

Wie der Waldduft zu Partikeln wird und die Wolken wachsen lässt

Hyttiälä

Hyttiälä ist eine Forschungsstation in den Wäldern Finnlands. In Kooperation mit vielen anderen Forschungsgruppen arbeiten hier Wissenschaftler der Aerosol-Forschungsgruppe der Universität Helsinki daran zu verstehen, wie Partikel in der Luft (auch 'Aerosole' genannt) gebildet werden und welche Rolle ihnen in der Wolkenbildung zukommt.



1. Blick vom Messturm in Hyttiälä auf den umgebenden Wald
Quelle: ISAS Dortmund SMEAR II Kampagne



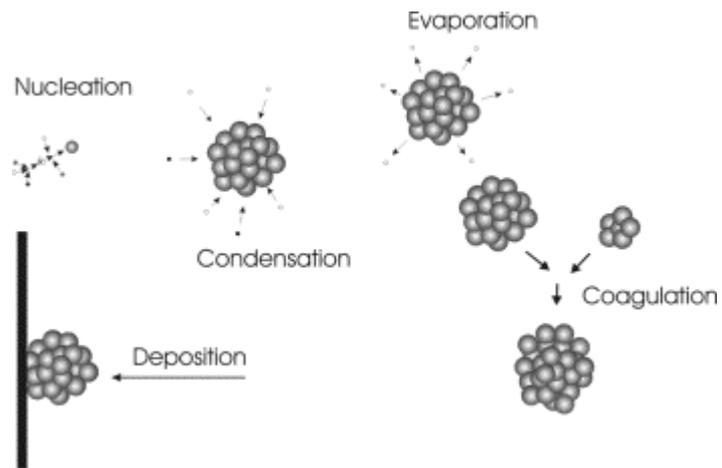
2. Frühlicht im Wald

Wenn in den Morgenstunden die Sonne ihren Tageslauf beginnt, werden auch die Wälder biologisch aktiv. Sie setzen viele chemische Substanzen frei wie Isopren oder Monoterpene und entlassen sie als Gase in die Atmosphäre. Solche organischen Substanzen verleihen auch der Waldluft ihren typischen Duft.

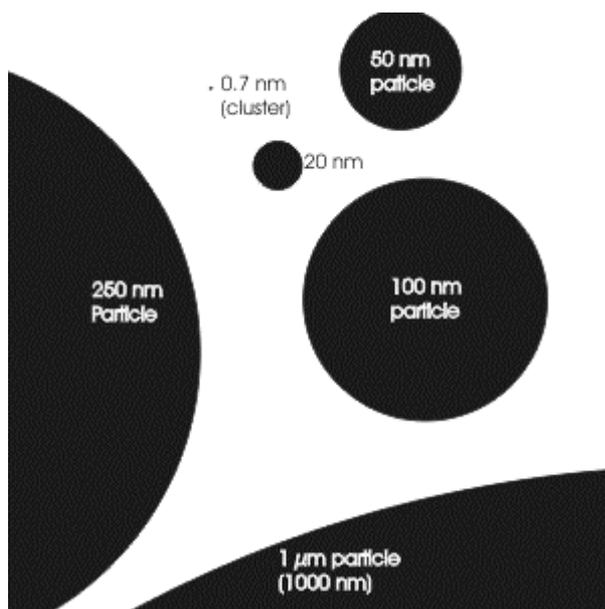
Oxidation und Partikelbildung

Diese organischen Chemikalien werden in der Luft oxidiert, z.B. durch sogenannte OH Radikale. Die Produkte einer solchen Oxidation haben oft einen viel niedrigeren Dampfdruck als die Ausgangsstoffe, die von den Bäumen freigesetzt wurden. Sie neigen daher dazu, in der Luft zu kondensieren.

Substanzen von so geringer Flüchtigkeit können sich zum einen an Oberflächen wie Blättern oder Gebäuden oder am Erdboden absetzen. Sie können aber auch schon in der Luft zueinander finden, aneinander haften, sogenannte 'Cluster' aus mehreren Molekülen bilden und zu Partikeln wachsen. Wir nennen diesen Vorgang Nukleation. Mehrere Cluster können zusammenwachsen und größere Partikel bilden. Diesen Vorgang nennen wir Koagulation. Einzelne Moleküle lösen sich von solchen Partikeln (Evaporation = Verdunstung), andere kondensieren wieder auf ihnen.

