

Rotorblattschäden an Windenergieanlagen



AZT - Expertentage 2001

Dipl. Ing. Helmut Krüger Allianz Versicherungs-Aktiengesellschaft, VG - Hamburg

1. Allgemeines

Rotorblätter sollen unter extremen Bedingungen 20 Jahre und länger dauerhaft sein, sollen leicht zu fertigen sein und ein geringes Gewicht aufweisen. Da diese Forderungen nicht immer erfüllt wurden, ist an den bisher eingetretenen Schäden und Verschleißerscheinungen deutlich geworden. Mehrfach mussten bereits

Hersteller zu Nachrüstungen an ausgelieferten Blattsätzen antreten. Periodische Kontrollen und Pflege der Rotorblätter sind in der Praxis unerlässlich geworden.

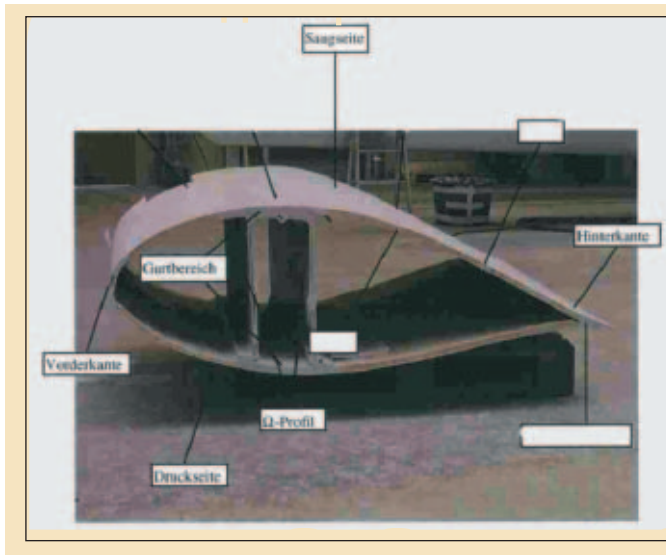
Rotorblätter gehören zu den kostenintensiven Bauteilen einer Windenergieanlage.

Dies gilt sowohl für Neuanlagen als auch für Instandsetzungskosten.

Kleine bis mittlere Schäden und Verschleißerscheinungen können in der Regel vor Ort instandgesetzt werden. Hierzu müssen die Außentemperaturen über 16°C liegen. Wind und Luftfeuchtigkeit weiterhin eine Reparatur zulassen. In der Praxis sind damit vor Ort Reparaturen nur von Mai bis September möglich.

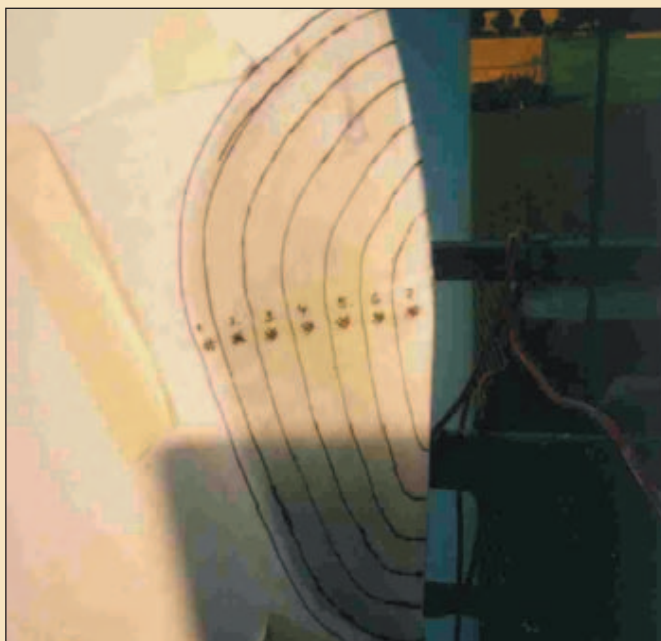
Schäden, deren Ausmaße unbekannt sind und strukturelle Schäden erlauben nur eine Reparatur in einem Fachbetrieb. Bei diesen Instandsetzungsarbeiten wird eine De- und Remontage der Blätter notwendig.

