

## Prüfung und Inspektion von Rotorblättern



**Qualitätssicherung in der Produktion und  
wiederkehrende Prüfung im laufenden Betrieb**



# Rotorblattprüfung und -inspektion von unabhängigen Experten

## Herausforderung Rotorblatt

Die Rotorblätter sind das Herz einer Windenergieanlage: Sie entscheiden über den Energieertrag. Rotorblätter müssen deshalb höchsten Festigkeits- und Qualitätsansprüchen genügen. Der wirtschaftliche Betrieb der Rotorblätter steht im Spannungsfeld zwischen einem schwierigen, stark manuell geprägten Produktionsprozess einerseits und den hohen, im Detail unbekanntenen mechanischen Belastungen andererseits.

## Herausforderung Qualität

Es muss sichergestellt werden, dass die Rotorblätter zum Einen in höchster Qualität gefertigt und zum Anderen im laufenden Betrieb in optimalem Zustand gehalten werden. Durch den hohen manuellen Fertigungsanteil in der Produktion stecken oft Mängel im Rotorblatt, die sich im laufenden Betrieb zu gravierenden Schäden entwickeln können. Der gerechtfertigte Anspruch des Kunden auf einwandfreie Qualität mit dem Ziel eines fehlerfreien Betriebs über 20 Jahre steht den branchenüblichen Gewährleistungsperioden von 5 Jahren gegenüber. Somit trägt der Kunde über 75 % der kalkulierten Laufzeit das Qualitätsrisiko!

## Herausforderung Design und Belastung

Bereits der Auslegungsprozess von Rotorblättern ist von Unsicherheiten geprägt: Materialkennwerte schwanken und die Auslegungs- und Nachweisverfahren sind ausgesprochen komplex. Vielfach besteht hier noch weiterer Forschungsbedarf. Erschwerend kommen die im Detail unbekanntenen, über 20 Jahre wirkenden extrem hohen mechanischen Belastungen hinzu.



Dokumentation bestehender Schäden

## Herausforderung Produktion

Die meisten Rotorblätter sind aus Kunststoff-Faser-Verbund (Composites) gefertigt. Im Gegensatz zu Produkten aus metallischen Werkstoffen erhält das Composite alle seine herausragenden Eigenschaften erst im Herstellungsprozess.

Dieser ist jedoch geprägt durch

- vorwiegend manuelle / handwerkliche Arbeit,
- sehr geringen Automationsgrad,
- hohen Kosten- / Zeitdruck und
- teils angelerntes Personal.

Entsprechend häufig sind Mängel, so dass nach Expertenschätzungen ca. 4 von 5 Schäden im Feld fertigungsbedingte Ursachen haben.

## Herausforderung Betrieb

Rotorblätter sind im laufenden Betrieb an der Anlage extremen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt, weil sie mit hoher Geschwindigkeit durch die Luft geführt und durch unterschiedliche Windstärken und -richtungen sowie verschiedenste Umwelt- und Betriebseinflüsse beansprucht werden. Prüfungen und Inspektionen tragen dazu bei, die Rotorblatt-Qualität im Betrieb an der Anlage zu überwachen und Schäden frühzeitig zu erkennen. So können rechtzeitig Reparaturmaßnahmen geplant und eingeleitet und damit größere Schäden bis hin zum Blattausfall vermieden werden.



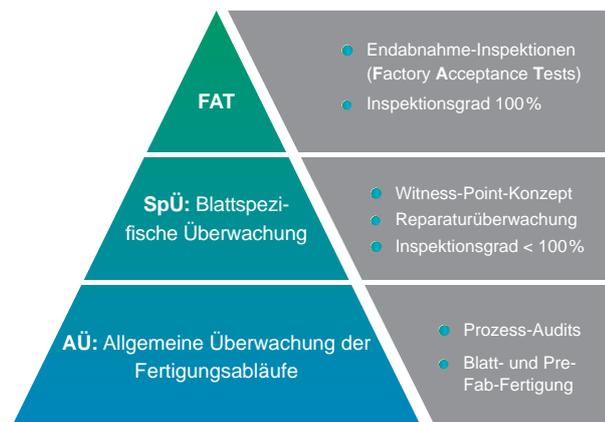
Sichtprüfung im Rotorblatt

# Third Party Inspection (TPI): Qualitätssicherung in der Produktion

## Der TPI-Prozess: Umfassend und effektiv

Unser erprobtes und bewährtes Konzept für TPI besteht aus drei sich ergänzenden Elementen:

1. Allgemeine Überwachung der Blatt-Fertigung im Rahmen von Prozess-Audits;
2. Spezifische Überwachung der Produktion der Blätter für das konkrete Kundenprojekt im Rahmen unseres Witness-Point-Konzepts;
3. Endabnahme: Die Projekt-Rotorblätter werden von innen und außen auf Herz und Nieren inkl. der Blitzschutzeinrichtung und aller Anbauteile geprüft.



