

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 95 (2003)
Heft: 5-6

Artikel: Wieder entdeckte Wasserquellen: Nebel und Tau
Autor: Hertig, Paul
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-939454>

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: 14.05.2025

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

Wieder entdeckte Wasserquellen: Nebel und Tau

■ Paul Hertig

2003: Jahr des Wassers

In unzähligen Artikeln wird der Wasserbedarf der Menschheit den Wasservorkommen gegenübergestellt, die Vorkommen durch die Anzahl Erdenbewohner dividiert. Diese Rechnung zeigt auf, dass das vorhandene Wasser eigentlich genügen sollte, um die Bedürfnisse der Menschen zu decken. Dieser Schluss wirkt beruhigend, ist aber leider irreführend. Denn Wasser ist sehr ungleich verteilt – Frau und Herr Schweizer leben im Überfluss (Wasserverbrauch in Haushalten etwa 160 Liter pro Tag und Einwohner); in weiten Weltregionen sind die Menschen für jeden Tropfen dankbar – und zudem ist Wasser vielfach nicht direkt verfügbar. Man erklärt uns immer wieder, es bräuchte nur so und so viele Milliarden Dollar, um die Wasserversorgungsprobleme zu lösen. Aber das rasante Bevölkerungswachstum, die zunehmende Verlagerung in Megastädte machen eine Lösung tagtäglich schwieriger. Wasser hält sich zudem nicht an Staatsgrenzen, die Versorgung gewisser Gegenden wird zum politischen Verteilungsproblem. Und die Menschen haben bis anhin nur bewiesen, dass sie dieser Herausforderung nicht gewachsen sind. Mit viel Geld und Mühe aufgebaute Wasserversorgungen werden in kriegerischen Auseinandersetzungen zerstört.

Ewiges Wasser

Wir leben auch heute noch vom Wasser, das bei der Bildung unseres Heimatplaneten, in Form von eisumhüllten Staubteilchen und durch Kometeneinschläge, in die Erdkruste gelangt und vor etwa vier Milliarden Jahren ausgestossen worden ist. In diesem Wasser haben sich die ersten Lebewesen entwickelt, durch dieses Wasser sind die Dinosaurier gewartet und mit diesem Wasser haben die ersten Menschen ihren Durst gelöscht. Und doch ist das Wasser nie verschwunden, ist nicht alt und schal geworden, es sprudelt noch immer frisch aus Quellen, fliesst durch das Land, ruht in Seen. Denn Wasser wird nie eigentlich verbraucht, es kehrt nach Stunden, Jahren, ja Jahrtausenden immer wieder in den Wasserkreislauf zurück. Die Aufenthaltszeit in den natürlichen Wasserspeichern – Ozeane, Atmosphäre, Bio-, Litho- und Krysphäre – ist sehr unterschiedlich. Wird das ganze Wasservolumen der Ozeane mit der

Niederschlagsmenge dividiert, die aus den Meeren stammt, gelangt ein Wassertropfen etwa alle 3000 Jahre in den Kreislauf. Jährlich fallen ca. 423 000 km³ Niederschläge auf die Kontinente, aber sehr ungleich verteilt: In der Schweiz sind es im Jahresmittel 1450 mm/m² (1 mm/m² = 1 Liter Wasser), in den Wüsten weniger als 250 mm, im Norden Chiles sind es gerade 0,8 mm, am Fuss des Himalajagebirges hingegen 12 m, und auf Hawaii beträgt der Unterschied zwischen zwei nur 20 km auseinander liegenden Regionen 11 m. Der grösste Teil dieser Niederschläge fliesst an der Erdoberfläche in Flüssen und Seen ab, der Rest versickert im Boden und wird von der Vegetation aufgesogen. Zwei Drittel des Regens stammen aus den Ozeanen, der übrige Niederschlag von Pflanzen, die Wasser aus der Erde aufnehmen und es durch Transpiration wieder ausscheiden; schliesslich stammt ein ganz bescheidener Anteil aus der Verdunstung aus Oberflächengewässern.

