

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 116 (1998)
Heft: 30/31

Artikel: Enteisung des Antennenträgers: Mehrzweckhalle Säntis
Autor: Herrmann, Ulrich / Frischknecht, Heinz
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-79546>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Ulrich Herrmann, Bern, und Heinz Frischknecht, Herisau

Enteisung des Antennenträgers

Mehrweckanlage Säntis

Sendeanlagen im Gebirge sind enormen klimatischen Belastungen ausgesetzt. Neben hohen Windschwindigkeiten, Belastung durch ultraviolette Strahlung und grossen Temperaturschwankungen treten auch starke Vereisungen auf. Ausgesprochen extrem ist die Situation diesbezüglich auf dem Säntis.

Windspitzengeschwindigkeiten von bis zu 180 km/h und Lufttemperaturen bis unter -30°C und über $+20^{\circ}\text{C}$ sowie zentnerschwere Vereisungen wurden am alten Antennenträger (Sendeturm) beobachtet (Bild 1). Diese Vereisungen stellen beim Hinunterfallen eine derart grosse Gefährdung dar, dass die Besucherterrasse gesperrt werden muss, solange sich Eisbrocken an dem Antennenträger befinden. Da sich diese Situation derart negativ auf die Bewegungsfreiheit der Besucher auf dem beliebten Aussichtspunkt auswirkt, wurde beim Bau des neuen Antennenträgers nach Möglichkeiten gesucht, Vereisungen zu vermeiden oder nachträglich zu entfernen.

Wie hält man einen Antennenträger eisfrei?

Das Literaturstudium ergab rasch, dass weltweit keine einfachen Lösungen zur Eisverhinderung bzw. zur Enteisung von Antennenträgern existieren, obwohl die Nachfrage nach solchen Lösungen z.B. bei der Schifffahrt in Polarmeeren oder zivilen und militärischen Anwendungen im Gebirge oder hohen Norden gegeben wäre. Realisiert wurden Lösungen, die den Eisansatz einzelner Parabolspiegel mittels eines über den Rand der Parabolspiegel gespannten Tuchs (sogenanntes Flatterradom) vermindern. Andere Lösungen bestanden darin, den Antennenträger von der Innenseite mit Infrarotstrahlern zu beheizen. Der erste Lösungsansatz war für den Säntis nicht anwendbar, weil der ganze Antennenträger und nicht bloss einzelne Parabolspiegel eisfrei sein sollten, und der zweite war wegen der dazu notwendigen hohen Anzahl Infrarotstrahler (rund 500 Stück) und deren Leistungs- und Wartungsbedarf nicht realisierbar. Andere Ansätze wie die Verwendung von pneuma-

tisch aufblasbaren Elementen, die das Eis absprengen, scheiterten wegen der hohen mechanischen und klimatischen Anforderungen an das Material. Chemische Enteisungsverfahren mussten ebenso verworfen werden wie die Enteisung mit Mikrowellen. Weiter erwies sich die Annahme, dass durch eine PTFE-Beschichtung die Eishaftung wesentlich reduziert werden könnte, als falsch. Laborversuche zeigten, dass die Haftung auf dem vorgesehenen Material des neuen Antennenträgers (schuttlackiertes, glasfaserverstärktes Polyester) etwa gleich ist wie auf PTFE. Die Scherkraft, die benötigt wurde, um das Eis von der Oberfläche abzureissen, betrug für beide Materialien $0,2$ bis $0,4 \text{ kN/mm}^2$. Dies würde im Extremfall genügen, um mehrere Tonnen Eis pro m^2 zu halten. Auch die Idee, dass eine spezielle Oberfläche vielleicht das Eiswachstum reduzierte, ist, wie eine einfache Überlegung zeigt, falsch: Nach kürzester Zeit ist nämlich jede Oberfläche mit einigen Atomschichten Eis so abgedeckt, dass nur noch dieses Eis und nicht mehr die darunterliegende Oberfläche von neu ankommenden Wassermolekülen gesehen wird und diese folglich unabhängig von der ursprünglichen Unterlage anfrieren. Diese Aussage wurde auch experimentell bestätigt und ist aus Bild 2 ersichtlich.

Aus diesen Erkenntnissen heraus hat man sich entschlossen, eine thermische Enteisung des Antennenträgers als einzige realisierbare Methode näher zu betrachten. Die wichtigsten Randbedingungen, die erfüllt sein müssen, damit eine thermische Enteisung sinnvoll ist und natürlich die Funktion der Antennen nicht beeinträchtigt wird, sind:

- Die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen darf nur wenig beeinträchtigt werden
- Die Oberflächentemperatur muss während mehr als 80% der Zeit an jeder Stelle auf der ganzen Antennenträgeroberfläche auf über 0°C erhöht werden können
- Die Heizleistung darf 100 kW (elektrisch) nicht überschreiten

Nach Berücksichtigung der ersten Randbedingung zeichneten sich noch zwei mögliche Varianten ab: Die direkte Beheizung mit vertikal im GFK eingebetteten Heizdrähten und die Luftbeheizung des Antennenträgers von der Innenseite.

