
Wolken verstehen

Leipzig als Zentrum der Wolkenforschung

"Welttag der Meteorologie 2017"

Leipzig hat sich in den letzten Jahren zu einem international bedeutenden Zentrum der Wolkenforschung entwickelt. Über 100 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am Leibniz-Institut für Troposphärenforschung (TROPOS) und am Institut für Meteorologie der Universität Leipzig untersuchen von Leipzig aus Wolken in aller Welt. Die Expertise beider Institute trägt so dazu bei, Ursachen und Auswirkungen des globalen Klimawandels besser zu verstehen. Denn bisher sind Wolken immer noch die große Unbekannte im Klimasystem. Selbst der jüngste Report des Weltklimarates IPCC sieht in den Wolken den größten Unsicherheitsfaktor der Klimaszenarien für die Zukunft. Die Weltmeteorologieorganisation (WMO) hat daher den Welttag der Meteorologie 2017 unter das Motto „Wolken verstehen“ gestellt.







Wer die Wolken verstehen will, muss nicht nur viel über Meteorologie wissen, sondern auch über winzige Partikel in der Luft (so genannte Aerosole). Denn ohne diese Partikel würden sich in der Atmosphäre keine Tropfen bilden und ohne Tropfen keine Wolken und ohne Wolken kein Niederschlag. Winziger Staub trägt so entscheidend dazu bei, dass die Erde bewohnbar ist. Der Forschungsschwerpunkt auf Aerosolen und Wolken ist in dieser Form in Deutschland einmalig. Um die offenen Fragen rund um die Prozesse der Wolkenbildung beantworten zu können, sind die Forschenden weltweit unterwegs, denn nicht nur die Vegetation am Boden unterscheidet sich je nach Klimazone sondern auch die Wolken in der Atmosphäre. Messkampagnen führten beispielsweise nach Brasilien, in die Karibik, nach Kanada, in den Mittelmeerraum oder demnächst in die Arktis. Da Wolken sehr dynamische und kurzlebige Gebilde sind, finden auch Experimente im Labor unter kontrollierten Bedingungen statt. Die Miniwolke, die beispielsweise im Leipziger Wolkensimulator (LACIS) erzeugt wird, gilt als die kleinste, aber am besten kontrollierte Wolke der Welt. Modellierungen und Theorie ergänzen diese praktischen Arbeiten und führen die Erkenntnisse zusammen. Dass die Leipziger Arbeiten der letzten zwei Jahrzehnte auch international wahrgenommen werden, sorgte dafür, dass Leipzig 2012 Gastgeber der 16. Internationalen Konferenz zu Wolken und Niederschlag war. Die ICCP ist auf diesem Gebiet die weltweit wichtigste und größte Konferenz. Sie findet nur alle vier Jahre statt. Mit rund 500 Teilnehmern aus 37 Ländern und fast 650 verschiedenen Beiträgen war die Leipziger Konferenz die größte aller bisher veranstalteten Wolken- und Niederschlagskonferenzen. Jüngster Erfolg war der Zuschlag der Deutschen Forschungsgemeinschaft für einen DFG-Sonderforschungsbereich, der seit 2016 unter Leitung der Universität Leipzig die Rolle der Wolken beim Klimawandel in der Arktis untersucht. Dazu finden 2017-19 aufwendige Expeditionen statt, deren Ergebnisse helfen sollen, die Klimamodelle zu verbessern. Denn in den vergangenen 25 Jahren ist die Lufttemperatur in der Arktis zwei- bis dreimal stärker angestiegen als im globalen Mittel. Welche Prozesse wie stark dazu beitragen, ist bisher im Detail noch unklar und fehlt daher in den globalen Klimamodellen – obwohl die Auswirkungen der Erwärmung wie z.B. das Verschwinden des Meereises dramatisch sein werden. Forschungsergebnisse aus Leipzig tragen so weltweit dazu bei, die Folgen des globalen Klimawandels genauer abzuschätzen und sich besser anzupassen.

