

Regionale Unterschiede im Auftreten von Eisablagerungen

K. Arnold, A. Raabe, G. Tetzlaff

Zusammenfassung:

Bei der Errichtung von Windenergieanlagen in Mittelgebirgsregionen ist darauf zu achten, daß an windexponierten Standorten die Gefahr einer Vereisung der Rotorblätter besteht. Es wurden klimatologische Daten im Bereich der Mittelgebirge ausgewertet und daraus eine Karte erarbeitet, in der die jährliche mittlere Häufigkeit der Tage mit Eisablagerungen dargestellt ist.

Summary:

With the installation of wind turbines in low mountain areas the hazard of ice accretions on rotor blades at windy places must be considered. Interpreting climatological data of the low mountain areas of S.E. Germany a map has been produced which shows the annual frequencies of days ice accretions on structures occurs.

1. Einleitung

Unter bestimmten Witterungsverhältnissen können sich an Gegenständen, die dem Luftstrom frei ausgesetzt sind, feste atmosphärische Niederschläge ablagern. Diese können durch ihr Gewicht und durch die Vergrößerung der Windangriffsfläche Gefährdungen hervorrufen.

Treffen unterkühlte Wassertröpfchen auf Gegenstände oder Wassertröpfchen auf unterkühlte Körper, so gefrieren sie dort schlagartig und setzen sich als Eisansatz fest.

Eisablagerungen wurden von KÖHLER (1919) hinsichtlich ihrer Entstehung unterschieden. Zum einen gibt es Ablagerungen, die nur bei Vorhandensein von Nebel bei Temperaturen unter 0°C auftreten, die Nebelfrostablagerungen, dann Ablagerungen, die durch Sublimation von Wasserdampf an Körpern entstehen, den Rauheis, und solche, die aus am Boden bzw. an Gegenständen gefrierenden Niederschlag bestehen, das Glatteis.

Anhand einer über zwanzigjährigen Beobachtungsreihe von ausgewählten Routinemeßstationen der Wetterdienste werden die regionalen Unterschiede des Auftretens und der Intensität von Eisablagerungen analysiert.

2. Abhängigkeit der Eisablagerungen von den meteorologischen Bedingungen

Die Art und Intensität wird im wesentlichen von der Umgebungslufttemperatur, dem Flüssigwassergehalt der Umgebungsluft und der Windgeschwindigkeit bestimmt [STANEV (1976)].

Die Lufttemperatur beeinflusst die Dichte der Ablagerungen. Besonders schwerer und kompakter Ansatz entsteht, unter Berücksichtigung der Energiebilanz zwischen Körper und Umgebungsluft, im Bereich unterhalb 0 bis etwa -3°C . Hier verzögert die beim Gefrieren der unterkühlten Wassertröpfchen freigesetzte latente Wärme den Erstarrungsprozeß, so daß sich die Tropfen noch in Strömungsrichtung ausbreiten können. Dieser zapfenförmige Ansatz haftet sehr fest an den Körpern. Sinken die Temperaturen weiter, dann nimmt der Flüssigwassergehalt der Luft ab und es bilden sich leichtere und lockere Eisablagerungen.

Mit zunehmender Windgeschwindigkeit vergrößert sich die Intensität der Vereisungen, denn je höher die Windgeschwindigkeit ist, desto mehr unterkühlte Wassertröpfchen werden pro Zeiteinheit gegen den Gegenstand geschleudert.

Zu den schwersten Vereisungen kommt es bei gleichzeitigem Auftreten von Nebel bei Temperaturen knapp unterhalb des Gefrierpunktes, hohen Windgeschwindigkeiten und großen mittleren Tropfenradien der Luft. Diese Bedingungen sind am häufigsten in den Gipfellagen der Mittelgebirge gegeben [KOLBIG und BECKERT (1968)].

Numerische Modelle ergeben, daß bei extremen Vereisungsbedingungen Wachstumsraten von bis zu 5 cm pro Stunde auftreten können, dies bestätigen auch Messungen von PRESTIN (1936) auf dem Brocken.

3. Die Höhenabhängigkeit der Vereisungsintensitäten

Abbildung 1 stellt die mittlere Häufigkeit der Tage pro Jahr mit Eismassen über einem Schwellenwert in den verschiedenen Höhenstufen dar. Es werden die täglichen Eismassen nach 24-stündiger Exposition entsprechend der Ortshöhe in 4 Größenklassen eingeteilt.

