

SÜDWESTRUNDFUNK  
SWR2 Wissen – Manuskriptdienst

## **Ohne Staub kein Regen**

Autor: Rainer B. Langen  
Redaktion: Detlef Clas  
Regie: Günter Maurer  
Sendung: Montag, 01. Februar 2010, 8.30 Uhr, SWR 2

---

### **Bitte beachten Sie:**

*Das Manuskript ist ausschließlich zum persönlichen, privaten Gebrauch bestimmt. Jede weitere Vervielfältigung und Verbreitung bedarf der ausdrücklichen Genehmigung des Urhebers bzw. des SWR.*

*Mitschnitte auf CD von allen Sendungen der Redaktion SWR2 Wissen/Aula (Montag bis Sonntag 8.30 bis 9.00 Uhr) sind beim SWR Mitschnittdienst in Baden-Baden für 12,50 € erhältlich.*

*Bestellmöglichkeiten: 07221/929-6030*

### **Kennen Sie schon das neue Serviceangebot des Kulturradios SWR2?**

*Mit der kostenlosen SWR2 Kulturkarte können Sie zu ermäßigten Eintrittspreisen Veranstaltungen des SWR2 und seiner vielen Kulturpartner im Sendegebiet besuchen. Mit dem kostenlosen Infoheft SWR2 Kulturservice sind Sie stets über SWR2 und die zahlreichen Veranstaltungen im SWR2-Kulturpartner-Netz informiert. Jetzt anmelden unter 07221/300 200 oder [swr2.de](http://swr2.de)*

*SWR 2 Wissen können Sie ab sofort auch als Live-Stream hören im SWR 2 Webradio unter [www.swr2.de](http://www.swr2.de) oder als Podcast nachhören: <http://www1.swr.de/podcast/xml/swr2/wissen.xml>*

---

**Dieses Manuskript enthält Textpassagen in [Klammern], die in der ausgestrahlten Sendung aus Zeitgründen gekürzt wurden.**

## MANUSKRIFT

*Archiv: Collage aus einzelnen Regentropfen bis Schauer, endend mit säuselndem Wind*

### **Cut 1: Stephan Borrmann**

Normalerweise würde man denken, dass einfach Wasserdampf sich irgendwie zusammenballt und Wolkentropfen bildet. Das ist aber in der Natur der Erdatmosphäre nicht der Fall. Es bedarf dazu einer schon vorhandenen Partikelart. Das sind die sogenannten Aerosole. Die schweben in der Luft von alleine, schon immer, aus den Meeren, von Seesalz oder aus den Wüsten oder auch menschengemachte Aerosolemissionen und an diesen kleinen schwebenden Partikeln in der Luft kondensiert der Wasserdampf, setzt sich fest und bildet die Wolkentropfen. Das ist der Urzustand, wie sich Wolken bilden.

### **Cut 2: Ulrich Pöschl**

In stark verschmutzten Regionen lässt sich wirklich feststellen, dass es zu einer verstärkten Dunstglockenbildung kommt und im Gegenzug dann auch zu einer Abschwächung von Niederschlagsereignissen.

### **Cut 3: Swen Metzger**

Meines Erachtens ist die Herausforderung in der Klimamodellierung heutzutage, das Zusammenspiel der Aerosole zu erfassen.

### **Ansage:**

Ohne Staub kein Regen  
Eine Sendung von Rainer B. Langen

*Archiv: Vulkanausbruch geht über in Collage aus Nachrichten vom Ausbruch des Vulkans Pinatubo*

### **Sprecherin:**

Sommer 1991: Seit Monaten hat es am Berg Pinatubo auf den Philippinen rumort. Anfangs stieg aus Spalten in der Flanke des Vulkans auf, den viele für längst erloschen hielten, Wasserdampf auf. Dann nahmen die Erdbeben zu; der erste Ausbruch Anfang des Monats war nur Vorgeplänkel: Neun Tage später kommt es zum Inferno, bei dem Hunderte Menschen sterben. Der Berg sprengt buchstäblich seine Spitze weg. An die 20 Millionen Tonnen Staub und Schwefelsäure schießen in die Atmosphäre empor. Sie verteilen sich um die gesamte Erde – und verändern das Klima: Noch zwei Jahre lang sinkt die Durchschnittstemperatur auf der Erde um knapp ein halbes Grad. Nach dem Ausbruch des Pinatubo waren 20-mal so viel Schwebeteilchen in der Atmosphäre wie normalerweise. Die haben sich weit oben, in der Stratosphäre, dem zweiten Stockwerk der Atmosphäre, um die Erde verteilt und wie ein Sonnenschirm gewirkt.

