



## Windkraft und Blitzgefahr – Naturgewalten im Widerstreit

### Vorspann

In den zurückliegenden Jahren hat der Markt für Windkraftanlagen (WKA) einen enormen Aufschwung erlebt. Angekurbelt durch Förderprogramme von Bund und Ländern, ist die Nutzung der Windenergie – spätestens mit Erlass des Stromeinspeisungsgesetzes, das den Betreibern feste Abnahmepreise für den erzeugten Strom garantiert – zu einem interessanten Geschäft geworden. Jedoch sind Finanzierung und Betrieb einer WKA nur dann möglich, wenn eine Versicherung abgeschlossen werden kann. Das Risiko, das die Versicherer mit dieser neuen und teilweise unerforschten Technologie eingegangen sind, scheint sich in zunehmendem Maße als ein „schlechtes“ zu erweisen: Besonders die Schäden durch Blitzeinschläge sind oft außerordentlich hoch und sorgen u.U. für negative Schadenquoten.

Erste Blitzschutzsysteme sind zwar auf dem Markt. Was jedoch fehlt, ist eine einheitliche Grundlage zur Zertifizierung und Beurteilung dieser Maßnahmen. Nur eine solche Grundlage ermöglicht es den Versicherern, das Risiko zu kalkulieren und zu entscheiden, ob man weitere Verträge für Windkraftanlagen abschließen kann.

### Allgemeine Angaben zu Windkraftanlagen

#### Trend zu immer größeren Anlagen

Es ist ein eindeutiger Trend in Richtung zunehmender Anlagengröße zu verzeichnen – Folge knapper werdender Standorte für WKA und der höheren Wirtschaftlichkeit großer Anlagen. So hat die Mehrzahl der neu errichteten WKA eine Leistung von mindestens 500 kW. Es werden jedoch auch schon erste Anlagen der Megawatt-Klasse (> 1.000 kW) aufgestellt: Rechtzeitig zum Beginn der Fachmesse „Husum – Wind 95“ nahm etwa ein Hersteller seine erste 1,5 MW-Anlage in Betrieb. Die Turmhöhen bewegen sich zur Zeit zwischen 40 und 50 m – auch hier ist jedoch mit einer steigenden Tendenz zu rechnen (55-70 m bei den Megawatt-Anlagen). Der meistverwendete Anlagentyp ist der 3-Blatt-Rotor, dessen einzelne Blätter fest mit der Nabe verschraubt sind. Die Leistungsbegrenzung erfolgt dabei durch einen Strömungsabriss bei Überschreiten der gewünschten Anströmgeschwindigkeit („Stall-Effekt“). Der Rotordurchmesser beträgt bei den 500 kW-Anlagen ca. 40 m, bei größeren Anlagen bis zu ca. 60 m. Über ein mehrstufiges Getriebe erfolgt der Antrieb eines Asynchrongenerators mit ein oder zwei festen Drehzahlen.

#### Der Wind – am besten im Norden

Die Anzahl aller im Bundesgebiet aufgestellten WKA läßt sich nur schätzen. Sie dürfte jedoch mittlerweile bei deutlich über 3.000 Anlagen liegen. Mehr als die Hälfte des Windstromes wird in Schleswig-Holstein erzeugt, wo im Mai 1995 die tausendste WKA in Betrieb genommen wurde. Hier stehen ca. 36 % der Anlagen, gefolgt von Niedersachsen (31 %), Nordrhein-Westfalen (12 %) und Mecklenburg-Vorpommern (6 %).

