Zeitschrift: Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik
Band: 2 (1947)
Heft: 10

Artikel: Schnee- und Regenmacher
Autor: Lion, André
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-654032

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: 09.07.2025

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

Schnee- und Regenmacher

VON ING. ANDRÉ LION

Wie wird Regen «gemacht»?

Die vielen, zum Teil recht erfolgreichen Versuche während der letzten zwölf Monate, Schnee und Regen zu «machen», beruhen auf einer verhältnismäßig jungen Erkenntnis: Wolken, in denen sich Schnee bildet, bestehen aus unterkühlten Wassertröpfchen, das heißt aus Tropfen, die noch nicht gefroren sind, obgleich sie bis weit unter den Gefrierpunkt abgekühlt sind. Um sie in Schnee zu verwandeln, müssen sie sich entweder weiter bis auf minus 35 Grad Celsius und darunter abkühlen, worauf spontane Kristallisation einsetzt, oder sie müssen mit Kristallisationskernen in Berührung kommen, an denen sich auch bei höheren Temperaturen Schneekristalle bilden.

Solche Kerne können zum Beispiel Staub oder Ionen oder vernebelte Chemikalien sein. Zum Teil haben längere Zeit zurückliegende Versuche, durch elektrische Aufladung oder ein Besprengen der Wolken mit fein verteilten Stoffen Niederschläge zu erzeugen, wenn vielleicht auch unbewußt, doch den richtigen Kern getroffen. Das «Warum» ist aber erst kürzlich von dem Nobelpreisträger *Dr. Irving Langmuir* und seinem Assistenten *Vincent J. Schaefer* entdeckt worden.

Schäfer erzeugte in einer kleinen Kühlkammer eine unterkühlte Wolke, indem er die Temperatur auf minus 20 Grad Celsius senkte und dann mit seinem Atem feuchte Luft einführte (Bild 1), die in einen Nebel unterkühlter Tröpfchen kondensierte. Dann bewegte er durch seine künstliche Wolke ein erbsengroßes Stückchen Trockeneis (feste Kohlensäure, Temperatur minus 79 Grad Celsius), und sofort begannen sich submikroskopisch kleine Eiskristalle zu bilden, Eiskeime oder Kristallisationskerne, die auf Kosten der Wassertröpfchen schnell wuchsen. In wenigen Sekunden war der künstliche Nebel in eine Wolke winziger Schneeflocken verwandelt. Das hatte Schaefer erwartet; denn er hatte entdeckt, daß nur ein Teil des unterkühlten Wassers auf mindestens minus 35 Grad Celsius abgekühlt zu werden braucht, um die ganze unterkühlte Wolke in Schnee zu verwandeln – eine Art Kettenreaktion, die das Regenmachen wesentlich erleichtert.

Das verblüffende Verfahren erwies sich genau so erfolgreich, als Schaefer von einem 4000 Meter hoch fliegenden Flugzeug eine fünf Kilometer lange Wolke über den Greylock-Bergen in Massachusetts mit drei Kilo kleiner Trockeneiskügelchen «besäte». Innerhalb von zwei Minuten löste sich die Wolke in Schneeflocken auf. Theoretisch, so sagt Dr. Langmuir, kann ein sechs Millimeter großes Trockeneiskügelchen rund 10 000 Billionen Eis-Kristallisationskerne erzeugen, die ihrerseits 300 000 Tonnen Schnee erzeugen könnten. Die Praxis ist weit weniger überwältigend, weil nur die größeren Eispartikel überleben, die kleineren aber verdunsten. Und da selbst dicke Wolkenschichten mengenmäßig nur wenig Feuchtigkeit enthalten, ist ein dauernder Nachfluß feuchtigkeitsbeladener Wolken in das zu beregnende Gebiet erforderlich – und das bedeutet Wind.

Künstlich erzeugter Schnee schmilzt und verwandelt sich in Regen, wenn die Luftschicht unter der besäten Wolke warm genug ist. Eine vollständig in Schnee oder Regen transformierte Wolke verschwindet vollkommen. Nebel über dem Boden unterscheidet sich physikalisch nicht von einer Wolke. Wenn er zu Schnee oder Sprühregen geworden ist, wird die Sicht, zum Beispiel über einem Flugplatz, wieder hergestellt werden (Bild 2).