*Collage in der Mitte des folgenden Abschnitts überblenden in Archiv: Sturm*

### **Sprecherin:**

Viele Klimaforscher nehmen an, dass Staub und andere Schwebeteilchen heute den Klimawandel bremsen, weil sie die Erde gegen die Wärme der Sonnenstrahlung abschirmen. Einige haben Sorge, dass wir diese Kühlung verschenken, wenn wir

unsere Luft zu sauber halten. Andere wollen sogar dauerhaft künstliche Schwebeteilchen in die Atmosphäre verteilen, damit die Erwärmung aufgehalten wird.

*Archiv: Sturm Ende*

**Sprecherin:**

Aber noch wissen Physiker, Meteorologen und Chemiker gar nicht genug über die Auswirkungen der Schwebeteilchen oder „Aerosole“, um sich ein vollständiges Bild zu machen. Selbst der Weltklimarat IPCC hat in seinem bislang jüngsten Sachstandsbericht 2007 noch geschrieben, dass die Schwebeteilchen oder Aerosole die große Unbekannte bei den Klimavorhersagen sind. Sie können nämlich nicht nur als Schutz vor der Wärme wirken, sondern auch als Wärmespeicher.

*Archiv: Regen unter folgendem Text*

**Sprecherin:**

Und sie lassen Wolken entstehen oder verschwinden. Das macht es für Klimaforscher erst recht kompliziert.

*Archiv: Donner kurz freistellen, dann weiter Regen*

**Cut 4: Stephan Borrmann**

Das ist eine der großen offenen Fragen, wie sich die Wolken in Zeiten eines Treibhausklimas verhalten. (...) Deswegen habe ich (...) gesagt, dass die Behandlung der Wolken im System die unbekannteste Schraube ist, aber auch eine der wichtigsten Schrauben.

*Archiv: Regen Ende*

**Sprecher:**

Stephan Borrmann muss es wissen. Zusammen mit seinen Mitarbeitern vom Institut für Atmosphärenphysik der Universität Mainz und des Max-Planck-Instituts für Chemie erforscht er, wie Wolken überhaupt funktionieren.

**Atmo 1 (Wolkenlabor) langsam hochziehen und stehen lassen**

**Sprecher:**

Dafür haben die Mainzer Wolkenforscher ein eigenes Labor mit einem Windkanal für Wolkentropfen. Damit können sie ein paar Liter künstliche Wolken erzeugen und genau beobachten.

Was hier lärmt, sind Kühlaggregate und Pumpen, die den Wind erzeugen.

**Cut 5 in Windkanal: Stephan Borrmann**

Da oben, diese rote Anzeige, zeigt die Windgeschwindigkeit an. Na ja, das sind so ungefähr 25 Stundenkilometer jetzt.

**Atmo 2 (Schritte auf Metalltreppe) unter folgenden Text legen:**

**Sprecher:**

Mittendrin, auf einer Empore im Zwischengeschoss: Eine rechteckige Laterne aus Plexiglas mit einem Aufsatz, der sie konisch erweitert. In der Laterne brennt kein Licht.

Sie hat auch keinen Boden oder Deckel. In der Laterne pfeift der Wind – von unten nach oben. Das ist der Windkanal:

### **Atmo 1 (Windkanal 9 stehenlassen unter folgendem)**

#### **Cut 6: Stephan Borrmann**

Die Apparatur funktioniert wie eine Art Mikroskop, mit dem wir in Wolken reinschauen. Wir können da einzelne Objekte, die in Wolken vorkommen, ausschweben. Das sind zum Beispiel Hagelsteine, Graupelkörnchen, Schneeflocken, Eiskristalle, Schneekristalle, Regentropfen, Wolkentropfen, Nebeltropfen: Was sie wollen und finden in natürlichen Wolken kann man hier als einzelnes Objekt in einer Luftströmung quasi aufhängen.

### **Atmo langsam abblenden**

#### **Sprecher:**

Und nicht nur das. Sie können hier Schritt für Schritt untersuchen, wie Wolken überhaupt entstehen. Es beginnt mit den ersten Wolkentröpfchen. Da kommen die Schwebeteilchen, die Aerosole, ins Spiel. Die müssen im Luftstrom mitfliegen, damit sich aus Wasserdampf überhaupt Tropfen bilden.

