

Masterarbeitsthemen AG Wolkenmikrophysik (Stand: 31.03.2017)

1. Elektronenmikroskopische Untersuchung von Eiswachstum auf natürlichen Mineraloberflächen

Nukleation und Wachstum von Eiskristallen auf heterogenen Oberflächen ist ein komplexer Prozess, der von vielen Faktoren beeinflusst wird und ist deshalb nur begrenzt verstanden ist. Zum einen ist die Grenzfläche zwischen Eis und Substrat nur schwer für die in-situ analytischen Methoden zugänglich. Zum anderen kann der momentane chemische Zustand der Oberfläche das Verhalten der entstehenden Kristalle komplett verändern. Dabei ist die quantitative Beschreibung der heterogenen Eisnukleation unerlässlich für das Grundverständnis vieler physikalischer Prozesse in der Natur und Technik: Vereisen von Flugzeugtragflächen, Überleben von Pflanzen und Tieren bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt, Entstehen von Niederschlag und Trennung von elektrischer Ladung in Gewitterwolken. Die Arbeitsgruppe Wolkenmikrophysik am IMK-AAF beschäftigt sich unter anderem mit der Frage, welche Eigenschaften der gasgetragenen Mineralstaubteilchen die Eisbildung in atmosphärischen Mischphasenwolken beeinflussen. Im Rahmen dieser Forschung bekommen die Experimente mit Modelloberflächen unter kontrollierten Bedingungen eine große Bedeutung.

In dieser Masterarbeit soll das Depositionswachstum von Eis auf natürlichen (Feldspat, Glimmer) und künstlichen Kristalloberflächen (Silberiodid) untersucht werden. Im Vordergrund steht dabei die Frage, welche Oberflächenmerkmale (Defekte, Stufen, Inhomogenität, Verunreinigung, usw.) die Eisbildung begünstigen bzw. hindern und welche Bedingungen dabei maßgeblich sind.

Die Experimente werden in einem modernen Rasterelektronenmikroskop (ESEM FEI Quanta 650 FEG) im Laboratorium für Elektronenmikroskopie der Universität Karlsruhe durchgeführt. Das Mikroskop ist mit einer Tieftemperaturbühne und einem nicht-kommerziellen Feuchtevorbereitungssystem ausgestattet und erlaubt in-situ Beobachtungen von Eiswachstum unter realistischen Wasserdampfdruckbedingungen (siehe Abbildung).

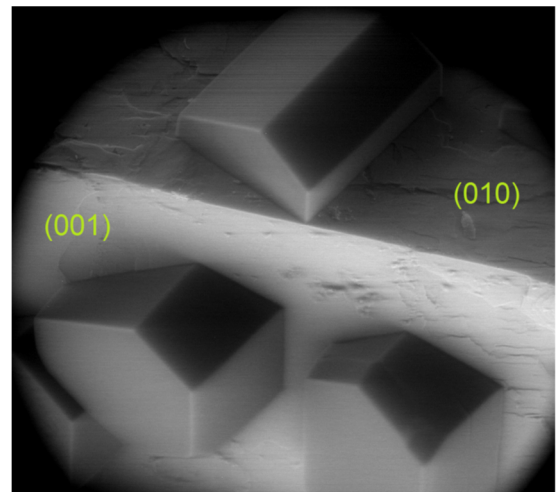
Neben der selbständigen experimentellen Arbeit bieten wir einen Einblick in ein aktuelles Thema der Umwelt- und Klimaforschung sowie in verschiedene moderne experimentelle Techniken, die in der Elektronenmikroskopie und Umweltforschung verwendet werden.

Die Arbeit kann ab sofort begonnen werden, die Betreuung erfolgt durch Dr. Kiselev und Prof. Leisner am IMK-AAF, sowie durch Prof. Gerthsen am LEM. Die ESEM-Experimente finden am KIT Campus Süd (Uni Karlsruhe) statt, das Institut für Meteorologie und Klimaforschung befindet sich am KIT Campus Nord.

