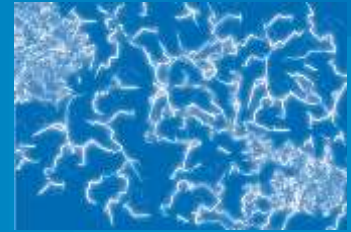


FNN-Hinweis



Auswertung von Eislastmessungen an Vogelschutzarmaturen

FNN

VDE

Impressum

© Forum Netztechnik / Netzbetrieb im VDE (FNN)

Bismarckstraße 33, 10625 Berlin

Telefon: + 49 (0) 30 3838687 0

Fax: + 49 (0) 30 3838687 7

E-Mail: fnn@vde.com

Internet: <http://www.vde.com/fnn>

Dezember 2017

Auswertung von Eislastmessungen an Vogelschutzarmaturen

Vorwort

Der FNN hat bereits 2014 einen Hinweis zum Einsatz Vogelschutzmarkierungen an Hoch- und Höchstspannungsfreileitungen veröffentlicht. Bereits bei der Erarbeitung wurde darauf hingewiesen, dass die Freileitungsnorm lediglich pauschale Werte für die bei Vogelschutzarmaturen zu berücksichtigenden Wind und Eislasten beinhaltet. Von der Projektgruppe wurde der Bedarf gesehen, entsprechende Werte durch Messungen zu bestimmen und damit experimentell abgesicherte Eis- und Windlastannahmen für die Auslegung von Freileitungen mit Vogelschutzarmaturen zu erhalten.

Im Rahmen einer dreijährigen Messung wurde das Eislastverhalten von Vogelschutzarmaturen ermittelt. Die Messung wurde in einer Versuchsanlage auf dem Kleinen Fichtelberg (1200 m NN) unter realen Witterungsbedingungen in den Winterperioden 2013/14, 2014/15 und 2015/16 durchgeführt. Da aufgrund der Gegebenheiten nur ein Typ von Vogelschutzarmaturen in der Versuchsanlage untersucht werden kann, wurde die weit verbreitete Vogelschutzarmatur vom Typ „Zebra“ hierfür ausgewählt.

Das Ingenieurbüro für Freileitungsplanung Dr. Teucher (IBF) hat die Messung im Auftrag des FNN durchgeführt, dokumentiert und ausgewertet.

Aufbauend auf diesen Messergebnissen [2] wurde von Herrn Dr. Friedrich Kießling die nachfolgende Auswertung mit der Ableitung von charakteristischen Eislasten für die untersuchte Vogelschutzarmatur erstellt.

Zusammenfassung

Im Auftrag einer Arbeitsgruppe des FNN wurden zwischen 2014 und 2016 an der auf dem *Kleinen Fichtelberg* bestehenden Eislastmessstation Eislastmessungen an der Vogelschutzarmatur **Zebra** durchgeführt. In diesem Bericht wurden diese Messungen mit dem Ziel ausgewertet, charakteristische Eislasten abzuleiten, die für die Bemessung der Leitungen mit diesen Vogelschutzarmaturen in den gemäß DIN EN 50341-2-4:2016-4 [1] definierten Eislastzonen dienen können und dabei die Aneisungen entsprechend den Beobachtungen in den Eislastzonen abdecken. Für die charakteristischen Eislasten der Vogelschutzarmatur **Zebra** ergaben sich die Werte:

Eislastzone nach [1]	1	2	3	4
Charakteristische Eislast in N	14	23	31	40

1 Einführung

Die Ergebnisse der Messungen sind im Bericht [2] zusammenfassend dargestellt. Im Bericht [2] sind während Versuchsdauer insgesamt 21 Eislastperioden beschrieben. Für die für Ermittlung der charakteristischen Eislasten wurden in die Auswertung 16 Messreihen einbezogen.

Die Vogelschutzarmaturen Zebra (Typ B181/5, „Ribe“) wurden an einem Leiter parallel zu einem ohne solche Armaturen eingebaut (Bild 1). Die am Leiter ohne Vogelschutzarmaturen beobachtete Eislast diente zur Einordnung der jeweiligen Eislastbedingung in eine der Eislastzonen nach DIN EN 50341-2-4 [1]. Die Tabelle 1 zeigt die dabei verwendete Zuordnung.

Tabelle 1: Einordnung von Beobachtungswerten am Leiter ohne Vogelschutzarmaturen in Eiszonen nach DIN EN 50341-2-4:2016 [1]

Eiszone	Beobachtete Eisbelastung
1	0 bis 13,0 N/m
2	13,0 bis 23,0 N/m
3	23,0 bis 33,0 N/m
4	über 33,0 N/m



Bild 1: Leiter ohne und mit Vogelschutzarmaturen.

