

# FUNDAMENT FOUNDATION





## ÜBER UNS

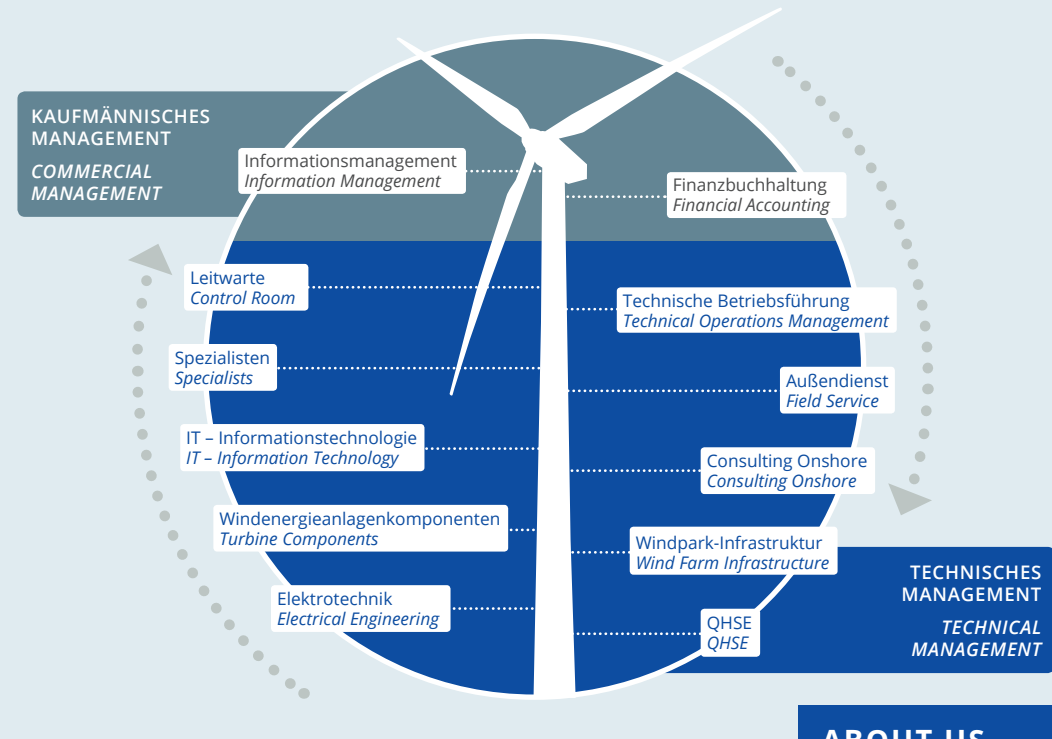
Aus allen Einzelleistungen der kaufmännischen und technischen Betriebsführung von Windparks, die für den gewinnorientierten Betrieb nötig sind, stellen wir den idealen Service für unsere Kunden zusammen.

### Kaufmännisches Management

Wir besitzen umfangreiches Know-how in den Bereichen Steuern, Recht und Finanzbuchhaltung. Unser umfassendes Informationsmanagement mit zentralen Ansprechpartnern bietet unseren Kunden schnelle, individuell zugeschnittene Informationen. Wir überwachen Termine und Fristen und erstellen Geschäftsberichte.

### Technisches Management

Wir bieten die technische Komplettbetreuung von Windparks an, deren Kern eine Rund-um-die-Uhr-Überwachung ist. Diese wird von unserer Leitwarte sichergestellt, denn: kurze Reaktionszeiten minimieren Ertragsverluste. Die technische Betriebsführung von Windparks ist unter anderem für die Betriebsüberwachung, die Dokumentation sowie das Vertrags- und Gewährleistungsmanagement zuständig. Für alle weiteren technischen Themen rund um den Windpark sind unsere ausgewiesenen Spezialisten im Einsatz. An den Anlagen vor Ort gewährleistet der erfahrene wpd windmanager Außendienst den optimalen Betrieb und die Durchführung aller notwendigen Maßnahmen.



## ABOUT US

Out of all individual services of the commercial and technical management of wind farms, which are necessary for a profit-oriented operation, we will compile the ideal service for our clients.