#### **Cut 7: Stephan Borrmann**

Man kann zum Beispiel sehen, wie diese Aerosolpartikel zu Anfang die Wolkentröpfchen bilden. Diese Wolkentröpfchen können heranwachsen, bis sie groß genug sind, dass sie zu Boden fallen können, also Regen bilden.

#### **Sprecher:**

Ohne die Schwebeteilchen würde das auch in der freien Natur am Himmel nicht passieren.

#### **Cut 8: Stephan Borrmann**

Normalerweise würde man denken, dass einfach Wasserdampf sich irgendwie zusammenballt und Wolkentropfen oder Regentropfen bildet. Das ist aber in der Natur der Erdatmosphäre nicht der Fall. Die Verhältnisse sind so, dass der Wasserdampf das alleine nicht kann. Es bedarf dazu einer schon vorhandenen Partikelart. Das sind die sogenannten Aerosole. Die schweben in der Luft von alleine, schon immer, aus den Meeren, von Seesalz oder aus den Wüsten oder auch menschengemachte Aerosolemissionen und an diesen kleinen Partikeln in der Luft kondensiert der Wasserdampf, setzt sich fest und bildet die Wolkentropfen. Das ist der Urzustand, wie sich Wolken bilden und entstehen.

#### **Sprecherin:**

Das macht den Staub in der Luft auch für Klimaforscher interessant. Denn Staub ist nicht gleich Staub. Je nach Sorte machen die Schwebeteilchen unterschiedliche Wolken. Da gibt es welche, die viel Sonnenwärme ins Weltall zurückstrahlen. Oder solche, die die Wärme wie eine Bettdecke am Boden halten. Es gibt Wolken, die lange bestehen und Wärme über lange Zeit abschirmen. Und es gibt welche, die schnell wieder verschwinden. Und jedes Mal spielen die Aerosole mit.

### **Atmo 3 (Kurbeln) unter nachfolgenden Text legen**

**Sprecher:**

Auf dem Dach des Mainzer Max-Planck-Instituts für Chemie kurbelt ein Mitarbeiter eine Plattform an einem Mast herunter, ähnlich einem Maler-Gerüst. An dessen Geländer hängt ein beindicker Schlauch mit einem eimergroßen Trichter. Das Ganze sieht aus wie ein riesiger Saugrüssel.

**Atmo 4 (Klappern) unter nachfolgenden Text legen****Sprecher:**

Der Forscher nimmt eine glänzende Platte aus dem Trichter, doppelt so groß wie eine Postkarte. Das ist der Filter eines riesigen Staubsaugers, erklärt Ulrich Pöschl.

**Cut 9: Ulrich Pöschl**

Wir saugen 300 Liter pro Minute über diese Glasfaserfilter hinweg und analysieren die dann in unserem Labor.

**Atmo 5 (Schritte auf der Dachterrasse) unterlegen****Sprecher:**

Max-Planck-Forscher Ulrich Pöschl und seine Mitarbeiter sammeln hier einmal pro Woche Atmosphärenstaub ein. Außerdem bekommen sie Proben aus der ganzen Welt von Kollegen geschickt. Nicht alle Schwebeteilchen, die sie darin finden, kommen als Kandidaten für Wolkentropfen, sogenannte Kondensationskeime, infrage. Das hat Ulrich Pöschl zusammen mit seinem Team am Max-Planck-Institut festgestellt.

**Atmo überblenden in Atmo 5a (Dachterrasse), diese unter nachfolgendem Cut wegblenden****Cut 10: Ulrich Pöschl**

Partikel müssen, um als Kondensationskerne zu wirken, zunächst einmal eine Minimalgröße erreichen, um überhaupt die Kondensation von Wasserdampf zu ermöglichen. Das hat mit Oberflächenspannungseffekten zu tun. Zusätzlich ist es dann auch noch wichtig, dass die Partikel lösliche Komponenten enthalten, beziehungsweise Komponenten, die Wasserdampf richtiggehend anziehen. Das beste Beispiel ist Seesalz-Aerosol. Salze, anorganische Salze, ziehen Wasser aktiv an, das heißt, die bilden flüssige Tröpfchen, die dann sehr effizient weiter Wasser aufnehmen können.

**Sprecher:**

Im Wolkenlabor ist alles bereit für den Flug eines Regentropfens.