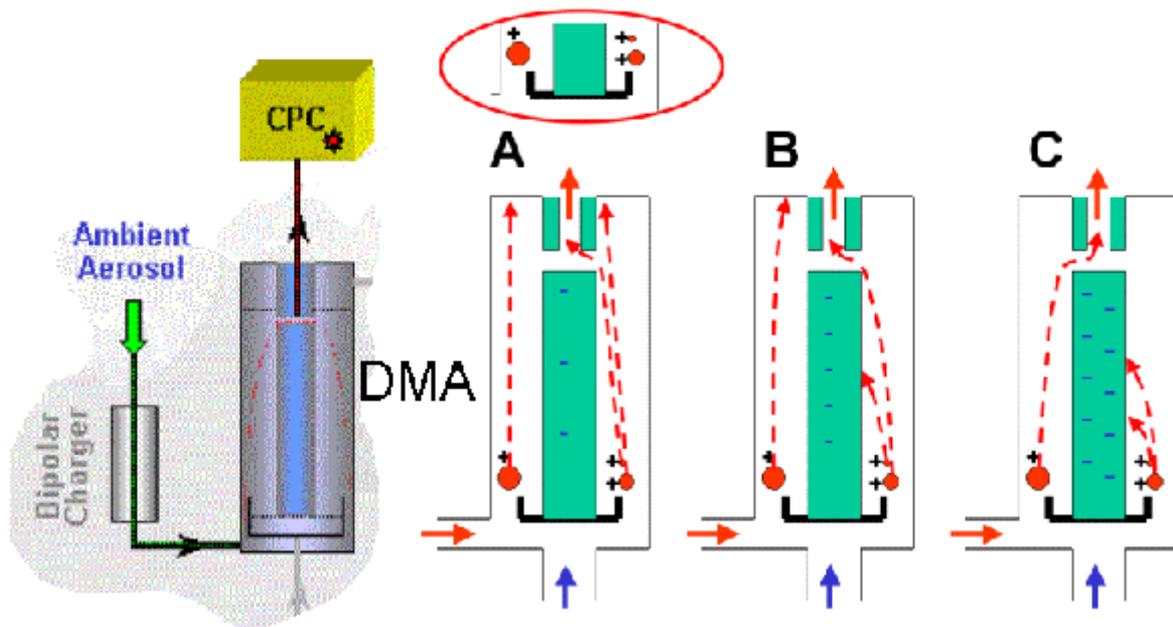


3. Partikelbildung © Ari Asmi



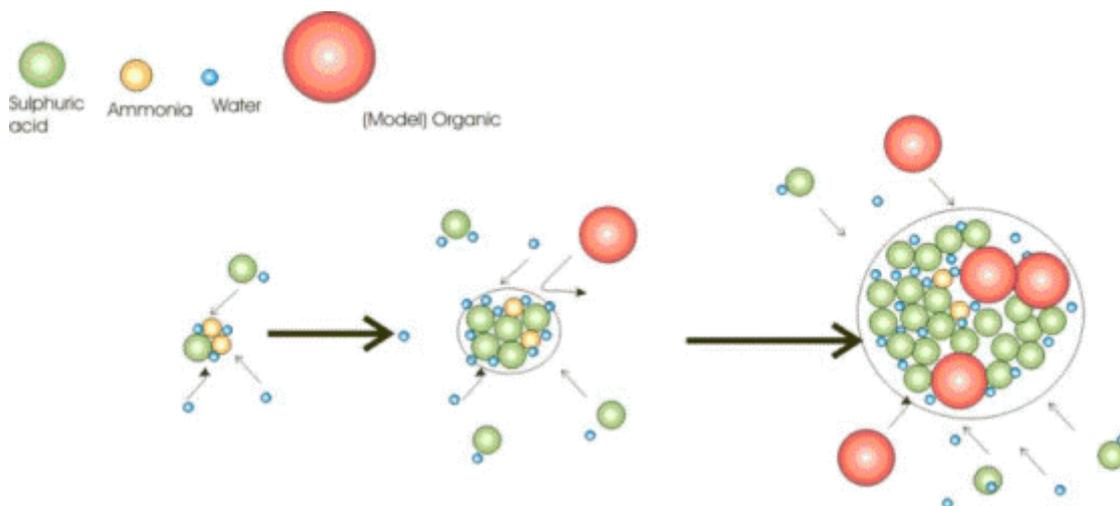
4. Vergleich typischer Partikelgrößen, angefangen von den ersten kleinen Clustern bis hin zu größeren Partikeln von 1 µm. Ein menschliches Haar ist etwa 20 - 100 µm dick. © Ari Asmi

