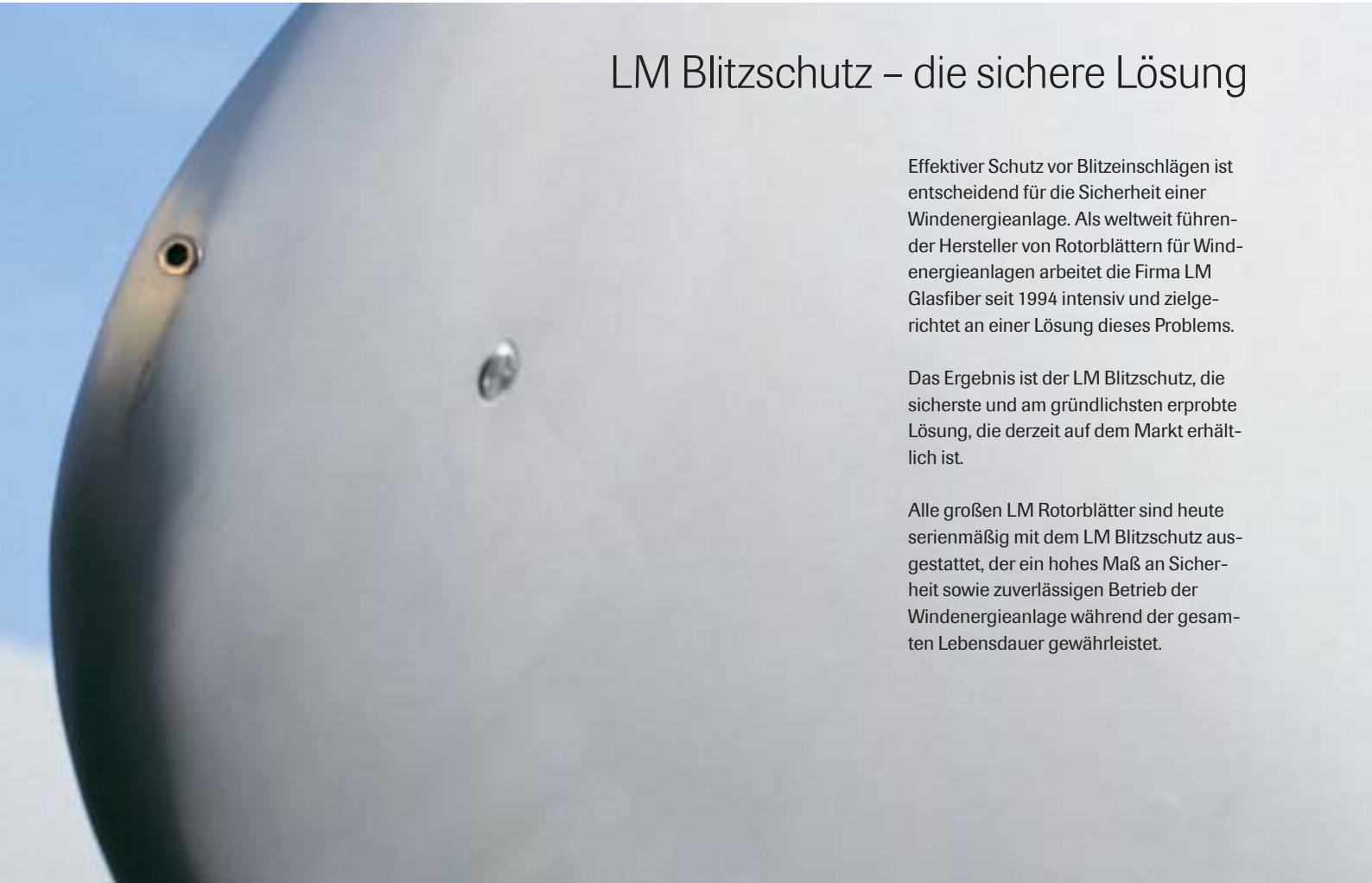


LM Blitzschutz

# Die Kräfte des Blitzes zähmen



A close-up photograph of a white, curved surface, likely a wind turbine rotor blade. The surface is smooth with a few small, dark circular marks. One mark is a hole with a metal ring around it, and another is a smaller, recessed circular mark. The background is a clear blue sky.

## LM Blitzschutz – die sichere Lösung

Effektiver Schutz vor Blitzeinschlägen ist entscheidend für die Sicherheit einer Windenergieanlage. Als weltweit führender Hersteller von Rotorblättern für Windenergieanlagen arbeitet die Firma LM Glasfiber seit 1994 intensiv und zielgerichtet an einer Lösung dieses Problems.

