

## **Abschlußbericht des BMWi-Forschungsvorhabens**

# **Blitzschutz von Windenergieanlagen**

**Förderkennzeichen: 0329732**

### **Projektdurchführung:**

Universität der Bundeswehr München  
Fördergesellschaft Windenergie e. V.

### **Projektteilnehmer:**

Abeking & Rasmussen GmbH  
aerodyn Energiesysteme GmbH  
an windenergie GmbH  
Germanischer Lloyd  
HEW AG  
J.Knox – Generalagentur  
Nordtank Windkraftanlagen GmbH  
PreussenElektra AG  
RWE AG  
Schleswag AG  
Südwind Windkraftanlagen GmbH  
Vestas Deutschland GmbH  
Windenergiepark Westküste GmbH

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie unter dem Förderkennzeichen 0329732 gefördert.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

## Zusammenfassung

Die Auswertung der Blitz-Messungen am Fernmeldeturm auf dem Hohen Peißenberg hat ergeben, daß bei hohen Bauwerken mit einer jährlichen Einschlagzahl bis zu einigen 10 Blitzeinschlägen pro Jahr zu rechnen ist. Im Gegensatz zu relativ kleinen WEA, die nach der Statistik höchstens alle paar Jahre von einem Abwärtsblitz getroffen werden, können WEA in der MW-Klasse, deren Gesamthöhe mit der des Peißenberg-Turms vergleichbar sind, selbst Aufwärtsblitze auslösen, wodurch eine wesentlich größere Zahl von Einschlagereignissen erwartet werden muß. Aus den Blitzstrom-Messungen am Fernmeldeturm konnten Gefährdungskennwerte für Aufwärtsblitze festgelegt werden, die aufgrund der vergleichbaren Gesamthöhe zumindest für Standorte in höheren Lagen und für typische Mittelgebirgsstandorte auf große WEA übertragen werden können. Die Gefährdungskennwerte für Aufwärtsblitze unterscheiden sich dabei von den Gefährdungskennwerten für Abwärtsblitze.

Die Auswertung der im Zusammenhang mit den Blitzeinschlägen stehenden meteorologischen Daten hat ergeben, daß Einschläge in den Fernmeldeturm bevorzugt bei hohen Windgeschwindigkeiten und bei hoher Luftfeuchtigkeit, sowie bei Temperaturen um 0 °C auftreten. Im Gegensatz dazu wurden bei den Schadensereignissen, bei denen WEA betroffen waren, in der Regel wesentlich höhere Temperaturen registriert. Dies läßt sich damit erklären, daß die Blitzeinschläge in den Fernmeldeturm vorwiegend in den Wintermonaten, die Schadensereignisse in der Fragebogen-Datenbank dagegen vorwiegend in den Sommermonaten aufgetreten sind.

Aufgrund des entwickelten Fragebogens zur Auswertung von Blitzeinschlägen in WEA konnten 168 Schadensereignisse in eine Datenbank aufgenommen werden. Aus der Auswertung der Anlagendaten ergibt sich, daß es sich bei den von Blitzschlag betroffenen WEA überwiegend um ältere Anlagen mit Leistungen bis 750 kW und Gesamthöhen bis ca. 60 m handelt, die nicht mit einem Blitzschutzsystem für die Rotorblätter ausgestattet waren. Die Ergebnisse aus den Auswertungen der Fragebogen-Datenbank sind somit nur repräsentativ für relativ kleine WEA ohne Blitzschutzsystem und können nicht ohne weiteres auf WEA in der MW-Klasse übertragen werden. Aus der Verteilung der Einzelschäden geht hervor, daß die Rotorblätter am häufigsten betroffen waren. Außerdem ist ein Großteil der Einzelschäden an den steuerungs-, informations- und energietechnischen Anlagen aufgetreten. Bei den Schadensentwicklungen über die Jahre ist bei den Rotorblatt-Schäden ein leichter Abwärtstrend erkennbar, dem ein Aufwärtstrend bei den informationstechnischen Anlagen entgegensteht. Aufgrund der Blitzschäden, insbesondere bei Mehrfachschäden, sind zum Teil erhebliche Reparaturkosten, Ausfallzeiten und Ausfallkosten angefallen.

