

Zeitschrift: Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik
Band: 1 (1946)
Heft: 10

Artikel: Vereisung an Flugzeugen
Autor: Weber, Omar
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-654109>

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: 21.11.2024

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

Natürlich können die Bedingungen zur Bildung von Rauheif wechseln. Es ist zum Beispiel möglich, daß Regen aus wärmeren Luftschichten in kältere Luftschichten hineinfällt und daß dabei die Wassertropfen unterkühlt werden. Diese Erscheinung ist manchmal verantwortlich für die Entstehung von Glatteis, wenn im Winter eine durch Ausstrahlung stark abgekühlte Luftschicht dicht über dem Boden lagert. Und weil diese Luftschicht gleichzeitig spezifisch schwerer ist, kann sie durch heranreichende Regenluft nicht sofort vom Boden abgehoben werden. Wenn dann Regentropfen diese kalte Bodenschicht durchfallen, verwachsen sie beim Aufprallen auf den Boden zu der gefürchteten Glatteisschicht analog dem Schoopschen Metallspritzverfahren, das auch erlaubt, mit auffallenden Metalltröpfchen beliebige Gegenstände zu metallisieren.

In unseren Gebirgen erreicht die Vereisung von Telegraphenstangen, Bäumen usw. im Winter ein Maximum in einer Höhe von etwa 1000 bis 1500 Meter. In höheren Luftschichten ist die Luft schon dünn, der absolute Wasserdampfgehalt zu niedrig, als daß die Rauheifbildung in großem Maßstabe möglich wäre.

Reif bildet sich allerdings gleich wie der Tau auch ohne Nebelbildung nach starker Abkühlung des Bodens. Ein Teil des abgeschiedenen Reifes stammt dabei aus dem Boden oder der Schneeschicht. Die Pflanzendecke oder die oberste Schneeschicht kühlt sich am stärksten ab. Auf ihnen scheidet

sich das in tieferen Schichten verdunstete Wasser wieder in Form von Eiskristallen aus.

*

Das Wasser kristallisiert im sogenannten hexagonalen Kristallsystem. Das Eis bildet sechskantige Pyramiden oder Prismen mit seitlichen Platten. Und zwar umso leichter, je geringer die Übersättigung der Luft an Wasserdampf bei der direkten Sublimation ist. Ist die Übersättigung groß, so bilden sich vor allem lange Nadeln und dendritische Formen, weil die Übersättigung das Wachstum begünstigt und darum wegen der seitlich verminderten Stoffzufuhr die Wachstumsgeschwindigkeit am Ende der Nadeln am größten ist. Deshalb schießen bei der Bildung eines dendritischen Schneesterns (Bild 1a und 1b) an den Kern sechs Stabformen, die Hauptäste an, die unter einander Winkel von 60 Grad einschließen. In den Zwischenräumen zwischen diesen Hauptästen wird durch Diffusion die Übersättigung der Luft sofort kleiner als an der Spitze des Hauptastes. Seitenäste können dennoch erst dann von den Hauptästen aus gebildet werden, wenn die Hauptäste so lang geworden sind, daß in den Zwischenräumen wieder durch Diffusion Übersättigung möglich ist. Schneesterne zeigen somit nicht die wirkliche Kristallform des Eises. Diese ist lediglich an den bei tiefen Temperaturen sich bildenden Eisplättchen oder dann nach entsprechender Umwandlung im körnigen Altschnee zu erkennen.

VEREISUNG AN FLUGZEUGEN

Ing. Omar Weber

Bizarre Eisgebilde auf Schiffen bei winterlichen Fahrten und stürmischer See, dicke mit Eis überzogene, von Eiszapfen starrende Felsküsten, welche prächtige Naturerscheinung! Wer kennt sie nicht, die bissige Bise und die vereisten Quais von Genf? Die Vorgänge, die sich bei derartigen Vereisungen abspielen, sind uns geläufig: Bei tiefer Kälte wird Wasser mit einer Temperatur über null Grad Celsius durch den sehr kalten Wind an die ebenfalls kalten Gegenstände am Ufer oder auf Schiffen geschleudert und friert dort an. Am stärksten zeigt sich diese Vereisung, wenn die Luft sehr kalt ist und je näher die Wassertemperatur gegen null Grad rückt.