Wolkenforschung am TROPOS

Obwohl Wolken entscheidend für unser Klima auf der Erde sind, sind viele Prozesse dabei immer noch nicht ausreichend verstanden, weil es lange wegen ihrer Kurzlebigkeit und hohen Dynamik schwer war, sie zu erforschen. Wolken gelten daher immer noch als größter Unsicherheitsfaktor in den Klimamodellen. Um diese Wissenslücken zu schließen, werden Wolken vor Ort untersucht, im Labor nachgebildet und in Computermodellen simuliert. Besonders die Feldforschung vor Ort stellt die Wissenschaft immer noch vor große Herausforderungen: Flugzeugmessungen sind sehr teuer und Bodenmessungen nur an wenigen Bergstationen möglich. Daher werden Wolken auch vom Boden mit Laser und Radar sowie aus dem Weltall mit Satelliten beobachtet. Alle Messungen zusammen ergeben dann ein möglichst umfassendes Bild. Messkampagnen zur Untersuchung von Wolken sind daher stets sehr komplex mit vielen ExpertInnen und Spezialgeräten – egal ob in Melpitz bei Leipzig, im Amazonas oder in der Arktis.

Wolken brauchen immer Wolkenkeime – sowohl in der sauberen Luft der Antarktis als auch in der stark verschmutzten Luft über Peking. Ohne diese winzigen Schwebeteilchen (Aerosole genannt) könnten keine Tropfen und damit auch keine Wolken entstehen. TROPOS untersucht daher sowohl diese Partikel als auch ihren Einfluss auf die Wolkenbildung und damit auf unser Klima.

<https://www.tropos.de/forschung/aerosol-wolken-wechselwirkungen/langzeit-prozess-und-trendanalysen/>

<https://www.tropos.de/forschung/aerosol-wolken-wechselwirkungen/prozessstudien-auf-kleinen-zeit-und-raumskalen/>

Wolkenforschung im Labor (Wolkenturm LACIS)

Im weltweit einzigartigen Leipziger Wolkensimulator (Leipzig Aerosol Cloud Interaction Simulator, LACIS) werden die Wechselwirkungen zwischen Aerosolpartikeln und Wolkentropfen untersucht. Die im Wolkensimulator gebildeten künstlichen Wolken haben einen Durchmesser von 2 Millimetern und eine Länge von ca. 7 Metern. Mithilfe des Simulators konnten maßgebliche neue Erkenntnisse sowohl zur Entstehung als auch zum Gefrieren von Wolken gewonnen werden. Zu nennen sind in diesem Zusammenhang wegweisende Ergebnisse zum hemmenden Einfluss organischer Substanzen auf die Bildung von Wolkentropfen und zur fördernden Wirkung biologischer Makromoleküle auf das Gefrieren von Wolkentropfen. Die Ergebnisse gehen unter anderem direkt in globale Klimamodelle ein.

<https://www.tropos.de/forschung/grossprojekte-infrastruktur-technologie/technologie-am-tropos/aerosolversuchsanlagen/lacis/>

<https://www.tropos.de/aktuelles/pressemitteilungen/details/weshalb-gefriert-wasser-in-den-wolken-zwischen-5-und-38-celsius/>

siehe auch

<http://www.spektrum.de/news/bakterien-als-regenmacher-ein-besuch-im-wolkenlabor/1439534>

https://www.leibniz-gemeinschaft.de/fileadmin/user_upload/downloads/Presse/Journal/04_13_Luft/LeibnizJournal_04_2013_Den_Schwebeteilchen_auf_der_Spur.pdf

DKK- Klima-Frühstück am 11.02.2015:

<http://www.deutsches-klima-konsortium.de/de/veranstaltungen/dkk-veranstaltungen/dkk-klima-fruehstueck.html?expand=2303&cHash=94357827087f79c1990aa87ef5250da5>



Gebäude des TROPOS-Wolkenlabors (Foto Tilo Arnhold, TROPOS)

**Wolkenforschung im Feld:
Antarktis-Expedition ACE-SPACE**

Vom 20.12. bis 19.3.17 umrundete eine Schweizer Expedition die Antarktis. Mit an Bord war eine Forschergruppe, die Aerosolpartikel und Wolken in dieser abgelegenen Region der Erde untersuchen wird, um die Auswirkungen der vom Menschen verursachten Luftverschmutzung auf das globale Klima besser verstehen zu können. Auf der „Akademik Tryoshnikov“ waren auch drei WissenschaftlerInnen des TROPOS dabei, die sich diese Arbeit etappenweise aufgeteilt haben.