### Schadenbeschreibung und -statistik

#### Direkte und indirekte Blitzeinschläge

Grundsätzlich wird zwischen direkten und indirekten Blitzeinschlägen unterschieden. Bei erstgenannten findet der Einschlag direkt in die WKA und hier meist in eines der Rotorblätter statt. Unter einem indirekten Einschlag versteht man die Einwirkung der Überspannung aus dem Versorgungs-

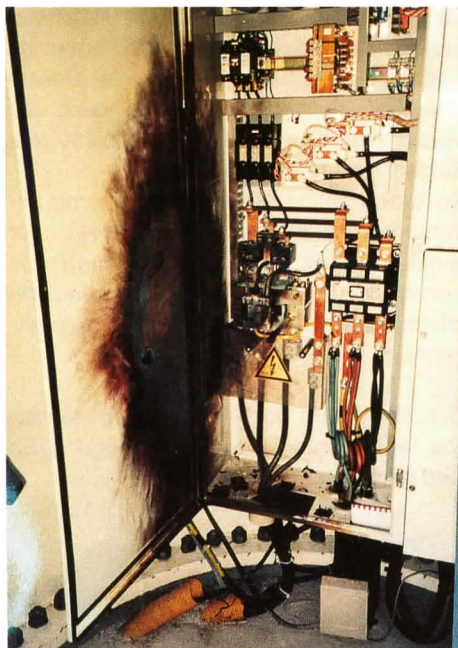


Durch Blitzeinschlag aufgespaltenes Rotorblatt einer WKA

netz durch einen weiter entfernten Blitzeinschlag.

Direkte Blitzeinschläge in WKA sind häufig mit aufsehenerregenden Bildern verbunden. Bei einem solchen Einschlag wird fast immer eines der Rotorblätter getroffen und – je nach Stärke des Blitzes – mitunter „explosionsartig“ zersprengt. Hierbei können Teile des Blattes bis zu mehrere hundert Meter weggeschleudert werden.

In einem solchen Fall, teilweise aber auch bei geringerer Beschädigung, ist eine komplette Demontage des betroffenen Blattes erforderlich, aus statischen Gründen oft auch der übrigen Blätter.



Schaden durch Blitzstromeinwirkung im Schaltschrank einer WKA

Der wohl bekannteste Schaden durch Blitzeinschläge ist an einer 1,2 MW-WKA auf Helgoland entstanden, die 1990 als größte Windkraftanlage Deutschlands für 14 Millionen DM errichtet wurde. Nachdem 1991 ein Blitzschlag einen Schaden von ca. 800.000 DM angerichtet hatte, beglich die Versicherung die Summe und kündigte. Es war nicht möglich, ein neues Versicherungsunternehmen zu finden, daß das Risiko übernehmen wollte. Nachdem ein zweiter Blitz die Anlage traf und einen ähnlich hohen Schaden verursachte, wurde die WKA 1995 abgewrackt.

### Zahlen und Daten

Um auf statistische Daten über den Betrieb von Windkraftanlagen – einschließlich Betriebsunterbrechungen und deren Ursachen – zurückgreifen zu können, war es am zweckmäßigsten, sich der Auswertungen aus Förderprogrammen zu bedienen. Daher wurden als wesentliche Arbeitsgrundlage die Jahresauswertungen 1993/94 des Instituts für Solare Energieversorgungstechnik – ISET – in Kassel herangezogen.

Vom ISET wird als technisch-wissenschaftlicher Teil des „250-MW-Programms“ des BMFT das sogenannte „Wissenschaftliche Meß- und Evaluierungsprogramm“ – WMEP – durchgeführt.

In diesem Programm waren Ende 1993 1059 Windkraftanlagen (1994: 1317 WKA) von 29 Herstellern erfaßt, also etwa 55% des seinerzeitigen (und nur schätzbaren) Gesamtbestands an WKA im Bundesgebiet. Anlagen, die ohne Förderungsmittel errichtet wurden, finden hier keine Berücksichtigung. Bei der Auswahl der Anlagen wurde Wert darauf gelegt, möglichst verschiedene Anlagentypen von verschiedenen Herstellern an unterschiedlichen Standorten zu erfassen, um einen repräsentativen Querschnitt zu erhalten.

Die Betreiber der durch dieses Programm geförderten WKA sind verpflichtet, dem ISET in regelmäßigen Abständen die Betriebsdaten sowie die Wartungs- und Instandsetzungsberichte ihrer Anlagen zu übermitteln, damit eine statistische Auswertung der Daten vorgenommen werden kann.