Das Ergebnis ist der LM Blitzschutz, die sicherste und am gründlichsten erprobte Lösung, die derzeit auf dem Markt erhältlich ist.

Alle großen LM Rotorblätter sind heute serienmäßig mit dem LM Blitzschutz ausgestattet, der ein hohes Maß an Sicherheit sowie zuverlässigen Betrieb der Windenergieanlage während der gesamten Lebensdauer gewährleistet.

# Die Kräfte des Blitzes zähmen

Blitze schlagen häufig im höchsten Punkt der Umgebung ein. Windenergieanlagen sind aufgrund ihrer Höhe und ihrer erhöhten Standorte damit logischerweise stark gefährdet. Die Rotorblätter gehören zu den teuersten Einzelbauteilen einer Windenergieanlage, und ein Blitzschlag kann ein ungeschütztes Rotorblatt schnell zerstören. Aus diesem Grund arbeitet LM seit Jahren an einer Lösung, wie man die ungezähmten Naturgewalten eines Blitzschlags kontrollieren kann.

Moderne Windenergieanlagen werden immer größer, wodurch natürlich auch die Gefahr von Blitzschlägen wächst. Offshore-Windenergieanlagen sind noch blitzanfälliger als Windenergieanlagen an Land.

Hinzu kommt, dass bei Offshore-Windenergieanlagen eine visuelle Überwachung der Rotorblätter aufgrund der eingeschränkten Zugänglichkeit und der allgemeinen Wetterbedingungen sehr schwierig ist. Der Austausch von Komponenten sowie Reparaturen aufgrund von Systemausfällen ist außerdem sehr viel teurer als bei Windenergieanlagen an Land.

Aus diesen Gründen stellt der Schutz von Rotorblättern vor Blitzschlägen eine erhebliche Herausforderung dar, der wir uns mit LM Blitzschutz gestellt haben.

---

## Blitze

Zu jedem beliebigen Zeitpunkt sind weltweit i.d.R. mehr als 2.000 Gewitter aktiv, und dabei entstehen etwa 100 Blitze pro Sekunde.

Blitze können sehr unterschiedlich sein. Sie können nach unten oder nach oben gerichtet sein – Wolke zu Erde oder Erde zu Wolke – und sich gleichzeitig bei elektrisch positiver oder negativer Polarität entladen.

Die meisten Blitzentladungen verursachen einen oder mehrere kurze Blitzschläge. Mehrfachschläge nutzen den gleichen Blitzkanal. Andere Entladungen äußern sich in langen Blitzschlägen, die im Vergleich zu den kurzen

schlimmere Schäden anrichten. Bei Blitzen können bis zu 200.000 As Energie freigesetzt werden und das in sehr kurzer Zeit, was an den betroffenen Bauteilen erhebliche Schäden anrichten kann.

Häufigkeit und Art der Blitze sind von Land zu Land und von Region zu Region sehr unterschiedlich. Auch jahreszeitliche Veränderungen können dabei eine Rolle spielen. An manchen Orten fällt im Jahresdurchschnitt ein Blitzschlag an, während dies an anderen Orten häufiger der Fall ist. Gleichzeitig bedeutet die steigende Nutzung von Windenergie weltweit, dass Blitzschutzsysteme selbst an exponiertesten Standorten ihre Effektivität unter Beweis stellen müssen.



Ein Blitzschlag kann ein ungeschütztes Rotorblatt zerstören, während ein geschütztes Rotorblatt typischerweise mehrere Blitzschläge verträgt, ehe der Aufnehmer ausgetauscht werden muss.



## Ein ungeschütztes Rotorblatt ist sehr störanfällig

Die umfangreiche Forschungsarbeit von LM hat gezeigt, dass ein Blitz am häufigsten den äußersten Teil eines Rotorblattes trifft, weil dieser Punkt am höchsten liegt.

Ein ungeschütztes Rotorblatt kann sehr leicht vom Blitz getroffen werden. Es entsteht ein Lichtbogen, der vom Einschlagpunkt über andere leitende Komponenten bis zum Wurzelflansch führt und Tempe-

raturen von bis zu 30.000° C erreichen kann. Dabei dehnt sich die Luft im Rotorblatt explosionsartig aus.

Dies kann zu Oberflächenschäden, Druckschäden, Schichtablösungen, Rissbildungen an Anström- und Hinterkante sowie zum Schmelzen der Klebeverbindungen führen. Blitzschläge können auch verdeckte Schäden anrichten, die langfri-

stig zu ernsthaften Störungen und damit zu einer verkürzten Lebensdauer der Windenergieanlagen führen.