Nun, wie gelangt Wasser von Meer-, See- und Flussoberflächen überhaupt in die Atmosphäre, liegt doch die Temperatur weit unter dem Siedepunkt?

Wassermoleküle sind im Innern eines Wasservolumens allseitig durch Wasserstoffbrücken verbunden; deshalb braucht es viel Energie, um Wasser zu verdampfen, d.h. die Wasserstoffbrücken zu lösen. An den Oberflächen dagegen sind sie nur teilweise mit Partnern in Berührung. Durch die Sonneneinstrahlung erwärmt, gewinnen die Moleküle Energie, die Brown'sche Bewegung verstärkt sich, und sie können verhältnismässig leicht aus dem Verband «springen». Die eigentliche Verdunstungswärme entzieht das Wasser der Atmosphäre und nimmt dabei latente (nicht fühlbare) Wärme auf. Die Wassermoleküle werden nun durch die warme, aufsteigende Luft mitgerissen und durch die Winde über die Erdoberfläche verteilt. Mit zunehmender Höhe sinkt die Temperatur des Luft-Dampf-Gemisches. Sobald sie unter den Taupunkt gesunken ist, kondensiert der Dampf zu feinsten Wassertröpfchen, wobei die frei werdende latente Wärme der Atmosphäre Energie zuführt, die Luftbewegung «angekurbelt» wird. Kondensationskerne begünstigen bzw. beschleunigen die Kondensation. Als Kondensationskerne wirken nebst Meersalz (das



Bild 1. Der Brunnenbaum – Garoe – auf der Kanarischen Insel Hierro, nach einer alten Darstellung. Aus: La Recherche, Dezember 1992.

vom verdunstenden Wasser mitgerissen wird, etwa 1 Mrd. Tonnen jährlich, 85% der natürlichen Luftverschmutzung) auch Staub-, Russpartikel und nach neueren Erkenntnissen Eiweisse, die von einzelligem Plankton, das ebenfalls mit den Wassermolekülen in die Atmosphäre gelangt, ausgeschieden wird. Ohne Kondensationskerne kann Wasser bis zu -40°C dampfförmig bleiben (unterkühltes Wasser). Schliesslich gefrieren, bei genügend tiefen Temperaturen, die Wassertröpfchen zu Eiskristallen. Je nach Luftbewegung bildet das Kondensat Nebel oder Wolken und über den Kontinenten auch Tau oder Reif.

Die Verfügbarkeit des Süsswassers

Die Erde ist im Sonnensystem der einzige Planet, auf dem Wasser in allen drei Erscheinungsformen – dampfförmig, flüssig, fest – gleichzeitig vorkommt, im Ganzen 1,4 Mrd. km^3 , aber nur etwa 35 Mio. km^3 (2,5%) sind lebensnotwendiges Süsswasser. Davon binden Polar-, Gletschereis und Firnschnee 24 Mio. km^3 , die Bodenfeuchte 150 000 km^3 und die Biomasse 50 000 km^3 für kürzere oder lange Zeitspannen. 2000 km^3 Flusswasser, 125 000 km^3 Seewasser und 7 Mio. km^3 Grundwasser sind das einzige flüssige Süsswasser – 20% der gesamten Süsswasservorkommen, 0,13% der totalen Wassermenge –, das zur Verfügung steht. Weiter muss beachtet werden, dass mehr als die Hälfte des Grundwassers in 800 bis 4000 m Tiefe gelagert ist, also nur mit grossem technischem Aufwand genutzt werden kann; dabei handelt es sich um Wasservorräte, die sich über Tausende von Jahren gebildet haben und nicht zu den erneuerbaren Quellen gezählt werden können (man nennt es auch fossiles Wasser).

Die «unmittelbar» verfügbare und erneuerbare Süsswassermenge wird auf ca. 13 000 km^3 oder 0,2% des flüssigen Süsswassers geschätzt: Die Kontinente «schwimmen» zwar förmlich im Wasser, aber nur sehr wenig des lebenswichtigen Süsswassers steht dem Menschen zur Verfügung!