Im Gegensatz zu diesen bekannten Vereisungen stehen diejenigen der Flugzeuge, wo *unterkühlte Wassertröpfchen* mit einer Temperatur *unter null Grad* beim Aufschlagen auf die Flugzeugteile sofort erstarren und anfrieren. Schon mancher Flugpassagier

ist in einem vereisten Flugzeug geflogen (Bild 1 und 2) und hat es gar nicht bemerkt. Gar oft sind aber beide Flügel über die ganze Spannweite vorne an der Flügelnahe mit einem dicken, rauhen und weißen Wulst überzogen (Bilder 3 und Bilder 6 und 8), ein andermal ist die Flügeloberfläche mit großen weißen Zähnen, ähnlich denen der Waldsäge, übersät. Unmerklich kann sich auch die Tragfläche mit einer glasigen, gleichmäßigen Eisschicht überziehen, aber erst wenn gleichzeitig Schläge an die metallene Außenhaut des Rumpfes ertönen, wird der Passagier aufmerksam, und die Stewardess wird auf seine Frage antworten, daß die Propeller vereist seien und daß einzelne von ihnen fortgeschleuderte Eisstücke diese Schläge verursachen.

Wo, das heißt in diesem Falle in welchen Luftschichten trifft das Flugzeug nun auf die oben erwähnten unterkühlten Wassertröpfchen? Fast alle

