucht.



## Neue Konzepte für Tragstrukturen

Außerdem sollen die Erkenntnisse aus dem Forschungsverbands dazu genutzt werden, neue Konzepte für Tragstrukturen von Windenergieanlagen aus Beton zu entwickeln. Das können beispielsweise aufgelöste Gründungsstrukturen für Offshore-Windenergieanlagen sein. Diese orientieren sich derzeit an den in Stahlbauweise ausgeführten Jacket- oder Tripodgründungen. Zudem werden schlanke, leichtere und höhere Turmstrukturen ermöglicht. So können Betreiber deutlich Kosten sparen.

## Prüfungsverfahren und Normen anpassen

Abschließend sollen die ermittelten Forschungsergebnisse in Richtlinien und Merkblättern des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton, DAfStb und des Deutschen Beton- und Bautechnik-Verein, DBV einfließen. Zudem ist geplant, die Erkenntnisse in die anzuwendenden Bemessungsnormen aufzunehmen. Dieser Prozess wird noch einige Jahre in Anspruch nehmen.

Letzte Aktualisierung: 20.07.2020



Bei EnArgus, dem zentralen Informationssystem zur Energieforschungsförderung, befindet sich unter anderem eine Datenbank mit sämtlichen Energieforschungsprojekten – darunter auch dieses Projekt.