Dank

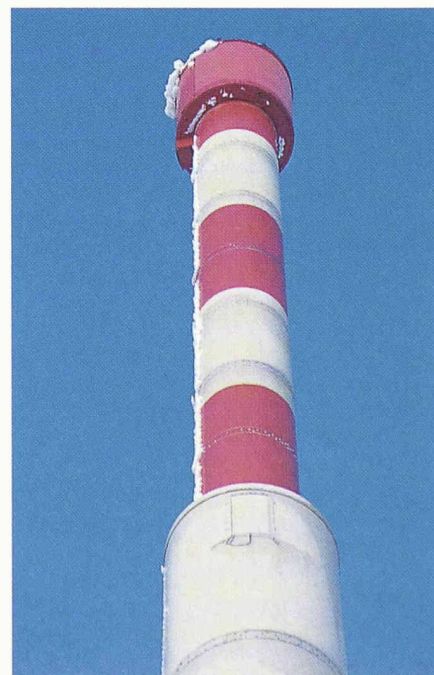
Die Autoren bedanken sich für die von der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt zur Verfügung gestellten Daten und für die Mitarbeit und Beiträge der vielen beteiligten Fachspezialisten.

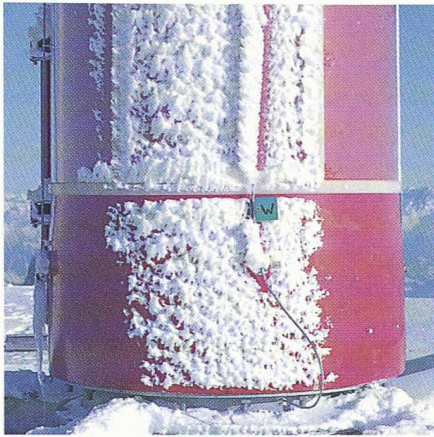
Die Variante mit den Heizdrähten wurde schliesslich verworfen, weil bei Blitzeinschlägen oder durch Korrosion bei den Anschlüssen das Risiko bestand, Heizdrähte irreparabel zu beschädigen, und weil eine spätere Verwendung des Antennenträgers für vertikal oder zirkularpolarisierte Wellen ausgeschlossen worden wäre.

Konzeption der Luftbeheizung

Die gleichmässige Beheizung der Antennenträgeroberfläche ist nur von der Innenseite her realisierbar. Weil bei einem konventionellen GFK-Antennenträger die Wandstärke aus konstruktiven Gründen (Festigkeit, Verbindungsstellen) unterschiedlich ist, ist auch die thermische Leitfähigkeit unterschiedlich und verhindert eine gleichmässige Erwärmung der Oberfläche mit innenseitig zirkulierender Warmluft. Aus diesem Grund wurde eine doppelwandige Konstruktion der GFK-Elemente dergestalt vorgeschlagen und realisiert, dass die äussere Wandstärke überall gleich ist, und die innere Wand die Funktion der tragenden Struktur übernimmt. Im Zwischenraum zirkuliert dann

1
Eisansatz am alten Antennenträger





2

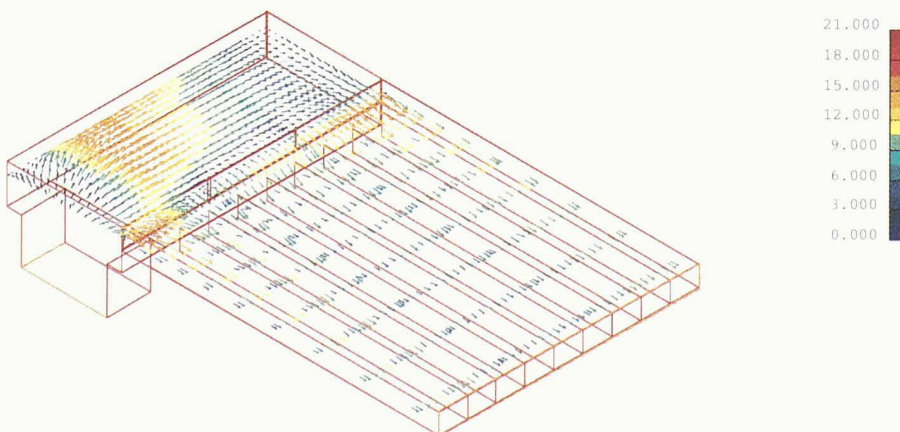
Vergleich des Eiswachstums auf PTFE (Teflon) und glasfaserverstärktem Polyester (GFK). Zwischen den hellbraunen, über den Umfang laufenden Klebebändern ist eine PTFE-Folie aufgespannt. Es ist kein Unterschied des Eisansatzes auf der PTFE-Folie und dem GFK (unteres Bild-drittel) ersichtlich. Gut zu sehen ist die starke Vereisung des Blitzableiters, der in der Mitte des Zylinders von oben nach unten verläuft