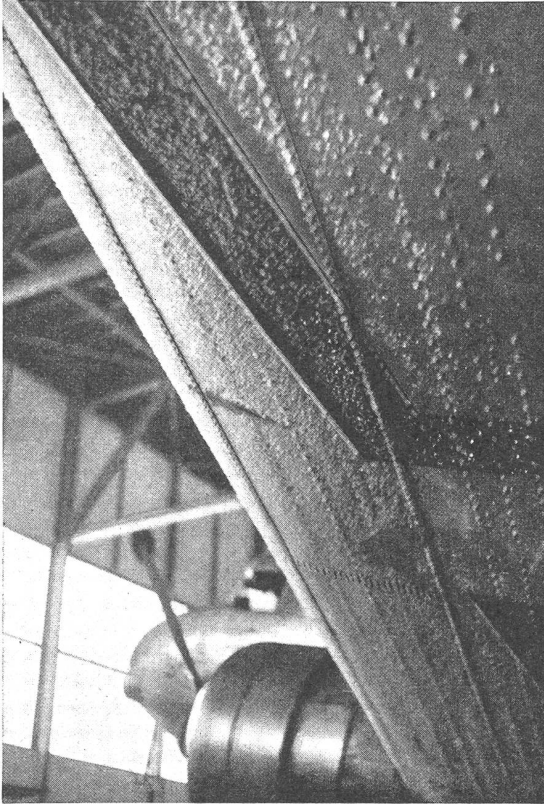
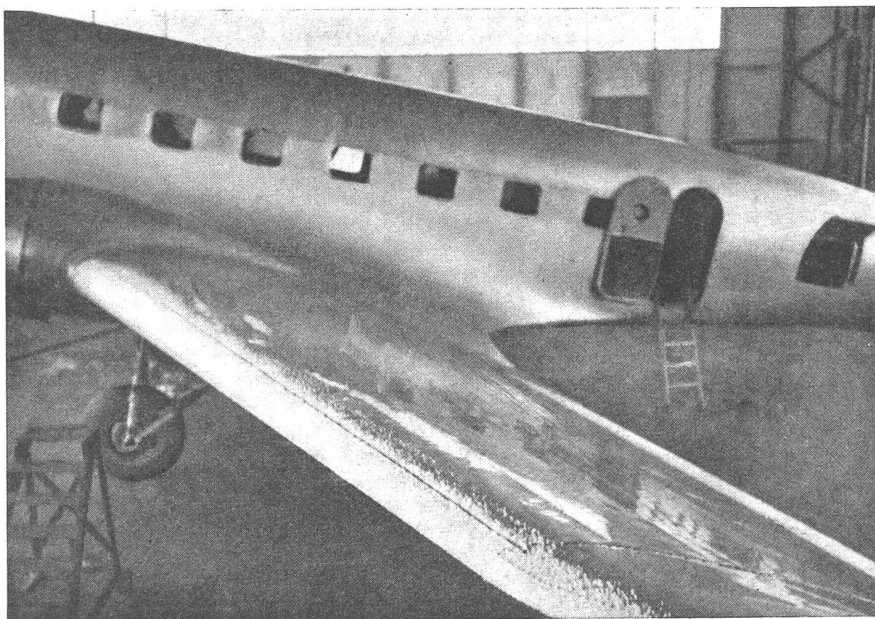
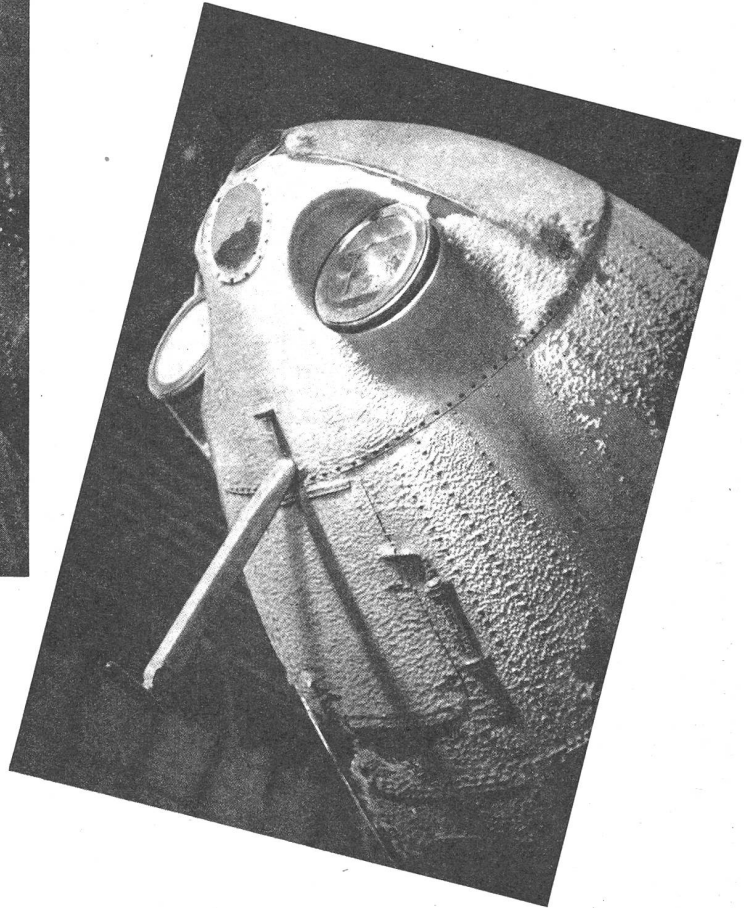


Bild 1: Leicht vereiste Unterseite eines Flugzeugflügels. Die vorstehenden Nietköpfe haben die Eisbildung gefördert, die Flügel-nase hat ihre ursprüngliche Form noch beibehalten.



↑
Bild 2: Vereiste Rumpfnase. Das Geschwindigkeitsinstrument unten links ist nicht vereist, da es elektrisch geheizt werden kann.

←
Bild 3: Die ganze Spannweite ist an der Rumpfnase vereist, das Flugzeug hat noch keine Gummipolsterenteisungsanlage.