Dem Reparaturbetrieb müssen Konstruktionsunterlagen über den Aufbau des Blattes vorliegen. Ferner muss bekannt sein, welche strukturellen Besonderheiten zu beachten sind. Mit den gestiegenen Anlagengrößen ist auch die Größe der Rotorblätter stetig gewachsen. In der Homepage eines Blatherstellers wird dies durch die angegebene Fertigungspalette sehr deutlich; Rotorblätter von 14 m bis nahezu 40 m Blattlänge wurden bisher gefertigt. Neueste Entwicklungen für den Offshore-Einsatz werden



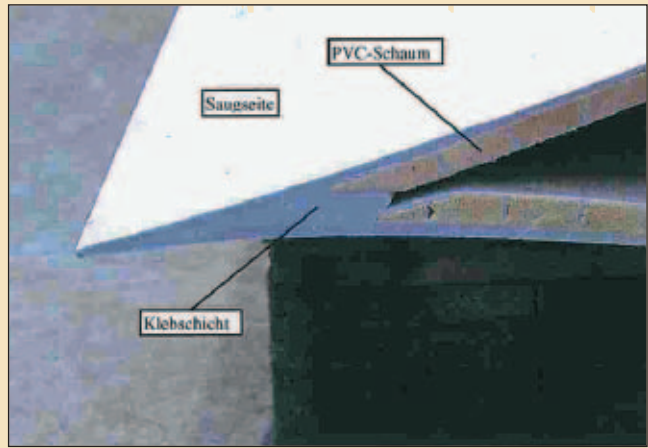
Blattquerschnitt 600 kW

Reparaturen an der Anlage





Rotorblattaufbau 600 kW



Querschnitt Hinterkante



Blitzeinschläge in die Blitzschutzkappe

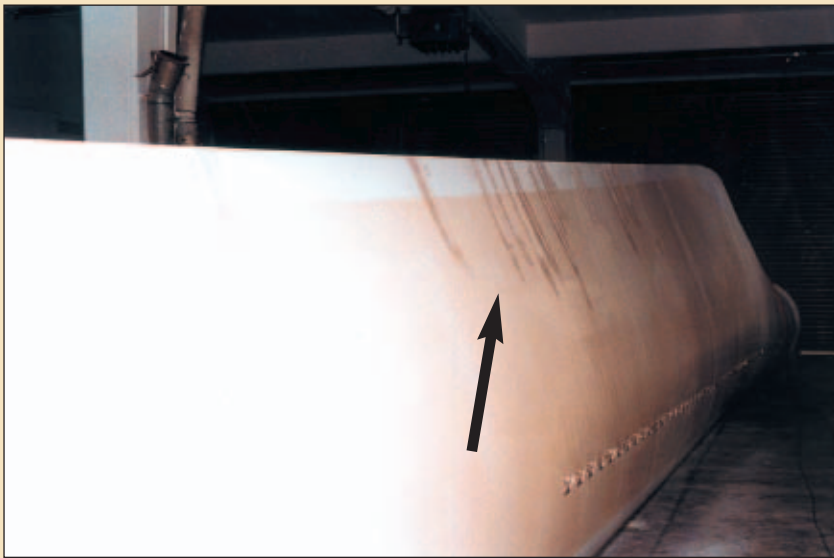


Hinterkantenquerrisse

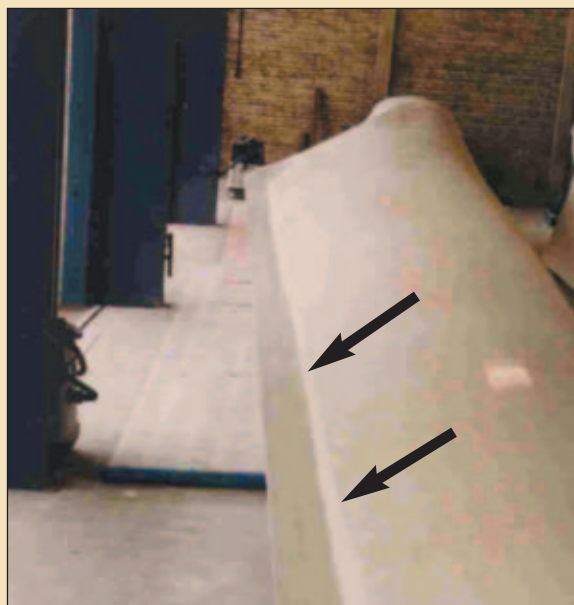
Blattlängen von über 40 m aufweisen und befinden sich bereits im Fertigungsstadium. Rotorblätter werden in der Regel aus GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff) hergestellt.