# Dokumentierter Schutz vor Blitzschlägen

Der LM Blitzschutz ist so ausgelegt, dass er den Blitz effektiv abfängt und sicher an die sonstigen Komponenten des Blitzschutzsystems der Windenergieanlage weiterleitet.

Mehrere Jahre intensiver Entwicklungsarbeit, Erfahrungen einer großen Installationsbasis sowie ausgedehnte Testläufe im Maßstab 1:1 im modernsten Hochspannungslabor sind die wichtigsten Eckpunkte bei der Entwicklung des LM Blitzschutzsystems.

Die Forschungsergebnisse, die nach den neuesten Testmethoden der Luftfahrtindustrie erzielt wurden, dokumentieren die Wirkung des Blitzschutzsystems.

Das LM Blitzschutzsystem erfüllt die höchsten Anforderungen der Schutzklasse 1 der internationalen CEI/IEC Standards, was einer Ableitung von 98% aller Blitze entspricht.

Unser Ziel war es, ein einfaches und robustes System mit der gleichen Nut-

zungsdauer wie beim Rest des Rotorblattes zu entwickeln. LM Blitzschutz ist somit das am besten dokumentierte, gründlichsten erprobte und das bewährteste System auf dem Markt.

## Beziehung von Stromparametern des Blitzes zu Schutzklassen

| Ausgewählter Blitzparameter |            | Schutzklasse |       |       |
|-----------------------------|------------|--------------|-------|-------|
|                             |            | 1            | 2     | 3     |
| Stromspitzenwert            | I (kA)     | 200          | 150   | 100   |
| Gesamtladung                | Qtotal (C) | 300          | 225   | 150   |
| Spezifische Energie         | W/R (kJ/Ω) | 10 000       | 5 600 | 2 500 |
| Durchschn. Steilheit        | kA/μs      | 200          | 150   | 100   |

Quelle: CEI/IEC 61024-1-1

Das Blitzschutzsystem von LM Glasfiber ist so ausgelegt, dass es die Anforderungen der internationalen Norm CEI/IEC Schutzklasse 1 erfüllt.

Die Auslegung der Blitzschutzvorrichtungen wird durch umfangreiche und anspruchsvolle Laborversuche in Originalgrößen erprobt und dokumentiert. Bei den Versuchen basierten die Testverfahren auf den neusten standardisierten Testprozeduren für Flugzeugkomponenten aus Kompositmaterialien. Diese Prozeduren wurden von den amerikanischen und europäischen Luftfahrt-Standardisierungsorganisationen entwickelt, d.h. SAE bzw. EUROCAE Aircraft Lightning Test Standard (Draft 27 August 2002 Revision A).



# Dokumentierter Schutz vor Blitzschlägen

Der LM Blitzschutz ist so ausgelegt, dass er den Blitz effektiv abfängt und sicher an die sonstigen Komponenten des Blitzschutzsystems der Windenergieanlage weiterleitet.

Mehrere Jahre intensiver Entwicklungsarbeit, Erfahrungen einer großen Installationsbasis sowie ausgedehnte Testläufe im Maßstab 1:1 im modernsten Hochspannungslabor sind die wichtigsten Eckpunkte bei der Entwicklung des LM Blitzschutzsystems.

Die Forschungsergebnisse, die nach den neuesten Testmethoden der Luftfahrtindustrie erzielt wurden, dokumentieren die Wirkung des Blitzschutzsystems.

Das LM Blitzschutzsystem erfüllt die höchsten Anforderungen der Schutzklasse 1 der internationalen CEI/IEC Standards, was einer Ableitung von 98% aller Blitze entspricht.

Unser Ziel war es, ein einfaches und robustes System mit der gleichen Nut-

zungsdauer wie beim Rest des Rotorblattes zu entwickeln. LM Blitzschutz ist somit das am besten dokumentierte, gründlichsten erprobte und das bewährteste System auf dem Markt.

## Beziehung von Stromparametern des Blitzes zu Schutzklassen

| Ausgewählter Blitzparameter |                        | Schutzklasse |       |       |
|-----------------------------|------------------------|--------------|-------|-------|
|                             |                        | 1            | 2     | 3     |
| Stromspitzenwert            | I (kA)                 | 200          | 150   | 100   |
| Gesamtladung                | Q <sub>total</sub> (C) | 300          | 225   | 150   |
| Spezifische Energie         | W/R (kJ/ )             | 10 000       | 5 600 | 2 500 |
| Durchschn. Steilheit        | kA/μs                  | 200          | 150   | 100   |

Quelle: CEI/IEC 61024-1-1

Das Blitzschutzsystem von LM Glasfiber ist so ausgelegt, dass es die Anforderungen der internationalen Norm CEI/IEC Schutzklasse 1 erfüllt.