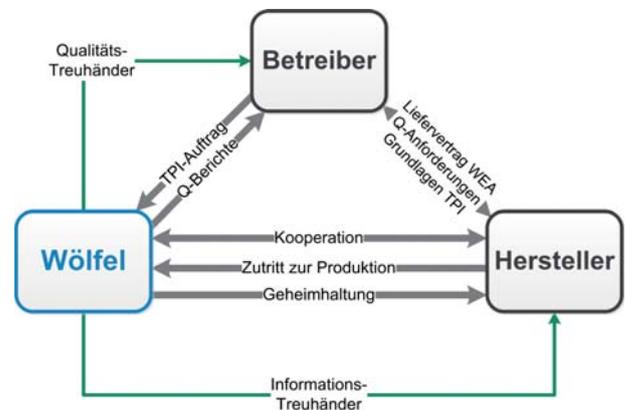
Unser TPI-Konzept

## Wichtig: Die Dokumentation

Passend zum TPI-Konzept besteht auch die Dokumentation aus allgemeinen und blattspezifischen Komponenten: Audit-Reports berichten über die allgemeine Überwachung der Produktion, während jedes Projekt-Rotorblatt „bei Geburt“ eine blattspezifische List of Open Points (sog. LOP) erhält, in der alle qualitätsrelevanten Beobachtungen tabellarisch erfasst und in Text und Bild festgehalten werden. Die LOP ist also das zentrale Dokument im Rahmen von Inspektionen. Bei der Endabnahme wird in der finalisierten LOP der Zustand bei Risikoübergang genau dokumentiert. Die Dokumentation bleibt durch den tabellarischen Aufbau übersichtlich und kann ideal zur weiteren Bewertung verwendet werden. Der Aufbau erlaubt auch eine konsequente Ergänzung von Schäden bei wiederkehrenden Prüfungen.

## Qualität braucht Vertrauen, Kooperation ...

Für die TPI ergänzt Wölfel das Verhältnis zwischen Betreiber und Hersteller zum „Qualitätsdreieck“. Dabei vertreten wir als unabhängige Experten die Qualitätsinteressen des Betreibers in unserem Selbstverständnis als „Qualitäts-Treuhänder“. Gleichzeitig arbeiten wir mit dem Hersteller kooperativ auf das gemeinsame Ziel bestmöglicher Qualität hin. Informationen, die wir im Zuge unserer Arbeit erlangen, halten wir als „Informations-Treuhänder“ strikt geheim.



## ... und Leidenschaft für Faserverbund-Technologie.

Die Effektivität der TPI zur Qualitätssicherung steht und fällt mit der Qualifikation und der Erfahrung der Inspektoren – und mit deren Begeisterung für Rotorblatt-Technologie. Deshalb verfügen die Inspektoren von Wölfel

- über eine qualifizierte und spezialisierte Ausbildung, meist als Kunststoff-Ingenieur,
- über rotorblattspezifische Zusatzausbildungen,
- über umfangreiche einschlägige Erfahrungen in der Inspektion unterschiedlichster Blattyten und
- über den Ehrgeiz, mit ihrer Arbeit zur Qualität der Blätter beizutragen und so das Projekt ebenso wie die Windenergie als Ganzes nach vorne zu bringen.

# Wiederkehrende Prüfung im laufenden Betrieb

Die hohen Beanspruchungen von Rotorblättern führen im laufenden Betrieb zu Schäden bzw. lösen Schäden aus, deren Ursprung zum großen Teil bereits in der Blattfertigung liegt. Deshalb sind die wiederkehrenden Inspektionen und Prüfungen im laufenden Betrieb notwendig, um auftretende Schäden am Rotorblatt frühestmöglich zu detektieren und bestmöglich die Blattqualität zu sichern.

Aufgrund verschiedener Richtlinien und Empfehlungen müssen an Rotorblättern von Windenergieanlagen regelmäßig zustandsorientierte Prüfungen und Inspektionen durchgeführt werden. Der BWE empfiehlt, Rotorblätter bei Anlagen ab 300 kW alle 2 Jahre und ab 1,5 MW jährlich zu inspizieren.