Gute Regenmacher

Obgleich natürliche Schneekristalle sich spontan erst bei minus 35 Grad Celsius bilden, kommen die meisten Schneefälle bei viel höheren Temperaturen vor. Das besagt nach der neuen Theorie, daß Kristallisationskerne in den Wolken vorhanden sein müssen. Woher kommen sie? Dr. Langmuir nimmt an, daß in der Natur «fremde» Kerne an die Stelle der winzigen Eiskristalle treten, die bei den Versuchen der abkühlenden Wirkung des Trockeneises ihr Dasein verdanken. Und er und seine Mitarbeiter haben tatsächlich in ihrer kleinen Kühlkammer mit Hilfe solcher «fremden» Kerne Schnee erzeugt. Sie fanden, daß Jodsilber ein ausgezeichneter Stoff für diesen Zweck ist, oder auch Jodoform und andere Jodverbindungen, auch Apatit und Ceriumoxyd. Die Verwendbarkeit von Ceriumoxyd wurde zufällig entdeckt, als einer von Dr. Langmuirs Mitarbeitern in der unterkühlten Kühlkammerwolke mit einem nicht funktionierenden Feuerzeug, das einen Ceriumstein enthielt, spielte – und sich Schnee bildete.

Alle Stoffe, die sich als gute Schneemacher erwiesen, wenn sie als unsichtbarer «Rauch» kleiner Kristalle in die Kühlkammerwolke eingeführt wurden – und man hat mindestens ein Dutzend gefunden –, haben dem Eis ähnliche Kristallstruktur. Die unterkühlten Wassertröpfchen fallen sozusagen auf den Schwindel herein und kristallisieren sich an den Fremdkörpern. Versuche in natürlichen Wolken sind aber bisher fast ausschließlich mit dem Trockeneisverfahren gemacht worden, denn Trockeneis ist billig und man braucht nicht viel davon.

Ungeahnte Möglichkeiten

Ein mit 320 Stundenkilometern fliegendes Flugzeug kann, nach Langmuir, wegen der Selbstausbreitung des Prozesses in der Minute etwa 40 Quadratkilometer Wolken in Schnee umsetzen, das sind rund 2500 Quadratkilometer in der Stunde. Dabei hängt aber die Niederschlagsmenge vor allem von der Dicke der unterkühlten Wolke ab. Dennoch ergeben sich ungeahnte Möglichkeiten. Man könnte zum Beispiel mit der Trockeneismethode im Winter Schnee in Gegenden schaffen, in denen Wolken sind, die keine Niederschläge bringen. Dadurch würde während des Winters ein Feuchtigkeitsvorrat gestapelt werden, der dann im Frühjahr für die Bewässerung landwirtschaftlicher Gebiete oder für Wasserkraftwerke zur Verfügung stünde. In Winterkurorten könnte Schnee für Skiläufer «auf Bestellung» geliefert werden. In der Richtung gegen Großstädte fliegende Schneewolken könnten veranlaßt werden, ihre Feuchtigkeit woanders niederzuschlagen, wodurch das Problem der städtischen Schneeabfuhr auf die einfachste Weise gelöst wäre. Nebel in Häfen und über Flugplätzen könnte künstlich niedergeschlagen werden (Bild 2). Die Vereisung von Flugzeugen kann dadurch verhindert werden, daß Flugstraßen für Transportflugzeuge «besät» und die Wolken damit aufgelöst, das heißt in Niederschlag verwandelt werden. Die Erfolgsaussichten sind gut, weil nur unterkühlte Wolken Vereisung verursachen können.

Kaum hatte Schaefer seinen ersten erfolgreichen Versuch gemacht – dem inzwischen andere Versuche gefolgt sind –, als Dutzende von Winterkurorten ihn um Abhilfe ihres Schneemangels baten. Die Regierungen verschiedener Länder, städtische Handelskammern, Wasserwerke, auch ein Rohrzuckerfabrikant in Hawaii fragten wegen der Möglichkeiten an, dürre Landstriche zu bewässern. Großstädte haben ihn ersucht, sie von ihren Schnee- und Regenmengen zu befreien, während andererseits eine Filmgesellschaft um einen Schneesturm «nach Maß» bat.