**Atmo 6 (Windkanal) unterlegen****Sprecher:**

Stephan Borrmann zieht Wasser in eine Spritze mit einem langen dünnen Metallröhrchen. In dem Schacht, dem Windkanal, strömt Luft nach oben. [Aber noch ist die Windgeschwindigkeit nicht perfekt.]

**Cut 11: Stephan Borrmann**

Wir wollen hochgehen so auf 36, geht aber nicht, weil die Pumpe noch am hochfahren ist. Da kommt sie (erklärende Gesprächsfetzen) Ah, o.k. Aber hier mit sieben Meter müssten wir doch schon einen kleinen Tropfen zum Fliegen bringen können.

## **Atmo 7 (Sauggeräusch) unterlegen**

### **Sprecher:**

Stephan Borrmann schiebt nun die Spritze durch eine runde Fassung in der Wand des Windkanals. Das dünne Röhrchen ragt mitten in den Luftstrom hinein. Dann drückt er vorsichtig einen Tropfen aus der Kanüle. Der bleibt anfangs noch an der Spitze der Spritze hängen, wackelt hin und her wie ein Luftballon im Wind. Dann löst er sich ab und steigt ganz langsam im Luftstrom empor. Schließlich kippt er wie in Zeitlupe zur Seite ab.

### **Cut 12: Stephan Borrmann**

Und das kann man jetzt so einstellen, dass sie wirklich zehn, fünfzehn Minuten schweben können. Die Studenten machen das im Praktikum.

## **Atmo 7 (Sauggeräusch) unterlegen:**

### **Sprecher:**

Mit Spezialkameras filmen die Forscher, was in der Kammer passiert. Zum Beispiel bei extremer Kälte. [Borrmann zeigt so einen Film.]

## **Atmo unter folgendem Text schnell wegblenden**

### **Cut 13: Stephan Borrmann**

Hier haben wir einen schwebenden Tropfen von zwei Millimeter Größe, der jetzt in eine Gefriertruhe eingebracht wird, wo minus 84 Grad sind. Sie sehen hier den Tropfen. Das Weiße ist eine Reflexion von einem Teil des Apparats. Das ist also kein Eis. Schau'n Sie mal, was passiert: Der schwebt da. Und wenn man das kühlt und kühlt und kühlt, dann macht das irgendwann „zack“ und er ist zu einer Kugel gefroren.

### **Sprecher:**

Bei Minus 84 Grad. Dann wird das Ganze noch mal mit Schmutz im Wind wiederholt.

### **Cut 14: Stephan Borrmann**

Wenn Sie dasselbe noch mal machen, auch mit so einem Tropfen, nur, dass der jetzt verunreinigt ist mit Rußpartikeln, die oben drauf sind. Sie sehen hier so kleine schwarze Streifen, das sind Rußpartikel, die oben drauf sind und er gefriert auch, wie sich das gehört – Sie sehen die schwarzen Teilchen da – nur gefriert der bei einer ganz anderen Temperatur als der natürliche Tropfen gefrieren würde.

### **Sprecherin:**

Nämlich schon bei ein paar Grad unter Null. Dass Wasser schneller friert, wenn es mit feinen Partikeln verunreinigt ist, machen sich übrigens Skiliftbetreiber zunutze. Sie mischen Eiweiße aus toten Bakterien ins Wasser ihrer Schneekanonen. Wenn das dann in die frostige Luft gesprüht wird, bilden sich sofort die Schneekristalle. In den Wolken ist die Eisbildung aber nicht nur wichtig, wenn es am Boden schneien soll.

### **Cut 15: Stephan Borrmann**

Wolken, die Eis enthalten, sind elementare Bestandteile des hydrologischen Zyklus. Das bedeutet, dass etwa 80 Prozent unserer Niederschläge in den mittleren Breiten aus Wolken fallen, die in irgendeiner Form Eis enthalten. Und nur 20 Prozent entstehen aus

Wolken, die überhaupt kein Eis enthalten. Und daran sehen Sie schon, dass die Bildung des Eises in Wolken für die Entstehung von Regen und für die Raten und die Mengen an Niederschlag, die wir erhalten, eine ganz große Bedeutung hat.