Glasfasermatten werden mit Kunststoffen wie Polyesterharzen oder auch Epoxydharzen getränkt. Alternativ zu den Glasfasermatten können auch ganz oder teilweise Kohlefasern zum Einsatz kommen. Unterschiede

liegen in den Festigkeitswerten, den Fertigungsprozessen und den Kosten. Epoxydsysteme sind teurer und stellen höhere Fertigungsanforderungen, haben aber den Vorteil der besseren mechanischen Eigenschaften, woraus

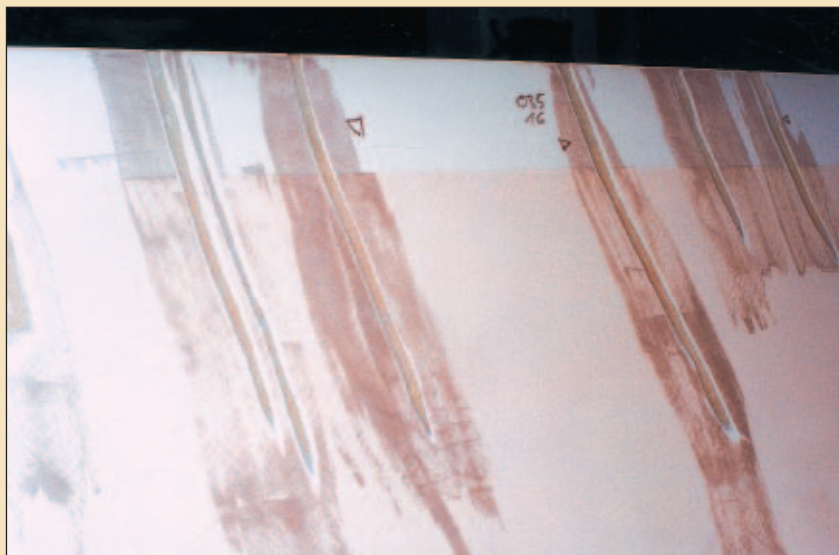


Hinterkantenquerrisse an einer 600 kW Anlage



**WEA 600
Reparatur von
Hinterkantenrissen
Reparaturschäftung**

Hinterkantenquerrisse im Detail



geringere Blattgewichte resultieren. Gängige Rotorblätter bestehen aus Ober- und Unterschale, die durch einen Längssteg mit Querrippen verstärkt sind.

Die Blattoberfläche besteht entweder aus einer Gelcoatschicht oder einer mehrschichtigen Lackierung. Die Blatterstellung geschieht größtenteils in Handarbeit.

2. Schäden an Rotorblättern

Anfang der 90iger Jahre gab es erhebliche Probleme mit Blitzschlägen an Rotorblättern. Rotorblätter wurden erst ab Mitte der 90iger Jahre mit einem Blitzschutzsystem ausgerüstet. Führten Blitzschläge an Blättern ohne Blitzschutzeinrichtungen nicht selten zum Totalschaden, so kann das Thema Blitzschutz an Rotorblättern heute als gelöst angesehen werden. Selbst bei hoher Blitzintensität kommt es in der Regel nicht zu gravierenden Rotorblattschäden.

Die heute typischen Blitzschäden sind Blattspitzenschäden, verursacht durch direkten Einschlag und Druckschäden infolge des Temperaturanstieges in der Blattspitze beim Blitzeinschlag.

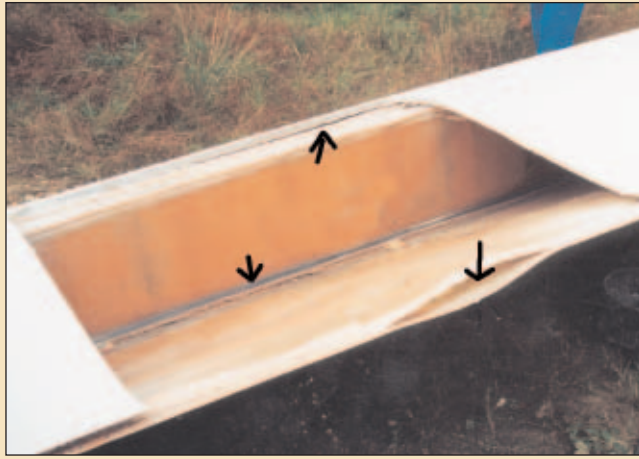
Meistens werden die Blitze jedoch sicher abgeleitet.