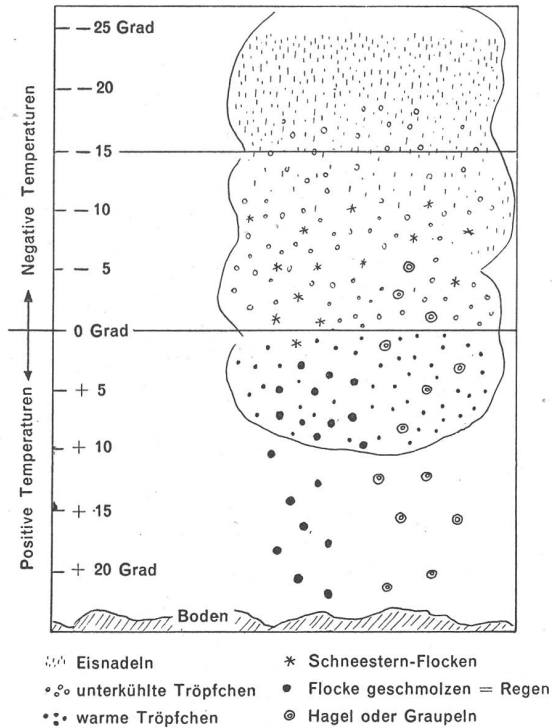


Bild 4: Schematisch dargestellter vereinfachter Aufbau einer Quellwolke (Cumulus).

Wolken in der unteren Hälfte der Troposphäre bestehen aus diesen feinen Wassertröpfchen (Bild 4). Wir können das am besten beim Nebel feststellen, der eigentlich nichts anderes ist als eine am Boden aufliegende Wolke. Von bloßem Auge sind ja die feinen Tröpfchen, die sich beim Gehen durch den Nebel an Kleidern oder Haaren festsetzen, wahrnehmbar. Machen wir die gleiche Beobachtung bei winterlicher Kälte, so müssen die Wassertröpfchen unterkühlt sein.

Wir können also festhalten, daß Flugzeugvereisungen nur in Wolken möglich sind, wobei als Ausnahme eine Vereisung unterhalb Wolken in unterkühltem Nieseln oder

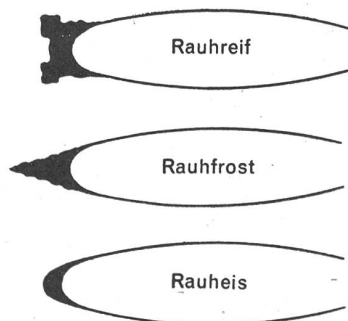


Bild 5: Grundformen der Vereisung: glasiger Überzug, große Haftfähigkeit, reißfährlicher weißer Ansatz mit großer Haftfähigkeit, weißer Ansatz, aber mit geringer Haftfähigkeit.

Regen möglich ist. Partikel in festem Aggregatzustand, wie Eisnadeln, Eisplättchen, Schneesterne, Graupeln und Hagel, die sich außerdem noch in der Atmosphäre befinden können, bringen keine Vereisung (Bild 4). Da erfahrungsgemäß zudem feststeht, daß Flugzeuge am stärksten bei Lufttemperaturen von 0 bis -6 Grad vereisen, sollte man nach dem bisher Bekannten glauben, daß bei negativen Temperaturen in Wolken immer Eis ansetzen müßte. Das stimmt aber nicht, denn für die Vereisung muß noch eine weitere Voraussetzung erfüllt werden. Die unterkühlten Wassertropfen müssen nämlich eine gewisse Größe aufweisen bis sie haften bleiben. Versuche haben ergeben, daß kleine und kleinste Tröpfchen um die Flügel herumströmen ohne sie zu berühren, also auch nicht anfrieren können. Wir können uns diesen Vorgang leicht erklären, wenn wir uns die Luftströmung um einen Flügel vorstellen. Dann sehen wir, daß ein Teil der verdrängten Luft oben, der andere unten durch muß. Im neutralen Ort, der Staupunktlinie vorne an der Rundung der Flügel Nase, trennen sich also die beiden Luftmassen. Man kann sich nun gut vorstellen, wie größere Partikel der Luft infolge ihrer Masse nicht Zeit haben auszuweichen, sondern gegen den Flügel prallen. Diese größeren unterkühlten Wassertropfen also frieren an der Flügel Nase an und bilden *Rauhref*, *Rauhfrost*, *Rauheis*, wie sie in Bild 5 dargestellt sind.