Bei der Auswertung der Störungsursachen fällt auf, daß Blitzschlag und Sturm weniger durch ihre Häufigkeit als vielmehr durch große Schadenhöhen und Repara-

**Blitzschlag als Störungsursache: selten, aber teuer**



turkosten ins Gewicht fallen (durchschnittlich über 10.000 DM):

- ▶ So war Blitzschlag im Jahre 1993 Störungsursache in 82 Fällen, was einem Anteil an allen Störungen von lediglich ca. 3,8 % entspricht.
- ▶ Bei der Auswertung der Wartungs- und Instandsetzungskosten ist Blitzschlag in der Gruppe der Kosten bis 10.000 DM schon mit 12 von 105 Fällen vertreten. Dies entspricht einem Anteil an den gesamten Schäden in dieser Kostengruppe von ca. 11 %. In der Gruppe der Kosten bis 50.000 DM ist Blitzschlag in 9 von insgesamt 14 Fällen die Schadensursache – das sind mehr als 64 % !

Diese hohen Reparaturkosten sind dadurch bedingt, daß durch Blitzschlag betroffene Rotorblätter meist ausgetauscht werden müssen. Dies erfordert – neben den eigentlichen Materialkosten – einen hohen technischen Aufwand.

- ▶ So ist bei direktem Einschlag in ein Rotorblatt mit mittleren Reparaturkosten von ca. 75.000 DM zu rechnen. Müssen bei einer Anlage mit Dreiblattrotor sogar alle drei Blätter ausgetauscht werden, belaufen sich die Kosten auf ca. 150.000 DM.

Schäden durch indirekte Einschläge (Überspannungsschäden) treten an den elektrotechnischen Komponenten der WKA auf. Sie verursachen im allgemeinen Reparaturkosten von ca. 5.000 DM. Es sind aber durchaus auch Kosten um ca. 20.000 DM möglich. Gegen diese Art von Schäden stehen ausreichende Schutzkonzepte zur Verfügung. Sie sind zwar noch nicht verbindlich vorgeschrieben, werden aber bereits teilweise bei der Zertifizierung, z.B. durch den Germanischen Lloyd, berücksichtigt.

Von 1992 bis 1994 wurden bei einer Gesamtzahl von 1302 WKA 258 Blitzeinschläge registriert, darunter 63 direkte Einschläge (meist in die Rotorblätter) und 195 indirekte Einschläge.

Die Gefahr des Blitzeinschlags bei Windkraftanlagen wächst mit der Größe ihrer Leistung und der Länge der Rotorblätter. Bei Anlagen im MW-Bereich mit einer Turmhöhe von bis zu 70 m und einer Rotorblattlänge von ca. 30 m stellen WKA zunehmend exponierte Anlagenteile dar

und sind somit potentielle Einschlagorte für atmosphärische Entladungen.

## Größte Blitzgefahr in den Mittelgebirgen

Die im WMEP erfaßten Anlagen stehen zu ca. 43 % in der Region Küstenstreifen, zu ca. 36 % in der norddeutschen Tiefebene und zu ca. 21 % im Mittelgebirgsraum.

Die regionale Verteilung der Blitzschäden steht hierbei im Verhältnis zur Häufigkeit der Gewitter, wie sie den Gewitterkarten z.B. des VDS oder des deutschen Wetterdienstes zu entnehmen ist. Hierin weisen die Küstenbereiche und die norddeutsche Tiefebene die geringste Anzahl jährlicher Gewittertage bzw. Blitze auf.

So ist auch eine deutliche Häufung von Blitzschäden für die Region Mittelgebirge zu erkennen.

Bezogen auf die Anzahl der Anlagen und deren Betriebszeit („WKA-Jahre“), entfallen ca. 60 % der Blitzschäden auf diese Region, während die Küste und die norddeutsche Tiefebene mit jeweils ca. 20 % betroffen sind.

## Bedeutung für den Versicherer

Die Zahl der neu errichteten – und damit zu versichernden – WKA ist rapide angestiegen. Für die Versicherer stellt sich zunehmend die Frage nach der Abschätzbarkeit des Risikos dieser Anlagen. In wachsendem Maße müssen die Gesellschaften erkennen, daß im Bereich der Versicherung von WKA nur allzuleicht „rote Zahlen“ geschrieben werden.