Geänderte Rotorblattprofile mit möglichst geringen Blattgewichten verringerten die Steifigkeit der Profile und brachten ein verändertes Schwingungsverhalten mit sich. Durchbiegungen in Schlag- und Schwenkrichtung wurden größer.

Blattkontakte mit dem Turm waren zu verzeichnen. Auch dieses Problem konnte gelöst werden.

Mitte der 90iger Jahre wurde die 500/600 kW WEA-Generation in großen Stückzahlen errichtet. Auch dieser Generationssprung brachte neue bisher unbekannte Erkenntnisse und ging nicht ohne Schäden vorüber. Blätter wurden mit möglichst dünnen Blatthinterkanten gefertigt, Querrisse waren die Folge. Diese Blätter müssen teilweise noch saniert werden, da die vorgesehene Lebensdauer ohne eine Sanierung der Schäden und Verschleißerscheinungen mit gleichzeitiger Verstärkung der Blätter nicht erreicht werden kann. Eine Demontage der Blattsätze ist für diese umfangreichen Arbeiten notwendig.

Risse und andere Schäden an Rotorblättern können praktisch in allen



Totalschaden durch Schwingungen



Querrisse an der Blattwurzel



Reparatur von Querrissen an der Blattwurzel

- Blattbereichen auftreten:
Bekannte Erscheinungsformen sind:
- Vorder- und Hinterkante**
 - **Längsriss in der Verklebung**
 - **Querrisse auf einer Blattseite und umlaufend**
 - Saug- und Druckseite**
 - **Querrisse über volle Profiltiefe**
 - **Spinnweben**
 - **Schwingungsbruch**
 - **Ablösung / Abplatzung der Gelcoat Schicht**
 - Flansch**
 - **Risse im Flanschbereich**
 - Blattspitze**
 - **Blitzeinschläge in Blitzschutzkappe**
 - Steg**
 - **Risse / Ablösung in der Verklebung**



Vorderkanten Längsriss

Aeroelastische Schwingungen bei langen schlanken Rotorblättern traten bei Nennlast in bestimmten Betriebspunkten auf und führten zu Schäden bis hin zum Totalverlust von Rotorblättern. Die betroffenen Anlagentypen mussten mit Beschleunigungsaufnehmern nachgerüstet werden. Bei Überschreitung des Grenzwertes werden die Anlagen in einen sicheren Betriebszustand abgebremst bzw. stillgesetzt. Entsprechende Überwachungs- und Steuereinrichtungen sowie Schwingungsdämpfer in Rotorblättern sind bei Neuanlagen heute Standard. Schäden aus aeroelastischen Schwingungen können mit diesen Techniken weitestgehend vermieden werden.

Fehler waren weiterhin bei der Rotor-

blattherstellung zu verzeichnen. Durch Verklebungsfehler kam es zu diversen Blattschäden. Eine Reparatur war bei den betroffenen Blattsätzen vielfach nicht möglich. Die Blätter konnten nur noch entsorgt werden. Blattbolzenbrüche, mit und ohne Totalverlust des Blattes, waren ebenso zu verzeichnen.

Auch Blätter der Megawattgeneration bleiben nicht von Schäden und Nachrüstmaßnahmen verschont. Diverse Schäden an diesen Blättern sind bekannt. Aus Veröffentlichungen in jüngster Vergangenheit sind Nachrüstmaßnahmen zur Blattverstärkung zu entnehmen.

3. Vorschau

Zur Lebensdauer von Rotorblättern lassen sich gegenwärtig noch keine genauen Aussagen machen, da nur wenige Blätter mehr als ein Jahrzehnt in Betrieb sind. Insbesondere bei den großen Blättern weichen zudem Bauweise und Ausführung von den ersten Generationen vollständig ab. Herstellerbedingte Qualitätsunterschiede sind ebenfalls zu verzeichnen. Diese führen zu unterschiedlich hohen Instandhaltungsaufwendungen.

Kaum eine Branche boomt derzeit so wie die Windindustrie.

Permanent hohe Auftragszahlen für Neuanlagen und der hieraus resultierende Fertigungsdruck haben zu Herstellungs- und Qualitätsmängeln geführt. Diese gilt es zukünftig weitestgehend zu vermeiden.