Durch Anwendung des Blitzkugel-Verfahrens wurden die gegenüber direkten Blitzeinschlägen potentiell einschlaggefährdeten Bereiche einer WEA ermittelt. Hierzu zählen insbesondere die Rotorblätter in nahezu voller Länge, der hintere Bereich der Gondel mit den darauf befindlichen Windmeßeinrichtungen und ein Teil des Turms. Die Auswertung der Einschlagstellen aus der Fragebogen-Datenbank zeigt, daß mit großem Abstand die Rotorblätter die häufigste Einschlagstelle darstellen. Direkte Blitzeinschläge in die Gondel, in die Windmeßeinrichtung und in den Turm treten nur mit einem relativ geringen Prozentsatz auf. Daraus ergibt sich, daß vor allem die Rotorblätter vor den Folgen direkter Blitzeinschläge zu schützen sind.

Für die Komponenten von WEA, und insbesondere für die Rotorblätter, wurde ein Prüfverfahren erarbeitet, das sich aus einer Hochspannungsprüfung, die auf MIL-STD 1757A basiert, und einer Hochstromprüfung, die auf VDE 0185 Teil 107 basiert, zusammensetzt.

Durch die Hochspannungsprüfung können die Wirksamkeit von Blitzfangeinrichtungen überprüft und mögliche Einschlagstellen ermittelt werden. Mit der Hochstromprüfung können Fang- und Ableiteinrichtungen mit naturgetreuen Blitzströmen beansprucht werden, um die mechanische und thermische Festigkeit zu überprüfen. Darüber hinaus können Schadensbilder, z.B. für einen Vergleich mit realen Blitzschäden, ermittelt werden.

Im Hochspannungslabor der Universität der Bundeswehr München (UniBwM) wurden an verschiedenen Rotorblattproben, die mit unterschiedlichen Blitzfang- und Ableiteinrichtungen ausgestattet waren, Hochspannungs- und Hochstromtests durchgeführt. Mit den Hochspannungstest wurde die Effektivität von heute üblicherweise verwendeten Fangeinrichtungen, wie Rezeptoren und metallenen Rotorblatt-Spitzen, überprüft. Mit den Stoßstrom- und Langzeitstrom-Tests wurden die Auswirkungen von Blitzentladungen auf die Fangeinrichtungen und die Ableitungen untersucht. Anhand der Versuchsergebnisse läßt sich feststellen, daß mit den heute üblichen Schutzsystemen die Rotorblätter von WEA vor schwerwiegenden Schäden geschützt werden können.

Als wirksame Maßnahme zum Schutz der Rotorblätter vor den Folgen eines direkten Blitzeinschlags eignen sich verschiedene Kombinationsmöglichkeiten von Blitzfang- und Ableiteinrichtung, die jeweils spezifische Vor- und Nachteile aufweisen. Prinzipiell kann bei Ableitungen, die im Inneren eines Rotorblattes laufen, ein Seiteneinschlag durch die Blattstruktur nicht ausgeschlossen werden, da nach dem „Blitzkugel“-Verfahren ein Großteil der Blattfläche eine potentielle Einschlagstelle darstellt und die GFK-Hülle keine ausreichende Barriere darstellt. Für einen umfassenden Schutz der elektrischen und elektronischen Einrichtungen bietet sich die Applikation des Blitz-Schutzzonen-Konzeptes an. Wird bereits bei der Planung einer WEA die Einteilung in verschiedene Blitz-Schutzzonen und die Beschaltung aller Versorgungsleitungen, die in eine Schutzzone eintreten, berücksichtigt, so ist erfahrungsgemäß die Schutzmaßnahme mit einem im Vergleich zu den gesamten Anlagenkosten geringem finanziellen Aufwand zu realisieren.

Mit Ende der Projektlaufzeit wurde durch ein Projekt-Team des internationalen Technischen Komitees 88 (TC 88), in dem auch die UniBwM vertreten ist, ein Entwurf für die neue IEC-Norm 61400-24 „Wind turbine generator systems - Part 24: Lightning protection for wind turbines“ vorgelegt. Der Normenentwurf liegt den Mitgliedern des TC 88 derzeit als „Committee Draft“ zur Stellungnahme vor.

Einige Fragen, die sich im Laufe des Projektes noch ergeben haben, konnten aus zeitlichen Gründen und mangels der dafür nötigen Daten nicht mehr behandelt werden. Damit verbleiben für die Zukunft noch einige interessante Aufgaben, die für den „Blitzschutz von WEA“ von Bedeutung sind. Eine der wichtigsten Aufgaben ist dabei die Ermittlung der Häufigkeit von Blitzeinschlägen in WEA mittels geeigneter Meßeinrichtungen. Auch der Einfluß der zunehmenden Zahl großer, moderner Anlagen auf die Schadensentwicklung sollte untersucht werden, um Rückschlüsse auf die Wirksamkeit von Schutzsystemen ziehen zu können.