**Sprecher:**

Und der Film auf Stephan Borrmanns Laptop zeigt: Aus wenig Eis wird viel Eis:

**Cut 16: Stephan Borrmann**

Man hat hier eine schwebende Eiskugel von 200 Mikrometer Durchmesser. Es ist also ein bisschen dicker als ein menschliches Haar. Was jetzt passiert, ist: Die Windströmung, die von unten kommt im Windkanal, da werden so kleine Wölkchen aus unterkühlten flüssigen Tröpfchen eingesprüht. Peng, hat die Eiskugel so eine ganze Gruppe von Tröpfchen aufgefangen. Jetzt kommt noch ein Sprühstoß. Da! Da sind's schon mehr. Da sehen Sie schon, wie aus dem flüssigen Wasser hier so ein Eiskranz geworden ist, der um das Kügelchen herum gewachsen ist. Wenn Sie das jetzt noch eine halbe Stunde weiterlaufen lassen in einer natürlichen Wolke, dann haben Sie daraus einen veritablen Graupelstein gemacht, wenn nicht sogar ein Hagelkörnchen.

**Sprecherin:**

Das Eis sammelt schnell dicke Tropfen ein, die aus der Wolke fallen und auf dem Weg nach unten meist auftauen, wenn es warm genug ist. Andernfalls gibt es Schnee oder Hagel. So wirken sich Schwebeteilchen, die Eiskerne bilden, auf den Niederschlag aus. Aber Eis am Himmel spielt auch eine wichtige Rolle beim Wärmehaushalt der Erde.

**Cut 17: Stephan Borrmann**

Die Wolken, die Eis enthalten, reflektieren Sonnenlicht zurück ins Weltall und haben dadurch eine Art Thermostatenfunktion. Das heißt, wenn Sonnenstrahlung auf die Wolken auftrifft, wird ein Teil davon durchgelassen, ein Teil absorbiert und ein Teil reflektiert in den Weltraum und das hängt sehr davon ab, ob es Wolken sind, die aus Eis bestehen oder aus flüssigem Wasser, wie gut und wie effektiv diese Strahlungsbilanz beeinflusst wird.

**Sprecherin:**

Ob eine Wolke dann Wärme absorbiert, also festhält, oder zurückstrahlt, hängt unter anderem davon ab, wo sie sich bildet.

**Cut 18: Stephan Borrmann**

Wolken, die weiter oben sind, können Wärmestrahlung, die vom Boden ausgeht und in den Weltraum möchte, aber abfangen und zurücksenden zum Boden, sozusagen zurück zum Sender. Das heißt, die Energie, die hier in den Weltraum gehen möchte, wird im System Wolke bis zum Erdboden festgehalten und würde zu einer Erwärmung führen.

**Sprecherin:**

Da sind die tiefen Schmuddelwetterwolken ganz anderes:

**Cut 19: Stephan Borrmann**

Also die tiefen Wolken oder die Schichtwolken, die man so typischerweise kennt wie jetzt, typisches Novemberwetter, man ist unter einer grauen Schicht von Wolke, die ist meistens tief, nah am Boden und wenn man mit dem Flugzeug drüber raus fliegt, und wenn man dann runter guckt, wird man sehen, dass die grellweiß ist. Das bedeutet,

dass diese Art Wolken das Sonnenlicht sehr effektiv reflektiert in den Weltraum zurück. Diese ganze Sonnenenergie, die eigentlich zum Boden möchte, wird durch die Wolken aber zurückgelenkt in den Weltraum und ist demnach verloren, in Anführungszeichen.

**Sprecherin:**

Schwebeteilchen, die Eis in den Wolken machen, sind also wichtig für das Wetter und den Wärmehaushalt der Atmosphäre. Sehr aktiv als Eiskeime sind biologische Partikel.

**Atmos unterlegen: 8 (Wind weht durch den Wald), 9 (Vögel schlagen mit Flügeln)**

**Sprecherin:**

Wenn der Wind durch den Wald bläst, treibt er winzige Bruchstücke von Pflanzenresten vor sich her: Ein Stäubchen von zerfallender Rinde hier, ein Körnchen Flechte da und viele Bruchstücke von trockenem Laub. Fetzen von Spinnfäden fliegen durch die Luft und Reste von Tierhaaren. Jedes Tier staubt. Sogar aus dem Meer staubt es: Außer den Salzpartikeln, die die Gischt aus dem Wasser peitscht, steigen mit winzigen Gasblasen winzige Reste von Algen an die Oberfläche, die der Wind verweht. Jeder Vogel wird beim Flattern zur Staubschleuder und selbst wir Menschen tragen – auch bei äußerster Reinlichkeit – noch mit Hautschuppen und Haarpartikeln zum Staubgehalt der Atmosphäre bei. Erst recht im bekleideten Zustand. Dann verlieren wir auch noch Fasern aus Wolle oder Baumwolle – was ständig geschieht. Ein Viertel der Partikel in der Atmosphäre sind biologischen Ursprungs und manche, wie Pollen, Pilzsporen und Bakterien, leben sogar noch.