Die Auslegung der Blitzschutzvorrichtungen wird durch umfangreiche und anspruchsvolle Laborversuche in Originalgrößen erprobt und dokumentiert. Bei den Versuchen basierten die Testverfahren auf den neusten standardisierten Testprozeduren für Flugzeugkomponenten aus Kompositmaterialien. Diese Prozeduren wurden von den amerikanischen und europäischen Luftfahrt-Standardisierungsorganisationen entwickelt, d.h. SAE bzw. EUROCAE Aircraft Lightning Test Standard (Draft 27 August 2002 Revision A).



# LM Blitzschutz – ein bewährtes System

Der LM Blitzschutz ist ein gründlich getestetes System, das aus zwei sorgfältig konzipierten Hauptkomponenten besteht: dem Blitzaufnehmer an der Blattspitze und einem leitfähigen Kabelsystem, das durch das Rotorblatt läuft. Die Blitzaufnehmer fangen den Blitzschlag ab, worauf das Kabelsystem die elektrische Ladung durch das Rotorblatt in den Turm und von dort aus weiter in die Erde leitet.

Die Blitzaufnehmer sind leitfähige Punkte und genau dort angebracht, wo der Blitzschlag das Rotorblatt tatsächlich trifft. Sie bestehen aus einer speziellen Metalllegierung, die über eine gute Leitfähigkeit und Widerstandsfähigkeit gegenüber sehr hohen Temperaturen verfügt. Obwohl die Oberfläche der Blitzaufnehmer bei vielen Blitzschlägen teilweise verdampfen kann, gewährleistet die spezielle Legierung, dass die Blitzaufnehmer mehrere Blitzschläge verkraften können, bevor sie ausgetauscht werden müssen. Verglichen mit früher verwendeten Materialien gewährleistet dies eine erheblich

längere Nutzungsdauer des Blitzaufnehmers und somit geringere Wartungskosten, da weniger Blitzaufnehmer nach Einschlägen ausgetauscht werden müssen. Dank seiner einfachen Konstruktionsweise lässt sich der Blitzaufnehmer bei Bedarf aber schnell austauschen.

Das Blitzableitungssystem ist das Kabelsystem, das die elektrische Ladung des Blitzes von den Blitzaufnehmern zum Blitzschutzsystem der Windenergieanlage leitet. Mit mehr als 45.000 installierten Blitzschutzsystemen verfügt LM Glasfiber über eine reichliche Erfahrung mit der Ableitung enormer Strommengen, ohne dass dabei andere leitfähige Komponenten betroffen werden. Zudem muss dafür gesorgt werden, dass die großen Magnetfelder, die sich bei der Ableitung des Stroms durch das Kabel bilden, keine Bauteile ablösen oder andere Schäden am Rotorblatt und dessen Ausrüstung verursachen.

Die Konstruktion des Systems gewährleistet einen optimalen Schutz vor Blitzschlagschäden. 98% aller Blitze werden aufgenommen und zur Erde abgeleitet, ohne Schäden oder Betriebsstörungen – Ihre Garantie für vorbildliche Betriebssicherheit während der gesamten Nutzungsdauer Ihrer Windenergieanlage.

## **Besserer Schutz für große Rotorblätter durch das LM MultiReceptor System**

Mit den immer größer werdenden Windkraftanlagen sind auch die Rotorblätter erheblich länger geworden. Durch die gewachsene Gesamthöhe der modernen Multi-MW-Windenergieanlagen vom Boden bis zur Blattspitze hat sich die Wahrscheinlichkeit von Blitzschlägen in der gesamten Rotorblattoberfläche erhöht, wohingegen kleinere Rotorblätter normalerweise nur an der Blattspitze getroffen werden.

Zur Vermeidung dieses Risikos wurde das LM MultiReceptor System entwickelt. Das

**LM Glasfiber MultiReceptor System**



System besteht aus mehreren Blitzaufnehmern, die sich auf beiden Seiten des Rotorblattes im Abstand von 20 m von der Rotorblattwurzel zur Blattspitze befinden, wie von DEFO R25 empfohlen. Jeder einzelne Blitzaufnehmer kann die gesamte Energie eines Blitzschlags zum Hauptkabel weiterleiten. In ihrer Gesamtheit bieten die Blitzaufnehmer des MultiReceptor Systems einen sehr viel besseren Schutz vor Blitzschlägen über die gesamte Länge der Rotorblattoberfläche und sind somit eine zuverlässige Lösung für große Windenergieanlagen, sowohl Offshore als auch an Land.