Der zudem bestehende Fachkräftemangel konnte bisher nicht zufriedenstellend beseitigt werden. Auch hier muss es gelingen, kurzfristig Abhilfe zu schaffen.

Ein großes Problem bereitet Betreibern wie Versicherern, dass bereits heute einzelne Formen zur Herstellung von Rotorblättern nicht mehr verfügbar sind und weiterhin in vielen Fällen keine Lagerhaltung von Reserveblättern betrieben wird. Im Schadenfall sind hiermit hohe Wiederherstellungs- und Ausfallkosten verbunden.

Im Einzelfall kann dies dazu führen, dass Anlagen als nicht mehr versicherbar gelten.

Vorausschauend kann sicherlich gesagt werden, dass alle technischen Weiterentwicklungen Risiken bergen, die nicht immer mit den bekann-



Universität Stuttgart

An der **Universität Stuttgart** ist in der **Fakultät Luft- und Raumfahrttechnik** am **Institut für Flugzeugbau** zum nächstmöglichen Termin die Stelle eines/einer

Universitäts-Professors/-Professorin der BesGr. C4 auf Zeit

im Rahmen einer Stiftungsprofessur mit dem Schwerpunkt Windenergie (WE) zu besetzen. Am Institut für Flugzeugbau soll mit dieser Professur die Tradition der Lehre und Forschung auf dem Gebiet der Windenergie von Professor Ulrich Hütter fortgesetzt werden.

In der Lehre wird die Fortsetzung und der Ausbau der Übersichtsvorlesung "Nutzung regenerativer Energien" und der Vorlesung "Freifahrende Turbinen, Windenergie" erwartet. In der Forschung sollen Schwerpunkte in der Gesamtsystem-Auslegung von Freifahrenden Turbinen auf konstruktivem Gebiet, in der Aerodynamik und hier besonders auf dem Gebiet der Schallentwicklung, sowie bei der Qualitätssicherung und Erhöhung der Lebensdauer gesetzt werden. Dazu wird die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit den in der Fakultät angesiedelten anderen Instituten und Professuren, wie z.B. der Aerodynamik, der Statik und Dynamik, des Leichtbaus, der Faserverbund-Technologie und der Regelungstechnik erwartet. Zusammen mit der Windenergie-Industrie unter der Beteiligung von Anlagenbetreibern sollen Forschungsprojekte hinsichtlich der Lebensdauerprobleme, des Betriebes, der Ertragsoptimierung und der Wartung von Anlagen initiiert und bearbeitet werden.

Einstellungsvoraussetzungen sind ein abgeschlossenes Studium an einer wissenschaftlichen Hochschule, pädagogische Eignung, Promotion und Habilitation oder der Nachweis gleichwertiger wissenschaftlicher Qualifikation. Eine Mitarbeit der/des BewerberInen in den Fakultätsgremien wird erwartet.

Gemäß §67 Absatz 1 Universitätsgesetz ist das Dienstverhältnis bei einer ersten Berufung in ein Professorenamt grundsätzlich befristet; Ausnahmen von der Befristung sind möglich.

Bewerber/Innen mit der Qualifikation der genannten Aufgaben werden gebeten, ihre Unterlagen (Lebenslauf, Zeugnisse, Urkunden, Verzeichnis der Veröffentlichungen und Vorträge, Lichtbild) bis zum 14.06.2002 zu senden an den Dekan der Fakultät Luft- und Raumfahrttechnik der Universität Stuttgart, Professor Dr.-Ing. habil. Bernd Kröplin, Pfaffenwaldring 27, 70569 Stuttgart.

Die Universität Stuttgart möchte den Anteil der Frauen im wissenschaftlichen Bereich erhöhen und ist deshalb an Bewerbungen von Frauen besonders interessiert. Schwerbehinderte werden bei gleicher Eignung vorrangig eingestellt.



Wir gehören als international tätiges Unternehmen mit Hauptsitz in Südtirol zu den Weltmarktführern in den Bereichen Seilfördersysteme, Pistenfahrzeuge und Beschneiungsanlagen.

Da wir unsere Aktivitäten auf den zukunftsweisenden Sektor Windkraftanlagen ausweiten, suchen wir einen

Leiter/in Technik Windkraftanlagen.