2 Messreihen

Aus den kontinuierlichen Messungen wurden einzelne Perioden mit verschiedenen Eisablagerungen an den Seilen für die Bestimmung der Eislast ausgewählt. Diese umfassten jeweils sechs Stunden, wobei durch stündliche Messungen sieben Einzelmessungen anfielen. Es wurde die gesamte Eislast an allen Vogelschutzarmaturen gemessen und gleichmäßig auf die einzelnen Armaturen aufgeteilt.

Die Eislast für eine einzelne Vogelschutzarmatur wurde also als Mittelwert der Eislasten an allen Armaturen bestimmt. In der Tabelle 2 sind die Ergebnisse der Eislastbeobachtungen für die einzelnen Perioden zusammenfassend dargestellt.

Die Messperioden wurden dann nach der Tabelle 1 einer Eislastzone entsprechend der Beobachtung am Seil ohne Vogelschutzarmaturen zugeordnet. Aus den Aufzeichnungen wurden jeweils der Maximalwert der einzelnen Beobachtungen einer Periode, der Minimalwert und der Mittelwert ermittelt. Diese Werte sind geordnet nach der Zuordnung zu einer Eislastzone in der Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: Ergebnisse der Messungen an den Vogelschutzarmaturen

Bezeichnung	Datum	Max. Eislast N	Min. Eislast N	Mittelwert N	Bemerkung
Beobachtungen in Eislastzone 1					
Z1 E1	11.12. 2014	15,4	7,0	12,5	
Z2 E1	17.12. 2014	11,8	5,4	7,5	
Z3 E1	22.12. 2014	20,5	3,9	9,0	
Z4 E1	30.12. 2014	18,3	11,2	14,7	
Z9 E1	1. 3. 2015	18,7	11,8	14,5	Eisabfall *
Z1 E1	24.11. 2015	6,6	3,4	5,4	
Z3 E1	5. 2. 2016	11,1	3,2	6,2	
Z4 E1	14. 2. 2016	8,8	6,7	7,9	
Beobachtungen in Eislastzone 2					
Z4 E2	31.12. 2014	29,1	26,6	28,1	
Z5 E2	4. 1. 2015	26,0	16,2	21,0	
Z7 E2	8. 2. 2015	27,9	4,1	14,3	
Z1 E2	25.11. 2015	3,3	1,3	1,9	
Z5 E2	29. 2. 2016	9,9	1,4	6,0	
Z5E3	04. 1. 2015	30,7	18,6	24,8	
Beobachtungen in Eislastzone 3					
Z4 E3	31. 12. 2014	39,7	23,9	29,7	
Z5 E4	5. 1. 2015	39,9	30,9	34,1	Eisabfall*
Z2E4	21.01.2016	34,4	30,4	32,1	
Beobachtungen in Eislastzone 4					
Z5 E5	5. 1. 2015	47,6	40,0	43,4	
Z5 E6	8. 1. 2015	47,0	30,7	40,6	Eisabfall *

* Anmerkung: Die maximalen Eislasten an den Vogelschutzarmaturen ergaben sich als Differenz zwischen Seil mit VSA und Referenzseil. Sie wurden nicht gewertet, wenn die Differenzen eindeutig durch Eisabfall am Referenzseil entstanden waren.

Für die mögliche statische Belastung der Leiter, der Armaturen und Tragwerke durch die eisbehafteten Vogelschutzarmaturen sind jeweils die in einer Eislastzone zu erwartenden höchsten Belastungen durch Eislasten maßgebend. Deswegen werden im nächsten Schritt der Auswertung nur noch die den einzelnen Eislastzonen zugeordneten Maximalwerte der Eislasten an den Vogelschutzarmaturen betrachtet.

Im Sinne einer Angleichung der Beobachtungen an die Zuordnung der Eislasten an die Eislastzonen in der Norm und die Unterschiede zwischen den Zonen wurden die beobachteten Werte ausgeglichen. In der Eislastzone 4 wird die maximale Beobachtung nach oben gerundet und mit 50 N je Vogelschutzarmatur angesetzt. In der Tabelle 3 sind die Ausgangswerte für die weitere Auswertung mit „Eislastansatz“ bezeichnet.

Tabelle 3: Ermittlung der charakteristischen Eislasten der Vogelschutzarmaturen.