Schematisch können wir die Einwirkung des Wassers auf den Flugzeugflügel wie folgt darstellen:

Wasser	Temperatur	Größe	Verhalten am Flügel
1. Wasserdampf	beliebig	gasförmig	umströmt den Flügel als Gasmisch mit der Luft
2. Eis feste Teilchen Hagel Graupeln Eisnadeln	beliebig	meist ziemlich groß	prallen alle auf dem Flügel auf und werden mit dem Luftstrom nachher nach hinten gerissen.
	Schneesterne	unter Null	do.
Schneesterne	über Null	do.	pappen etwas am Flügel, werden aber von Zeit zu Zeit vom Luftstrom abgerissen.
3. Wasser flüssige Teile Regentropfen Nebel- Wolkentröpfchen	über Null	kleiner als zirka $1 \cdot 10^{-3}$ cm	werden mit dem Luftstrom um den Flügel herumgerissen ohne ihn zu berühren oder gar zu benetzen.
		größer als zirka $1 \cdot 10^{-3}$ cm	prallen auf den Flügel auf und benetzen ihn.
	unter Null	kleiner als zirka $1 \cdot 10^{-3}$ cm	werden mit dem Luftstrom um den Flügel herumgerissen ohne ihn zu berühren.
		größer als zirka $1 \cdot 10^{-3}$ cm	schlagen auf den Flügel auf und gefrieren sofort an: Vereisung.

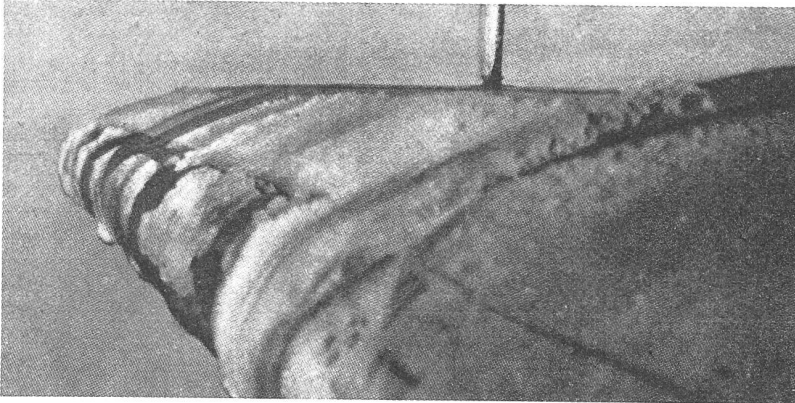


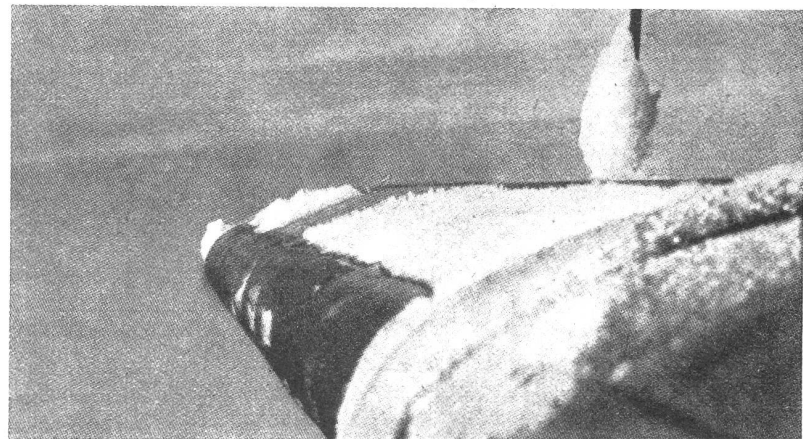
Bild 6 (links): Teil eines stark vereisten Flügels mit Gummischlauch-Vorderkante.