Ansprechpartner:

Dr. Alexei Kiselev, Tel: 0721/ 608-26662, Email: alexei.kiselev@kit.edu

Prof. Thomas Leisner, Tel: 0721/ 608-24865, Email: thomas.leisner@kit.edu

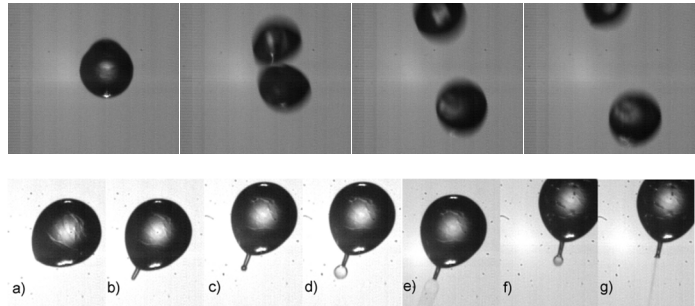


Bildung von Eiskristallen auf dem Alkalifeldspat (Mikroklin) in ESEM.
(Kiselev et al., Science, 2017).

2. Eismultiplikation beim Gefrieren unterkühlter Wolkentropfen

Das Gefrieren von atmosphärischen Wolkentropfen ist ein Prozess mit potentiell weitreichenden Folgen. Dieser Vorgang hat Einfluss auf die Dynamik, Lebensdauer und Strahlungseigenschaften von Wolken, und bestimmt die Niederschlagsbildung in fast allen troposphärischen Wolken in mittleren Breiten. Das Gefrieren unterkühlter Wassertropfen wird durch Präsenz von heterogenen Eiskeimen (INP, Ice Nucleating Particle) ermöglicht, da die Reinwassertropfen bis zu -40°C ungefroren bleiben können. Dabei liefern die atmosphärischen Beobachtungen immer mehr Hinweise darauf, dass es einer Wolke weit weniger INPs zu Verfügung stehen als die Anzahl tatsächlich beobachteten Eiskristalle. Als Ursache für diese Diskrepanz wird die s.g. Eismultiplikation vermutet, ein Prozess, der zum Entstehen mehrerer Eiskristalle beim Gefrieren einzelnes Tropfen führt. Ein Beispiel dafür ist der so genannte Hallett-Mossop Mechanismus, bei dem ein durch Kollisionen mit flüssigen Wassertropfen gereifter Eiskristall in freiem Fall durch die Wolke zu Quelle der Sekundäreispartikel wird. Weitere Mechanismen werden aktuell untersucht, unter anderen sporadische Fragmentation und Austreten von Gasblasen aus den gefrierenden Wassertropfen (siehe Abbildung unten).

Im Rahmen der Mastarbeit soll der Prozess der Eismultiplikation beim Gefrieren unterkühlter Wolkentropfen untersucht werden. Das Gefrierverhalten eines Tropfens, der in einem elektrodynamischen Levitator (EDB, Electrodynamic Balance) gespeichert wird, beobachten wir mit einer Hochgeschwindigkeitskamera (bis 200.000 Aufnahmen pro Sekunde). Im Schwerpunkt steht dabei die Frage, wie viel Sekundärpartikel und von welcher Art – flüssig oder fest – werden pro Gefrierereignis ausgestoßen.



In Rahmen der Arbeit werden viele moderne Techniken der Aerosolerzeugung und Aerosolcharakterisierung erlernt, sowie die Methoden der statistischen Auswertung von Messdaten. Neben der selbständigen experimentellen Arbeit bitten wir einen Einblick in ein aktuelles Thema der Klimaforschung sowie in verschiedene moderne experimentelle Techniken, die in den Atmosphärenwissenschaften verwendet werden.

Oben: Fragmentation eines gefrierenden Tropfens bei -18°C . Unten: Ausstoßen sekundärer Partikel aus einem gefrierenden Tropfen bei -10°C . (Aufnahmen von T. Pander)

Die Masterarbeit kann ab sofort begonnen werden, die Betreuung erfolgt durch Professor Leisner und Dr. Alexei Kiselev. Der vorwiegende Arbeitsplatz ist Karlsruher Institut für Technologie, Campus Nord, Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Department Atmosphärische Aerosolforschung.