Technische Daten Luftheizungsanlage

- Heizkreise: 24 Stk., NW 250–355 mm
- Ventilatoren: 31 Stk., 0,37–2,2 kW/Stk.
Total Ventilatoren-Leistung: 43,7 kW
- Elektrolufterhitzer: 52 Stk., 6,0–12,0 kW/Stk.
Total Lufterhitzer-Leistung: 410 kW
- Totales Montagegewicht: ca. 3000 kg

3

Numerische Simulation des Einströmungskanals. Rot dargestellt ist ein Ausschnitt der geometrischen Struktur des Einströmungskanals (links oben) und der Lamellen eines GFK-Elements. Die Geschwindigkeit der zirkulierenden Warmluft in einer Ebene parallel zur Oberfläche beträgt bei allen Lamellen rund 8 m/s. Im Einströmungskanal selbst fällt die Geschwindigkeit von 20 m/s im Einlassbereich auf 5 m/s am Kanalende.



während des Enteisungsvorgangs des Antennenträgers Warmluft in einem geschlossenen Kreislauf. Die Zirkulation wird durch vertikale Lamellen, die zugleich als Befestigung der Aussenwand dienen, geleitet. Am oberen und unteren Ende der Wandsegmente wird die Warmluft durch einen Lufterhitzer erwärmt, und ein Axialventilator sorgt für eine Zirkulationsgeschwindigkeit der Warmluft von etwa 8 m/s. Damit die Wärmeübertragung auf die Oberfläche gleichmässig ist, darf sich die rund 50 °C warme Innenluft auf ihrem Weg durch die Doppelwand nicht mehr als um etwa 10 °C abkühlen. Dies bedingt eine gleichmässige Verteilung der Warmluftgeschwindigkeit in den Lamellen. Wegen der engen Raumverhältnisse musste eine platzsparende Einströmungsvorrichtung konstruiert und deren Funktionalität mit einem numerischen Verfahren überprüft werden (Bild 3).

Die Realisierung

Die Luftbeheizung erfolgt mit 24 geschlossenen Kreislaufsystemen. Die Systeme sind horizontal in Abschnitten und vertikal in Segmenten des Antennenträgers verteilt. Jeder Kreislauf besteht aus einem Ventilator, mindestens je einem oberen und je einem unteren Elektro-Rohrlufterhitzer und dem entsprechenden Rohrsystem.

Für die Kabinen in der Mitte und an der Spitze des Turms gelangen wegen der

Alu- und Glas-Verkleidungen des Antennenträgers offene Luftheizungen zum Einsatz. Für die Luftförderung durch das Rohrnetz und den doppelwandigen GFK sind spezielle Hochdruck-Axialventilatoren mit Leitrad installiert (Helios-Radax). Um trotz der sehr engen Platzverhältnisse eine möglichst optimale Luftströmung zu erhalten, sind alle Formstücke des Rohrnetzes individuell konstruiert und mit speziell engen Radien hergestellt.

Die Steuerung der Anlage erfolgt bei Bedarf manuell durch das Betriebspersonal. Um keine Probleme wegen der elektromagnetischen Verträglichkeit der Anlage zu erhalten, ist die ganze Steuerung rein elektro-mechanisch ausgeführt. Um der Gefahr einer Überhitzung des GFK vorzubeugen, sind alle Luftkreise mit einer vierfachen Sicherheitskette ausgestattet. Diese besteht aus einem Regulier- und einem Überwachungsthermostat, einem Sicherheitsthermostat mit manueller Rückstellung und einem Strömungs- bzw. Druckwächter. Dem störungsfreien Betrieb ist höchste Beachtung geschenkt worden, da eine Kontrolle bzw. Reparatur der Anlagenteile vor Ort nur sehr aufwendig ausgeführt werden kann (Aufstieg über 110-m-Leiter, im oberen Bereich nur mit Strahlenschutzanzug möglich).

Adresse des Verfassers:

Ulrich Herrmann, Dr. phil. II, Physiker, Swisscom AG Bern, Corporate Technology, Environment and Electromagnetic Compatibility, 3000 Bern 29, Heinz Frischknecht, dipl. Ing. HTL, Enplan AG, 9100 Herisau