### Commercial Management

We have extensive know how in the areas of taxes, legal matters and accounting. Our comprehensive information management with key contacts offers fast and tailor-made information for our clients, monitors dates and deadlines and prepares business reports.

### Technical Management

We offer comprehensive support of wind farms with around-the-clock monitoring at its center, provided by our control room – because: fast response helps to minimize yield losses. The technical management of wind farms comprises – among other things – operation monitoring, documentation as well as contract and warranty management. Our specialists are at your service for any other technical matter around the subject of wind farms. On site at the turbines, the experienced wpd windmanager field service ensures optimal operations and execution of all necessary measures.





The image shows two technicians in safety gear (hard hats and sunglasses) working on a yellow equipment case in a field. In the background, there are several wind turbines under a clear blue sky. The technicians are focused on their work, with one holding a cable and the other adjusting something inside the case. The scene is brightly lit, suggesting a sunny day.

## FUNDAMENT

PRÜFUNG UND BETREUUNG  
DER SANIERUNG

## FOUNDATION

INSPECTION AND MONITORING  
OF REMEDIAL PROCEDURES





## SCHWACHSTELLE: FUNDAMENT

### Typische Schadensbilder

Fundamente von Windenergieanlagen sind in ihrer mindestens 20-jährigen Betriebszeit hohen Belastungen ausgesetzt. Der Wind an den Rotoren lässt den Turm wie einen langen Hebel auf das Fundament einwirken.

Diese hohe dynamische Belastung, der das Fundament standhalten muss, wird zum Beispiel durch einen Ankerkorb oder ein Einbauteil von der Stahlkonstruktion des Turms in das Fundament abgeleitet. Wo das nicht gelingt, kommt es am Fundament von Windenergieanlagen immer wieder zur Schadensbildung.

Typische Schadensbilder sind zum Beispiel:



Rissbildungen  
Crackings



Schollenartige Abplatzungen am Beton  
Clod-like spalling of the concrete



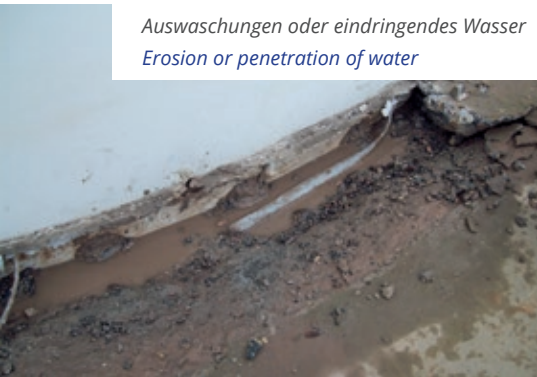
## WEAK POINT: FOUNDATION

### Damage Patterns

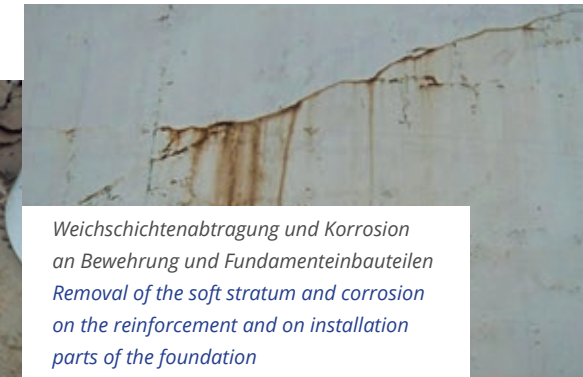
During their 20 years of operation, foundations of wind turbines are subject to high loads. The wind on the rotor blades works like a long lever on the foundations.

This high dynamic load to which foundations are subject will be diverted from the tower's steel construction to the foundation by means of an anchor cage or by installation parts. Where this is not possible, wind turbines will show damages to the foundations.

Examples for damage patterns are:



Auswaschungen oder eindringendes Wasser  
Erosion or penetration of water



Weichschichtenabtragung und Korrosion  
an Bewehrung und Fundamenteinbauteilen  
Removal of the soft stratum and corrosion  
on the reinforcement and on installation  
parts of the foundation

Diese Schäden, die entweder im Turmkeller oder außen am Fundament auftreten, können die Standfestigkeit einer Windenergieanlage gefährden.

These damages which occur either in the tower basement or on the external foundation may affect the stability of the wind turbine.