Ansprechpartner:

Dr. Alexei Kiselev, Tel: 0721/ 608-26662, E-Mail: alexei.kiselev@kit.edu

Prof. Thomas Leisner, Tel: 0721/ 608-24865, E-Mail: thomas.leisner@kit.edu

3. Kontaktgefrieren unterkühlter levitierte Mikrotropfen

Wolken haben einen maßgeblichen Einfluss auf das Klima. Sie steuern nicht nur die Prozesse in der Hydrosphäre, sondern wirken auch auf das Strahlungsbudget der Atmosphäre ein. Viele mikrophysikalische Prozesse in Wolken sind jedoch bislang noch unverstanden und Gegenstand aktueller Atmosphärenforschung. Besonders interessant sind die Eigenschaften der Aerosole im Zusammenhang mit der Eisbildung in Wolken. Unterkühlte Wolkentropfen können durch die Anwesenheit von Aerosolpartikeln bereits bei höheren Temperaturen gefrieren und nicht erst, wie reines Wasser, bei -38°C .

Neben Flugzeugmessungen und der Simulation von Wolken z.B. in der AIDA-Wolkenkammer am IMK-AAF, werden Messungen an einzelnen Tropfen benötigt, die ein Verständnis der Gefrierprozesse auf kleinen Skalen ermöglicht. Ein für die untere Troposphäre wichtiger heterogener Gefriermechanismus ist das Kontaktgefrieren – hier wird das Gefrieren durch den Kontakt eines Eisaktiven Partikels (Ice Nucleating Particle, INP) mit dem unterkühlten Tropfen ausgelöst.

Im Rahmen der Masterarbeit soll der Prozess des Kontaktgefrierens an unterkühlten levitierten Wassertropfen untersucht werden. Im Vordergrund stehen dabei die Fragen, welche atmosphärischen Aerosole als heterogene Eiskeime beim Kontaktgefrieren wirksam sind. Wir werden das bestehende Experiment um eine neue optische Messmethode erweitern, die uns erlauben werden soll, die Eiskeime direkt bei der Kollision zu detektieren.

Für die Durchführung der Experimente wird ein elektrodynamischer Levitator (englisch „Electrodynamic Balance“, EDB, auch als „Paulfalle“ bekannt) genutzt. In Rahmen dieser Arbeit werden verschiedene Techniken der Aerosolerzeugung und Aerosolcharakterisierung erlernt, sowie die optischen Partikeldetektionsmethoden und Methoden der statistischen Auswertung der großen Messdatenreihen. Für die vorgeschlagene Masterarbeit benötigst du vor allem die Bereitschaft, dich in verschiedenen Themen der Wolkenmikrophysik einzuarbeiten und Freude an experimenteller Arbeit.

Wir bieten dir neben der selbständigen experimentellen Arbeit einen Einblick in ein aktuelles Thema der Klimaforschung sowie in verschiedene moderne experimentelle Techniken, die in den Atmosphärenwissenschaften verwendet werden.

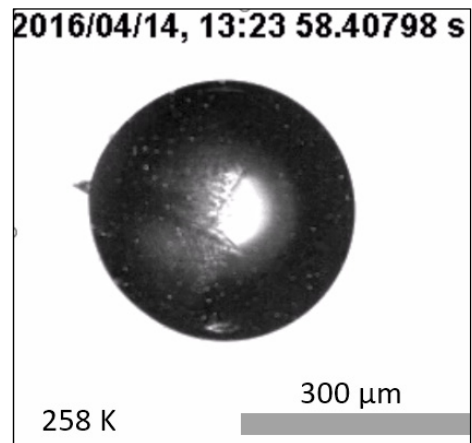
Die Masterarbeit kann ab sofort begonnen werden, die Betreuung erfolgt durch Dr. Nadine Hoffmann und Professor Leisner am IMK-AAF. Der vorwiegende Arbeitsplatz ist Campus Nord des KIT.

