2026

DER REGEN - MACHER

Methode zur Auslösung von Regen

Nach Anwendung dieses Verfahrens fiel selbst in einigen der trockensten Regionen der Welt Regen

Abbildung zeigt eine mobile Ringdüsen-Sprüheinheit, direkt an einem Gewässer

Verfahren, Technik und Hintergrund
Stand 2026

Jonathan Hertig
Projektbegleitung, Entwicklung und Marketing
Schützenfahrstrasse 18, 3115 Gerzensee (Schweiz)
jonathan.hertig@bluewin.ch
+41 79 758 89 42
www.der-regen-macher.ch

Prolog – Warum ich diese Dokumentation erstellt habe

Vor rund 25 bis 30 Jahren sah ich im Fernsehen eine Sendung, die mich bis heute nicht losgelassen hat. In dieser Sendung wurde ein Forscherteam gezeigt, das in einer Wüstenregion mehrere etwa sechs bis neun Meter hohe Metallrohre aufgestellt hatte. Am oberen Ende dieser Rohre befanden sich sehr feine Sprühdüsen. Wasser, möglicherweise Meerwasser, wurde durch die Rohre nach oben gepumpt und dort fein zerstäubt. Ein grosser Teil des Wassers verdunstete dabei bereits in der Luft. Nachdem dieses Verfahren über eine gewisse Zeit eingesetzt worden war, konnte man in der Sendung sehen, dass in der betreffenden Region Regen einsetzte. Die Einfachheit dieses Ansatzes hat mich damals sehr beeindruckt.

Über viele Jahre blieb diese Erinnerung im Hintergrund. In den letzten Jahren hat sie für mich jedoch eine neue Dringlichkeit erhalten. Die zunehmende Regenarmut sowie die immer längeren Trocken- und Hitzeperioden in Deutschland und in weiten Teilen Europas bereiten mir grosse Sorgen. Besonders das Jahr 2026, das nach bisherigen Beobachtungen zu den wärmsten und trockensten überhaupt zählen könnte, hat diese Sorge nochmals verstärkt. Tiefe Wasserstände in Rhein, Elbe, Mosel Donau und anderen Flüssen erschweren die Schifffahrt und den Gütertransport. Die Landwirtschaft leidet unter ausgetrockneten Böden und fehlendem Futter, Wälder und Vegetation geraten unter zunehmenden Trockenstress und die Waldbrandgefahr steigt. Die Folgen betreffen damit längst nicht mehr nur die Natur, sondern ebenso Wirtschaft, Versorgung und Bevölkerung. [23]

Aus dieser Sorge heraus erinnerte ich mich wieder an die damalige Fernsehsendung und begann im Internet gezielt nach vergleichbaren Verfahren zu suchen. Dabei stiess ich auf den Schweizer Hans Hangartner und sein «Verfahren zum Bewirken von Regen». Zu meiner Überraschung fand ich Hinweise darauf, dass Hangartner seine Methode über viele Jahre hinweg in verschiedenen sehr trockenen Regionen der Welt sehr erfolgreich eingesetzt hatte. Besonders aufmerksam wurde ich auf seinen Versuch im indischen Bundesstaat Gujarat im Jahr 1988, wo nach jahrelanger Dürre während seines Aufenthalts wieder starke Regenfälle einsetzten. [3, 5, 6]

Diese Entdeckung war für mich der eigentliche Anlass, die verfügbaren Informationen zusammenzutragen und die vorliegende Dokumentation «Der Regen-Macher» zu erstellen. Mein Ziel ist es, das Verfahren verständlich darzustellen, die Arbeiten und Feldversuche von Hans Hangartner zu dokumentieren, historische Quellen und Niederschlagsdaten zusammenzuführen und gleichzeitig aufzuzeigen, wie eine heutige mobile Versuchsanlage aufgebaut werden könnte.

Im Mittelpunkt steht für mich dabei eine einfache, aber wichtige Frage: Wenn ein solches Verfahren in einigen der trockensten Regionen der Welt eingesetzt wurde und danach wiederholt Regen einsetzte, weshalb sollte man es unter den heutigen klimatischen Bedingungen nicht auch in Deutschland prüfen und einsetzen? Seit den damaligen Versuchen haben sich sowohl das Klima als auch die technischen und meteorologischen Möglichkeiten erheblich verändert. Aus meiner Sicht sollten wir uns deshalb nicht zu lange bei der theoretischen Frage aufhalten, ob das Verfahren möglich ist oder nicht. Entscheidend wäre, den Versuch unter heutigen Bedingungen wissenschaftlich begleitet zu starten und zu beobachten, was tatsächlich geschieht. Erst ein praktischer Feldversuch kann zeigen, welche Wirkung sich unter realen Bedingungen entfaltet. Sollte sich zeigen, dass das Verfahren funktioniert, könnte sein Nutzen für Landwirtschaft, Wälder, Flüsse und Wasserversorgung und nicht zuletzt für die Bekämpfung der Erderwärmung von grosser Bedeutung sein. Wer kennt ihn nicht – den ausgesprochen wohltuenden Effekt der Abkühlung, wenn nach einer längeren Hitze- oder Trockenperiode endlich anhaltender Regen einsetzt: Innert kürzester Zeit sinken die Umgebungstemperaturen markant, und nicht zuletzt kühlt sich auch der zuvor stark aufgeheizte Boden spürbar ab. Ich könnte mir gut vorstellen, dass genau dieses Verfahren des „Regen-Machens“ dazu beitragen könnte, durch gezielt ausgelöste Regenfälle nicht nur Hitze- und Trockenperioden zu verhindern, sondern auch der zunehmenden Erderwärmung entgegenzuwirken.

Inhalt

Geschätzte Lesezeit Prolog bis Fazit und Ausblick: ca. 17 Minuten

Prolog – Warum ich diese Dokumentation erstellt habe 2
1. Vorspann – Klimatische Veränderungen in Deutschland und Europa 4
2. Herkunft des Verfahrens – Hans Hangartner 5
3. Feldversuche und das Experiment in Gujarat, Indien (1988) 6
4. Anliegen an die Politik, Wissenschaft, Wirtschaft und Verbände – Vorschlag eines Pilotprojekts ... 8
5. Verschiedene Bauvarianten der Sprühdüsen-Einheit 9
6. Fazit und Ausblick 13
7. Das Verfahren «Regen-Machen» – Grundprinzip 14
8. Meteorologische Hintergründe 18
9. Quellen und Nachweise 19

1. Vorspann – Klimatische Veränderungen in Deutschland und Europa

Deutschland und weite Teile Europas erleben seit einigen Jahren eine spürbare Verschiebung des Klimas. Trockenperioden treten häufiger auf, dauern länger und werden von ausgeprägter Hitze begleitet. Sommer wie 2003, 2018, 2022 und vor allem 2026 haben gezeigt, wie stark sich anhaltende Trockenheit auf Landschaft, Wirtschaft und Bevölkerung auswirken kann. [23]

Besonders sichtbar wird diese Entwicklung an den grossen Flüssen. Rhein, Elbe, Mosel Donau und weitere Wasserstraßen erreichen in trockenen Sommern zunehmend Pegelstände, bei denen die Binnenschifffahrt nur noch eingeschränkt oder gar nicht mehr möglich ist. Da über diese Wasserwege ein erheblicher Teil von Rohstoffen, Treibstoffen und Gütern transportiert wird, führen niedrige Pegel zu Lieferengpässen und steigenden Transportkosten, die sich letztlich in höheren Preisen für zahlreiche Güter niederschlagen. [23]

Auch die Landwirtschaft ist unmittelbar betroffen: Wächst in Trockenphasen das Gras auf Weiden und Wiesen nicht mehr ausreichend, müssen Bäuerinnen und Bauern Futter zukaufen oder Tierbestände reduzieren – mit entsprechenden Folgen für die Preise landwirtschaftlicher Erzeugnisse. [23]

Die anhaltende Trockenheit erhöht zudem die Waldbrandgefahr: Ausgetrocknete Böden und vertrocknete Vegetation bilden einen Nährboden für rasch ausbreitende Brände – ein Phänomen, das mittlerweile auch Deutschland regelmässig beschäftigt. [23]

Zunehmend gerät auch die Stromversorgung unter Druck. Ein erheblicher Teil der deutschen Stromproduktion stammt nach wie vor aus Kohle- und Gaskraftwerken, die für ihre Kühlung auf Wasser aus Flüssen wie Rhein, Elbe und Weser angewiesen sind. Sinken die Pegel bei anhaltender Trockenheit zu stark oder steigen die Wassertemperaturen zu weit an, dürfen die Kraftwerke weniger Kühlwasser entnehmen und müssen ihre Leistung drosseln. Da praktisch der gesamte europäische Raum mit denselben Problemen konfrontiert ist, könnte der verfügbare Strom gerade in ausgedehnten Trocken- und Hitzeperioden zunehmend knapp werden. [24]