## FUNDAMENT-PRÜFUNG

### Zwei Methoden zur Prüfung von Fundamenten

Auffälligkeiten an den Fundamenten werden von unserem Außendienst bei der turnusmäßigen Begutachtung aufgenommen und an die Spezialisten für Fundamente gemeldet, die diese dann bewerten und gegebenenfalls weitere Maßnahmen einleiten.

Sollte eine Sanierung des Fundaments notwendig sein, überprüfen unsere Bauingenieure das umzusetzende Verfahren und begleiten die Durchführung.

wpd windmanager bietet zwei verschiedene Methoden zur Prüfung von Fundamenten an:

## EXAMINATION OF FOUNDATION

### Two Methods for the Examination of Foundations

Anomalies on the foundations are recorded by our field service during the regular inspections and are forwarded to the foundation specialists who will in turn evaluate these anomalies and will take further measures, if required.

In case of a necessary renovation of the foundation, our civil engineers will review the upcoming procedure and will accompany the implementation.

wpd windmanager is offering two different methods for the examination of foundations:

#### RISSAUFNAHME



#### CRACK MONITORING

#### SCHWINGUNGSMESSUNG (bei Fundamenteinbauteilen)



#### VIBRATION MEASUREMENT (for installation parts of the foundations)





**Prüfbericht**

V. Übersicht der Feststellen

Standort:

Rd. Nr.	Position	Rissverlauf / ritzförmig	Ausdehnung / ges. Bodenbereich	Rissbreite / 1.5mm	Bildnummer / 247 - 249
<b>Innenbereich</b>					
2	SL+ 3+4	vertikal	1,45m/0,70m Neuch	0,1mm	250
3	SL+ 4+5	vertikal	1,45m/0,64m Neuch	0,1mm	251
4	SL+ 8+9	vertikal	0,72m/0,37m Neuch	0,1mm	252
6	SL+ 10+11	vertikal	1,32m/0,64m Neuch	0,1mm	253
7	SL+ 14+15	vertikal	0,84m/0,44m Neuch	0,1mm	254
8	SL+ 15+16	vertikal	1,54m/0,64m Neuch	0,1mm	255
<b>Außenbereich</b>					
9	TT - 3,21m	vertikal	1,20m	0,1mm	256
10	TT - 4,58m	vertikal	1,37m	0,1mm	257
11	TT - 8,04m	vertikal	1,40m	0,1mm	258
12	TT - 11,96m	vertikal	1,10m	0,1mm	259
13	TT - 17,74m	vertikal	1,26m	0,1mm	260
14	TT - 14,87m	vertikal	1,66m	0,1mm	261
15	TT - 18,74m	vertikal	1,67m	0,1mm	262
16	TT - 19,84m	vertikal	1,60m	0,1mm	263
17	TT - 21,23m	vertikal	1,60m	0,1mm	264
18	TT - 22,99m	vertikal	1,20m	0,1mm	265
<b>Einzelne Aufstellungen</b>					
Rd. Nr.	Position	Aufstellung			
19					

## RISSAUFNAHME

## CRACK MONITORING

### Dokumentation unterschiedlicher Schädigungsgrade

### Documentation of Different Degrees of Damage

Zur Rissaufnahme begutachtet unser Außendienst jede Windenergieanlage eines Windparks und erfasst die jeweiligen Schädigungsgrade in allen sichtbaren und zugänglichen Bereichen.

To monitor the cracks our field service assesses each wind turbine in the wind farm and documents the respective degrees of damage in all visual and accessible sectors.

Im Vordergrund stehen dabei die Rissvermessung, die Aufnahme allgemeiner baulicher Schäden beispielsweise Schollenabplatzungen, Betonkorrosion sowie Mängel in Folge von eindringendem Wasser und/oder Feuchtigkeit.

The focus is on the crack measurement, the recording of general structural damages (such as clod-like spalling, corrosion of the concrete etc.) as well as damages following water penetration and/or dampness.

Die Erfassung der aktuellen Situation erfolgt in Form einer Fotodokumentation, die im anschließend erstellten Prüfbericht enthalten ist.

The documentation of the current situation will be done by photographic records which will be included in the ensuing inspection report.