#### **DrainReceptor – die sichere Kombination**

Der DrainReceptor ist ein neuer Typ von Blitzaufnehmer, der nicht nur Blitze ableitet, sondern auch Kondenswasser austreten lässt.

Während des normalen Betriebs bildet sich im Inneren der Rotorblätter der Windkraftanlage Kondenswasser auf-

grund von Temperaturveränderungen in der Außenluft. Das Kondenswasser, das sich durch die Rotation der Rotorblätter an der Blattspitze sammelt, muss abgeleitet werden, damit es sich nicht auf die Leistung des Rotorblattes auswirkt. Außerdem besteht bei Rotorblättern, die zum Zeitpunkt eines Blitzschlags Feuchtigkeit enthalten, die Gefahr der Überhitzung, was zu einem enormen Dampfdruck und im schlimmsten Fall zur Explosion des Rotorblattes führen kann. Aus diesem Grund wurden bisher Wasseraustrittsöffnungen in das Rotorblatt integriert. Datenmaterial aus mehreren Jahren dokumentiert jedoch, dass in den Wasseraustrittsöffnungen die Gefahr von Blitzschlägen besteht. Durch die Kombination von Blitzaufnehmer mit Wasseraustrittsöffnung konnte dieses Risiko eliminiert werden.

Durch seine Platzierung an der äußersten Blattspitze trägt der DrainReceptor zum Schutz des am meisten gefährdeten Teils des Rotorblattes bei. Der DrainReceptor ist so konstruiert, dass er sich bei Bedarf leicht austauschen lässt.

Das System wurde von LM Glasfiber entwickelt und patentiert.

#### **Wertvolle Daten – dokumentierte Erfahrung**

Der LM Blitzschutz ist das Ergebnis einer zielgerichteten Forschungs- und Entwicklungsarbeit sowie dem langjährigen systematischen Aufbau von Erfahrungswerten.

Mit Hilfe von strengen Laborsimulationen extremer Blitzbelastungen konnte sichergestellt werden, dass das System und die einzelnen Bauteile korrekt konstruiert und ausgestaltet sind.

Der LM Blitzschutz umfasst auch eine Magnetkarte, die Blitzschläge registriert. Damit verfügen wir über eine umfangreiche und wertvolle Daten- und Erfahrungsgrundlage, die dokumentiert, dass eine statistisch auswertbare Anzahl von Rotorblättern wiederholt vom Blitz getroffen wurde, ohne dabei beschädigt zu werden.



**LM Glasfiber Blitzaufnehmer**  
Bedingt durch die einfache Konstruktion Blitzaufnehmern bei Bedarf ausgetauscht werden.



**LM Glasfiber DrainReceptor**  
Der DrainReceptor ist ein kombinierter Blitzaufnehmer und Wasseraustrittsöffnungen, der Blitze ableitet und Kondenswasser austreten lässt.

## Sicherheit und störungsfreier Betrieb

Alle Windenergieanlagen können vom Blitz getroffen werden. Für den Besitzer der Windenergieanlage kommt es in erster Linie darauf an, dass dies nicht zu Schäden oder Störungen beim normalen Betrieb führt.

Alle größeren LM Rotorblätter sind daher serienmäßig mit dem LM Blitzschutz ausgestattet. Dieser leitet selbst die stärksten Blitze kontrolliert durch das Rotorblatt nach unten zum Turm. Der Blitzschutz von LM ist das am gründlichsten erprobte und dokumentierte System, das derzeit auf dem Markt erhältlich ist. Es bietet Ihnen Sicherheit und die Gewährleistung eines störungsfreien Betriebs.

Als weltweit führender Hersteller von Rotorblättern für Windenergieanlagen sind wir uns stets unserer Verantwortung bewusst. Da die Erkenntnisse über das Blitzphänomen immer umfangreicher werden, sind in Zukunft auch noch bessere Schutzmaßnahmen möglich. Aus diesem Grund forschen wir auch weiterhin auf diesem Gebiet in enger Zusammenarbeit mit unseren Kunden und weltweit führenden Blitzschutz-Experten.

Mit LM Blitzschutz kann Ihre Windenergieanlage die Kräfte der Natur nutzen – ohne dass die Naturgewalten dabei die Windenergieanlage außer Betrieb setzen.

### **LM Glasfiber A/S**

Rolles Møllevvej 1  
DK-6640 Lunderskov  
Dänemark

Tel. +45 79 84 00 00  
Fax +45 79 84 00 01

info@lm.dk  
www.lm.dk