Neben der Wirtschaft rückt zunehmend auch die Bevölkerung selbst ins Zentrum der Betrachtung. Das Umweltbundesamt (UBA) geht in einer gemeinsam mit dem Robert-Koch-Institut erarbeiteten Studie davon aus, dass es in den Sommern 2023 und 2024 in Deutschland jeweils rund 3'000 hitzebedingte Todesfälle gab – vor allem bei Menschen über 75 Jahren mit Vorerkrankungen. [25] Besonders gefährdet sind ältere sowie bereits gesundheitlich vorbelastete Menschen: Bei anhaltender Hitze steigt für sie das Risiko gesundheitlicher Komplikationen deutlich an, insbesondere wenn sich Körper und Wohnräume auch nachts nicht mehr ausreichend abkühlen können. [25]

Vor diesem Hintergrund gewinnt die Frage an Bedeutung, ob und wie sich die Bildung von Niederschlägen in Trockenperioden gezielt unterstützen ließe. Oder wäre es sogar denkbar, dass während solcher Trockenzeiten gezielt Niederschläge beziehungsweise Regen „erzeugen“ werden kann? Die vorliegende Dokumentation stellt ein Verfahren vor, das seit Jahrzehnten existiert, aber bislang nie systematisch und wissenschaftlich begleitet erprobt und eingesetzt wurde:

Das sogenannte «Regen-Machen» mittels mobiler Sprühdüsen-Einheit.

2. Herkunft des Verfahrens – Hans Hangartner

Das hier vorgestellte Verfahren geht auf den Schweizer Hans Hangartner zurück, geboren 1921 als Sohn eines in das rumänische Siebenbürgen ausgewanderten Schweizer Melkers. Als Zwölfjähriger kam er mit seiner Familie in die Schweiz, wo die Familie zeitweise in grosser Armut lebte. Hangartner arbeitete in der Maschinenbau-Branche, war jedoch zeitlebens ein autodidaktischer Tüftler mit ausgeprägtem Interesse an Naturphänomenen. [4, 5]

Nach eigenen Angaben beschäftigte er sich intensiv mit Thermik, Verdunstungsphysik, Wetterkarten sowie Wind- und Meeresströmungen. Einen entscheidenden Anstoss erhielt er nach eigener Aussage im Jahr 1977 durch Erkenntnisse aus der Kältephysik der Eisproduktion, die ihn auf die Grundidee seines späteren Verfahrens brachten. [4, 5]

Am 1. Juni 1989 meldete Hangartner beim Eidgenössischen Institut für Geistiges Eigentum das Patent CH 679 262 A5 mit dem Titel «Verfahren und Vorrichtung zum Bewirken von Regen» an. Das Patent wurde am 31. Januar 1992 erteilt. Es beschreibt sowohl das Verfahren – das Verdunsten von in warme, trockene Luft versprühtem Meerwasser zur Anregung von Niederschlag – als auch eine dazugehörige, leicht transportierbare Vorrichtung. [3]

Hangartner beliess es nicht bei der reinen Patentanmeldung, sondern erprobte sein Verfahren über Jahrzehnte hinweg in der Praxis – und das an einigen der trockensten Orte der Welt. Seine Einsätze führten ihn unter anderem nach Marokko, Mauretanien, Israel, Tunesien, Togo, Namibia, in die westafrikanische Sahelzone sowie nach Indien. Zur grossen Freude der Bevölkerung setzte danach jeweils tatsächlich Regen ein. Die örtlichen Fachleute bestätigten diese Niederschlagsereignisse durchwegs – ob sie sich ursächlich auf das Regenmacher-Experiment zurückführen liessen, war wissenschaftlich zwar nicht abschliessend zu klären. Fest steht jedoch:

Der Regen fiel und der zeitliche Zusammenhang zwischen Experiment und Niederschlag blieb auffällig und bemerkenswert. [4, 5]

Ich weiss nicht, ob es die immer wiederkehrenden Zweifel der Fachleute an der Wirksamkeit seines Verfahrens waren, die Hans Hangartner im Juni 1988 dazu bewogen, sich erneut in den indischen Bundesstaat Gujarat zu wagen – eine Region, in der von 1985 bis 1988 nachweislich eine starke Dürre herrschte – um dort einmal mehr zu beweisen, dass seine Methode tatsächlich Regen erzeugen kann. Der Korrespondent des Tages-Anzeigers, der das Experiment vor Ort begleitete, berichtete am 27. Juli 1988 über den ersten richtigen Regen seit vier Jahren. [5, 6, 7, 8]

Und doch blieb die verdiente Anerkennung zeit seines Lebens aus. Denn das Grundproblem ist dasselbe geblieben: Regen lässt sich nicht im Labor reproduzieren, und ein lückenloser wissenschaftlicher Beweis, dass der Niederschlag ursächlich auf das Sprühexperiment zurückzuführen ist, konnte nie erbracht werden. Meteorologen, Wissenschaftler und Behörden stellten die Erfolge immer wieder in Frage – nicht böswillig, aber konsequent: Zufall könne man nie ausschliessen.

Was bleibt, ist das Bild eines aussergewöhnlichen Schweizer Erfinders, der mit bescheidenen Mitteln und unbeirrbarem Glauben sein Verfahren gerade in Gebieten einsetzte, in denen andere längst aufgegeben hatten – ein Mann, der überall, wo er hinging, - Regen brachte - und dem es dennoch nie gelang, die Welt vom Gegenteil des Zufalls zu überzeugen.

3. Feldversuche und das Experiment in Gujarat, Indien (1988)

Besondere Aufmerksamkeit verdient ein Feldversuch, den Hangartner Anfang Juli 1988 in Jamnagar im indischen Bundesstaat Gujarat durchführte. Jamnagar liegt auf einer Halbinsel im Distrikt Saurashtra und war damals von einer bereits vier Jahre andauernden Dürre betroffen, die den ohnehin armen und wirtschaftlich rückständigen Bundesstaat (rund 178'000 Quadratkilometer – das entspricht etwa der Hälfte der Fläche von Deutschland – damals rund 40 Millionen Einwohner) hart getroffen hatte. Begleitet wurde der Einsatz vom damaligen China- und Asien-Korrespondenten des Schweizer «Tages-Anzeigers», H. B., der den Feldversuch vor Ort gemeinsam mit seiner Frau journalistisch dokumentierte.". [6, 7, 8]

Zustande kam der Einsatz über den indischen Industriekonzern Tata, der Hangartner nach Gujarat einlud. Der Versuch fand in Jamnagar statt; in der Nähe betrieb Tata Chemicals eine grosse Produktionsanlage. Die dortigen Ingenieure und Chemiker verfolgten den Aufbau von Hangartners Anlage zunächst mit unverhohlener Skepsis. [6]

«Mit überschwenglicher Freude feiert die Bevölkerung den ersten richtigen Regen seit vier Jahren.» [6]

Tages-Anzeiger, 27. Juli 1988

Wie im obenstehenden Artikel beschrieben, begann es rund zwei Wochen nach Hangartners Ankunft, am 14. Juli 1988, tatsächlich zu regnen. Für diesen Einsatz hatte der Schweizer erneut lediglich seine gewohnte, rund 150 - 180 Kilogramm schwere mobile Ausrüstung mitgeführt – bestehend aus einem Kompressor, Hochdruckrohren und Schläuchen –, mit der er jeweils versuchte, ein Gebiet von mehreren hundert Quadratkilometern zu beeinflussen. Ausgetrocknete Flussbetten füllten sich innert kurzer Zeit mit Wasser, sodass behelfsmässig errichtete Hütten an den Ufern eilig geräumt werden mussten. Während die zunächst skeptischen Tata-Fachleute sichtlich überrascht reagierten, feierte die Bevölkerung von Jamnagar den einsetzenden Regen ausgelassen: Jugendliche liessen sich vom Regen durchnässen, Kinder tollten herum, und Frauen schöpften Wasser aus den entstandenen Pfützen zum Kochen. Hangartner selbst erklärte, in seinem ganzen Leben noch nichts Vergleichbares erlebt zu haben. Die anhaltend starken Niederschläge zwangen ihn schliesslich sogar dazu, seinen Rückflug in die Schweiz um zwei Tage zu verschieben. [6]

Ein Zelt, ein 'Sprühständer' und eine Kompressorpumpe – und kurze Zeit darauf regnet es zum ersten Mal in Gujarat, Westindien.