Vergleichen wir die Partikelgrößen mit Dingen, die wir sehen können, so verwundert es, dass wir solch kleine Objekte in unserer Luft überhaupt nachweisen können. Wissenschaftler nutzen hierzu Geräte, die geladene Partikel in einem elektrischen Feld ablenken. Auf diese Weise können sie (ähnlich wie in der Massenspektrometrie) nach ihrer Größe getrennt werden. Je kleiner ein Partikel ist, umso beweglicher ist er und umso leichter im Feld abzulenken. Nachdem die 'sortierten' Partikel aus einem solchen 'Differentiellen Mobilitäts-Analysator' (DMA) heraus kommen, wird Dampf auf sie kondensiert, so dass sie auf eine detektierbare Größe anwachsen. Die Messung sehr kleiner Partikel erfolgt also in drei Schritten: 1) aufladen 2) trennen 3) anwachsen und detektieren.



5. Partikelanalyse: Partikel werden geladen, getrennt und in einem Zähler (CPC) gezählt. Das Schema rechts zeigt, wie die geladenen Partikel (rot) drei verschiedener Größen aus dem Trenngerät gelangen oder auch nicht, abhängig davon, wie stark sie im Feld angezogen werden. Die Feldstärke steigt von Abbildung A zu Abbildung C.

Im Vergleich zu großen organischen Molekülen oder Salzen ist reines Wasser eine sehr flüchtige Substanz, die aus kleinen Molekülen besteht. Wassermoleküle können sich nicht einfach in der Luft zu Clustern vereinigen, aneinander haften und Tropfen bilden. Ein Wassercluster, der versuchte sich zu bilden, würde sofort wieder verdunsten. Wasser kondensiert vielmehr an kleinen Partikeln (Aerosolen), die schon in der Luft schweben. Wenn mehr und mehr Wassermoleküle sich an einen solchen Partikel anlagern, umgibt ihn am Ende eine immer dicker werdende Wasserhülle und er wird zum Tropfen. Ein solcher Kondensationsprozess hängt stark davon ab, ob die Partikel Wasser anziehen oder nicht, d.h. von ihrer chemischen Zusammensetzung.