So waren schon 1993 der zweit- und der drittgrößte technische Versicherer der Bundesrepublik (Albingia u. Gerling) nicht bereit, die Risiken zum damaligen Prämienniveau und Deckungsumfang zu übernehmen.

Den Betreibern von WKA stehen zahlreiche Versicherungsarten zur Verfügung. So sind etwa durch

- ▶ Transportversicherung
- ▶ Montageversicherung
- ▶ Feuerversicherung
- ▶ Maschinenversicherung
- ▶ Garantiversicherung und

**Besonders leistungsstark – besonders einschlaggefährdet**

► Betriebsunterbrechungsversicherung nahezu alle vorstellbaren Risiken gedeckt.

Diese beinahe allumfassende Deckung durch die Versicherungen scheint bei Herstellern und Betreibern von WKA mitunter eine bedenkliche Laisser-faire-Haltung hervorzurufen:

Wie sonst ist es zu erklären, daß ein Mitarbeiter eines durchaus nicht unbedeutenden Herstellers von WKA – gefragt nach dem Blitzschutzkonzept seiner Anlagen – die Lösung in der Wahl eines „guten Versicherers“ sah.

Hierbei ist allerdings anzumerken, daß dieses während der Recherchen des IFS ein Einzelfall war und hoffentlich (!) nicht die Einstellung der Mehrheit der Anlagenhersteller widerspiegelt.

Nach einer nicht belegten Schätzung des ISET werden ca. 80 % der von den Versicherern erstatteten Aufwendungen für Blitzschäden geleistet.

Gerade das Problem des Blitzschlagrisikos gilt es zu lösen. Bis heute existieren keine Blitzschutzkonzepte, die sich erwiesenermaßen in der Praxis bewährt und ausreichenden Schutz geboten haben.

## Blitze – gewaltig, aber nicht unerklärlich

Blitze sind i.a. multiple Ereignisse. Sie bestehen aus einem ersten Teilblitz und mehreren Folgeblitzen, die – im Vergleich zur ersten Teilentladung – über geringere Amplituden, aber auch kürzere Stirnzeiten verfügen.

Das heißt, daß der zeitliche Anstieg eines Blitzfolgestromes zum Teil wesentlich höher ist als der Anstieg der Hauptentladung.

### Aufwärts- und Abwärtsblitze

Prinzipiell unterscheidet man zwischen Aufwärts- und Abwärtsblitzen. Aufwärtsblitze zeichnen sich dadurch aus, daß die erste Entladung des Blitzes aufwärtsgerichtet ist, also in Richtung Gewitterwolke. Diese Art von Entladung stellt sich häufig bei hohen Türmen, Sendemasten usw. ein. Nach Ausbildung des Entladungskanals können in diesem Kanal Blitzfolgestrome von der Gewitterwolke zur Erde gerichtet fließen (Abwärtsblitze).

Bei Gebäuden, die nicht über vergleichbar hohe, exponierte Teile wie etwa Türme verfügen, sind überwiegend Abwärtsblitze zu verzeichnen.

### ► Für Abwärtsblitze gilt:

Die Entladung besteht nicht nur aus einem Stromimpuls, sondern auch aus einem sich anschließenden, etwa konstanten Langzeitstrom.

► Bei Aufwärtsblitzen, also Blitzstromentladungen in entgegengesetzter Richtung, fließt der Langzeitstrom vor dem Blitzstromimpuls. In beiden Fällen liegt der typische Stromwert des Langzeitstromes um etwa 100 A bzw. hat eine Zeitdauer bis etwa 500 ms.

### Blitzstromparameter

In der Verteidigungs-Gerätenorm VG 96901 bzw. der IEC 1024-1 sind Blitzstromparameter angegeben, die bei der Auslegung von blitzgefährdeten Anlagen zugrunde zu legen sind.