Ansprechpartner:

Dr. Nadine Hoffmann, Tel: 0721/608-28689, E-Mail: nadine.hoffmann@kit.edu

Dr. Alexei Kiselev, Tel: 0721/ 608-26662, E-Mail: alexei.kiselev@kit.edu

Prof. Thomas Leisner, Tel: 0721/ 608-24865, E-Mail: thomas.leisner@kit.edu



Gefrieren eines levitierten Tropfens nach der Kollision mit einem INP

4. Charakterisierung von Eiskeimfähigkeit natürlicher Mineralstaubpartikel

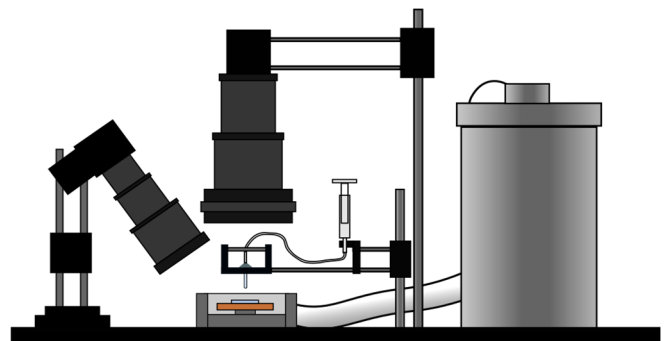
Rund 90 Prozent der Niederschläge über den Kontinenten hängen davon ab, dass sich in Wolken Eiskristalle bilden, die durch ihr zunehmendes Gewicht nach unten fallen. Aber das Wasser in den Wolken gefriert nur dann, wenn bestimmte Partikel vorhanden sind, an denen Eiskristalle wachsen können. Von allen Aerosolpartikeln sind allerdings nur wenige als Gefrierkeime wirksam. Diese seltenen Aerosolpartikeln bestimmen den Niederschlag auf der Erde entscheidend mit – umso wichtiger ist es zu verstehen, was sie gegenüber anderen Partikeln auszeichnet. Manche Mineralstaubpartikel sind dabei besonders effektiv: wie es erst vor kurzem herausgefunden wurde, kann z. B. Kaliumfeldspatpartikel das Gefrieren schon bei -5°C , also knapp unterhalb des Gefrierpunktes, initiieren. Vor kurzem haben wir herausgefunden, dass eine „versteckte“ Kristallfläche des Kaliumfeldspats, die nur an Oberflächendefekten zu Tage tritt, als eigentlicher eisaktive Stelle dient. Viele Fragen bleiben dennoch offen: zum Beispiel, ob der gleiche Mechanismus in natürlichen Mineralstäuben auch gilt. Diese Frage sollte nun mit Hilfe von Labormessungen an den natürlichen Feldspat-haltigen Mineralstaubpartikeln beantwortet werden (siehe auch Masterarbeit 1).

Das Ziel dieser Masterarbeit ist Charakterisierung des Gefrierverhalten verschiedener natürlicher Mineralstaubpartikel.

Die Mineralstaubpartikel werden mit Hilfe eines Niederdruckimpaktors (Low Pressure Impactor, LPI) aus der Wolkensimulationskammer AIDA gesammelt und in die wässrige Phase überführt. Mit einer vorhandenen „Cold-stage“-Apparatur werden dann die Gefriereigenschaften verschiedener Suspensionen vermessen. Am Schluss werden die so gewonnenen Daten mit den Ergebnissen anderer Experimente verglichen. Die Cold-Stage Experimente werden mit der Rasterelektronenmikroskopischen Analyse begleitet.

Für die vorgeschlagene Masterarbeit benötigst Du vor allem die Bereitschaft, Dich in verschiedene Themen der Wolkenmikrophysik einzuarbeiten, Freude am experimentellen Arbeiten sowie idealerweise grundlegende Programmierkenntnisse um Deine Daten auswerten zu können (Matlab, LabView, IDL, Origin).

Dafür bieten wir Dir neben der selbstständigen experimentellen Arbeit einen Einblick in ein aktuelles Thema der Atmosphärenforschung sowie in verschiedene moderne experimentelle Techniken, die in den Atmosphärenwissenschaften angewendet werden.



Schema des Cold-Stage Aufbaus mit zwei Videokameras, Tropfendispenser und Kühlsystem.

Die Arbeit kann ab sofort begonnen werden, die Betreuung erfolgt durch Dr. Alexei Kiselev und Professor Leisner am IMK-AAF. Der vorwiegende Arbeitsplatz ist der Campus Nord des KIT.

Ansprechpartner:

Alexei Kiselev, Tel: 0721/ 608-26662, E-Mail: alexi.kiselev@kit.edu

Prof. Thomas Leisner, Tel: 0721/ 608-24865, E-Mail: thomas.leisner@kit.edu