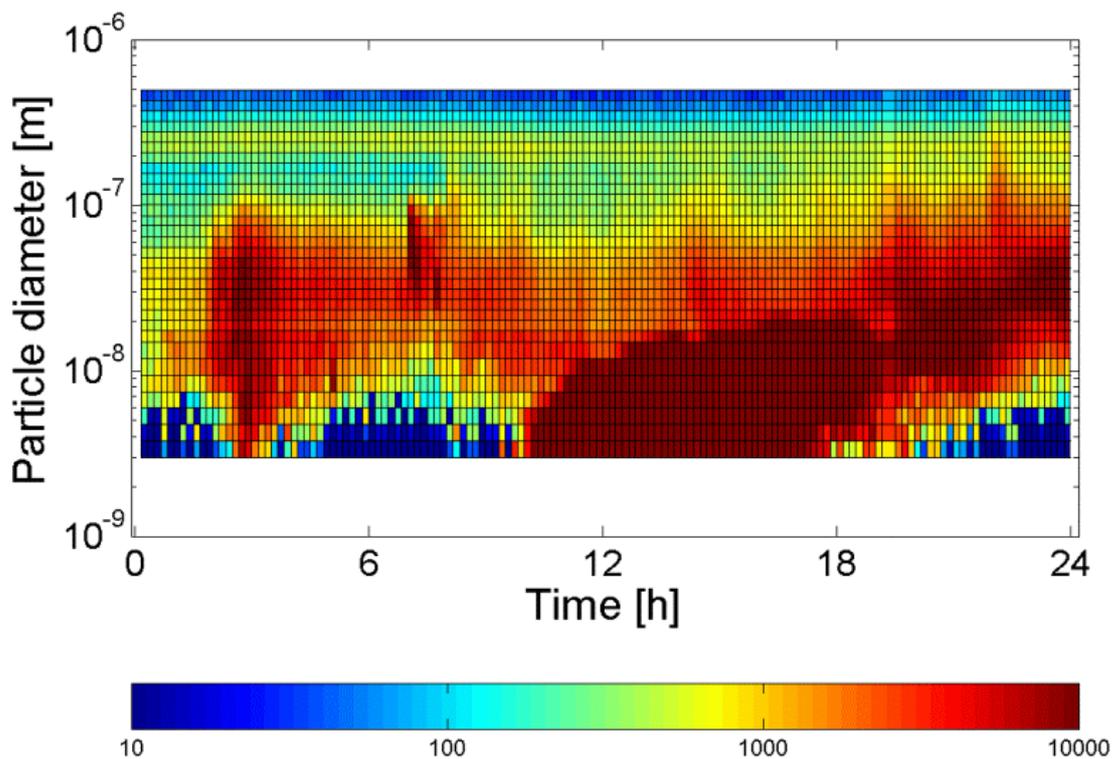


6. Prozess des Partikelwachstums, Schema: Ari Asmi

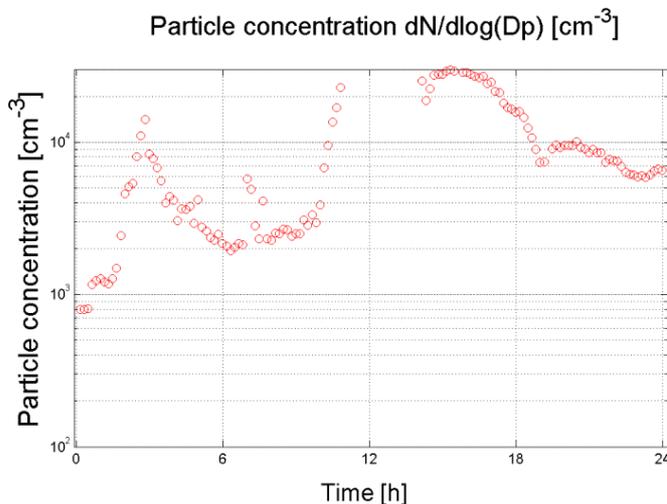
Partikel bestehen aus einzelnen Molekülen mit bestimmten chemischen Eigenschaften. Die chemische Zusammensetzung der kleinsten Partikel kann sehr verschieden sein:

Partikel aus Schwefelsäure und Ammoniumsulfat-Salz finden wir nahezu überall in der Atmosphäre und sie ziehen Wasser leicht an. Wir finden sie auch in der reinen Luft über den Ozeanen. Daher gehen die Wissenschaftler davon aus, dass sich Wolken über den Weltmeeren vor allem auf Grund der Schwefelsäure bildet und des Wassers, das an ihr kondensiert. Über dem Festland finden wir auch große Mengen an organischen Molekülen, z.B. diejenigen, die den Waldduft ausmachen. Hier wird ein Modell gezeigt, wie solche organischen Partikel auf Schwefelsäure oder Ammoniumsulfat kondensieren können. Vielleicht finden sie aber auch unter sich selbst zusammen.

Hyytiälä 01-04-2003



7. An diesem Aprilmorgen stieg die Zahl der Partikel mit einem kleinen Durchmesser plötzlich stark an (dunkelroter Bereich). Neue Partikel sind durch einen Nukleationsprozess entstanden.
Quelle: Lauri Laakso



8. Das Diagramm links zeigt, dass auch die Gesamtzahl der Partikel in der Luft gestiegen ist. Die Skala ist logarithmisch, d.h. 10^4 ist zehnmal soviel wie 10^3 .

Wir können heute Partikel einer Größe von weniger als 1 Nanometer (1 nm = 1 millionstel mm) detektieren und Nukleations-Ereignisse werden so beobachtbar. Hierbei spielt die biologische Aktivität des Waldes eine Rolle. Die Abbildung oben zeigt, wie in den frühen Morgenstunden im Wald von Hyytiälä hohe Konzentrationen sehr feiner Partikel mit einem Partikelanalysator gemessen wurden. Das meiste Material hierfür stammt aus den Emissionen der Bäume und mag einen Einfluss darauf gehabt haben, welche Wolken sich an diesem Frühlingstag bildeten.

9. Der Messturm in Hyytiälä (Abb. rechts) dient der Analyse der Waldluft in verschiedenen Höhen.

Quelle: ISAS Dortmund SMEAR II Kampagne

Autor und deutsche Übersetzung:

Dr. Elmar Uherek

Max-Planck-Institut für Chemie Mainz

Acknowledgement:

Mit freundlicher Unterstützung durch Asbjörn Aarflot, Boris Bonn, Ari Asmi und andere Kollegen der Arbeitsgruppe von Prof. Markku Kulmala in Helsinki.

Letzte Aktualisierung: 06.06.2005

© ACCENT 2005 | www.accent-network.ch