In den Mittelgebirgen steigt die Häufigkeit der Ablagerung von Eis mit zunehmender Höhe rasch an. Jedoch treten Ablagerungen mit einer Masse größer als 1 kg/m^2 in der Regel erst in Höhen über 800m ü.NN auf. Mit sehr intensiven Vereisungen mit Belastungen größer als 5 kg/m^2 ist ab einer Höhe von über 1000m ü.NN zu rechnen. Im wesentlichen wird diese Zunahme durch den Anstieg der mittleren Windgeschwindigkeit bestimmt. Eine weitere Temperaturabnahme mit der Höhe hat nur einen geringen Einfluß. Vergleicht man die Beobachtungswerte der einzelnen Meßpunkte, so erkennt man im Mittelgebirgsraum einen nahezu linearen Zusammenhang zwischen der Höhe über dem Meeresspiegel und der Vereisungshäufigkeit. Diese lineare Höhenabhängigkeit wird aber häufig durch lokale Effekte beeinflusst. Meßstationen in windgeschützten Tälern und an Hängen zeigen niedrigere Eisablagerungshäufigkeiten. Demgegenüber ergibt sich für stark windexponierte Standorte eine größere Häufigkeit.

Die Ablagerungshäufigkeiten erreichen in ca. 1200 m ü.NN ihr Maximum, in dieser Höhe liegt ungefähr das mittlere Niveau der Winterwolken. In höher gelegenen Regionen fehlen oft die Voraussetzungen für die Ablagerung von unterkühlten Wassertröpfchen aus der Luft.

4. Darstellung der mittleren Anzahl der Tage mit Eisablagerungen

Abbildung 2 zeigt die mittlere Anzahl der Tage pro Jahr mit Eisansatz an Körpern im Untersuchungsgebiet. Es wurde versucht, für den Mittelgebirgsraum Sachsen Anhalts, Thüringens und Sachsens die Häufigkeit des Auftretens von Eisablagerungen darzustellen.

Für die Erstellung dieser Karte wurden das Klimahandbuch und der Klimaatlas der DDR sowie die Klimaatlanten der entsprechenden Bundesländer verwendet. Hieraus wurde ein Zusammenhang zwischen der mittleren Windgeschwindigkeit bzw. der mittleren Januar-temperatur und der Häufigkeit des Auftretens von Eisablagerungen für die vorliegenden Beobachtungen parameterisiert. Zur Darstellung von Abb. 2 wurde folgende Beziehungen verwendet, mit deren Hilfe die mittlere Tageszahl N_m der Eisablagerungen pro Jahr aus der geographischen Verteilung der mittleren Januar-temperatur ϑ_j ($<0^\circ\text{C}$) und der mittleren Jahreswindgeschwindigkeit U (m/s) berechnet wurde:

$$N_m = 0.5 \cdot (15 \cdot (U - 1.5) + 22 \cdot \vartheta_j) \quad (\text{Tage})$$

Zur Berechnung der Eisablagerungshäufigkeit im gesamten Untersuchungsgebiet wurden aus den Klimaatlanten die Temperatur- und Windverteilungen entnommen und entsprechend der Parameterisierung zwischen Eisansatz und den meteorologischen Größen für jeden Punkt die mittlere Anzahl der Tage mit Eisablagerungen bestimmt. So ist eine flächenhafte Darstellung der Vereisungshäufigkeiten für das entsprechende Gebiet möglich (Abb. 2).

Die Zahl der Tage mit Eisansatz an Körpern variiert von ca. 20 Tagen an windgeschützten Standorten im Flachland bis zum Maximum mit ca. 140 Tagen im Jahr in windexponierten Mittelgebirgsregionen.

Man erkennt auf der Karte eine deutliche Verteilung entsprechend der Topographie in diesem Gebiet.

5. Diskussion

Bei der Auswahl von Standorten für Windenergieanlagen in Mittelgebirgsregionen ist zu beachten, daß mit zunehmender Ortshöhe und höherer mittlerer Windgeschwindigkeit auch die Vereisungsintensität und -häufigkeit stark ansteigt. Die hier vorgestellte Karte soll für die Beurteilung solcher Standorte eine Hilfe sein.

Befindet sich eine Windkraftanlage bei einsetzender Vereisungswetterlage in Betrieb, so bildet sich an der Gondel und in gewissem Maße auch an den Rotorblättern ein Eisansatz aus. Ohne eine Beheizung wird die Aerodynamik der Windkraftanlage gestört und die Leistungsabgabe verschlechtert sich.