Die IEC Schutzklasse III-IV ist identisch mit der VG Bedrohungs-kategorie „normal“ und legt folgende Parameter fest:

Erster Teilblitz					Folgeblitz				Langzeitstrom	
$\hat{i}$	T1	T2	Qs	W/R	$\hat{i}$	T1	T2	$\hat{i}/T1$	Ql	T
kA	$\mu$ s	$\mu$ s	C	MJ/Ü	kA	$\mu$ s	$\mu$ s	kA/ms	C	s
100	10	350	50	2,5	25	0,25	100	100		100

Mitunter wird auf noch größere Blitzbedrohungs-werte hingewiesen. Bei ihnen werden Amplituden bis zum doppelten Wert der in o.a. Tabelle angegebenen Scheitelwerte genannt. Dies entspricht der VG Bedrohungs-kategorie „Hoch“ bzw. IEC Schutzklasse I. Auch die Blitzstromsteilheiten und Ladungsmengen sind dann mit dem doppelten Wert angegeben. Allerdings ist die Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens sehr gering.

Generell werden bauliche Anlagen zum Schutz vor Blitzeinwirkung mit einer Äußeren und Inneren Blitzschutzanlage versehen – entsprechend dem nationalen und internationalen Stand der Technik und Normung.

Die Äußere Blitzschutzanlage umfaßt hierbei die Maßnahmen zum Einfangen des Blitzes, das Ableitungssystem und die Erdungsanlage. Die Maßnahmen des Inneren Blitzschutzes sind dagegen die Schaf-

- $\hat{i}$ .: Scheitelwert des Blitzes
- T1.: Stirnzeit
- T2.: Rückenhalbwertzeit
- Qs.: Ladungsmenge des Blitzstoßstromes
- Ql.: Ladungsmenge des Langzeitstromes
- W/R.: spezif. Energie des Blitzstromimpulses (Blitzstrom · Quadratimpuls)

## Allgemeines zum Blitzschutz



fung eines Blitzstrom-Potentialausgleiches, der durch den Blitzeinschlag entstehende Potentialdifferenzen reduziert. Ferner gehören zum Inneren Blitzschutz Maßnahmen wie Schirmung, Überspannungs- und Überspannungsschutz.

In den einschlägigen Errichtungsbestimmungen werden die Ausführungsformen der Fangeinrichtung und des Ableitungssystems – wie die Anzahl der Fangstangen und Ableitungen usw. – umfassend angegeben. Gleiches gilt für die Erdungsanlage. Diese Empfehlungen gelten jedoch nicht für bauliche Anlagen mit rotierenden Anlagenteilen – wie etwa Windkraftanlagen.

## Schutz vor Blitzschäden

Die Fragestellung, wie man WKA vor Blitzschäden schützen kann, gewinnt zunehmend an Bedeutung.

### Viel Bewegung auf dem Markt für Blitzschutzgeräte

Einige Hersteller bieten schon seit längerem „Blitzschutzsysteme“ an, deren Wirksamkeit sie auch eifrig verfechten. Andere Hersteller wiederum entwickeln kein Schutzsystem im Sinne einer blitzstromtragfähigen Ableitvorrichtung. Sie versuchen, durch die Verwendung von möglichst wenig Metall in den Rotorblättern die Einschlagwahrscheinlichkeit eines Blitzes herabzusetzen.

Jedoch zeichnet sich bereits ab, daß diese Variante des „Blitzschutzes“ nicht erfolgreich ist. Die zunehmende Bedeutung dieser Problematik hat dazu geführt, daß immer mehr Hersteller an der Realisierung eines Blitzschutzkonzeptes arbeiten.

Die nunmehr auf dem Markt befindlichen Systeme gleichen sich im Grundprinzip. Ihnen gemeinsam sind blitzstromtragfähige Ableitungen, die sich jedoch in einzelnen technischen Details unterscheiden.