Bild 7 (Mitte): Neues viermotoriges Douglas Flugzeug DC-4 der Swissair. Die schwarze Gummihaube an der Flügel Nase birgt die in einzelne Segmente aufgeteilten Dreifachschläuche zum Aufblasen und Wegsprengen der Eiswulste.

Bild 8 (unten): Durch das mehrmalige wechselweise Aufpumpen und Entleeren dreifach angeordneter Gummischläuche ist in einem Segment das Eis bereits abgesprengt worden.

Enteisung

Die Vereisung, die sich vorwiegend an allen in der Flugrichtung dem Luftstrom zugekehrten Kanten der einzelnen Flugzeugteile ansetzt, verändert nicht nur das Gewicht des Flugzeuges, sondern beeinflusst vor allem in ungünstigem Sinn den Verlauf der Luftströmungen um die Tragflächen. Durch so verursachte vollständig andere Flügelprofile wird zum Beispiel der Auftrieb verkleinert und der Luftwiderstand erhöht, das heißt, die Flugeigenschaften werden verschlechtert. Diese Verschlechterung kann bis zu Betriebsstörungen führen, und deshalb wurden *mechanische, thermische und chemische Abwehrmittel* gesucht und gefunden. Die Flügelnasen, welche am stärksten vereisen (Bild 3 und 6), werden heute auf ihrer ganzen Länge mit drei Reihen von *Gummischläuchen* versehen, die unter einer deckenden Gummi-*außenhaut* (Bild 7) verborgen sind. Hat sich nun eine genügend dicke Eisschicht gebildet, so wird mit einer Pumpe automatisch abwechselungsweise der mittlere, dann der obere und untere Schlauch zusammen aufgeblasen, so daß das Eis aufgebrochen wird und abfällt (Bild 8). Eine andere Art der Eisbildungsbekämpfung ist diejenige mit *heißer Luft*. Bei diesem System ist die Flügel Nase mit einem Hohlraum versehen, in welchen dann nach oder vor der Eisbildung heiße Luft geleitet wird, so daß das Eis abschmelzt, oder sich gar nicht bilden kann. Auch auf elektrothermische Art wurde diese Enteisung schon ausgeführt. Mit Wärme werden vor



allem auch Instrumente gegen Eisansatz geschützt, aber auch die Windschutzscheiben des Besatzungsraumes und etwa die Vergaser.

Ein sehr wichtiges Hilfsmittel im Kampf gegen die Vereisung ist ferner eine *Alkohol-Glyzerin Mischung*, die auf die gefährdeten Flugzeugteile gebracht wird. Diese chemische Art der Verhinderung von Eisbildung wird heute allgemein für die Propeller verwendet. Bei drohender Vereisung wird an der Wurzel des Propellerblattes in der Nähe der Welle durch ein Röhrchen die erwähnte Lösung ausgespritzt (Bild 9). Durch die Zentrifugalkraft wird dann die ganze Luftschraube von der Wurzel bis zur Spitze benetzt, so daß kein Eis haften bleibt.

Ein weiteres Hilfsmittel um Vereisungszonen auszuweichen finden die Besatzungen im *Flugwetterdienst*. Vor dem Start lassen sich die Piloten über die Wetterverhältnisse auf der Route orientieren, so auch über die Zonen, in denen Vereisung möglich ist. In erster Linie ist die Festlegung der Höhenschicht, in welcher die Lufttemperatur zwischen null und minus 10 Grad liegt, wichtig. In der wärmeren Jahreszeit befinden sich diese Schichten meist oberhalb 2500 bis 3000 Meter über Meer, so daß bei niedrigen Flughöhen nie Vereisung eintritt, jedoch ist bei entsprechender Wetterlage eine Alpen traversierung auch im Sommer nicht immer vereisungsfrei.