Historische Sprühvorrichtung von Hans Hangartner beim Einsatz in Indien im Juli 1988. Die einfache Konstruktion bestand aus mehreren hoch angeordneten Sprührohren und wurde zur feinen Zerstäubung des Wassers eingesetzt. [4]

Auch die offiziellen Niederschlagsstatistiken der indischen Wetterbehörde für die betroffenen Regionen zeichnen ein klares Bild: [7, 8]

Region	01.01.–31.12.1987	01.01.–30.06.1988	Nach dem Experiment: 01.07.–31.12.1988
Saurashtra und Kutch	92,5 mm	14,9 mm	773,2 mm
Bundesstaat Gujarat	405 mm	75,6 mm	1'094,3 mm

Quelle: India Meteorological Department, imdpune.gov.in (Subdivisional Rainfall Data).
https://imdpune.gov.in/cmpg/subdivrainfall/saurashtraandkutch.html (ca. 30 Sek. bis Link öffnet)
https://imdpune.gov.in/cmpg/subdivrainfall/gujaratregion.html [7, 8]

Bemerkenswert ist der zeitliche Zusammenhang: Bis Ende Juni 1988 herrschte in beiden Regionen weiterhin aussergewöhnliche Niederschlagsarmut und Trockenheit, während unmittelbar nach dem Experiment in der zweiten Jahreshälfte eine deutlich niederschlagsreichere Periode folgte. Ein wissenschaftlich zweifelsfreier Nachweis, dass dieser Umschwung tatsächlich auf das Sprühexperiment zurückzuführen ist, lässt sich grundsätzlich naturgemäss nur schwer Beweisen – eine vollständig kontrollierte Vergleichsstudie würde voraussetzen, dieselbe Wetterlage einmal mit und einmal ohne Sprüheinsatz zu wiederholen, was praktisch unmöglich ist. Die statistischen Daten sind jedenfalls ein starkes Indiz für die Wirkung des Verfahrens, zumal die Regenfälle nach vier Jahren anhaltender Trockenheit tatsächlich einsetzten. Das vielleicht stärkste Argument für die Wirksamkeit des Sprühverfahrens bleibt jedoch ein auffälliges Muster:

Überall dort, wo Hangartner sein Verfahren anwandte
– in einigen der trockensten Regionen der Welt – fiel der Regen! [4, 5]

Während für den Betrieb der Anlage während 14 Tagen lediglich rund 42 m³ Wasser eingesetzt wurden, fielen im Gebiet Saurashtra und Kutch im zweiten Halbjahr 1988 773,2 mm Niederschlag. Zieht man davon den durchschnittlichen Jahresniederschlag der vorangegangenen 3,5 Jahre von 202,5 mm ab, verbleiben 570,7 mm zusätzlicher Niederschlag. Auf einer Fläche von rund 109'000 km² entspricht dies einer Wassermenge von rund **62,2 Milliarden m³**. [23]

4. Anliegen an die Politik, Wissenschaft, Wirtschaft und Verbände – Vorschlag eines Pilotprojekts

Angesichts der eingangs beschriebenen klimatischen Entwicklung möchte ich Ihnen das Verfahren zur Prüfung unterbreiten. Ausgangspunkt der Eingabe ist die Beobachtung, dass die Trocken- und Hitzeperioden in Deutschland und in Europa an Häufigkeit und Dauer zunehmen, und die daraus abgeleitete Frage, ob sich mit einem vergleichsweise einfachen, technisch überschaubaren Verfahren gezielt Niederschlag begünstigen liesse.

Der Vorschlag besteht darin, dass der Bund – allenfalls gemeinsam mit den Ländern, Wirtschaft, Wissenschaft und Verbänden – ein wissenschaftlich begleitetes Pilotprojekt in die Wege leitet. Im Zentrum sollte dabei nicht eine jahrelange theoretische Vorabklärung stehen, sondern die praxisnahe Frage, ob unter realen Bedingungen tatsächlich Niederschlag ausgelöst oder zumindest begünstigt werden kann.

Ein wissenschaftlich begleiteter Pilotversuch unter realen Bedingungen wäre der konsequente nächste Schritt, um das Potenzial des Regen-Macher-Verfahrens in Deutschland praktisch zu prüfen. Gerade während einer ausgeprägten Trocken- und Hitzeperiode könnten die meteorologischen Voraussetzungen, der Verlauf des Sprühbetriebs sowie mögliche Veränderungen von Luftfeuchtigkeit, Luftströmungen, Wolkenbildung und Niederschlag umfassend erfasst und dokumentiert werden.

Dabei sollte die wissenschaftliche Begleitung den praktischen Versuch unterstützen und auswerten – ihn jedoch nicht durch langwierige Vorstudien, theoretische Grundsatzdiskussionen oder übermässige administrative Hürden unnötig verzögern. Bei einem technisch vergleichsweise einfachen und überschaubaren Verfahren sollte es möglich sein, die notwendigen Sicherheits- und Rahmenbedingungen zügig zu klären und anschliessend einen gut dokumentierten Feldversuch durchzuführen. Viele der entscheidenden Fragen lassen sich letztlich ohnehin erst unter realen Bedingungen beantworten. Das Ziel sollte deshalb sein: sorgfältig vorbereiten, wissenschaftlich begleiten – aber vor allem ausprobieren.

Eine mögliche mobile Versuchseinheit für ein solches Pilotprojekt könnte gemäss dem Vorschlag aus folgenden Komponenten bestehen:

- einem Anhänger mit Sprühdüsen-Einheit und vormontierter Wasserpumpe, Kompressor und allenfalls Ventilator
- einem zweiten Anhänger mit Stromgenerator zur Versorgung der Pumpenanlage, Ventilator
- den erforderlichen Wasserleitungen, Sprühdüsen sowie allfälligen Mess- und Steuerungseinrichtungen zur wissenschaftlichen Begleitung des Versuchs

Bereits ein solcher Versuch könnte wichtige Erkenntnisse darüber liefern, welche Wirkung das Verfahren unter heutigen Bedingungen entfaltet und welches Potenzial darin für einen zukünftigen Einsatz liegt. Sollte sich bestätigen, dass damit Niederschläge gezielt ausgelöst oder wesentlich begünstigt werden können, wären die möglichen Auswirkungen für Landwirtschaft, Wälder, Flüsse, Wasserversorgung und den Umgang mit zunehmenden Trockenperioden von grosser Bedeutung.

Haben wir den Mut, allfällige Vorurteile, festgefahrene Denkmuster und vorschnelle Zweifel abzulegen und neuen Lösungsansätzen offen zu begegnen. Gerade angesichts der zunehmenden Herausforderungen durch Trockenheit, Hitze und Wassermangel und Erderwärmung sollten wir technologie- und lösungsoffen handeln. Das Regen-Macher-Verfahren zeigt, dass möglicherweise bereits mit einer vergleichsweise einfachen, kostengünstigen und umweltschonenden Technologie Grosses bewirkt werden kann. Entscheidend sollte deshalb nicht sein, ob eine Idee auf den ersten Blick ungewöhnlich erscheint, sondern ob sie unter realen Bedingungen funktioniert und einen konkreten Nutzen bringt. Den Mut zu haben, dies unvoreingenommen zu prüfen und praktisch zu erproben, könnte sich als weit bedeutender erweisen, als wir heute vielleicht noch erahnen können.

5. Verschiedene Bauvarianten der Sprühdüsen-Einheit

Für die praktische Umsetzung des Verfahrens sind unterschiedliche mobile Bauformen möglich. Im Vordergrund stehen drei technische Grundvarianten: eine Sprüh-Einheit mit Hochdruckpumpe, eine Sprüh-Einheit mit Wasserpumpe und kombinierter Drucklufteinspritzung sowie eine Ausführung mit zusätzlichem Vertikalventilator nach einem ähnlichen Grundprinzip wie bei einer Schneekanone. Die nachfolgenden Bauformen zeigen mögliche Konstruktionsvarianten für einen späteren Prototyp.

Variante 1 – Sprühdüsen-Einheit mit Hochdruckpumpe

Das Wasser wird aus einem See, Fluss oder Meer angesaugt, gefiltert und mit einer leistungsfähigen Hochdruckpumpe zum Verteiler und zu den Sprührohren gefördert. Der erforderliche Sprühdruck wird vollständig durch die Wasserpumpe erzeugt; die Düsen zerstäuben das Wasser in feine Tröpfchen. Diese Ausführung kann zusätzlich mit einem oder mehreren nach oben gerichteten Ventilatoren kombiniert werden.