Ausschließlich folgende Risse stellen einen Mangel dar: oberhalb der nach DIN EN 1992-1-1, DIN 1045-1 beziehungsweise der DIBt\*-Richtlinie für Windenergieanlagen zulässigen Rissbreite von >0,2 mm für Turm sowie Gründungsbauteile bis 0,5 mm unter GOK\*\* und >0,3 mm für tieferliegende Gründungsbauteile aus Stahlbeton.

Only the following cracks constitute a defect: above the permissible width of >0.2 mm for the tower and foundation parts up until 0.5 m below top ground and >0.3 mm for lower lying steel concrete foundation parts.

Diese Risse prüft unser Außendienst in definierten Zyklen, verfolgt die Entwicklung und ergreift entsprechende Maßnahmen.

Our field service examines these cracks in defined cycles and monitors their developments to take the required actions.

\*DIBt = Deutsches Institut für Bautechnik \*\*GOK = Geländeoberkante



## SCHWINGUNGSMESSUNGEN

### Auslenkungen des Einbauteils

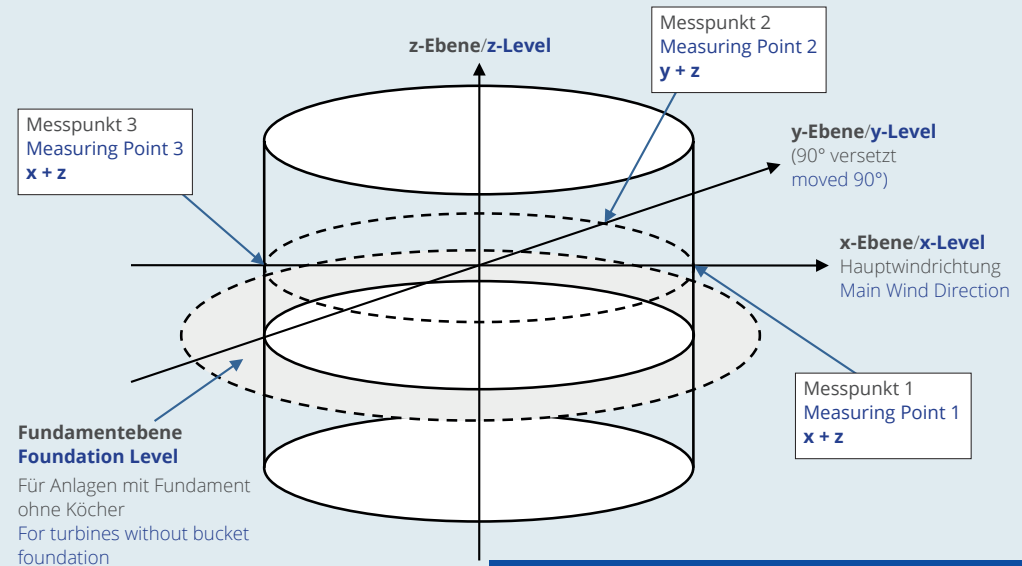
Um eine mögliche Schädigung des Fundaments festzustellen, führen wir Schwingungsmessungen durch. Diese finden zwischen Betonfundament und Fundamenteinbauteil statt, um dort die Vertikalbewegung zu messen.

Eine Auslenkung bis zu 1 mm wird als unproblematisch eingestuft, wohingegen Auslenkungen von 1-2 mm eine regelmäßige Begutachtung erfordern. Bei Werten über 2 mm liegt ein Gefährdungspotenzial vor und ein Sanierungskonzept muss entwickelt werden.

Auf Grundlage dieser Messkampagne können beispielsweise Standsicherheitsproblematiken detektiert und durch entsprechende Maßnahmen behoben werden. Erfahrungsgemäß führt eine frühzeitige Erkennung möglicher Schäden zu einer kostengünstigeren Sanierung.

Werden durch unsere Spezialisten Schäden bzw. Schadensursachen unmittelbar erkannt und fachgerecht behoben, können schwere Folgeschäden vermieden werden.

## MESSAUFBAU MEASUREMENT SETUP



## VIBRATION MEASUREMENT

### Deflections of the Installation Part

To detect a possible damage to the foundation, we carry out vibration measurements, during which the vertical shear is measured in the space between the concrete foundation and the fixed installation part.