Allerdings gibt es noch eine Wasserquelle, die bisher kaum genutzt wird, nämlich die 13 000 km^3 Wasser, die in der Atmosphäre schweben. Dieses Wasser könnte dazu beitragen, den grossen Durst (etwas) zu lindern.

Nebel und Tau

Wasserdampf, der nicht in höhere Schichten gelangt und Wolken bildet, verbleibt an der Erdoberfläche in Form von Nebel oder schlägt sich als Tau nieder. Erfolgt der Übergang vom gasförmigen direkt in die feste Phase (Sublimation), entsteht Raureif.

Nebel wird aus Wassertröpfchen von 1 bis 10 Mikrometern Durchmesser gebildet.



Bild 2. Überreste eines Taubrunnens von F. Zibold in Feodosia (Krim) aus der Zeit um 1900. Durchmesser 20 m, Höhe 8 m. Foto: D. Beysens, Archiv OPUR.

Jeder Kubikzentimeter Luft enthält 100 bis 600 Tröpfchen. Die Meteorologen sprechen von Nebel, wenn die Sichtweite unter 1 km sinkt, reicht die Sicht weiter, spricht man von Dunst. Je nach Entstehung wird der Nebel unterteilt in: *Strahlungsnebel*, der sich in klaren, windstillen Nächten mit ungehinderter Wärmeabstrahlung bildet; *Bodennebel*, der vor allem im Herbst und Winter über Wiesen, Seen und Mooren schwebt; *Mischnebel*, der entsteht, wenn warme und kalte Luftschichten aufeinander treffen. *Advektionsnebel* bilden sich, wenn warme, feuchte Luft über eine kühle Unterlage fliesst. Diese Situation findet sich vor allem an gebirgigen Küsten, die von kalten Meeresströmungen umspült werden.

Tau bildet sich aus meist unsichtbarer Luftfeuchtigkeit, wenn die Luft auf Gegenstände trifft, deren Temperatur unter dem

Taupunkt liegt. Deswegen kondensiert der Wasserdampf im Sommer zum Beispiel an kalten Leitungsrohren. Der Taupunkt ändert mit dem Luftdruck, der Temperatur und der relativen Feuchtigkeit: Bei gegebenem Druck und 20°C liegt der Taupunkt für eine relative Feuchtigkeit von 80% bei 18°C , für 25% relativer Feuchtigkeit bei 10°C . In gemässigten Zonen wird der atmosphärische Wassergehalt, der sich als Tau niederschlagen kann, auf 3 bis 5% der jährlichen Regenmenge geschätzt.

Nebel als Wasserquelle

Dass sich Nebel an der Vegetation niederschlägt, ist seit Menschengedenken beobachtet und genutzt worden. In vielen Erdteilen, wo Regen selten fällt, aber häufig dichter Nebel vorkommt, schütteln Eingeborene



Bild 3. Modell des Taubrunnens von Zibold (1995, OPUR). Foto: D. Beysens, Archiv OPUR.