Vorteile: einfacher Aufbau; hoher Wasserdurchsatz; weniger Komponenten; geringerer Wartungsaufwand.

Nachteile: für sehr feine Zerstäubung ist entsprechend hoher Wasserdruck erforderlich; die Tröpfchengrösse hängt stark von Düse und Druck ab. [13]

Variante 2 – Sprühdüsen-Einheit mit Pumpe und Drucklufteinspritzung (Kompressor)

Die Wasserpumpe fördert das Wasser zu Zweistoffdüsen beziehungsweise pneumatischen Zerstäuberdüsen; der Kompressor liefert separat die Druckluft. Erst in der Düse oder unmittelbar ausserhalb der Düse treffen Luft und Wasser zusammen. Der schnelle Luftstrom zerreisst den Wasserstrom in wesentlich kleinere Tröpfchen. Bei bestimmten Zweistoffdüsen genügen beispielsweise Wasserdrücke von etwa 1–10 bar und Luftdrücke von etwa 1–15 bar. Je nach System sind Tröpfchen bis in den Bereich weniger Mikrometer möglich. Auch diese Variante kann mit einem zusätzlichen Ventilator kombiniert werden.

Vorteile: sehr feine und gut regelbare Zerstäubung; geringerer notwendiger Wasserdruck; Tröpfchengrösse über Wasser- und Luftdruck beeinflussbar.

Nachteile: Kompressor und separates Luftleitungssystem erforderlich; höherer Energiebedarf; technisch aufwendiger. [14, 15]

Variante 3 – Sprühdüsen-Einheit mit Pumpe, Drucklufteinspritzung (Kompressor) und Vertikalventilator

Diese Bauform verbindet die pneumatische Zerstäubung mit einem nach oben gerichteten Luftstrom und lehnt sich technisch an das Prinzip einer Schneekanone an. Im Unterschied zur Schneeerzeugung soll das Wasser jedoch nicht gefrieren, sondern möglichst fein in warmer Luft verteilt und verdunstet werden. Ein oder mehrere Vertikalventilatoren transportieren die Tröpfchen nach oben, führen laufend Umgebungsluft zu und verlängern die Verweildauer des Wassernebels in der Luft.

Vorteile: sehr feine Zerstäubung; intensive Vermischung mit Umgebungsluft; längere Schwebe- und Verdunstungszeit; gezielter Transport nach oben.

Nachteile: höchster technischer und energetischer Aufwand; zusätzliches Gewicht; Ventilator-, Kompressor- und Pumpenleistung müssen aufeinander abgestimmt werden. [16]

Mögliche konstruktive Ausführungsformen

Die folgenden Beispiele zeigen unterschiedliche Anordnungen der Sprühdüsen-Einheit und mögliche Kombinationen der drei technischen Grundvarianten.

Hinweis zu den Abbildungen: Bei den dargestellten Sprühdüsen-Einheiten handelt es sich um Konzeptvisualisierungen und nicht um Fotografien bestehender Anlagen. Die Darstellungen wurden als KI-gestützte Entwurfsvisualisierungen nach Vorgaben des Autors erstellt. [17]

Ringdüsen-Sprüheinheit mit Vertikalventilator

Einsatz: Mit Pumpe, Kompressor und Vertikalventilator.

Transport: Der Mast ist kippbar; Ringdüsen-Einheit und Ventilator sind für den Transport demontierbar

Kreisförmige Anordnung einer Sprühdüsen-Einheit

Einsatz: Mit Pumpe, Kompressor und Vertikalventilator.

Transport: Der obere Teil der Sprührohre und der Ventilator sind demontierbar.

Doppelreihige Sprühdüsen-Einheit

Einsatz: Mit Hochdruckpumpe oder mit Pumpe und Kompressor.

Transport: Der obere Teil der Sprührohre ist demontierbar.

Ringdüsen-Sprüh-Einheit

Einsatz: Mit Hochdruckpumpe oder mit Pumpe und Kompressor.

Transport: Der Mast ist kippbar; der obere Teil der Ringdüsen-Einheit ist demontierbar.

Einreihige Sprühdüsen-Einheit

Einsatz: Mit Hochdruckpumpe oder mit Pumpe und Kompressor.
Transport: Der obere Teil der Sprührohre ist demontierbar.

Bündel-Sprühdüsen-Einheit

Einsatz: Mit Hochdruckpumpe oder mit Pumpe und Kompressor.
Transport: Der obere Teil der Sprührohre ist demontierbar.

6. Fazit und Ausblick

Da Verfahren «Der-Regen-Macher» verbindet eine vergleichsweise einfache technische und physikalische Grundidee mit einem aussergewöhnlichen möglichen Nutzen. Die bisherigen Erfahrungen und Feldversuche zeigen, dass es aus meiner Sicht genügend Gründe gibt, dieses Verfahren unter den heutigen klimatischen Bedingungen erneut aufzugreifen und praktisch zu erproben.

Gerade angesichts der zunehmenden Regenarmut, längerer Trocken- und Hitzeperioden sowie der damit verbundenen Folgen für Landwirtschaft, Wälder, Flüsse, Wasserversorgung, Wirtschaft und Bevölkerung stellt sich die Frage, ob wir es uns leisten können, eine solche Möglichkeit ungenutzt zu lassen. Hinzu kommt die unmittelbar spürbare kühlende Wirkung anhaltenden Regens: Nach längeren Hitzeperioden sinkt die Umgebungstemperatur innert kurzer Zeit deutlich, und auch der zuvor stark aufgeheizte Boden wird nachhaltig abgekühlt. Sollte es mit dem Regen-Macher-Verfahren tatsächlich möglich sein, Niederschläge gezielt auszulösen oder zu fördern, könnte damit möglicherweise nicht nur Trockenheit bekämpft, sondern durch diese kühlende Wirkung auch der zunehmenden Erderwärmung entgegengewirkt werden.

Deshalb sollten wir uns nicht zu lange bei der theoretischen Frage aufhalten, ob das Verfahren möglich ist oder nicht. Entscheidend wäre, den Versuch unter heutigen Bedingungen wissenschaftlich begleitet zu starten und zu beobachten, was tatsächlich geschieht.

Was wäre, wenn das Regen-Macher-Verfahren erfolgreich wäre – wovon ich überzeugt bin – und wir damit eines Tages nicht nur in Deutschland, sondern vielleicht auch in Europa Niederschläge gezielt beeinflussen oder «steuern» könnten, sodass Regenarmut und lang anhaltende Trockenperioden zunehmend zu einem Fremdwort würden?

Nicht weniger bedeutend könnte der Einsatz in Entwicklungsländer sein, deren Lebens- und Entwicklungsmöglichkeiten gerade wegen fehlender Niederschläge und chronischen Wassermangels stark eingeschränkt sind. Eine vergleichsweise einfache Technologie, die dort zuverlässig Regen ermöglichen könnte, hätte für Landwirtschaft, Wasserversorgung und Ernährungssicherheit eine kaum zu überschätzende Bedeutung.

Die vorliegende Dokumentation soll dazu einen sachlichen Beitrag leisten und interessierten Stellen in Politik, Wissenschaft, Wirtschaft, Verbänden und Verwaltung als Grundlage für eine vertiefte Prüfung dienen.

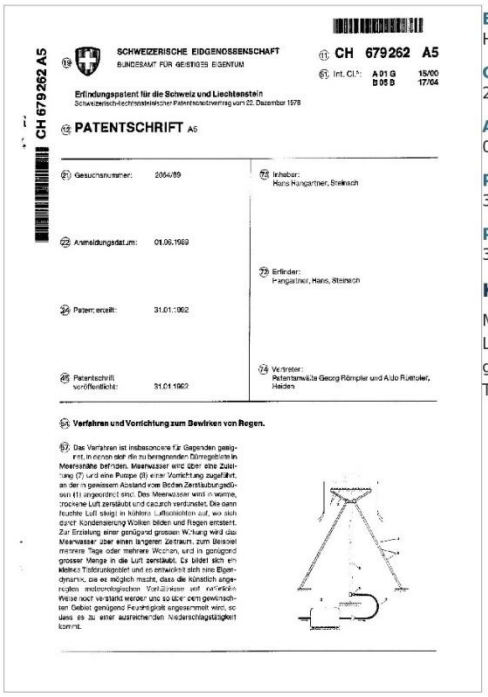
Denn letztlich kann nur ein praktischer Versuch zeigen, was tatsächlich möglich ist.