Bild 1: *Jedermann kann, wenn er will, seinen eigenen kleinen Schneesturm erzeugen. Dieses Bild zeigt den Erfinder des Verfahrens, Vincent J. Schaefer, mit einem amerikanischen Schulmädchen, das sich für diesen Zweck selbst eine Kühlkammer gebaut hat. Kostenpunkt: rund 18 Franken. Die Kammer besteht im wesentlichen aus zwei ineinander passenden Waschgefäßen. Die Zwischenräume sind mit einem Eis-Salz-Gemisch gefüllt, das den Raum in der kleineren Schüssel abkühlt. Durch Atmen in das Gefäß wird eine unterkühlte Wolke erzeugt, in der dann durch ein paar Körnchen Trockeneis Schnee gebildet wird.*
(Photo General Electric)

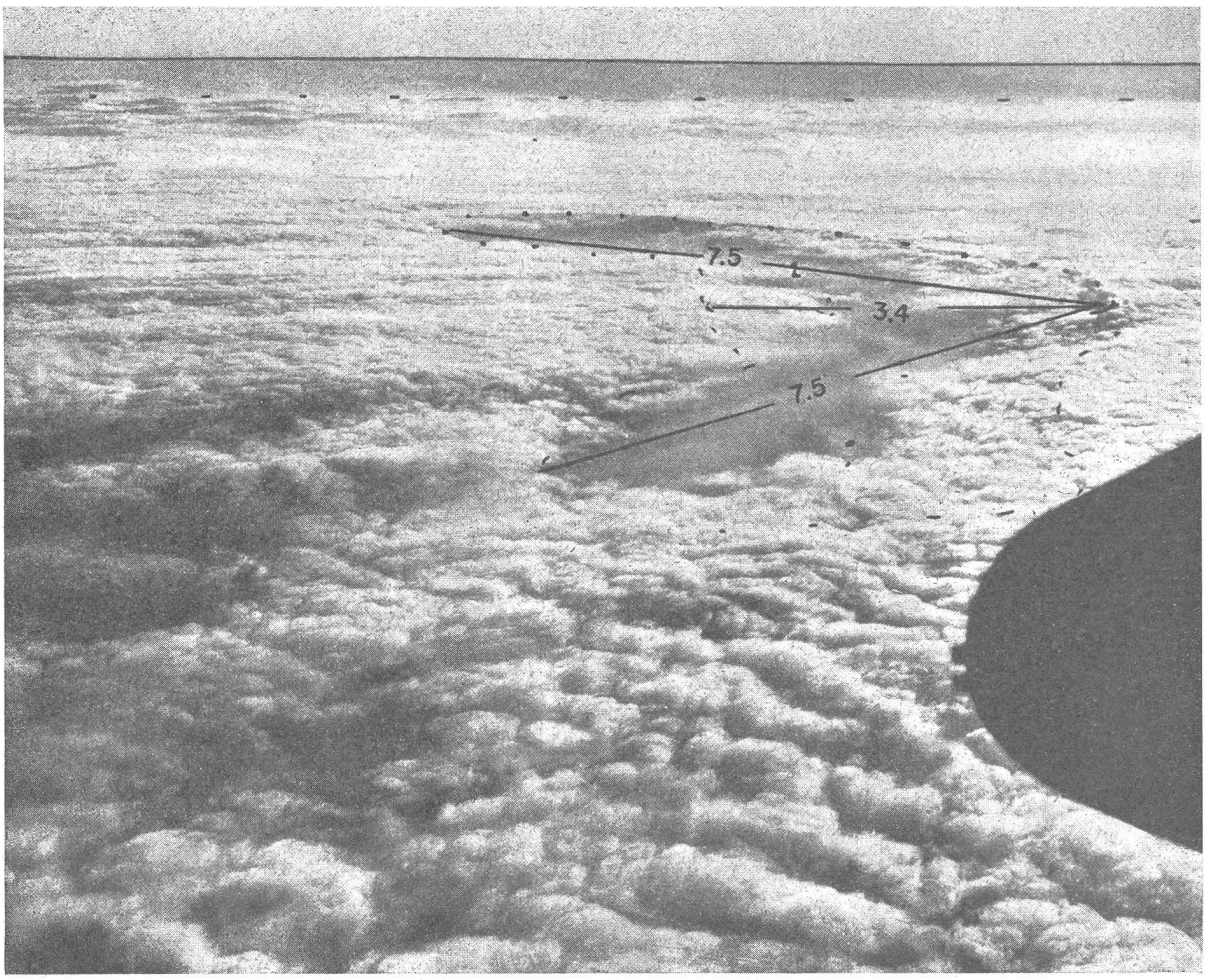

Bild 2: *Durch «Besäen» einer Wolkenschicht mit Trockeneis wird der Wasserdampf zum Kristallisieren gebracht, so daß ein 24 Kilometer langes, 5 Kilometer breites L-förmiges Loch in der Wolkendecke geschaffen wird. Innerhalb eines solchen Loches kann ein Flugzeug aufsteigen und landen, ohne der Gefahr der Vereisung ausgesetzt zu sein. (Die angedeuteten Abmessungen sind in Meilen angegeben, eine Meile = 1,6 Kilometer.)* (Photo U. S. Army Signal Corps)

Bisherige Versuche

Inzwischen sind zahlreiche künstliche Niederschläge erzeugt worden, in mindestens einem Dutzend Staaten der USA., in Cuba, Mexiko, Hawaii, Südafrika und Australien. Ein Versuch bei Sydney im Mai 1947 war offenbar besonders erfolgreich; nachdem um Mittag Wolken mit Trockeneis besät worden waren, regnete es den ganzen Nachmittag über einem 50 Quadratkilometer großen Landgebiet. Nach neueren Berichten haben australische Wissenschafter Regenmacherversuche begonnen, bei denen das Trockeneis durch «hygroskopische (feuchtigkeitsanziehende) Flüssigkeit» ersetzt wird.