Bäume und Büsche und fangen das fallende Wasser auf (Bild 1). Im Bericht «La Historia de las Indias» erwähnt Barthelemy de las Casas (1474–1566) den «Brunnenbaum»: Am Wipfel des Baumes – Garoe genannt – soll ständig eine kleine Wolke geschwebt haben und die herunterfallenden Wassertropfen in einem bescheidenen Brunnen aufgefangen worden sein; mit diesem Wasser löschten Mensch und Vieh während Trockenzeiten den Durst. Der Brunnenbaum stand auf der Kanarischen Insel Hierro, auf 1000 m ü.M. bei Tinor, den Winden vom Atlantik her ausgesetzt; 1610 fiel er einem Sturm zum Opfer. Die Ureinwohner Hierros, die Guanchen, Verwandte der Berber, verehrten ihn als heiligen Baum. Botaniker glauben, dass es sich um einen Lorbeerbaum, der Gattung *Ocotea foentens*, gehandelt hat, eine Baumart, die auf Madeira und den Kanarischen Inseln heimisch ist. Der Stamm des Garoe soll einen Durchmesser von 1,5 m gehabt haben, heutige Exemplare dagegen weisen weit bescheidenere Masse auf. Die Ureinwohner Hierros verschwanden – interessanterweise – etwa zur gleichen Zeit wie ihr heiliger Baum. Heute wird Nebel erfolgreicher genutzt, zum Beispiel im chilenischen Dorf Chungungo mit 500 Einwohnern, am Fuss der Anden, 500 km nördlich von Santiago de Chile gelegen. Die jährliche Regenmenge beträgt im Durchschnitt gerade 37 mm/m² und spendet sehr bescheidene 14 Liter Wasser pro Tag und Einwohner. Zudem fällt der Regen sehr ungleichmässig: Er kann – z.B. von El Niño gesteuert – in einem einzigen Platzregen niederprasseln. Dagegen ist die Region 300 Tage im Jahr von dichtem Nebel bedeckt: Der Wasserdampf des Pazifiks wird gegen die Andenkette getrieben, wo er zu Advektionsnebel kondensiert. Polypropylenetze, wie sie auch als Schattenspenden für die Vegetation benutzt werden, erlauben die Nebelwolken zu «melken»! 1 m² Netz liefert etwa 4 Liter Wasser/Tag, 70 Netze mit je 50 m² Fläche spenden, im Mittel, täglich 11 000 Liter! Die Installation ist sehr einfach: Die Netze werden zwischen Pfähle gespannt, das abfliessende Wasser in schrägen Rinnen aufgefangen und in Reservoir geleitet. Die Lebensdauer der Netze kann über 10 Jahre erreichen; es ist aber schon vorgekommen, dass ein starker Sturm die Anlage umgelegt hat. In Chungungo kann das Nebelwasser nicht direkt getrunken werden, es ist nämlich zu rein, wie destilliertes Wasser; dem Nebelwasser muss vor dem Verbrauch noch Salz beigemischt werden!

Ähnliche Verhältnisse wie in Chungungo soll es in über 20 niederschlagsarmen Ländern mit hoher Nebeldichte geben, in Lateinamerika, Westafrika, im Nahen Osten, auf den Kanarischen Inseln. Voraussetzung sind



Bild 4. Nebelkollektor in der Neger-Wüste (Israel, Juli 2002).



Bild 5. Taukollektor in Vignola, bei Ajaccio, Korsika. Die Kollektorfläche beträgt 30 m², die Ausbeute erreicht bis zu 11,8 Liter Wasser im Tag. Foto: D. Beysens, Archiv OPUR.

starke Winde, die bis zu 25 km von der Küste die Advektionsnebelbildung auf 500 bis 1000 m ermöglichen.

Tau: eine ungewöhnliche Wasserquelle

Während Nebel nur in Regionen mit bestimmten Klimabedingungen genutzt werden kann, enthält die Atmosphäre überall Feuchtigkeit, die zu Tau kondensieren kann, auch in Wüsten. Schon aus dem Mittelalter ist bekannt, dass Bewohner regenarmer Gegenden Gräben mit einigen Kubikmetern Inhalt aushoben, den Boden mit trockenem Stroh bedeckten, darüber kam eine Schicht Lehm, und der Graben wurde anschliessend mit Steinen aufgefüllt. Der Tau sammelte sich mit der Zeit zu einem Wassertümpel. Solche Einrichtungen werden in zahlreichen Legenden und lokalen Berichten erwähnt, aber die Aus-

beute mit dieser Methode ist schwer nachprüfbar. Noch heute werden in trockenen Regionen z.B. Weinstöcke in Vertiefungen im Boden gepflanzt; der Tau, der an der Oberfläche anfällt, rieselt zu den Wurzeln.