Deflections up to 1 mm is deemed as non-critical, whereas deflections of more than 1 - 2 mm require regular inspections. Measurements of more than 2 mm signify a potential danger, calling for a renovation concept.

Based on this measuring campaign, stability problems may be detected and relevant measures are instigated. Experiences show that the early identification of possible damages leads to lower costs in renovation.

If damages or damage causes are detected early on and if these are professionally remedied by our specialists, serious consequential damage can be avoided.





## SCHWINGUNGSMESSUNGEN

### Ablauf und System

Während der Messkampagne bestimmen wir mögliche Fundamentschädigungen über die vertikalen Auslenkungen der Windenergieanlagen am Turmfuß.

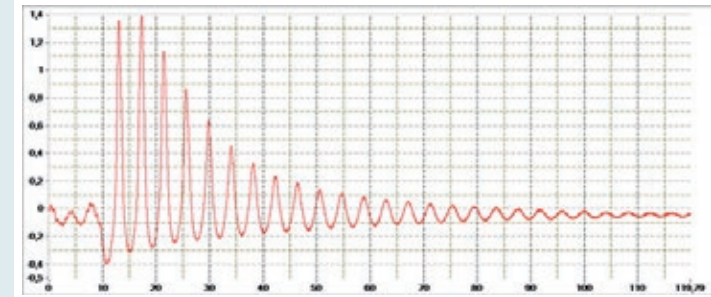
Bei der Messung bringen wir die Windenergieanlage auf eine vorher definierte Generatordrehzahl und stoppen diese dann durch den Auspitchvorgang.

Durch dieses Abbremsen versetzen wir den Turm in Schwingung. Die vertikale Gesamtauslenkung wird in Millimeter gemessen und gibt eine Aussage über das anzunehmende Schadensbild, wie auf der nächsten Seite dargestellt.

Vom Stativ über die Sensoren bis hin zum IT-Programm und der Hardware nutzen wir unser eigens entwickeltes Schwingungsmesssystem. So führen wir die Fundamentbeurteilung äußerst genau und zeitsparend durch. So können Kosten eingespart werden.

Durch eine speziell entwickelte Kalibrierstation gewährleisten wir die regelmäßige Prüfung der Messsensoren.

## SIGNALVERLÄUFE DER VERTIKALSENSOREN SIGNAL PATH OF THE VERTICAL SENSORS



## VIBRATION MEASUREMENT

### Process and System

During the measuring campaign, possible damage to the foundation can be detected by the vertical deflection of the wind turbine at the tower base.

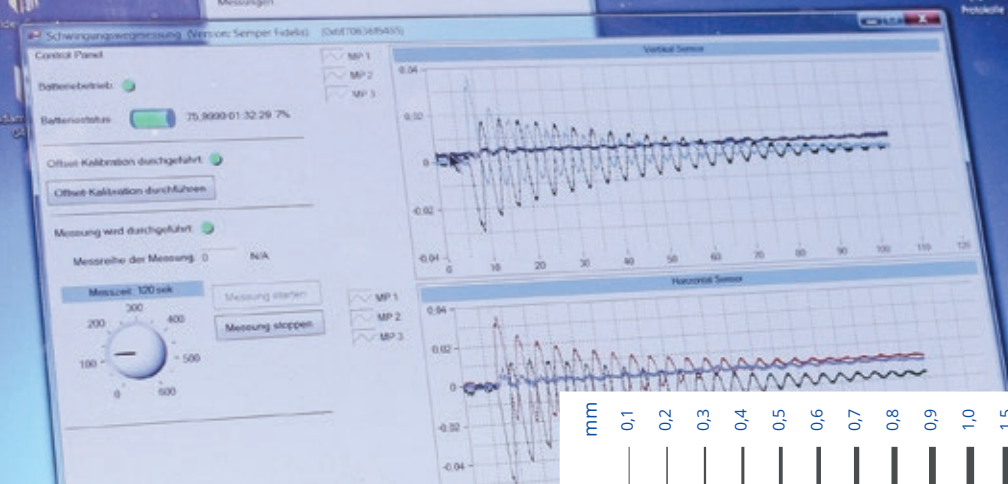
For the measurement, the wind turbine is brought up to a previously defined generator speed and then stopped by pitching the rotor blades.