Herausgeber ländlicher Blätter in Amerika haben Reklame gemacht, indem sie die Farmen ihrer Leser mit lange entbehrtem Regen versorgten. Ein unternehmungslustiger Farmer in Arizona, Besitzer eines Flugzeuges, das er in Zahlung nehmen mußte, war im vergangenen Winter wohl der erste Landwirt, der seine eigene Farm mit Schnee für seine Wintersaat bedeckte, aus Massen dicker Wolken, die aus irgendeinem Grunde ihre Feuchtigkeit für sich behielten. Er hatte zufällig genügend Trockeneis, da er gerade in Trockeneis verpacktes Fruchteis gekauft hatte. Als seine staunenden Nachbarn den Erfolg dieses und weiterer Versuche erkannten, taten sie sich mit ihm zusammen beim Einkauf von Trockeneis und Benzin für das Flugzeug. Inzwischen sind die Farmen dieses Gebietes mehrmals künstlich beregnet worden.

Kürzlich ist in Florida versucht worden, die Macht eines tropischen Orkans mit Trockeneis zu brechen, aber offenbar ohne Erfolg. Die Be-

kämpfung mehr lokaler, aber für die Ernte um so gefährlicherer Hagelstürme durch die frühzeitige Verwandlung der mit Hagel drohenden Wolken in Schnee und Regen ist vermutlich aussichtsreicher und wird demnächst versucht werden. – Als im Oktober 1947 nach monatelanger Trockenheit riesige Waldbrände die New England-Staaten im Nordosten der Vereinigten Staaten heimsuchten, haben ein paar amerikanische Heeresflugzeuge die über den Brandgebieten lagernden Wolkenschichten, die sich nicht zur Hergabe ihrer Wassermengen entschließen konnten, mit Trockeneis besät. Es begann in der Tat bald darauf zu regnen, aber die Fachleute sind sich nicht einig darüber, ob es nicht sowieso endlich geregnet hätte. Viele der augenblicklichen Versuche des «Wettermachens» werden von der amerikanischen Heeresleitung durchgeführt, die für diesen Zweck eine besondere Abteilung zusammengestellt hat, das sogenannte «Projekt Cirrus».