Die Methoden, Tau zu nutzen, können in zwei Kategorien unterteilt werden: *Massive Bauten, mit hoher spezifischer Wärme*, die trotz Zufuhr von latenter Wärme die Temperatur konstant halten; Beispiele sind Kellermauern und Höhlen. Die andere Lösung sind *leichte, thermisch isolierte Flächen, welche die anfallende latente Wärme abstrahlen*, zum Beispiel der Rasen vor dem Haus. Theoretisch können auf einer Wiese pro Nacht bei 20 °C 1 Liter Tau/m² anfallen, praktisch ist es etwa die Hälfte.

Der erste massive Taubrunnen wurde um 1900 vom russischen Ingenieur Friedrich Zibold in der Nähe der Stadt Feodosia (Krim),



Bild 6. Versuchseinrichtung eines Taukollektors in Grenoble (1997) mit Zusatz-ausrüstung – Plexiglas, Waage, Manometer usw. – zur Bestimmung der optimalen Ausbeutung und der chemischen Zusammensetzung des Tauwassers.
Foto: D. Beysens, Archiv OPUR.

auf 288 m ü.M. gebaut (Bild 2). Zibold hatte in der Gegend eine grosse Zahl Hügel (Tumuli) und alte Wasserleitungen entdeckt. Er glaubte, es handle sich um Taubrunnen, welche die Stadt mit Wasser versorgten. In den 1990er-Jahren stellte sich jedoch heraus, dass die Tumuli alte Grabstätten sind und dass es in der sonst trockenen Gegend zahlreiche unterirdische Quellen gibt. Nun, Zibold beschrieb 1906 seinen Bau als Wanne mit 20 m Durchmesser und 1,5 m Tiefe, in der Steine von 10 bis 40 cm Durchmesser zu einem 8 m hohen stumpfen Kegel aufgeschichtet wurden. Der Taubrunnen soll bis zu 360 Liter Wasser/Tag geliefert haben. Nach 1912 wurde das Werk vernachlässigt, z.T. abgetragen und verfiel. Deshalb ist es nicht mehr möglich, den Ertrag des Brunnens nachzuprüfen. Der Franzose Léon Chaptal, Direktor des physikalisch-bioklimatischen Institutes in Montpellier, errichtete einen Taubrunnen, 2,5 m hoch und 3 m im Durchmesser. In den heissesten Tagen der Monate April bis September 1930 soll er 100 Liter Wasser/Tag geliefert haben. In den folgenden zwei Jahren ging der Ertrag stark zurück, vielleicht als Folge von Sturmschäden. Von den Berichten Chaptals ermuntert, baute der Belgier Achille Knapen 1930/31 in Trans-en-Provence einen Taubrunnen, der aber im besten Fall täglich nur einen Kübel Wasser lieferte.

Die Wassergewinnung aus Tau wurde dann jahrzehntelang vernachlässigt, bis die OPUR (Organisation pour l'utilisation de la rosée, in Pessac bei Bordeaux) in den 1990er-Jahren das Problem wissenschaftlich angepackt hat. Seither wurden in zahlreichen Ländern Versuchseinrichtungen getestet. Die er-

folgreichsten Taukondensatoren der OPUR bestehen aus einem Polyäthylen-Film, auf dem eine dünne Schicht Mikrokugeln aus Titanoxyd aufgebracht ist. Der Kondensator ist an der Unterfläche und den Seiten thermisch isoliert (Schaumkunststoff Sandwich). Sehr wichtig ist die richtige Aufstellung: die Schräge zur Horizontalen (damit die Tautropfen abfliessen können), die Richtung zum vorherrschenden Wind (Wind bringt latente Wärme) und Schatten (vor allem am Morgen), damit die nächtliche Abstrahlung von 23 bis 150 W/m² optimal genutzt werden kann. Ein derartiger Kondensator in Vignola, bei Ajaccio (Korsika) mit 30 m² Fläche (10 × 3 m), 30° geneigt und senkrecht zur Windrichtung aufgestellt, lieferte von Juli bis Dezember 2000 0,1 bis 0,4 Liter Wasser/m², in 16 Monaten 770 Liter, durchschnittlich 3,6 Liter/Tag, im Maximum 11,4 Liter (Bild 4). Vergleichsversuche mit einem Kondensator, bestehend aus einer 5 mm dicken Plexiglas- auf einer Aluminiumplatte, ebenfalls thermisch isoliert, ergaben im Mittel 3,6 Liter Wasser/Tag (Bild 5). Im Gegensatz zu Wasser aus Nebel braucht Tauwasser keine Nachbehandlung und kann direkt als Trinkwasser verwendet werden.