## Unser Inspektoren-Team leistet für Sie – onshore wie offshore:

### Wiederkehrende Inspektion an der Anlage

- Außeninspektionen des Rotorblatts, vorzugsweise in wirtschaftlicher Seiltechnik, alternativ per Hubsteiger (onshore)
- Inneninspektionen
  - Einsatz visueller und haptischer Methoden (im zugänglichen Bereich)
  - Kamera-Inneninspektionen bis zur Blattspitze
- Blitzschutzmessungen
- Weitere Prüfungen und Inspektionen nach Bedarf (z. B. Thermografie)



Kamera zur Inneninspektion

### Inspektion vor Ablauf der Gewährleistungsfrist

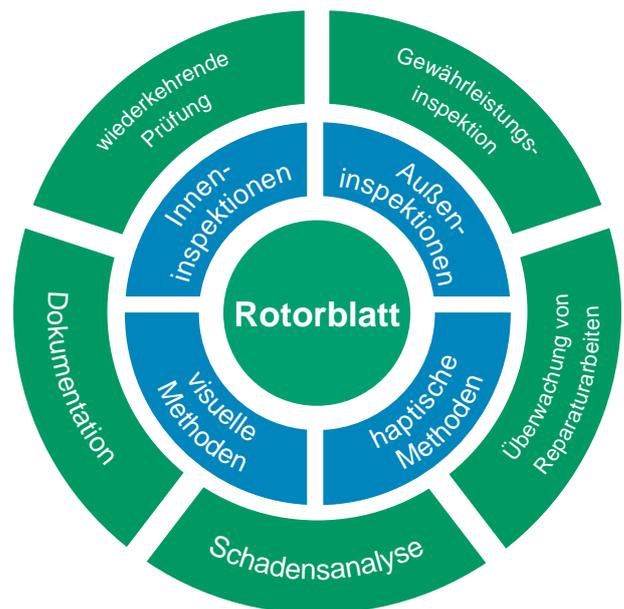
- In der Regel nach 5 Jahren
- Vollständige Überprüfung der Blätter, inkl. Blitzschutzsystem

### Reparaturen

- Begleitung
- Überwachung

### Umfassende Dokumentation

- Rotorblattgutachten
- Schadensgutachten
- Detaillierter Bericht und Bilddokumentation
- List of Open Points (LOP)



## Ihre Vorteile

- Rechtzeitige Erkennung entstandener bzw. gerade entstehender Schäden
- Sicherung des störungsfreien Betriebs und damit eines bestmöglichen Energieertrags
- Kostenersparnis durch planbare Reparaturarbeiten
- Individuelle Dienstleistungen, zugeschnitten auf Ihren Bedarf
- Flexibler Einsatz im In- und Ausland
- Kompetente und unabhängige Prüfung und Inspektion
- Aussagekräftige Gutachten inklusive Video- und Bilddokumentation
- Kompakte Dokumentation in Tabellenform

# Wölfel – Expertise für Rotorblätter

## Gebündelte Kompetenzen für beste Service-Qualität

Unsere Kompetenz und hohe Leistungsqualität basieren auf über 40 Jahren Erfahrung im Bereich Strukturmechanik und -dynamik sowie permanentem Wissens-Update unserer hochqualifizierten Mitarbeiter.

Speziell im Bereich Windenergie sind wir nicht nur Experte für Strukturmechanik, Festigkeit und Dynamik, sondern verfügen auch über spezielles Know-how rund um das Rotorblatt. Unsere Kunststoff-Spezialisten kennen sich bestens mit Konstruktion, Aufbau sowie Materialbeschaffenheit aus und haben umfangreiche Erfahrung mit Fertigungsprozessen und -einflüssen sowie mit Schadensentwicklung und auftretenden Schadensbildern. Diese gebündelten Kompetenzen sind ideale Voraussetzung für eine kompetente und umfassende Kundenbetreuung zu den Themen Qualitätssicherung, Inspektion und Lebensdauererhalt von Rotorblättern.

## Experten-Leistungen aus einer Hand ...

Es ist unbedingt erforderlich, dass ein gefertigtes Rotorblatt bestmöglich dem Design-Zustand entspricht. Aufgrund der hohen Komplexität der Produktion und ihrer Bedeutung für Schäden im Betrieb ist deshalb eine äußerst gründliche Qualitätssicherung durch erfahrene Experten sehr wichtig.

Wölfel als Experte für Schwingungen, Strukturmechanik und Rotorblätter bietet Ihnen aus einer Hand:

- Durchführung von Prozess-Audits zur Bewertung des Fertigungsbetriebes
- Durchführung von Prozess-Überwachungen der projektspezifischen Blattproduktion
- Durchführung von wiederkehrenden Prüfungen an den Anlagen, on- und offshore
  - innen und außen
  - visuell und haptisch
  - kameraunterstützt ...