Inwieweit sich die einzelnen Systeme bewährt haben, ist nur schwer zu belegen. Lediglich zwei Hersteller behaupten ganz konkret, daß „trotz mehrerer Blitzeinschläge keine Probleme auftraten“. Ob diese Aussagen allerdings wissenschaftlich untermauert und somit verwertbar sind, ist nicht zu sagen. Die anderen Hersteller, die Blitzschutzmaßnahmen ergriffen haben, berufen sich lediglich darauf, daß trotz einer großen Anzahl in Betrieb befindlicher Anlagen keine Schäden durch Blitzein-

schläge zu verzeichnen sind; es ist allerdings nicht bekannt, ob es tatsächlich auch schon zu Einschlägen gekommen ist. Andere Hersteller wiederum rüsten ihre Anlagen erst seit so kurzer Zeit mit Blitzschutzsystemen aus, daß noch keine Erkenntnisse vorliegen.

Auch von seiten anderer Institutionen, die sich mit der Windkraft auseinandersetzen, wie z.B. die Versicherer oder das ISET, ist noch kein statistisches Material über eine Wirksamkeit der Blitzschutzmaßnahmen erhältlich. Diese Systeme sind für fundierte Aussagen noch zu wenig erprobt.

Ein Hersteller hat die Fachhochschule Kiel mit der Entwicklung eines Blitzschutzsystems beauftragt. Hierzu sind im hiesigen Hochspannungslabor umfangreiche Untersuchungen durchgeführt worden.

Mögliche Blitzschutzmaßnahmen werden im folgenden dargestellt:

### Anlagenschutz und Geräteschutz

Beim Schutz von Windkraftanlagen sind grundsätzlich zwei Maßnahmenpakete durchzuführen:

Erstens zum Schutz der baulichen Anlage einschließlich Rotorblätter, Lager, Gondel und Nabe.

Und zweitens zum Schutz der elektrischen Anlage einschließlich der Meß-, Steuer- und Sensorleitungen sowie der elektronischen Systeme im Bereich der Gondel und der Betriebsanlage.

### Anlagenschutz

Die mit Blitzschutzeinrichtungen ausgestatteten Windkraftanlagen sind teilweise mit Blitzableitssystemen im GFK- bzw. CFK-Blatt – Glasfaser- bzw. Kohlenstoffaser-verstärkte Kunststoffe – versehen. Diese Ableitssysteme bestehen beispielsweise aus einem Metallgeflecht („mesh“), so daß der Blitz von der Einschlagstelle entlang des Blattes bis zur Erde weitergeleitet werden kann.

Die Einschlagstelle im Rotorblatt kann hierbei die Rotorblattspitze sein, da sie häufig aus Metall besteht, oder auch die Metallgeflechtbahn bzw. Ableiterbahn entlang des Blattes.

Zweifellos ist die Einschlagwahrscheinlichkeit eines Blitzes in die Blattspitze größer als in die Blattseite. Auszuschließen aber ist der Seiteneinschlag nicht – wie die Untersuchungen im Hochspannungslabor der FH Kiel an Nachbildungen von Windkraftanlagen gezeigt haben.

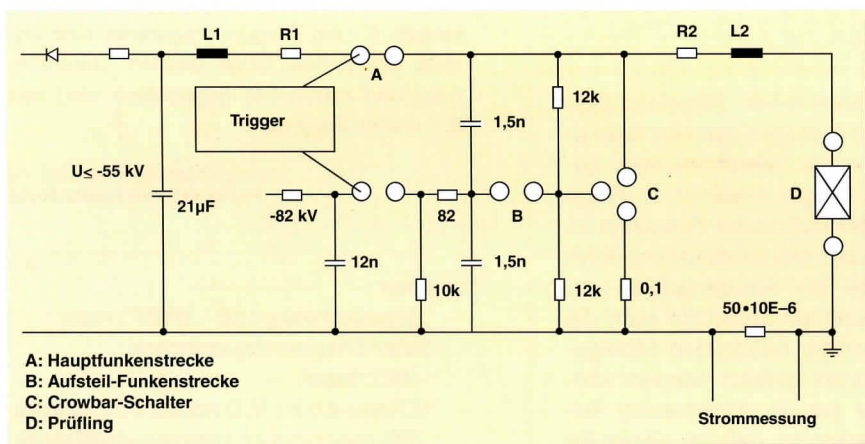
Bei diesen Untersuchungen wurde folgendes deutlich:

- ▶ gerade die Übergangsstellen von einer metallischen Blattspitze zur Blitzstromableitbahn entlang des Rotorblattes sind besonders zu beachten
- ▶ die in ein Rotorblatt eingebrachten Metallgeflechtbahnen zeigen je nach Material, Verarbeitung und Stärke teilweise sehr unterschiedliches Verhalten bei Blitzstromeinkopplung. Um hier die richtige Wahl zu treffen, empfiehlt sich stets ein Labortest unter Einkopplung eines simulierten Blitzstromes entsprechend der Parametertabelle (siehe Seite 19).

### Geräteschutz

Zum Schutz der elektronischen Systeme in einer WKA ist ein sog. EMV-Schutzzonensystem zugrunde zu legen. Hierzu ist die gesamte Anlage in unterschiedliche Schutzzonengebiete aufzuteilen – von den einem Blitzschlag direkt ausgesetzten Bereichen bis hin zu den empfindlichen Elektronikbereichen, in denen allenfalls eine erhöhte Spannung induziert werden kann.

An den einzelnen Schnittstellen des EMV-Schutzzonensystems sind je nach den auftretenden Bedrohungswerten Blitzstromableiter, überspannungsbegrenzende Bausteine oder Filter einzusetzen.



Schaltbild des Blitzstoßstromgenerators der FH Kiel

Um Verschweißungen an der Rotornabe bzw. den Lagern der WKA zu vermeiden, werden teilweise Parallelpfade über blitzstromtragfähige Funkenstrecken gewählt. Der Blitzstrom wird hierüber und über den in Reihe liegenden Stahlurm der WKA zur niederimpedanten Anlagenerde weitergeleitet.

Wie in jedem Gebäude dienen die Maßnahmen des Einfangens und Ableitens eines Blitzstromes dem Anlagenschutz. Bei blitzstromtragfähiger Auslegung der Fang- und Ableitbahnen bzw. der Übergangsstellen einer Windkraftanlage können Schäden an der Gesamtanlage vermieden oder aber zumindest gering gehalten werden.

Bei einem Direkteinschlag einer atmosphärischen Entladung in ein Rotorblatt oder die Gondel der WKA können die Einschlagspuren selbst bei Blitzstromamplitudenwerten im 100 kA-Bereich relativ problemlos beseitigt werden.

Häufig bietet sich der Schutz von Sensorleitungen durch doppeltgeschirmte Kabel an oder der Schutz von Datensystemen durch Einsatz von Glasfaserstrecken.

Um den zuverlässigen Betrieb einer Windkraftanlage auch bei Gewittereinwirkung zu gewährleisten, sind folgende Faktoren zu beachten:

- ▶ es ist eine sorgfältige blitzstromtragfähige Auslegung der Rotorblätter mit kombinierter Fang- und Ableiteinrichtung vorzusehen
- ▶ zum dauerhaften Schutz der Rotornabe bzw. der Lager können Blitzstrompfade verwendet werden, die an diesen Anlagenteilen vorbeiführen
- ▶ der Schutz der elektronischen Systeme ist über spannungsbegrenzende, stromableitende Schutzkomponenten, Filter, doppeltgeschirmte Kabel- bzw. Glasfaserstrecken für Sensorleitungen vorzunehmen

**Noch einmal:  
Wie der Blitz gebändigt werden kann**



- ▶ im Interesse eines zertifizierbaren Blitzschutzkonzeptes empfiehlt sich der Test der Blitzschutzmaßnahmen in einem neutralen Prüflabor. Hier können Blitzeinschläge mit den in der Praxis auftretenden Parametern eingestellt werden. Nur so kann sichergestellt werden, daß eine Windkraftanlage auch bei direktem Blitzeinschlag zuverlässig betrieben werden kann und kein Funktionsausfall auftritt.

Insgesamt ist davon auszugehen, daß ein Blitzeinschlag durch die genannten Schutzmaßnahmen nicht verhindert wird, jedoch der Schädenumfang und damit die Reparaturkosten erheblich reduziert werden.