**Atmo überbenden in Atmo 10 (Labor Pöschl) diese unterlegen**

**Sprecher:**

In Ulrich Pöschls Labor werden Filter mit Staubproben aus der ganzen Welt untersucht. Seine Mitarbeiter stellen Genanalysen an. Sie wollen mithilfe genetischer Fingerabdrücke herausfinden, woher die biologischen Schwebeteilchen stammen. Das ist noch Grundlagenforschung. Aber immerhin ist Pöschl so schon einer Gruppe von Lebewesen auf die Schliche gekommen, die sich besonders für das Klima einsetzen.

**Atmo unter nachfolgendem Cut wegblenden**

**Cut 20: Ulrich Pöschl**

Ein wichtiger Punkt sind Pilzsporen, die aktiv von Pilzen ausgeschleudert werden. Das ist eben der Unterschied. Deswegen finden wir Pilzsporen prozentual in sehr hohen Anteilen, weil die Pilze dazu in der Lage sind, die Sporen, mit denen sie sich fortpflanzen, auch aktiv auszuschießen.

**Sprecherin:**

Zusammen mit den anderen biologischen Partikeln bilden die Pilzsporen unter den Schwebeteilchen eine starke Fraktion:

**Cut 21: Ulrich Pöschl**

Diese haben unter den Grobstaubpartikeln und somit von der Gesamtmasse dessen, was sich in der Luft befindet, einen sehr großen Anteil. In unseren Breiten kann das mal bis zu 30 Prozent sein, über tropischen Regenwäldern kann das auch bis zu 80 Prozent hochgehen. Dabei spreche ich aber von der Masse und von größeren Partikeln.

**Sprecherin:**

Die großen Schwebeteilchen sind gute Eiskeime. Sie erleichtern Wolken schnell um viel Regen, Hagel oder Schnee. Die regnen sich einfach weg. Aber die kleinen Partikel lassen eher flüssige Tropfen entstehen und dann auch noch ziemlich kleine. Sie machen vor allem dunstige Wolken, die sich lange halten. Sie strahlen im Allgemeinen viel und lange Wärme in den Weltraum zurück.

**Sprecher:**

Das wissen die Forscher: Einige Partikel bilden Eis und regnerische Wolken, andere eher kleinere flüssige Wassertropfen in dunstigen Wolken. Hohe Eiswolken halten die Wärme auf der Erde wie unter einer Decke, tief liegende Wolken reflektieren sie ins All, dunstige genauso. Wolken, die länger bestehen, können auch länger und damit mehr Wärme zurückstrahlen als kurzlebige. Damit sollten Klimaforscher doch schon etwas anfangen können. Das müsste doch Futter für Computermodelle hergeben, mit denen man vorhersagen kann, wie die Schwebeteilchen Wetter und Klima beeinflussen. Aber diese Schwebeteilchen, von denen es abhängt, wie viel Sonnenwärme ins All zurückgestrahlt wird und welche Wolken gebildet werden, können ihre Eigenschaften auch schnell mal ändern. In der Atmosphäre begegnen sie nämlich ziemlich aggressiven Substanzen.

**Cut 22: Pöschl**

Da ist zum einen das Ozon, das oxidierend wirkt, beziehungsweise, die aus dem Ozon gebildeten Oxyradikale, die auch für gasförmige Substanzen als Waschmittel der Atmosphäre gelten. Die oxidieren dann eben auch die Oberflächen der Aerosolpartikel und verändern deren Beschaffenheit.

*Archiv: Collage aus Atmos Megacity, Straßenverkehr, Schweinestall, Nebelhorn, Flugzeug, Waldbrand*

**Sprecherin:**

Und dann funkt noch der Mensch hinein. Wenn Menschen etwas verbrennen, gelangt nicht nur Kohlendioxid in die Luft. Es werden auch Säuren freigesetzt und Rußpartikel. Aus Autoabgasen und den Düngern der Landwirtschaft gelangen Stickstoffverbindungen in die Luft, aus denen aggressive Säuren werden. Die Schwebestoffe und Gase, die Menschen in die Atmosphäre bringen, machen zwar in der Menge nicht viel aus, aber auch sie können die Eigenschaften der Aerosole verändern.