Literatur:

Deutscher Wetterdienst in der US-Zone, Zentralamt Bad Kissigen: Klimaatlas von Hessen, Bad Kissigen 1949/59

Deutscher Wetterdienst in der US-Zone, Zentralamt Bad Kissigen: Klimaatlas von Bayern, Bad Kissigen 1952

Deutscher Wetterdienst: Klimaatlas von Niedersachsen, Selbstverlag des DWD, Offenbach 1964

Meteorologischer Dienst, Hauptamt für Klimatologie: Klimadaten der DDR - Ein Handbuch für die Praxis, Reihe B, Bd. 11 "Eisablagerungen", Potsdam 1988

Klimaatlas für das Gebiet der DDR, Herausgegeben vom Meteorologischen und Hydrologischen Dienst der DDR, Akademie-Verlag Berlin 1953

Kolbig, J. und T. Beckert: Untersuchungen der regionalen Unterschiede im Auftreten von Nebelfrost, Zeitschr. f. Meteorologie 20, Heft 1-6 (1968) S. 148-160

Köhler, H.: Studien über Nebelfrostablagerungen auf dem Partetjakko, Naturwissenschaftliche Untersuchungen des Sarekgebirges im schwedischen Lappland 2, Abt I, Stockholm 1919

Prestin, H.: Nebelfrostablagerungen auf europäischen Bergen, Diss. Berlin 1936

Stanev, S.: Über Nebelfrostablagerungen im Gebirge, Zeitschr. f. Meteorologie 26, Heft 5 (1976), S. 313-316

Adresse der Autoren:

K. Arnold, A. Raabe, G. Tetzlaff: Institut für Meteorologie, Universität Leipzig, Stephanstr.3, 04103 Leipzig

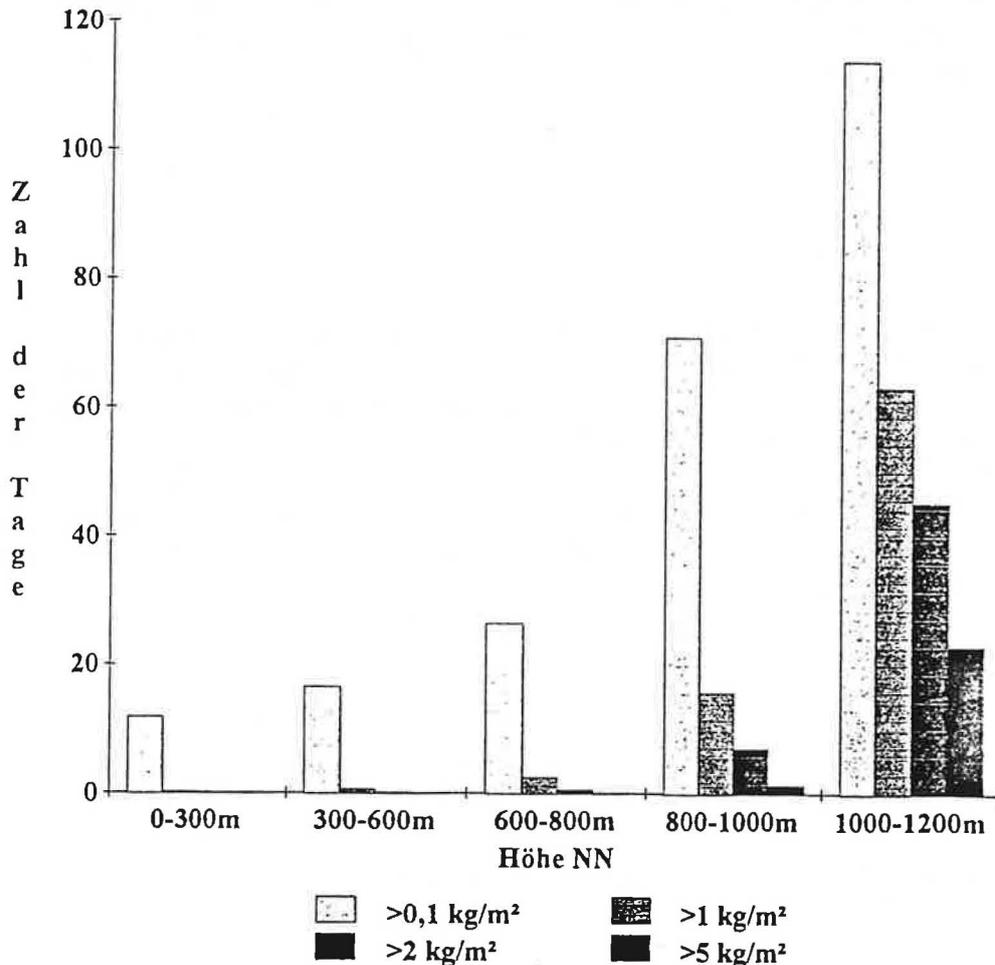


Abb. 1: Zahl der Tage im Jahr mit Eisablagerungen die einen bestimmten Schwellenwert überschreiten, nach Beobachtungen an Stationen in unterschiedlicher Höhe über dem Meeresspiegel (Veröffentlichung Meteorol. Dienst (1988))