## Fazit

Die Schäden durch Blitzeinschläge in Windkraftanlagen nehmen Ausmaße an, die die Versicherbarkeit dieser Technologie ernsthaft in Frage stellen. Der technische Fortschritt im Bereich der Windkraftnutzung führt dazu, daß die Anlagengrößen zunehmen und als Standorte auch die bisher weniger beachteten Mittelgebirgsregionen genutzt werden können. Aber gerade diese beiden Tatsachen bewirken, daß das Risiko für Blitzeinschläge noch höher wird, als es ohnehin schon ist.

Versicherer und Hersteller haben die Problematik erkannt und suchen nach Auswegen. Erste durchaus erfolgversprechende Blitzschutzkonzepte sind auf dem Markt. Es fehlt jedoch eine einheitliche Grundlage zu deren Bewertung. Da sich diese Technologie noch in der Entwicklung befindet, gibt es bisher keine verbindlichen Vorschriften zum Blitzschutz.

Die vorhandenen Konzepte gilt es nun auf ihre Tauglichkeit zu testen, um mit den hieraus gewonnenen Erkenntnissen eine einheitliche Zertifizierungsgrundlage zu schaffen.

Diese Grundlage gäbe dann den Versicherern eine klare Entscheidungshilfe, wie stark man sich zukünftig auf dem Markt für Windkraftanlagen engagieren will.

## Ein Blick auf zukünftige Forschung

Es besteht Forschungsbedarf, um weitere mögliche Blitzschutzkonzepte zu entwickeln, vorhandene zu verbessern oder auch deren Wirksamkeit zu testen. An einem möglichen Forschungsprojekt sollten sich neben dem BMBF (ehemals BMFT) auch die Hersteller und Betreiber von WKA und evtl. die Kreditinstitute/Versicherer beteiligen. Zur technischen Durchführung bieten sich mehrere Institutionen, wie z.B. die Fachhochschule Kiel oder die Universität der Bundeswehr München an. Denn sie verfügen in ihren Hochspannungslabors über Einrichtungen zur Simulation von Blitzen. Erste Anzeichen und konkrete Vorstellungen für ein Forschungsprojekt sind bereits erkennbar. Über dessen Durchführung und eventuelle Ergebnisse wird das IFS weiter berichten. ◀

Dipl.-Ing. (FH) Michael Marten, IFS, Kiel  
Prof. Dr.-Ing. Klaus Scheibe, FH Kiel

## Literatur

- „Jahresauswertung 1993 – WMEP“, Institut f. Solare Energieversorgungstechnik – ISET, Kassel
- M. Hoppe-Kilpper, M. Durstewitz – ISET, Kassel: „Blitz- und Überspannungsschutz von Windkraftanlagen – Statistische Auswertungen aus dem 250 MW-Programm“
- P. Bollmann – Allianz, Hamburg: „Möglichkeiten der Risikovorsorge bei Windkraftanlagen“, Der Maschinenschaden 65 (1992)
- „Risikobeurteilung für Windkraftanlagen aus Sicht der Versicherungswirtschaft – am Wendepunkt?“, Wind Kraft Journal 2/93
- W. Eggersgluß, Landwirtschaftskammer S-H: „Windenergie: Eine Zwischenbilanz“, top agrar 3/94
- „Schleswig-Holstein: Tausendste Anlage in Betrieb“, Wind Energie Aktuell 6/95
- „Windkraftanlagenbetrieb im Binnenland“ – ISET, Kassel; Wind Energie Aktuell 6/95
- H. Häuser, J. Keiler – Ingenieur-Werkstatt Energietechnik: „Monatsinfo 4/95“
- W. Eggersgluß, Landwirtschaftskammer S-H: „Stürmische Entwicklung hält an“, Bauernblatt Heft 36, 1995
- Germanischer Lloyd: „Richtlinie für die Zertifizierung von Windkraftanlagen“ – 1993; „Ergänzung zur Richtlinie für die Zertifizierung von Windkraftanlagen“ – 1995
- „Protection of structures against lightning“, International Standard, IEC 1024-1, 1990-03