Wissenschaftler erproben aber auch andere Methoden. In einer Versuchsanlage auf der Krim wird die feuchte Luft mit Wasser, das aus 500 m Tiefe aus dem Meer gepumpt wird, unter den Taupunkt gekühlt. In andern Versuchen werden Silicium Aeorogels und Zeolithe eingesetzt. Diese Stoffe absorbieren bei Umgebungstemperatur den atmosphärischen Wasserdampf. Die feuchte Luft wird in geschlossenen Räumen mit Gebläsen auf die Absorber geblasen. Anschliessend müssen

die Absorber auf 150 bis 300 °C erhitzt werden, was natürlich, je nach Energiequelle, Umweltprobleme hervorrufen kann (z.B. beim Einsatz von fossilen Brennstoffen); Sonnenenergie zum Erhitzen wäre eine umweltfreundlichere Lösung.

Preisvergleich

(Für die Umrechnung von Euro und Dollar wurde Einfachheit halber angenommen: 1 Dollar = 1 Euro = Fr. 1.40.)

Für die Gewinnung von Wasser aus Nebel sind keine Kosten bekannt. Aber angesichts des sehr einfachen Aufbaus der Einrichtungen muss der Preis gering sein.

Die OPUR gibt für Wasser aus Tau folgende Kosten an: Mit einer Lebensdauer von 50 Jahren für die Absorber ca. 42 Rappen/Liter (was etwa der Hälfte des Preises für Mineralwasser beim Grossverteiler entspricht). Die Kosten setzen sich wie folgt zusammen: Struktur: Fr. 2520.–, Platte und Film Fr. 252.–; die Kosten für den Film, die gesenkt werden könnten, schlagen mit nur 5 bis 6 Rappen zu Buche.

Für Wasser aus Meerwasserentsalzungsanlagen wird in der Fachliteratur der Preis mit 0,14 Rappen/Liter angegeben.

In den obigen Preisen sind die Kosten für die Abwasserreinigung nicht mit berücksichtigt. In Biel, z.B., kostet der Liter Trinkwasser 0,1 Rappen, 0,35 Rappen werden für die Abwasserentsorgung dazugeschlagen.

Wasser aus Nebel und Tau wird das globale Wasserproblem zwar nicht lösen, kann aber in vielen Gegenden, die noch unter Wassermangel leiden, beitragen den «grossen Durst» zu lindern!

Literatur

- [1] Gioda, Alain & weit. Verf.: L'arbre fontaine. La Recherche, Dez. 1992
- [2] Beysens, Daniel: Les puits de rosée. La Recherche, Mai 1996.
- [3] Beysens, Daniel; Milimouk, Irina: Pour des ressources alternatives en eau. Sécheresse. 11 déc. 2000.
- [4] Muselli, Marc & weit. Verf.: Dew water collector for potable water in Ajaccio (Corsica Island, France). Atmospheric research 64 (2000).
- [5] Div. Publikationen der OPUR, 26, Chemin des Poissiniers, F-33 600 Pessac, France.
- [6] Arnold, Martin: Millionen Tröpfchen für einen Tropfen. Weltwoche, 22. Jan. 1998.
- [7] Hertig, Paul: Unser Wasser. Sonderdruck No. 1247, gwa (Zürich), 1991.

Anschrift des Verfassers

Paul Hertig, Bartolomäusweg 22, CH-2504 Biel.