Eislastzone	Maximale Eislast	Eislastansatz	Eislastmittelwert	Standardabweichung	Eislast 50 Jahre	charakteristische Eislast
		G_{IVSA}	$G_{IVSAmit}$	σ_{IVSA}	$G_{IVSA(50)}$	$G_{IVSAchar}$
	N	N	N	N	N	N
1	20,5	20	10	5	23	14,2
2	30,7	30	15	7,5	34,5	22,7
3	39,7	40	20	10	46	31,2
4	47,6	50	25	12,5	57,5	39,7

Wenn nur einige Eislastbeobachtung aus wenigen Eislastperioden vorliegen, empfiehlt [3] nur die jeweils maximalen Werte zu berücksichtigen und pauschale Annahmen für den Mittelwert und die Standardabweichung für die weitere statistische Behandlung zu treffen. Als Annahmen werden empfohlen:

Mittelwert gleich 50 % des Maximalwertes

$$G_{IVSAmit} = 0,5 \cdot G_{IVSA} \quad (1)$$

Standardabweichung gleich 50 % des Mittelwertes

$$\sigma_{IVSA} = 0,5 \cdot G_{IVSAmit} \quad (2)$$

In der Tabelle 3 sind $G_{IVSAmit}$ und σ_{IVSA} entsprechend den Beziehungen (1) und (2) eingetragen. Mit der Annahme der Gumbel-Verteilung Typ II kann die Last mit der Wiederkehrdauer T in Jahren aus dem Mittelwert und der Standardabweichung ermittelt werden:

$$G_{IVSA}(T) = G_{IVSAmit} - 0,45\sigma_{IVSA} - \frac{\sigma_{IVSA}}{1,28} \left\{ \ln \left[-\ln \left(1 - 1/T \right) \right] \right\} \quad (3)$$

Für $T = 50$ Jahre sowie mit den Annahmen für σ_{IVSA} folgen aus (3)

$$G_{IVSA(50)} = G_{IVSAmit} \left[1 - 0,225 - 0,39 \ln \left| -\ln 0,98 \right| \right]$$

und schließlich

$$G_{IVSA(50)} = 2,3 \cdot G_{IVSAmit} \quad \dots \quad (4)$$

Die theoretisch innerhalb von 50 Jahren zu erwartenden Eislasten an den Vogelschutzarmaturen sind in der Tabelle 3 dargestellt. Die charakteristischen Eislasten für die einzelnen Eislastzonen müssen so gewählt werden, dass bei den Bemessungsvorgaben und -verfahren nach DIN EN

50341-2-4 [1] die Anlagen diesen extremen Eislasten Stand halten. Die Bemessungslasten folgen aus den charakteristischen Lasten durch Multiplikation mit den Teilsicherheitsfaktoren, die nach DIN EN 50341-2-4 [1] betragen:

$$\gamma_G = 1,35 \text{ für ständige Lasten (Eigengewicht der Vogelschutzarmaturen)}$$

$$\gamma_I = 1,35 \text{ für Eislasten}$$

Daher gilt:

$$G_{IVSAchar} \cdot \gamma_I + G_{VSA} \cdot \gamma_G = G_{IVSA(50)} + G_{VSA} \quad (5)$$

Die Gleichung (5) kann nach der charakteristischen Eislast $G_{IVSAchar}$ aufgelöst werden. Man erhält mit $\gamma_G = \gamma_I$

$$G_{IVSAchar} = (G_{IVSA(50)} + G_{VSA}) / \gamma_G - G_{VSA} \quad (6)$$

Mit einem Eigengewicht der Vogelschutzarmaturen von 11 N können die charakteristischen Eislasten für die einzelnen Eislastzonen ermittelt werden. In Tabelle 3 sind die rechnerisch erhaltenen Ergebnisse dargestellt. Diese Werte sollten gerundet werden, um keine Genauigkeit darzustellen, die in Anbetracht des Gegenstands der Auswertung nicht gegeben ist. Tabelle 4 enthält einen entsprechenden Vorschlag.

Tabelle 4: Vorschlag für die charakteristischen Eislasten der Vogelschutzarmaturen Zebra

Eislastzone	1	2	3	4
charakteristische Eislast N	14	23	31	40

3 Unterlagen

- [1] DIN EN 50341-2-4:2016-04: Freileitungen über AC 1kV – Teil 2-4: Nationale Normative Festlegungen (NNA) für Deutschland.
- [2] *Teucher, F.*: Zusammenfassung der Messergebnisse für die VSA "Zebra" .
- [3] IEC 60826: 2004: Design criteria of overhead transmission lines. IEC Report 2004.