Zu Ihren Hauptaufgaben gehört die Leitung des Entwicklungsteams aus internen Ingenieuren und Technikern sowie externen Entwicklungspartnern. Sie realisieren die Prototypenanlage im Rahmen der vorgegeben Ziele und optimieren sie bis zur Serienreife.

Neben einer fundierten technischen Ingenieurausbildung im Maschinenbau bringen Sie einschlägige Erfahrungen aus der Windkraftbranche mit. Sie verfügen über Kenntnisse in der Elektrotechnik. Außerdem sprechen Sie Deutsch und Englisch. Die Bereitschaft zum Erlernen der italienischen Sprache setzen wir voraus.

Wir bieten eine attraktive Vergütung in einem dynamischen jungen Arbeitsumfeld. Ausreichend Spielraum für Eigeninitiative, vielfältige Weiterbildungsmöglichkeiten und angemessene Sozialleistungen runden unser Angebot ab.

Bitte richten Sie Ihre Bewerbung an:

LEITNER AG
Personalabteilung
Dreinerstraße 34
I - 39049 Sterzing
Tel.: 0049-0472-722111

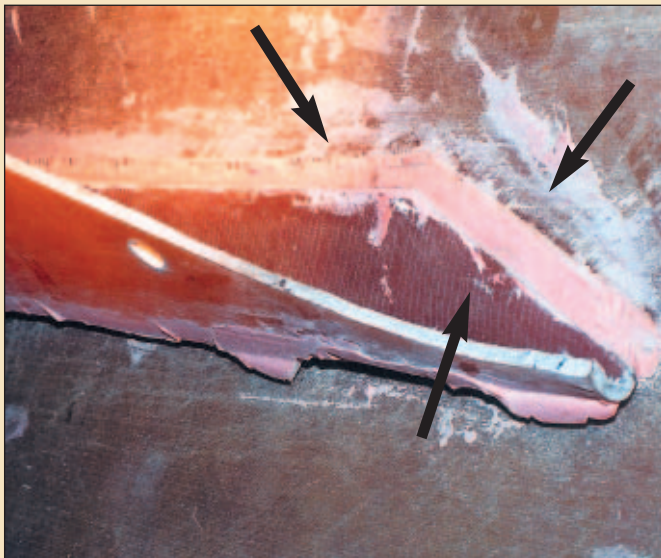
LEITNER®
Advanced Technology Worldwide
www.leitner-lifts.com



Mangelhafte Stegverklebung



Stegfussablösung



Stegfussablösung



Tip Querverstärkung Bindefehler

ten Auslegungskriterien berücksichtigt werden können. Insbesondere bei Windenergieanlagen gingen die Generationssprünge bisher in derart kurzen Intervallen voran, dass für die Umsetzung gewonnener Betriebserfahrungen nicht immer die nötige Zeit blieb. Erprobung der Anlagen beim Kunden war und ist die Folge.

Ingenieure der Allianz sind darauf ausgerichtet, nach Eintritt eines Schadens die Reparaturabwicklung zu begleiten, bei Problemlösungen unterstützend zu wirken, ggf. unter Hinzuziehung der Experten des Allianz Zentrum für Technik (AZT) oder an-

derer technischer Institute. Ingenieure der Allianz haben seit Einzug der kommerziellen Nutzung der Windenergie Kontakte mit Herstellern, Betreibern, Reparatur- und Servicefirmen von Windenergieanlagen und werden dies auch weiterhin pflegen, um somit zu einem sicheren und schadenarmen Betrieb bei zu tragen.

4. Schlussbetrachtung

Die Entwicklung von Rotorblättern mit derzeitigen Blattlängen von über 40 m hat in den einzelnen Generationssprüngen immer wieder zu neuen technischen Erkenntnissen geführt, die nicht berücksichtigt wurden und

zu Schäden und teuren Nachrüstungen führten.

Die weitere Entwicklung, insbesondere unter dem anhaltend hohen Auftragsbestand und dem Ruf nach immer größeren Anlagen, wird mit den gleichen Problemen zu kämpfen haben, jedoch werden anfallende Mangel- und Schadenbeseitigungskosten erheblich höher ausfallen.

Allianz AG, Abt. F-TV-Schaden
Dipl. Ing. Helmut Krüge
Grosser Burstah 3,
20457 Hamburg
Tel: 040/3617-0