

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 45 (1954)  
**Heft:** 14

**Rubrik:** Communications ASE

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 14.01.2026

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

können. Für den Endausbau mit einer Übertragungsleistung von 8000 MW über das 380-kV-Netz werden also acht parallele Leitungen benötigt, während ohne besondere stabilitätsverbessernde Massnahmen etwa die doppelte Anzahl Leitungen erforderlich wäre. Die hier genannten Massnahmen haben bewirkt, dass die in Schweden notwendige Fern-

übertragung grosser Energiemengen mit bedeutend besserer Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit durchgeführt werden kann, als sonst möglich gewesen wäre.

Adresse des Autors:

Dr. B. G. Rathsman, Vizepräsident der Kungl. Vattenfallstyrelsen, Stockholm C.

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Zur Frage der atmosphärischen Vereisung

551.574.7 + 621.315.1.056.5

Von M. de Quervain, Weissfluhjoch/Davos

(Im Auftrag der Schweiz. Kommission für Vereisungsfragen)

#### A. Allgemeines

Die im Jahre 1947 gegründete Schweizerische Kommission für Vereisungsfragen hat sich zum Ziel gesetzt, während zwei bis drei Jahren experimentelle Untersuchungen anzustellen, um die Ursachen der lästigen Reifbildung an im Freien stehenden Objekten, insbesondere an Freileitungen, und die Möglichkeiten zu ihrer Bekämpfung zu studieren. Die Fragestellung bezog sich aber nicht nur auf diesen einen praktischen Aspekt, sondern schloss grundsätzlich das gesamte Vereisungsproblem in sich. Deshalb sind in der Kommission auch die zivile und militärische Aviatik vertreten. Natürlich kam es bei dem zeitlich und finanziell limitierten Programm nicht in Frage, allen Teilfragen in gleicher Weise nachzugehen. Man beschränkte sich darauf, nach eingehender Sichtung der bestehenden Literatur einzelne grundlegende Fragen näher zu prüfen. Das Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung Weissfluhjoch stellte hiezu einem von der Kommission bestellten Fachbearbeiter seine Kältelaboratorien, wie auch Hilfskräfte zur Verfügung.

Aus der vom 1. Oktober 1947 bis 1. Mai 1952 dauernden Arbeitsperiode sind folgende Untersuchungen hervorgegangen: Eine Literaturübersicht (Dr. F. Sigrist und Dr. D. Melcher), eine Arbeit über die Ablagerungsbedingungen von Rauheis (Dr. D. Melcher [1]) und je eine Publikation über den Wärmebedarf zur Verhütung von Reifansatz und über das Haften von Eis an Oberflächen (T. Brunner [2] [3]). Es soll hier ein zusammenfassender Überblick über die Resultate gegeben werden, wobei vor allem versucht werden soll, die praktischen Schlussfolgerungen herauszuschälen.

Bevor auf die Ergebnisse eingetreten wird, ist es angezeigt, einige Hinweise auf längst bekannte Tatsachen und Anschauungen zu geben. Bei den lästigen atmosphärischen Vereisungen, sei es an Freileitungen oder Flugzeugen, handelt es sich in erster Linie um Nebelablagerungen, d. h. um den Niederschlag von Tröpfchen auf einem festen Objekt und um deren nachträgliches Gefrieren. Diese Tröpfchen sind in der Regel unterkühlt, befinden sich also thermodynamisch in einem labilen Zustand. Nach V. J. Schaefer erstreckt sich der Bereich der Unterkühlung bis zu etwa  $-39^{\circ}\text{C}$  [4]. Bei tieferen Temperaturen soll eine Unterkühlung nicht mehr bestehen (andere Autoren geben an, Wasser bis zu  $-60^{\circ}\text{C}$  abgekühlt zu haben, ohne dass es gefror). In Berührung mit einem Gefrierkern setzt in einem Tröpfchen der Gefrierprozess ein. Als Gefrierkerne können verschiedene in der Atmosphäre suspendierte staubförmige Substanzen wirken, darunter auch bereits vorhandene Eisteilchen. Wir sprechen im letzteren Fall von «Eiskeimen». Auch an einem von den Tröpfchen getroffenen Festkörper grösserer Dimension kann das Gefrieren ausgelöst werden, wie die Praxis zeigt. Für die atmosphärischen Gefrierkerne besteht eine kritische Unterkühlungstemperatur, oberhalb der sie unwirksam sind. So werden die meisten atmosphärischen Verunreinigungen erst unterhalb etwa  $-15^{\circ}$  aktiv. Oft wird übersehen, dass ein unterkühltes Tröpfchen erst dann sofort und ohne Wärmeabgabe an die umgebende Luft gefrieren kann, wenn es eine Temperatur von rund  $-80^{\circ}$  besitzt. Andernfalls reicht sein Kälteinhalt für die Erstarrung nicht aus. Sofern man annimmt, dass eine Unterkühlung unter  $-40^{\circ}$  nicht möglich ist, wäre demnach das plötzliche vollständige Gefrieren von Wasser aus dem eigenen Kältegehalt