This deceleration causes the tower to oscillate. The total vertical deflection is measured in millimeters, giving an indication of the supposed damages, as shown on the next page.

From the tripod to the sensors, the IT program and the hardware – we use our internally developed vibration measuring system. So the evaluation of the foundations can be conducted in a precise and time-saving way, which is also reflected in the expenses.

We ensure the regular evaluation of the measurement sensor by our self-developed calibration station.





## SCHWINGUNGSMESSUNGEN

## VIBRATION MEASUREMENT

### Anzunehmende Schadensbilder

Die Gesamtauslenkung wird in Millimeter gemessen und gibt eine Aussage über das anzunehmende Schadensbild, wie nachfolgend dargestellt:\*

Gesamtauslenkung [mm]	Rissbildungen Abplatzungen	Empfohlene Maßnahme
0 - 1,0	Nein	Die Werte befinden sich im Toleranzbereich, es kann von einer intakten Verbindung zwischen dem Lasteinleitungsflansch und dem Fundamentkörper ausgegangen werden.
	Ja	Das Fundament ist in einem intakten Zustand, allerdings scheint ein voranschreitendes Schadensbild zu bestehen. Die Anlage sollte weiterhin beobachtet und ein entsprechender Messturnus (jährlich) festgelegt werden. Zusätzlich empfiehlt sich die Aufbringung einer Fundamentabdichtung, um eindringendes Oberflächenwasser zu vermeiden.
1,0 - 2,0		Diese Werte lassen die Annahme zu, dass es zu einer „Lockerung“ der Verbindung zwischen Lasteinleitungsflansch und Betonfundament gekommen ist. Die Anlage sollte auf jeden Fall im Rahmen eines sehr engmaschigen halbjährlichen Messturnus weiter beobachtet werden.
> 2,0		Es ist von einer deutlichen Betonschädigung am Lasteinleitungsbereich auszugehen. Der Anlagenhersteller und/oder das zuständige Serviceunternehmen sollte umgehend informiert werden, um weitere Untersuchungsmaßnahmen einzuleiten. Die Entwicklung eines entsprechenden Sanierungsverfahrens sollte hier das Ziel sein.

\* Für Anlagen mit Fundament ohne Köcher

### Supposed Damage Pattern

The overall deflection is measured in millimeters and enables conclusions on the assumed damage pattern as shown below:\*

Overall deflection [mm]	Crack formation spallings	Recommended actions
0 - 1,0	No	Figures in the tolerance range, it may be assumed that the joint between the load introduction flange and the foundation block is intact.
	Yes	Foundation is still intact, however, there seems to be a progressive damage pattern. The turbine should be observed continuously and a corresponding frequency of measuring determined (annually). In addition, the application of a sealing onto the foundation is recommended in order to prevent intrusion of surface water.
1,0 - 2,0		These figures suggest that there has been a „loosening“ of the joint between the load introduction flange and the concrete foundation. The turbine should be observed continuously in the framework of a close monitoring (semi-annually).
> 2,0		A pronounced damage of the concrete at the load introduction range can be expected. The turbine manufacturer or rather the responsible service company needs to be informed immediately in order to implement further examinations. The development of appropriate remedial procedures should be the objective.