«Was möglich ist, erfahren wir nicht durch Zweifel allein,
sondern indem wir den Mut haben, es zu versuchen.» [22]

7. Das Verfahren «Regen-Machen» – Grundprinzip

Hans Hangartner und Patent CH 679 262 A5

„Verfahren und Vorrichtung zum Bewirken von Regen“



CH 679262 A5

(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 679262 A5

(51) Int. Cl.[5]: A 01 G 15/00, D 06 B 17/04

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT A5

(21) Gesuchsnummer: 2064/89

(22) Anmeldungsdatum: 01.06.1989

(24) Patent erteilt: 31.01.1992

(45) Patentschrift veröffentlicht: 31.01.1992

(73) Inhaber: Hans Hangartner, Steinach

(72) Erfinder: Hangartner, Hans, Steinach

(74) Vertreter: Patentanwälte Georg Römpler und Aldo Rüetschi, Heiden

(54) Verfahren und Vorrichtung zum Bewirken von Regen.

(57) Das Verfahren ist insbesondere für Gegenden geeignet, in denen oder die zu benennenden Dürregebiete in Meeresnähe befinden. Meerwasser wird über eine Zuleitung (7) und eine Pumpe (8) einer Vorrichtung zugeführt, an der in gewissem Abstand vom Boden Zerstäubungsdüsen (1) angeordnet sind. Das Meerwasser wird in warme, trockene Luft zerstäubt und dadurch verdunstet. Die dann feuchte Luft steigt in kühlere Luftschichten auf, wo sich durch Kondensierung Wolken bilden und Regen entsteht. Zur Erzielung einer genügend grossen Wirkung wird das Meerwasser über einen längeren Zeitraum, zum Beispiel mehrere Tage oder mehrere Wochen, und in genügend grosser Menge in die Luft zerstäubt. Es bildet sich ein kleines Tiefdruckgebiet und es entwickelt sich eine Eigendynamik, die es möglich macht, dass die künstlich angeregten meteorologischen Vorgänge auf natürliche Weise noch verstärkt werden und so über dem gewünschten Gebiet genügend Feuchtigkeit angesammelt wird, so dass es zu einer ausreichenden Niederschlagstätigkeit kommt.

Erfinder / Inhaber
Hans Hangartner, Steinach

Gesuchsnummer
2064/89

Anmeldung
01.06.1989

Patent erteilt
31.01.1992

Patentschrift veröffentlicht
31.01.1992

Kernaussage des Patents

Meerwasser soll in Küstennähe bodennah fein zerstäubt werden. In warmer, trockener Luft soll es rasch verdunsten. Die feuchtere Luft soll in höhere, kühlere Luftschichten gelangen, wo Wolken und Niederschlag entstehen können. Der Betrieb ist für mehrere Tage oder Wochen vorgesehen.

Ausschnitt aus der bereitgestellten Patentschrift CH 679 262 A5.

Grundlage des Verfahrens ist eine denkbar einfache physikalische Überlegung: Wird Wasser – idealerweise Wasser aus einem Bach, Fluss, See oder Meer – über ein Rohrsystem auf eine Höhe von rund fünf bis neun Metern gepumpt und dort in feinste Tröpfchen zerstäubt, vergrössert sich die gesamte Wasseroberfläche sehr stark. Dadurch kann innert kurzer Zeit eine grosse Wassermenge verdunsten. Die Verdunstung entzieht der umgebenden Luft Wärme und reichert sie gleichzeitig mit zusätzlicher Feuchtigkeit an. Genau diese Veränderung der bodennahen Luftschicht soll günstige Voraussetzungen für Luftbewegung, Thermik, Wolkenbildung und schliesslich Regen schaffen. [3, 4]

Die stark erwärmte bodennahe Luft wird durch den Sprühvorgang angefeuchtet und lokal abgekühlt. Im Zusammenspiel mit der fortgesetzten Erwärmung des Bodens und den dadurch bestehenden Temperatur- und Dichteunterschieden kann sich ein lokaler Aufwind entwickeln. Wird dieser Vorgang über längere Zeit – gemäss den vorliegenden Unterlagen über mehrere Tage bis Wochen – kontinuierlich fortgesetzt, soll sich daraus am Boden ein kleines, aber beständiges Tiefdruckgebiet beziehungsweise eine zunehmende Luftzirkulation entwickeln. [3, 4]

Dieses lokale System entfaltet nach den vorliegenden Beschreibungen eine gewisse Eigendynamik: Feuchtere Luft aus der Umgebung – insbesondere von einer angrenzenden Wasserfläche – wird nachgeführt. Die aufsteigende Luft gelangt in kühlere Luftschichten, wo Wasserdampf kondensieren und Wolken entstehen können. Gemäss den historischen Berichten soll sich der Wirkungsbereich im Verlauf mehrerer Tage vergrössern, bis ein Austausch zwischen der heissen Luft über dem trockenen Land und der feuchteren Luft über dem Meer oder einem See zustande kommt. [3, 4]

Die besondere Bedeutung von Meer- oder Salzwasser

Für das Regen-Macher-Verfahren ist Meer- oder Salzwasser aus zwei Gründen besonders interessant. Zum einen erfüllt es wie jedes versprühte Wasser die thermische Funktion des Verfahrens: Die starke Oberflächenvergrösserung der feinsten Tröpfchen fördert Verdunstung, kühlt die umgebende Luft und erhöht gleichzeitig deren Feuchtegehalt.

Zum anderen gelangen mit Meer- oder Salzwasser gelöste Salze und Mineralien in kleinsten Tröpfchen in die Luft. Verdunstet ein Teil des Wassers, bleiben sehr kleine salzhaltige Partikel zurück. Diese sind hygroskopisch, können also Feuchtigkeit aus der Umgebung aufnehmen. Dadurch kommt zur thermischen Wirkung des Sprühwassers eine mikrophysikalische Wirkung hinzu, die für die Bildung und das Wachstum von Wolkentröpfchen von Bedeutung sein kann. [11]

Der mögliche Vorteil von Meer- oder Salzwasser liegt somit nicht darin, dass Salzwasser stärker oder schneller verdunstet als reines Wasser. Vielmehr verbindet es den Wassereintrag mit der zusätzlichen Einbringung natürlicher salzhaltiger Aerosol- und Kondensationskerne. In diesem Sinn kann Meer- oder Salzwasser das beschriebene Verfahren gegenüber sehr mineralarmem Süsswasser funktionell ergänzen und möglicherweise effizienter machen. [11]

Kondensationskerne und Wolkentröpfchen

Damit Wasserdampf in der Atmosphäre zu Wolkentröpfchen kondensieren kann, spielen sogenannte Kondensationskerne eine wichtige Rolle. Dabei handelt es sich um sehr kleine Partikel in der Luft, an denen sich Wassermoleküle anlagern können. Beim Versprühen von Wasser mit gelösten Mineralien – bei Meerwasser besonders ausgeprägt, bei See- oder Flusswasser in geringerem Mass – können nach teilweiser oder vollständiger Verdunstung feinste Salz- beziehungsweise Mineralpartikel zurückbleiben. [11]

Solche hygroskopischen Partikel können Feuchtigkeit aufnehmen und unter geeigneten Bedingungen als natürliche Wolkenkondensationskerne wirken. In einer sich entwickelnden Wolke können die daraus entstandenen kleinen Tröpfchen weiter anwachsen und sich mit anderen Tröpfchen verbinden. Damit aus Wolkentröpfchen schliesslich Niederschlag entsteht, müssen jedoch zusätzlich die dafür notwendigen meteorologischen Bedingungen gegeben sein. [11]

Das Raoultsche Gesetz

Im Bericht «Der Mann, der es in der Sahel-Zone regnen liess» aus dem Jahr 1989 wird im Zusammenhang mit Hangartners Regenaktivierung ausdrücklich auf Professor François-Marie Raoult in Grenoble und das nach ihm benannte Raoultsche Gesetz verwiesen. Der damalige Bericht verbindet dieses Gesetz mit der Gefrierpunktserniedrigung und der Siedepunktserhöhung von Lösungen. [4, 9]