Das Ziel dieser Abteilung ist die systematische Ergründung der Vorbedingungen für bestimmte Wetterverhältnisse und der Mittel für deren Bekämpfung. Denn man schafft keineswegs einfach damit Regen, daß man eine Handvoll Trockeneis von einem Flugzeug aus irgendwo in die Wolken schüttet. Der Erfolg ist nur dann gesichert, wenn die richtigen natürlichen Wetterbedingungen vorhanden sind. Nur dann kann man mit Trockeneis Schnee erzeugen, der die Erde als Schnee oder Regen erreicht oder auch vorher verdunstet, je nach dem Temperatur- und Feuchtigkeitszustand der Luftschichten unter der transformierten Wolke. Viele Mißerfolge beim Regenmachen im vergangenen Jahr sind darauf zurückzuführen, daß diese Voraussetzungen nicht genügend beachtet worden sind.

Ganz so leicht ist es nicht

Bevor ein Regen- oder Schneemacherversuch unternommen wird, müssen die örtlichen Wetterverhältnisse durch einen erfahrenen Meteorologen genau analysiert werden. Die wichtigste Vorbedingung ist, daß unterkühlte Wolken vorhanden sind, was durch Temperaturmessungen, bestimmte optische Erscheinungen und durch Eisbildung auf dem durch die Wolken fliegenden Flugzeug festgestellt werden kann.

Nach Schaefers Erfahrungen sind aber noch ein paar weitere Voraussetzungen unumgänglich notwendig: Das unterkühlte Gebiet der Wolke muß mindestens 150 Meter dick sein, damit eine der Mühe werte physikalische Veränderung der ganzen Wolke eingeleitet werden kann. Wenn die Wolke 3200 Meter dick ist, kann sie, nach Schaefers Schätzung, nicht mehr als 3½ Millimeter Regen oder 38 Millimeter Schnee liefern. Die für das Besäen des unterkühlten Gebietes der Wolke verwendeten Trockeneiskügelchen müssen sehr klein sein; erbsengroße Stücke fallen mindestens einen Kilometer bevor sie verdampfen. Das Besäen verspricht den größten Erfolg, wenn die «Saat» sparsam verteilt wird. Versuche der General Electric Company zeigten, daß ein allmähliches Ausstreuen von rund 425 Gramm per Kilometer am wirksamsten ist. Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft unter der Wolke sollte vor dem Versuch bestimmt werden. Wenn diese Luft zu trocken ist, wird der künstliche Niederschlag verdampfen, bevor er den Boden erreicht. Wenn all diese Voraussetzungen und Grundregeln der Regenmachertechnik sorgfältig beachtet werden, dann kann, so meint Schaefer, überall Schnee oder Regen erzeugt oder verhindert werden. Man sieht – ganz so leicht ist es nicht.

Astronomie des Vergangenen und Zukünftigen

VON GERHARD SCHINDLER

Vor mir liegt ein Kupferstich aus dem 18. Jahrhundert. «Lucent, ut prosint», sagt die Inschrift über dem Bilde der Meeresküste mit Sonne, Mond und Sternen. «Sie leuchten, um zu nützen» behauptet der lateinische Spruch. Und hat er nicht recht? Dienten nicht, um nur ein Beispiel zu nennen, die Sterne bis vor kurzem, bis zur Erfindung der Quarzuhr, zur Bestimmung unserer Zeit? Ist die Beobachtung von Gestirnen auf hoher See nicht ebenso wichtig? Aber diesmal soll davon nicht die Rede sein, wir wollen heute an die Geschichtswissenschaft denken, die sich oftmals letzte Auskunft bei der Sternenkunde holte; wir wollen die Sprachwissenschaft erwähnen, die Anleihen bei der Astronomie machte.

Erstaunt war ich, als ich vor einigen Jahren von einem bekannten Keilschriftforscher eine Anfrage über die Sichtbarkeit von Gestirnen am hellen Tage unter der Sonne des alten Zwischenstromlandes Babylonien erhielt. Anhand der Auskünfte konnten zweifelhafte Texte erklärt werden. Einmal traf ein Brief des reichsten