**Sprecher:**

Pollenkörner oder andere große biologische Partikel, die mit Aufwinden hoch in die Atmosphäre getragen werden, produzieren normalerweise zuverlässig Eis, wenn es dort oben kalt und feucht genug ist. Wenn aber zum Beispiel Tropfen von Salpetersäure am Himmel unterwegs sind, die aus Gülleausdünstungen stammen oder irgendeiner Verbrennung, und die stoßen mit den großen Partikeln zusammen, ist mit der Eisbildung meistens Schluss. Sie funktioniert nicht mehr. Ganz anders sieht es bei Partikeln aus, die flüssige Tropfen bilden: Die können das nach einem chemischen Angriff in der Atmosphäre oft sogar besser als vorher. Das kann Folgen für das Wetter haben:

**Collage Ende**

### **Cut 23: Ulrich Pöschl**

In stark verschmutzten Regionen lässt sich wirklich feststellen, dass es zu einer verstärkten Dunstglockenbildung kommt und im Gegenzug dann auch zu einer Abschwächung von Niederschlagsereignissen. Das ist aber bisher auch noch sehr stark in der Erforschung. Hundert Prozent nachgewiesen sind hier eigentlich nur sehr wenige Effekte, aber beispielsweise in chinesischen Megacitys tritt das eigentlich sehr oft auf, diese Bildung von Dunstglocken und dafür dann eben auch weniger Niederschlagsbildung.

### **Atmo11 (Brandung) unter nachfolgenden Text legen**

#### **Sprecherin:**

Aber die menschlichen Einflüsse machen sich nicht nur an Land bemerkbar. Selbst mitten auf dem atlantischen Ozean können Schiffsmotoren Wetter und Klima beeinflussen. Schwefelsäure aus Schiffsabgasen kann die Salzkristalle verändern, die der Wind aus dem Meer in die Atmosphäre peitscht. Dann werden aus Salzen, die eben noch viel Wasser anziehen und dicke Tropfen bilden, Salze, die nur noch wenig Wasser binden und kleine Tropfen bilden.

### **Atmo unter nachfolgendem Text wegblenden**

#### **Sprecher:**

Großer oder kleiner Tropfen: Das macht schon einen großen Unterschied aus. Selbst wenn diese Tropfen sich noch nicht zu Wolken zusammenbrauen, können sie in der Atmosphäre einiges durcheinanderbringen. Swen Metzger vom Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz muss es wissen. Er versucht, Schwebeteilchen oder „Aerosole“ in Klima- und Wettervorhersagen einzuberechnen:

### **Cut 24: Swen Metzger**

Dadurch, dass diese Partikel entweder mehr oder weniger Feuchtigkeit aufnehmen, wirken die Teilchen in der Atmosphäre wie ein Filter, was mehr oder weniger Licht durch die Atmosphäre durchdringen lässt. Und entsprechend kann sich die Atmosphäre stärker oder weniger stark aufheizen.

#### **[Sprecher:**

Aber mit genau solchen Partikeln wollen einige Klimaforscher ein gewaltiges Experiment machen. Jedenfalls denken sie laut darüber nach: Wie wäre es, einen künstlichen Sonnenfilter aus Schwebeteilchen in der Atmosphäre auszubreiten: So einen, wie er sich etwa nach dem Ausbruch des Pinatubo gebildet hat. Und anschließend für Kühlung sorgte.

### **Cut 25: Swen Metzger**

(...) Es kann nicht nur sein, dass dadurch mehr Partikel gebildet werden. Wir wissen nicht, wieweit sich die chemische Zusammensetzung des Aerosols ändert, was unter Umständen dazu führen könnte, dass der entgegengesetzte Effekt eintritt, mehr Sonnenlicht anstelle von weniger Sonnenlicht durch die Atmosphäre eindringt.“ Desgleichen gilt, (...) je mehr Partikel in der Außenluft sind, desto problematischer wird die Luft für den Menschen.]