Für die hier betrachtete Wirkung von salzhaltigem Wasser ist insbesondere der Dampfdruck einer Lösung interessant. Vereinfacht beschreibt das Raoultsche Gesetz, dass Wasser mit gelösten Salzen oder anderen Stoffen – also beispielsweise Meer- oder Salzwasser – einen etwas niedrigeren Dampfdruck besitzt als nahezu reines beziehungsweise destilliertes Wasser. Auch Süsswasser enthält in der Regel gelöste Mineralien und Salze, allerdings meist in geringerer Konzentration als Meerwasser. Dieser sogenannte Raoult-Effekt ist auch bei sehr kleinen salzhaltigen Tröpfchen beziehungsweise Aerosolpartikeln von Bedeutung. [9]

$$\mathbf{p(Wasser, Lösung) = x(Wasser) \times p^{o}(Wasser)}$$

Die Köhler-Theorie – Verbindung zur Wolkenbildung

Eine weiterführende physikalische Einordnung liefert die Köhler-Theorie der Wolkenmikrophysik. Sie beschreibt, unter welchen Bedingungen kleine hygroskopische Aerosolpartikel Wasser aufnehmen, weiter anwachsen und als Wolkentröpfchen aktiviert werden können. Dabei wird der Einfluss gelöster Stoffe, wie er mit dem Raoult-Effekt beschrieben wird, mit dem Einfluss der gekrümmten Oberfläche sehr kleiner Tröpfchen verbunden. [10, 11]

Gerade bei Meeressalz ist dieser Zusammenhang von besonderem Interesse: Meeressalzpartikel können aufgrund ihrer hygroskopischen Eigenschaften Wasser aufnehmen und bei geeigneter Luftfeuchtigkeit beziehungsweise Übersättigung als Wolkenkondensationskerne aktiviert werden. Damit erhält Hangartners Hinweis auf Meerwasser und auf das Raoultsche Gesetz eine zusätzliche mikrophysikalische Erklärung. [10, 11]

Kurz zusammengefasst

Süsswasser wirkt im beschriebenen Verfahren vor allem über Zerstäubung, Verdunstung, Abkühlung und Feuchteanreicherung. Meer- oder Salzwasser verbindet diese Wirkung zusätzlich mit der Einbringung hygroskopischer Salzpartikel, die als Kondensationskerne wirken können. Dadurch kann Meer- oder Salzwasser für das Verfahren einen zusätzlichen funktionellen Vorteil besitzen.

Hangartners Wirkungsmodell – die beiden Skizzen

Die beiden von Hangartner verwendeten Skizzen veranschaulichen das von ihm angenommene Wechselspiel zwischen trockenem Land, Meer und Atmosphäre. Für die Dokumentation wurden sie neu gezeichnet und klar beschriftet, damit sie später auch einfach in andere Sprachen übertragen werden können. [4]

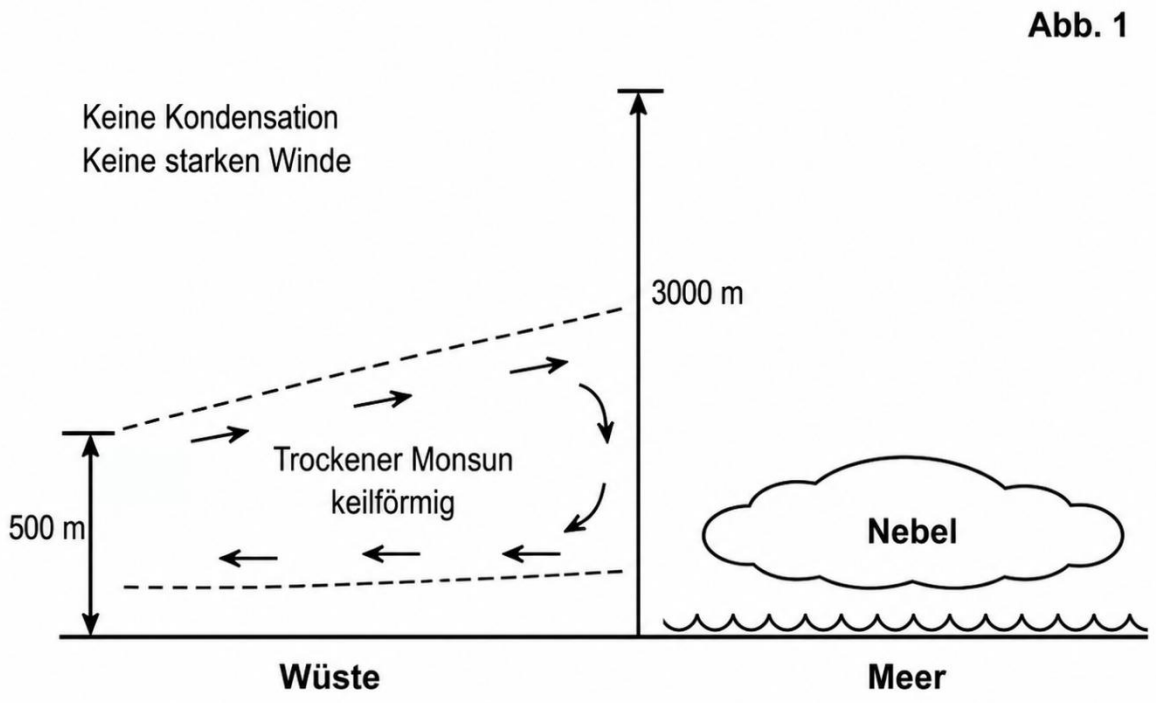


Abb. 1 (neu gezeichnet): Ausgangssituation nach Hangartner – trockener, keilförmiger Monsun über der Wüste; über dem Meer liegt ein Nebelfeld.

Abb. 1 zeigt die Ausgangssituation: Über der Wüste bewegt sich nach Hangartners Darstellung ein trockener, keilförmiger Monsun nur in vergleichsweise geringer Höhe. Über dem Meer liegt dagegen ein Nebelfeld. Die Skizze kennzeichnet diesen Zustand mit «Keine Kondensation» und «Keine starken Winde». Der Feuchtigkeitsaustausch zwischen Meer und Land ist in dieser Darstellung noch schwach ausgeprägt. [4]

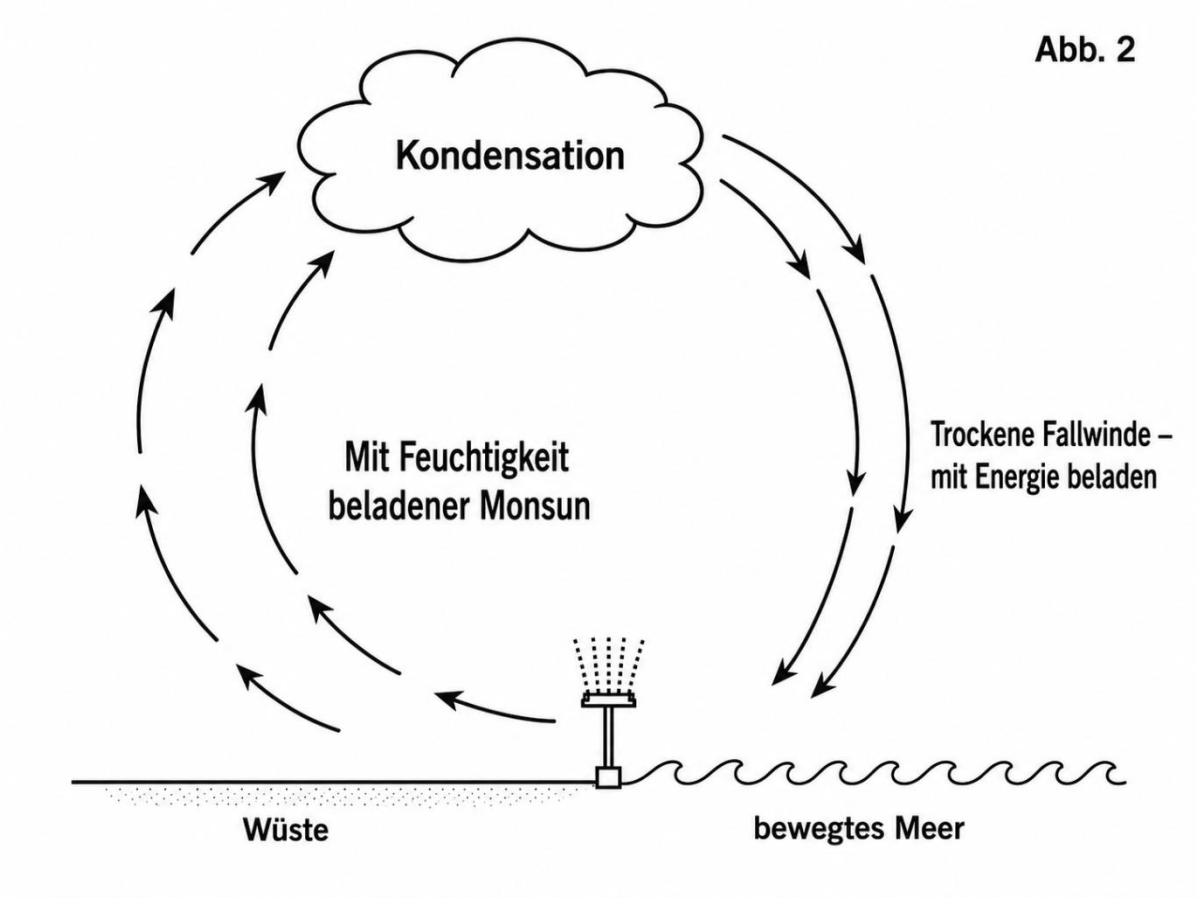


Abb. 2 (neu gezeichnet): Verstärkter Kreislauf – feuchtigkeitsbeladene Luft steigt auf, Kondensation setzt ein, trockene Fallwinde – mit Energie beladen – strömen zur Wasserfläche zurück.