\* For turbines without bucket foundation

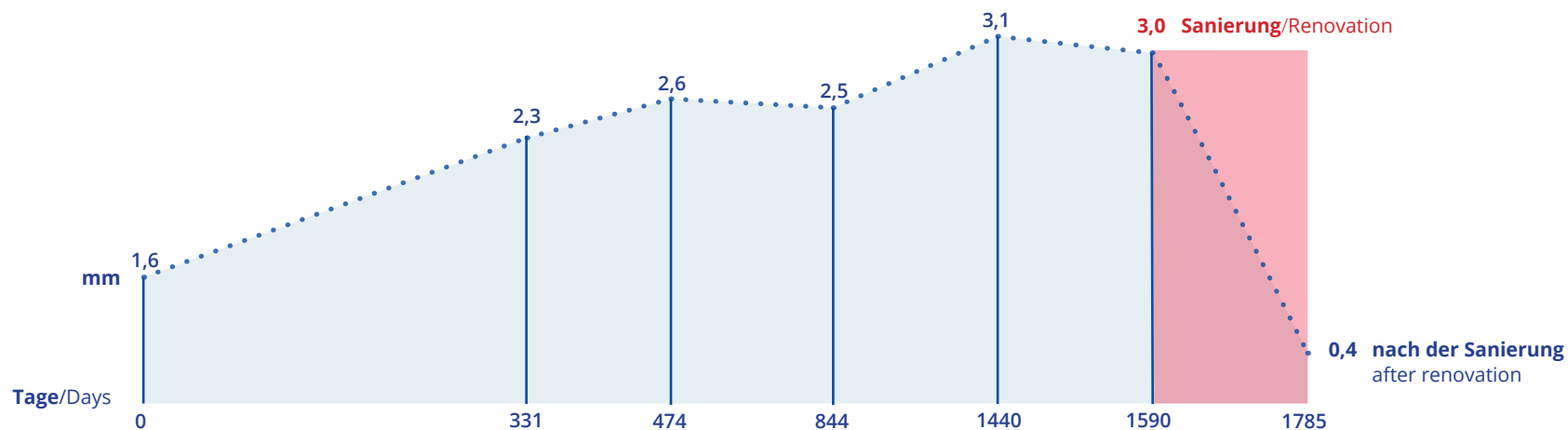


## SCHWINGUNGSMESSUNGEN

### Beispiel: Schadensverlauf bei einem Fundament

Die Abbildung zeigt den Schadensverlauf eines Fundamentes. Turnusmäßig wurde eine Schwingungsmessung durchgeführt und die Entwicklung beobachtet.

Nachdem eine Maximalbewegung von ca. 3 mm verzeichnet wurde, konnte mit einem Sanierungskonzept das Fundament erfolgreich saniert werden. Dies zeigt die Kontrollmessung nach der Sanierung, bei der nur noch eine Auslenkung von 0,4 mm festgestellt wurde.



## VIBRATION MEASUREMENT

### Example: Damage Progression of a Foundation

The figure shows the damage progression of a foundation. A regular vibration measurement was conducted and the development was monitored.

After a maximum deflection of 3 mm was detected, a renovation concept was developed and the foundation was renovated successfully. A check measurement following the renovation showed only a deflection of 0.4 mm.





## MOBILE SCHALTSTATIONEN

### Weiterbetrieb nachgelagerter Anlagen

Im Fall der Fundamentsanierung muss die betroffene Windenergieanlage freigeschaltet werden. Dies sorgt mitunter für Ertragsausfälle der nachgelagerten Windenergieanlagen, da diese gegebenenfalls vom Netz getrennt werden müssen.

Durch unsere mobilen Schaltstationen und Kabel können die nachgelagerten Windenergieanlagen schnell und ohne hohe Ertragsverluste wieder an das Netz gehen. Wir haben selbstverständlich Einsicht in die Bauzeitpläne und kontrollieren entscheidende Bauabschnitte.



## MOBILE SWITCHING STATIONS

### Continuous Operation of Downstream Wind Turbines

In the case of a foundation renovation, the affected wind turbine must be switched off. This leads to yield losses of the downstream wind turbines since these may have to be disconnected from the grid as well.

With our mobile switching stations and cabling, the downstream turbines may be reconnected to the grid quickly and with minimum yield losses. We have access to the construction schedule and supervise the significant construction phases.





## ANSPRECHPARTNER

Profitieren Sie von unserem Know-how aus rund 500 erfolgreichen Messungen und einem System, das vertikale und horizontale Bewegungen zuverlässig misst.

Gerne unterbreiten wir Ihnen ein individuelles Angebot.

Als Ansprechpartner steht Ihnen unser Experte für Fundamente gerne zur Verfügung.



## CONTACT

Benefit from our know how resulting from around 500 measurements and a system which reliably measures vertical and horizontal deflections.

We will gladly make you a customized offer.

Please contact our foundation expert for further assistance.

**Kai Mahnert**

Tel: +49 421 897660 0

E-Mail: [windmanager@wpd.de](mailto:windmanager@wpd.de)





[www.windmanager.de](http://www.windmanager.de)

wpd windmanager GmbH & Co. KG  
Stephanitorsbollwerk 3 (Haus LUV)  
D-28217 Bremen  
T + 49 421 897 660 0  
F + 49 421 897 660 99  
windmanager@wpd.de