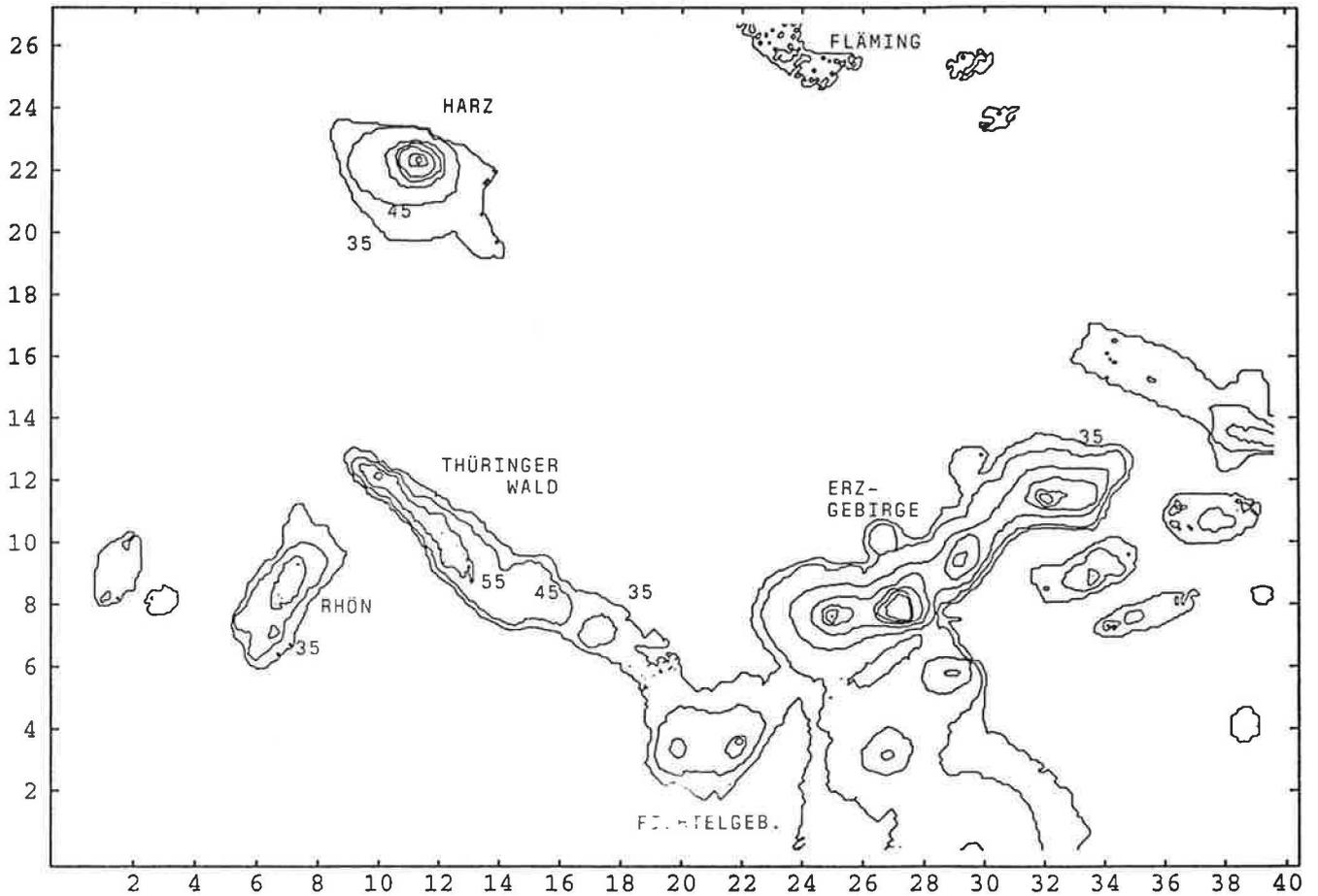


Abb. 2 : Die geographische Verteilung der Tage im Jahr an denen Eisablagerungen auftreten können für Gebiete deutscher Mittelgebirge.

(Isolinien: 35, 45, 55, 70, 85, 100, 115 Tage)