Abb. 2 zeigt den nach Hangartners Vorstellung aktivierten Kreislauf. Mit Feuchtigkeit beladene Luft strömt von einer benachbarten Wasserfläche – Meer, See oder Fluss – in Richtung des wärmeren Landes und steigt dort auf. In grösserer Höhe setzt Kondensation ein, wobei Wärme frei wird. Die danach trockenere Luft sinkt wieder ab und strömt – in Hangartners Skizze als «trockene Fallwinde – mit Energie beladen» bezeichnet – zurück in Richtung der Wasserfläche. Dort kann erneut Feuchtigkeit aufgenommen werden. Der fortgesetzte Sprühbetrieb soll diesen Kreislauf anregen und zunehmend verstärken. [4]

Hinweis: Grundlage der beiden neu gezeichneten Abbildungen sind die handschriftlichen Skizzen im Artikel von Hans-Joachim Ehlers, «Der Mann, der es in der Sahel-Zone regnen liess», raum&zeit 43/89, S. 70. Der dargestellte Grundgedanke wurde bei der Neuzeichnung beibehalten. [4]

Zwei miteinander verbundene Wirkungsebenen

Die Skizzen beschreiben vor allem die grossräumige dynamische Ebene des Verfahrens: Luftbewegung, Feuchtetransport, Aufstieg, Kondensation und Rückströmung.

Das Raoultsche Gesetz und die Köhler-Theorie ergänzen dieses Modell auf der mikrophysikalischen Ebene: Sie erklären den Zusammenhang zwischen gelösten Salzen, hygroskopischen Aerosolpartikeln und der Bildung beziehungsweise Aktivierung von Wolkentröpfchen. [9, 10, 11]

Zusammengenommen ergibt sich damit ein erweitertes Wirkungsmodell: Die Sprühanlage soll einerseits die bodennahe Luft thermisch und dynamisch beeinflussen und eine grössere Zirkulation zwischen Land und Wasser unterstützen; andererseits können bei der Verwendung von Meer- oder Salzwasser zusätzlich natürliche salzhaltige Kondensationskerne in die Atmosphäre eingebracht werden.

Gemäss den vorliegenden Quellen soll der beschriebene Effekt – vom Beginn des Versprühens bis zum Einsetzen von Niederschlag – üblicherweise nach etwa drei bis vierzehn Tagen eintreten, wobei dies je nach lokalen Gegebenheiten stark variieren kann. [4, 6]

Der Bericht aus der Sahel-Zone beschreibt, dass sich nach etwa drei Tagen eine genügend grosse Zirkulation entwickelt hatte und am vierten Tag Regen einsetzte. Beim Indien-Einsatz 1988 begann es rund zwei Wochen nach Hangartners Ankunft, am 14. Juli 1988, zu regnen. [4, 6]

Das Regen-Macher-Verfahren entfaltet seine Wirkung umso besser, je trockener die Luft und je intensiver die Sonneneinstrahlung ist.

8. Meteorologische Hintergründe

Das Tief-Hochdruck-Verhältnis

Für das Verfahren ist das Temperatur- und Druckgefälle zwischen dem stark erwärmten Land und einer benachbarten, kühleren Wasserfläche von besonderer Bedeutung. Über dem warmen Land steigt Luft auf, während die Luft über Meer, See oder Fluss vergleichsweise kühler und dichter bleibt. Dadurch kann eine Luftströmung entstehen, wie sie grundsätzlich auch von der natürlichen Land-Seewind-Zirkulation bekannt ist. [12]

Bedeutung des Einsatzortes

Die Wahl des Einsatzortes spielt deshalb eine zentrale Rolle. Die Sprüheinheit sollte nach Möglichkeit unmittelbar an einem Meer, See, Fluss oder einer anderen ausreichend grossen Wasserfläche betrieben werden. Dadurch steht nicht nur genügend Wasser für den Sprühbetrieb zur Verfügung, sondern gleichzeitig auch eine natürliche Feuchtequelle in unmittelbarer Nähe. [4, 5, 12]

Meteorologische Bedingungen

Wie stark sich der durch die Sprühanlage angestossene Prozess entwickelt, hängt von den jeweiligen meteorologischen Bedingungen ab. Von Bedeutung sind insbesondere:

- Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit
- Intensität der Sonneneinstrahlung
- Windrichtung und Windstärke
- Temperaturverteilung in höheren Luftschichten
- Stabilität beziehungsweise Labilität der Atmosphäre
- Grösse und Temperatur der angrenzenden Wasserfläche
- Geländeform und vorhandene regionale Windsysteme. [12]

Die Wahl von Zeitpunkt und Ort des Einsatzes ist daher entscheidend. Nach den vorliegenden Beschreibungen sind besonders heisse, trockene und sonnenreiche Bedingungen für das Verfahren günstig.

Weitere Einflüsse

Es ist denkbar, dass weitere lokale oder meteorologische Faktoren den Verlauf des Verfahrens beeinflussen. Gerade ein Versuch in der Praxis könnte dazu beitragen, solche Zusammenhänge unmittelbar zu beobachten und dabei Erkenntnisse über geeignete Standorte, den optimalen Einsatzzeitpunkt und die Wirkung unter unterschiedlichen Wetterbedingungen zu gewinnen.

9. Quellen und Nachweise

Die nachfolgenden Quellen bilden die Grundlage für die historischen, meteorologischen, wissenschaftlichen und technischen Angaben in dieser Dokumentation. Die Nummern entsprechen den Quellenverweisen im Text.

Historische, meteorologische und wissenschaftliche Quellen

[1] Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz / ETH Zürich: Climate CH2025 – Drier summers / Swiss climate scenarios. Angaben zur zunehmenden Sommertrockenheit, Verdunstung, Bodenfeuchte und Hitzeentwicklung in der Schweiz. https://www.meteoswiss.admin.ch/climate/climate-change/drier-summers.html (abgerufen am 19.08.2026).

[2] Bundesamt für Umwelt BAFU: «Sommer 2026: Trockenheit und hohe Waldbrandgefahr», veröffentlicht am 24.07.2026. Angaben zur ausgeprägten Trockenheit, tiefen Wasserständen und Waldbrandgefahr in der Schweiz. https://www.bafu.admin.ch/de/sommer-2026-trockenheit-und-hohe-wassertemperaturen (abgerufen am 19.08.2026).

[3] Hans Hangartner: Schweizer Patent CH 679 262 A5, «Verfahren und Vorrichtung zum Bewirken von Regen». Anmeldung 01.06.1989; Patent erteilt und Patentschrift veröffentlicht 31.01.1992. Quelle: bereitgestellte Patentschrift / Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum.

[4] Hans-Joachim Ehlers: «Der Mann, der es in der Sahel-Zone regnen liess», raum&zeit, Nr. 43/89, S. 68–72. Quelle: bereitgestellter Originalartikel. Besonders relevant: S. 69 – nach etwa drei Tagen ist die Zirkulation ausreichend gross; am 4. Tag beginnt es zu regnen.

[5] Edith Lier: «Hans Hangartner – Der verkannte Regengott», Beobachter, 08.07.2005. https://www.beobachter.ch/familie/hans-hangartner-der-verkannte-regengott (abgerufen am 19.08.2026).

[6] H. B: «Ein Schweizer als Regenmacher in Indien», Tages-Anzeiger, Mittwoch, 27.07.1988, S. 48. Quelle: bereitgestellter Originalartikel. Besonders relevant: S. 48 – der Regen setzt am 14. Juli 1988 ein, rund zwei Wochen nach Hangartners Ankunft Ende Juni.