undenkbar. Immer wird ein Überschuss von Wärme frei, der von der Umgebung abgeführt werden muss.

Der Nebelniederschlag kann als *Rauhreif* von mehr oder weniger lufthaltiger Form entstehen. Die dichtere Form wird auch als *Rauh frost* bezeichnet (neuere Beobachtungen von J. Grunow [5]). Haben die Tröpfchen nach dem Auftreffen auf den Festkörper Zeit (wie oben gezeigt, bis zu einem gewissen Grad eine Temperaturfrage) zu zerfliessen, bildet sich sogenanntes *Rauheis*, ein kompaktes, praktisch luftfreies Material. Sind noch mikroskopische Luftporen vorhanden, ist es opak grau bis weiss, sonst transparent. Eine ähnliche Eisart kann auf ganz andere Weise entstehen: Fällt nicht unterkühlter Regen auf stark gefrorenen Boden, bildet sich vorübergehend gefährliches *Glätteis*. Etwas Analoges passiert, wenn ein Flugzeug aus kalter, klarer Luft in eine nasse Wolke einfliegt. Diese Art der Vereisung ist allerdings gegenüber derjenigen aus unterkühlten Wolken weniger schwerwiegend, da der Temperaturengleich zwischen dem Flugzeug und seiner Umgebung jeweils bald erreicht wird und damit der Eisansatz aufhört.

Gegenüber den erwähnten atmosphärischen Eisarten bezeichnet man als *Reif* den direkten Niederschlag von Wasserdampf auf Objekte, deren Temperatur unter dem «Reifpunkt» liegt. Reif besteht aus nadel- oder plättchenförmigen Einzelkristallen und hat ein lockeres, schwach haftendes Gefüge.

In einem unterkühlten Nebel ist die Luft zwischen den Tröpfchen in bezug auf Wasser ganz oder nahezu gesättigt. Sie ist dann in bezug auf Eis gleicher Temperatur übersättigt, so dass sich an einem Eiskörper gleichzeitig mit dem Rauheis auch Reif niederschlagen kann. Es entstehen somit Zwischenformen oder besser gemischte Formen von Reif und Rauheis. Man beobachtet sie vor allem bei schwachem Wind, niederem Wassergehalt des Nebels und grosser Kälte. Entsprechende Zwischenformen gibt es auch zwischen Rauheis und Rauheis. In dieser Publikation werden die verschiedenen Vereisungsformen, wenn ihre besondere Art nicht gekennzeichnet werden soll, entgegen der präzisen Unterscheidung kurz «Reif» oder «Vereisung» genannt. Es handelt sich dabei immer um Nebelausscheidungen.

#### B. Über die Vereisungsbedingungen

Aus der Vielzahl der noch offenen Probleme hat Melcher die folgenden in seine Untersuchungen einbezogen:

Wie hängt die Art und Menge des gebildeten Reifes ab von der

- im Luftstrom enthaltenen Wassermenge
- Tröpfchengrösse
- Windgeschwindigkeit
- Temperatur der Tröpfchen
- Temperatur des Reifträgers
- Oberflächengestaltung und Zusammensetzung des Reifträgers?

Bei der grossen Zahl von Parametern war es ausgeschlossen, alle Variationsmöglichkeiten zu berücksichtigen. Vielmehr hat Melcher sich darauf beschränkt, einzelne Funktionen, wenn möglich unter Konstanzhaltung aller übrigen Parameter, durchzumessen.

Fortsetzung des allgemeinen Teils auf Seite 591

Es folgen «Die Seiten des VSE».