Als Ergänzung zu der meteorologischen Beratung sind schon *Vereisungs-Warngeräte* vorgeschlagen

worden. An passender Stelle wird ein Instrument dem Luftstrom ausgesetzt und künstlich abgekühlt. Befindet sich nun das Flugzeug in einer Vereisungszone, so setzt sich vorerst Eis an diesem kalten Instrument ab. Ein entsprechendes Warngerät kündigt dem Piloten die kritische Zone an, so daß er vor dem allgemeinen Vereisungsbeginn die nötigen Entschlüsse fassen kann.

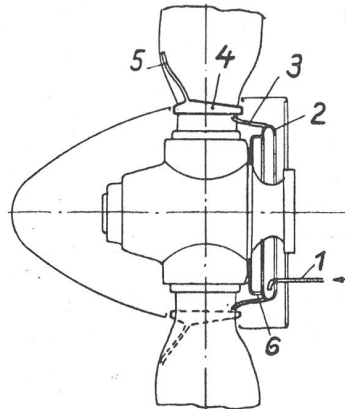


Bild 9: Propellerenteisungsanlage für Alkohol-Glyzerin Mischung. 1 Zuführung der Enteisungsflüssigkeit. 2 Schleuderring. 3 Verbindungsrohr. 4 Umföhrungslasche an der Blattwurzel. 5 Austrittsrohr an der Blattvorderkante. 6 Entlüftungsöffnungen.

Dr. Robert Stäger erzählt

Eingewanderte Pflanzenläuse in der Walliser Felsensteppe

Es ist schon längst bekannt, daß sich in der Walliser Felsenheide oder Felsensteppe Pflanzen sowohl als niedere Tiere (Schnecken, Spinnen, Heuschrecken, Wanzen, Käfer, Wespen, Bienen, Fliegen, Schmetterlinge usw.) zu einem interessanten Verein oder Lebensgemeinschaft zusammenfinden, deren Mitglieder zum Teil aus Asien oder den Mittelmeerlandern herkommen. Allen gemeinsam ist die Eigenart, mit dürrer Boden und einem trockenen Klima auskommen zu können. Dementsprechend weisen sie natürlich auch bestimmte morphologische Charaktere auf. Es ist hier nicht der Ort, eine Schilderung dieses hochinteressanten Lebensraums zu bringen. Ich möchte nur kurz darauf hinweisen, daß sich jene Eigenart sogar auf die Pflanzenläuse erstreckt, deren Wirte sie bei der Einwanderung aus dem Osten und dem Süden mitgebracht haben. Eine wärmere Periode in Mitteleuropa angenommen, müßte man ihre Wirte als Relikte auffassen, und dann hätten sie ihre Gäste über die Gletscherzeit hinweg in unsere Epoche hinüber gerettet.

Wir entbieten unserem Mitarbeiter, Herrn Dr. Robert Stäger, zu seinem 80. Geburtstag, den er am 8. Februar begehen wird, unsere besten Glückwünsche.
Die Redaktion

Wie dem auch immer sein mag, eine Anzahl *Aphiden* weist auf den Osten, eine andere Anzahl auf das Mittelmeer hin. Und zwar sind es gerade die ausgeprägtesten mediterranen und pontischen Pflanzen-Einschläge, die auch die typischsten mediterranen und pontischen Aphiden beherbergen. Man ist diesen Dingen nur noch nie systematisch auf den Leib gerückt. Und doch können sie bei weiterer Durchforschung jener als Felsenheide bezeichneten Lebensgemeinschaft zu wichtigen Schlüssen führen.

Bei einer kürzlichen kleinen Ausbeute an Aphiden im mittleren Wallis, die ich in den Monaten Juli und August dort machte, fanden sich mindestens vier für die Schweiz neue Arten und eine bisher nicht beschriebene neue Art überhaupt. So wird eine schwarze Laus, die in der Rispe von *Stipa capillata* (einem echten Steppengras) haust, als echtes Steppentier genannt, das sonst nur in heißen Sandwüsten Bessarabiens lebt. Eine andere Aphis, die ich auf *Artemisia campestris* nachwies, hat ihre Heimat in Turkestan. Wieder andere Tiere weisen nach Italien hin.