[7] India Meteorological Department (IMD): Subdivisional Rainfall Data – Saurashtra and Kutch. Historische Monats- und Jahresniederschläge. https://imdpune.gov.in/cmpg/subdivrainfall/saurashtraandkutch.html (abgerufen am 19.08.2026).

[8] India Meteorological Department (IMD): Subdivisional Rainfall Data – Gujarat Region. Historische Monats- und Jahresniederschläge. https://imdpune.gov.in/cmpg/subdivrainfall/gujaratregion.html (abgerufen am 19.08.2026).

[9] International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC): «Raoult's law», Compendium of Chemical Terminology (Gold Book), DOI: 10.1351/goldbook.15349. https://doi.org/10.1351/goldbook.15349 (abgerufen am 19.08.2026).

[10] Köhler, H.: «The nucleus in and the growth of hygroscopic droplets», Transactions of the Faraday Society, 1936, Vol. 32, S. 1152–1161. DOI: 10.1039/TF9363201152.

[11] Kleinheins, J.; Shardt, N.; Lohmann, U.; Marcolli, C.: «The surface tension and cloud condensation nuclei (CCN) activation of sea spray aerosol particles», Atmospheric Chemistry and Physics, 25, 881–903, 2025. DOI: 10.5194/acp-25-881-2025.

[12] NOAA / National Weather Service: Grundlagen zu Land-, See- und Seewindzirkulation, thermisch bedingten Druckunterschieden sowie Sea-Breeze-Convergence-Zonen. https://www.weather.gov/source/zhu/ZHU_Training_Page/winds/Wx_Terms/Flight_Environment.htm (abgerufen am 19.08.2026).

Technische Quellen zu Pumpen-, Düsen- und Ventilatorsystemen

[13] Danfoss: «High-pressure water mist systems». Industrielle Hochdruck-Wassernebelsysteme mit Betriebsdrücken bis 100 bar und hohen Durchflussleistungen. https://www.danfoss.com/en/products/hpp/high-pressure-water-mist-systems/high-pressure-water-mist-systems/ (abgerufen am 19.08.2026).

[14] Lechler: «KSD nozzle lances» – Zweistoffdüsen mit externer Mischung. Typischer Druckbereich: Flüssigkeit 1–10 bar, Zerstäubungsluft 1–15 bar. https://www.lechler.com/my-en/products/process-technology/nozzle-lances-and-systems-for-gas-cooling/ksd-nozzle-lances (abgerufen am 19.08.2026).

[15] Ikeuchi Europe: «AKIJet – Impinging-type pneumatic spray nozzle». Pneumatische Feinstzerstäubung mit mittlerem Tröpfchendurchmesser von 10 µm oder weniger. https://www.ikeuchi.eu/catalogs/akijet/ (abgerufen am 19.08.2026).

[16] TechnoAlpin: technische Angaben zu Fan Guns, u. a. TR10/MMS. Kombination aus Wasserdruck, Kompressor/Nukleatoren und Turbine; Wasserbetriebsdruck typischerweise 8–40 bar. https://www.technoalpin.com/en/snow-guns/fan-guns/tr10/ (abgerufen am 19.08.2026).

[17] Konzeptvisualisierungen der mobilen Sprühdüsen-Einheit: KI-gestützte Entwurfsdarstellungen nach Vorgaben des Autors, erstellt 2026. Die Abbildungen dienen der Visualisierung möglicher Bauformen und zeigen keine bestehenden Serienanlagen.

Quellen zu Energieversorgung und Gesundheit

[18] Montel-Analyse zum Rückgang der Laufwasserkraft-Stromerzeugung in der Schweiz und in Österreich, Sommer 2026. https://www.wetterauer-zeitung.de/wirtschaft/duerre-legt-europas-kraftwerke-lahm-strom-wird-teurer-zr-94444778.html (abgerufen am 21.08.2026).

[19] 20 Minuten: «AKW Beznau halbiert Leistung – Aare zu warm für Kühlwasser», 23.06.2026. https://www.20min.ch/story/kanton-aargau-aare-ist-zu-warm-akw-beznau-muss-leistung-halbieren-103588881 (abgerufen am 21.08.2026).

[20] Bundesamt für Umwelt BAFU: Klima-Risikoanalyse für die Schweiz 2025; PLANAT – Nationale Plattform Naturgefahren: «Hitze». https://www.bafu.admin.ch/de/klima-risikoanalyse-2025 und https://www.planat.ch/de/naturgefahren-/-risiken/hitze (abgerufen am 21.08.2026).

[21] Bundesamt für Umwelt BAFU / National Centre for Climate Services (NCCS): «Klimawandel und Gesundheit – Die Hitze ist ein stiller Killer». https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/dossiers/klimawandel-und-gesundheit-die-hitze-ist-ein-stiller-killer.html (abgerufen am 21.08.2026).

Ergänzende Quellen für die Ausgabe Deutschland

[23] Deutscher Wetterdienst (DWD): «Deutscher Wetterdienst zur starken Trockenheit im Sommer 2026», Pressemitteilung, Offenbach, 06.08.2026. Angaben zu ausgetrockneten Böden, Niedrigwasser in Rhein, Elbe, Mosel und weiteren Flüssen sowie Auswirkungen auf Landwirtschaft und Waldbrandgefahr in Deutschland. https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2026/20260806_trockenheit-in-deutschland_news.html (abgerufen am 25.08.2026).

[24] Tagesspiegel: «Niedrigwasser verschärft sich: Geht jetzt auch der Stromproduktion das Wasser aus?», 2026. Angaben zur Abhängigkeit deutscher Kohle- und Gaskraftwerke von Kühlwasser aus Rhein, Elbe und Weser bei Niedrigwasser. https://www.tagesspiegel.de/wissen/durre-verscharft-sich-geht-jetzt-auch-der-stromproduktion-das-wasser-aus-15919200.html (abgerufen am 25.08.2026).

[25] Umweltbundesamt (UBA): Studie zur hitzebedingten Sterblichkeit in Deutschland (mit dem Robert-Koch-Institut), Pressemitteilung Nr. 22/2025, 03.06.2025. Rund 3'000 hitzebedingte Todesfälle in Deutschland in den Sommern 2023 und 2024, vor allem bei Menschen über 75 Jahren mit Vorerkrankungen. https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/umweltbundesamt-veroeffentlicht-studie-zu (abgerufen am 25.08.2026).

Zitat des Autors

[22] Jonathan Hertig: «Was möglich ist, erfahren wir nicht durch Zweifel allein, sondern indem wir den Mut haben, es zu versuchen.» Zitat des Autors, 2026.

[23] Eigene Berechnung des Autors zur durch das Regen-Experiment freigesetzten Wassermenge rund **62,2 Milliarden m³**, hergeleitet aus den Niederschlagsdaten des India Meteorological Department für Saurashtra und Kutch [7]. Berechnungsgrundlagen und Herleitung siehe Dokumentation «Der Regen-Macher», S. 20.

Berechnungsdetails Aufwand an Wasser für Regenauslösung und Regenmenge: [23]

In den Jahren:

- 1985 297,7 mm Jahresniederschlag
- 1986 303,8 mm Jahresniederschlag
- 1987 92,5 mm Jahresniederschlag
- 1988 14,9 mm Halbjahresniederschlag Januar–Juni 1988

  708,9 mm Gesamtniederschlag / 3,5 Jahre = **202,5 mm Durchschnittsniederschlag** pro Jahr (Anfangs Juli hat Hangartner mit dem «Regen-Experiment» begonnen, und am 14. Juli 1988 hat der Regen eingesetzt)

  Nach dem Regenexperiment vom 1.–14. Juli 1988 fiel bis Ende 1988 **773,2 mm Regen** (siehe Dokumentation «Der Regen-Macher»).

- Hangartner verbrauchte während der 14 Tage jeweils ca. 3 m³ Wasser pro Tag = **Total 42 m³ Wasser**
- Fläche des Gebiets Saurashtra + Kutch in Indien = 109'000 km²
- Niederschlagsmenge: Regen bis Ende 1988: 773,2 mm, abzüglich 202,5 mm, = **570,7mm** Durchschnittsniederschlag **× 109'000 km² =** Total 62'206'300'000 m³ (**62,2 Milliarden m³ Regenmenge)**

  Niederschlagsdaten des India Meteorological Department für Saurashtra und Kutch: https://imdpune.gov.in/cmpg/subdivrainfall/saurashtraandkutch.html (Link öffnet in ca. 30 Sekunden)