**Sprecherin:**

Im Vergleich zu den natürlichen Stäuben machen Aerosole, die Menschen heute in die Atmosphäre blasen, in der Masse nicht viel aus. Aber ihr Einfluss ist trotzdem groß. Sogar an weit entfernten Orten kann der Mensch mit seinen Aerosolen das Wetter beeinflussen:

**Cut 26: Swen Metzger**

Entscheidend ist die Chemie, die chemischen Veränderungen aufgrund des anthropogenen Einflusses. Also zum Beispiel Saharastaub: Saharastaub wird von Afrika bis in die Karibik transportiert. Auf dem langen Weg dorthin können diverse chemische Reaktionen an der Oberfläche ablaufen. Mit entsprechenden anthropogenen Anteilen, zum Beispiel von Schiffsemissionen, stellt sich natürlich die Frage, wie weit diese Oberflächen des natürlichen Staubs entsprechend modifiziert werden, dass sich zum Beispiel Wolkenbildungsprozesse entweder begünstigen oder eben weniger begünstigt ablaufen, vielleicht sogar unterbunden werden. Diese Frage, denke ich, ist das Entscheidende. Massenmäßig ist es häufig eben nicht so, dass die anthropogenen Aerosole dominierend sind, sondern dass vielmehr ihre Wechselwirkung mit den natürlichen Aerosolen das Entscheidende ist.

**Sprecherin:**

Damit lassen sich dann vielleicht sogar die Stäube in Klimavorhersagen mit einrechnen:

**Cut 27: Swen Metzger**

Bislang hatte man beide Komponenten, anthropogen und natürlich, jeweils separat berechnet. Daraus kann man relativ gute Aussagen bereits treffen über die Auswirkung auf Strahlung, auf Klima, Klimaerwärmung. Aber die Wechselwirkung zwischen den verschiedenen Komponenten ist noch weniger gut modelliert, zumindest, was die globale Modellierung betrifft. (...) Meines Erachtens ist die Herausforderung in der Klimamodellierung heutzutage, das Zusammenspiel der anthropogenen und der natürlichen Aerosole zu erfassen.

**Sprecherin:**

Für eine Aussage sind die Klimamodelle, die es heute gibt, aber schon gut genug, erläutert Stephan Borrmann:

**Cut 28: Stephan Borrmann**

Wenn das eine Modell eine Erwärmung von 1,4 Grad vorhersagt und das andere um 2,8 Grad und alle anderen 15 Modelle, die man rechnen lässt, irgendwo dazwischen fallen, dann hat man keine präzise Vorhersage, aber immerhin sieht man: es ist mindestens 1,4 und schlimmstenfalls 2,8, sodass man mindestens mal weiß: Es wird keine Erwärmung stattfinden und keine Abkühlung.

**Sprecherin:**

Wenn es in Zukunft vielleicht einmal Klimamodelle gibt, bei denen auch eingerechnet wird, wie sich die Schwebeteilchen in der Atmosphäre auswirken, hätten die Forscher darüber hinaus einen klaren Nutzen. Wir könnten besser abschätzen, wie sich unser Handeln auf die Umwelt auswirkt, bevor wir aktiv werden.

*Archiv: Sanfte Brise unter nachfolgendem Cut einblenden*

**Cut 29: Swen Metzger**

Da können dann solche Modelle durchaus hilfreich sein. Das heißt, man versucht, den Ist-Zustand erst mal abzubilden. Wenn man das mehr oder weniger realistisch schafft, kann man auch an verschiedenen Parametern drehen und dann entsprechende Szenarien rechnen. Heutzutage ist die Problematik mit dem erhöhten Stickstoffeintrag. Jeder Verbrennungsprozess produziert Stickoxide. Es wäre interessant zu sehen wie weit die Zunahme der Stickoxide eventuell kompensierenden Einfluss auf das Klima hat. Es ist ein sehr komplexes System und ein Klimamodell mit entsprechender Chemie erlaubt gewisse Szenarien zu rechnen, um dann nicht das Experiment in der Realität durchführen zu müssen, sondern schon die ersten Aussagen zu bekommen, um dann vielleicht auch Weichen zu stellen für die Politik, welches Szenario das umweltverträglichste letztlich ist.

**Sprecherin:**

Da könnte dann nicht nur berechnet werden, wie viel und welchen Staub das Klima verträgt. Sondern es könnte auch die Gesundheit der Menschen eine Rolle spielen. Denn schließlich ist es für uns alle gut, wenn wir möglichst saubere Luft atmen.

*Archivton: Ende*

\* \* \* \* \*