## ... ergänzt um clevere Systeme und Software

Rund um Rotorblätter bieten wir unseren Kunden auch folgende Systeme bzw. Software an:

### SHM.Blade® / IDD.Blade®

System zur Zustandsüberwachung und Eiserkennung von Rotorblättern, GL-zertifiziert

### HyperSizer®

Raumfahrtproben Leichtbausoftware zur Auslegung und Optimierung von Rotorblättern



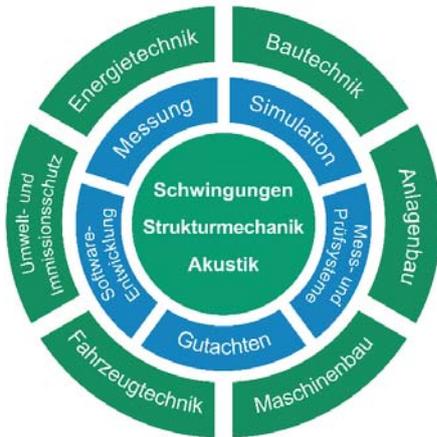
Schwerwiegende Fehler vermeiden – mit Third Party Inspection und zustandsorientierter Prüfung durch unabhängige Experten

## Ein Auszug aus unseren Referenzen:

- Arise Windpower
- Bard
- EnBW
- EWE
- GE Wind
- LM Wind Power
- NEC Micon
- Nordex
- Power Blades
- RWE Innogy
- Senvion
- Vestas
- Wind Energy Institute of Canada
- WindMW

## Das Unternehmen ...

Schwingungen, Strukturmechanik und Akustik – das ist die Welt, in der wir leben und auf die wir uns fokussieren. Ob simulationsgestützte Auslegung einer Produktionsanlage gegen Erdbeben, Messung der Schallemissionen einer Windenergieanlage, universelle Mess-Systeme für Schall und Erschütterungen oder Software zur Lärmberechnung im Immissionsschutz – immer stehen Dynamik und Akustik im Zentrum unseres Angebots an Dienstleistungen und Systemen.



Diese starke fachlich-technische Fokussierung verbinden wir mit einer großen Breite an Branchen, die wir bedienen: Von der Energietechnik über Maschinen- und Anlagenbau bis hin zu Umwelttechnik und Arbeitsschutz erstrecken sich unsere Aktivitäten.

Unsere Organisationsstruktur orientiert sich an diesen Branchen: So stellen wir sicher, Ihnen immer einen Experten anbieten zu können, der Ihre Sprache spricht und Ihnen – auch im Rahmen von Schulungen und Support zu unseren Systemen – genau die Unterstützung bietet, die Sie benötigen. Dabei erhalten wir uns eine personelle Flexibilität, die es uns gestattet, Ihnen auch für große Projekte exakt die benötigte Manpower zur Verfügung zu stellen.

Stammsitz in Höchberg bei Würzburg

## Dienstleistungen Produkte



• Höchberg • Berlin • Bremen • Wien •

Stillstand bedeutet Rückschritt – deshalb engagieren wir uns strategisch in Forschungs- und Entwicklungsprojekten, um unsere technologische Spitzenposition zu halten und weiter auszubauen.



97204 Höchberg  
Max-Planck-Str. 15

## ... seine Erfahrung ...

Gegründet 1971 von Prof. Dr.-Ing. Horst Peter Wölfel blicken wir heute auf 4 Jahrzehnte Erfahrung im Dienstleistungs- und Systemgeschäft zurück. Im Mittelpunkt stehen dabei unsere mehr als 70 hochqualifizierten Mitarbeiter - Bauingenieure, Maschinenbauer und Elektrotechniker, ergänzt durch Informatiker, Mathematiker und Naturwissenschaftler. Profitieren Sie von unserem gesunden Mix aus erfahrenen Ingenieuren, die Ihre Aufgabe auf den ersten Blick einordnen und analysieren können, und jungen Talenten, die sich effektiv in innovativen Bereichen wie z. B. der aktiven Schwingungsminderung bewegen!

## ... und seine Orientierung

Innerer Antrieb der täglichen Arbeit jedes Einzelnen sind Zufriedenheit und Erfolg unserer Kunden. Dass uns dies gelingt, zeigen unsere stabilen, teils über Jahrzehnte bestehenden persönlichen Beziehungen zu unseren Kunden, die sowohl aus Mittelstand als auch Großindustrie stammen, aus Deutschland und Europa ebenso wie aus Amerika und Asien.

Die Qualität unserer Leistungen und deren permanente Verbesserung stellen wir primär durch diese Orientierung am Kundenerfolg sicher, aber natürlich auch durch unser QM-System nach ISO 9001, ergänzt durch fachspezifische Zertifizierungen und Akkreditierungen.



## Ihr persönlicher Ansprechpartner

Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Schamo  
Tel: +49 931 49708 141  
Fax: +49 931 49708 150  
schamo@woelfel.de  
www.woelfel.de



[www.woelfel.de/windenergie](http://www.woelfel.de/windenergie)

wbi@woelfel.de  
www.woelfel.de