<https://www.tropos.de/aktuelles/pressemitteilungen/details/in-90-tagen-um-den-suedpol/>

Blog:<https://www.tropos.de/aktuelles/messkampagnen/blogs-und-berichte/antarktismusrundung-ace-20162017/>

<https://www.tropos.de/aktuelles/messkampagnen/blogs-und-berichte/antarktismusrundung-ace-20162017/>

Medienberichte:

<http://spi-ace-expedition.ch/in-the-media/>



Partikelsammler auf der Reling der Akademik Tryoshnikov während der Antarktis-Expedition ACE. Foto: Silvia Henning, TROPOS

**Wolkenforschung im Feld:
Jungfraujoch + HALO**

Um Wolken vor Ort untersuchen zu können, bauen die Forschenden ihre Geräte in Flugzeuge wie HALO ein oder installieren sie auf hohen Berggipfeln. So fand in den letzten Wochen auf dem Schweizer Jungfraujoch auf über 3500 Metern Höhe eine Messkampagne für Eiswolken statt. Mit dabei war auch dieses Mal wieder Spezialtechnik vom TROPOS.

<https://www.tropos.de/forschung/aerosol-wolken-wechselwirkungen/prozessstudien-auf-kleinen-zeit-und-raumskal/en/aerosol-und-wolken-mikrophysikalische-prozesse/heterogene-eisbildung-in-labor-und-feld/eiskeime-in-realen-wolken/>

<http://www.hfsjg.ch/de/media-2/bild-des-monats/>

<https://www.tropos.de/forschung/grossprojekte-infrastruktur-technologie/technologie-am-tropos/physikalische-instrumente/virtueller-gegenstrom->



Messkampagne INUIT-JFJ auf dem Jungfrauoch in der Schweiz. Foto: Tilo Arnold, TROPOS

Wirkung von Wolken auf Strahlung & Klima

Wolken können wärmen oder kühlen, das macht es so schwer, ihren Einfluss auf das Klima der Erde und den Klimawandel abzuschätzen. Auch im jüngsten Bericht des Weltklimarates IPCC wird der Einfluss von Aerosolpartikeln und Wolken immer noch als der größte Unsicherheitsfaktor in allen Klimamodellen genannt. Um die großen Datenlücken über den riesigen Ozeanen der Erde etwas zu schließen, fährt an Bord der FS Polarstern ein OCEANET-Messcontainer 2x pro Jahr den Atlantik entlang.

Die Polarstern ist auch Kern einer Expedition im Sommer 2017 in die Arktis, bei der die Rolle der Wolken bei der überproportionalen Klimaerwärmung in dieser Region der Erde untersucht werden wird. Wissenschaftlicher Fahrtleiter der Polarstern-Expedition PS106.1 ist Prof. Andreas Macke, Direktor des TROPOS.

<https://www.tropos.de/forschung/grossprojekte-infrastruktur-technologie/koordinierte-beobachtungen-und-netzwerke/oceanet/>

siehe auch

http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Wolken_im_Klimasystem



Strahlungsmessungen mit Pyranometern. Foto: Patric Seifert, TROPOS

Wolkenchemie

Chemische Prozesse in der Atmosphäre haben großen Einfluss auf die Luftqualität und das Klima, denn Partikel können nicht nur von der Erdoberfläche aufgewirbelt werden und so in die „Wetterküche“ gelangen. Partikel können sich in der Luft auch aus Gasen bilden, deren Moleküle „Klumpen“ bilden und so winzige Körnchen bilden, die als Keime für Wolken fungieren. Deshalb untersuchen Forschende des TROPOS die chemischen Prozesse in der Atmosphäre sowohl im Feld als auch im Labor.

<https://www.tropos.de/institut/abteilungen/chemie-der-atmosphaere/feldexperimente/wolken-und-niederschlagschemie-und-prozessaufklaerung/>

Ein großes Feldexperiment fand dazu z.B. 2010 auf der Schmücke im Thüringer Wald statt:

<https://www.tropos.de/aktuelles/pressemitteilungen/details/wolken-veraenderen-die-chemische-zusammensetzung-und-die-eigenschaften/>

<https://www.tropos.de/aktuelles/pressemitteilungen/details/mineralstaub-beschleunigt-sulfatbildung-in-wolken/>

Aktuell im Fokus stehen z.B. die Wechselwirkungen Ozean-Atmosphäre (siehe Wolken und Meer). Zudem finden Untersuchungen in den Laboren LEAK und Laserlabor statt:

<http://www.tropos.de/forschung/grossprojekte-infrastruktur-technologie/technologie-am-tropos/aerosolversuchsanlagen/leak/>

<https://www.tropos.de/forschung/grossprojekte-infrastruktur-technologie/technologie-am-tropos/aerosolversuchsanlagen/fluessigphasenlabor/>



Messkampagne HCCT-2010 auf der Schmücke im Thüringer Wald. Foto: Stephan Mertes, TROPOS

Wolken und Meer

Projekt MarParCloud (Marine biologische Produktion, organische Aerosolpartikel und maritime Wolken: Eine Prozesskette) Dabei wird die gesamte Prozesskette von biologischer Produktion organischen Materials in den Ozeanen über dessen Export in marine Aerosolpartikel und schließlich deren Eigenschaften zur Bildung von Wolkentropfen und Eiskristallen untersucht. Neben Laboruntersuchungen in Bremen und Oldenburg finden dazu auch Feldexperimente auf den Kapverden statt. Und schließlich wird Manuela van Pinxteren auch an der Polarstern-Expedition PS106.1 im Juni nach Spitzbergen teilnehmen, um diese Prozesse ebenfalls in der Arktis zu untersuchen.

<https://www.tropos.de/forschung/atmosphaerische-aerosole/prozessstudien-auf-kleinen-zeit-und-raumskalen/naturliche-und-anthropogene-aerosolquellen-primaeraerosol/das-marine-aerosol/chemische-charakterisierung-des-marinen-aerosols/>

siehe auch

Leibniz-Journal 1/2017 (ab ca. 24.3. unter: <https://www.leibniz-gemeinschaft.de/medien/publikationen/journal/>)

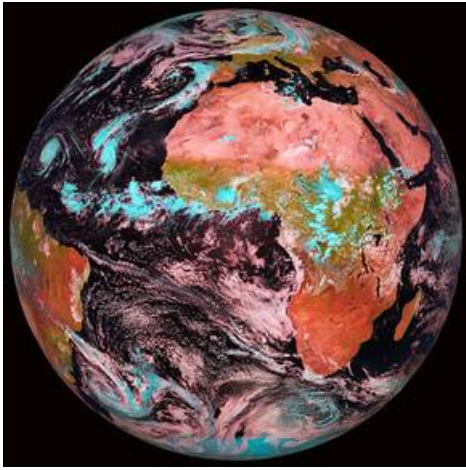
<https://detektor.fm/wissen/forschungsquartett-oberflaechenfilm-der-meere>

<http://www.3sat.de/page/?source=/nano/natwiss/180132/index.html>

<http://www.3sat.de/mediathek/?mode=play&obj=48441>



Wolken über dem Atlantik. Foto: Tilo Arnhold, TROPOS



Falschfarbendarstellung der Erde, Quelle: EUMETSAT

Wolken erkunden aus dem All per Satellit

Die Sonneneinstrahlung treibt unser Wetter- und Klimageschehen an. Zur Bestimmung des Strahlungshaushalts der Erde, welcher das Klima kontrolliert, ist die genaue Kenntnis der terrestrischen Strahlung und deren Wechselwirkung mit den Wolken und Partikeln sowie den Spurengasen erforderlich. Ende 2018 wollen die Europäische und die Japanische Weltraumagenturen daher den Satelliten EarthCARE starten. Dieser soll helfen, die Rolle von Wolken und Partikeln bei der Reflektion von Sonnenstrahlung und damit beim Klimawandel besser zu verstehen. Ein solcher Satellit ist eine große Gemeinschaftsaktion, an der viele Institute und Forschende mitarbeiten. Auch in Leipzig wird dieses Projekt mit vorbereitet. So arbeitet Dr. Anja Hühnerbein vom TROPOS an Algorithmen für das Spektrometer, damit die Daten des Satelliten später auch die Realität möglichst gut wiedergeben und am Boden Werte wie Wolkenart, -höhe oder dicke ausgewertet werden können. Und Laserexpertinnen des TROPOS helfen, die Lasergeräte des Satelliten zu kalibrieren.

<https://www.tropos.de/forschung/grossprojekte-infrastruktur-technologie/technologie-am-tropos/algorithmenentwicklung/studien-zur-technischen-umsetzung-zukuenftiger-satellitenmissionen/>

http://www.dlr.de/pa/desktopdefault.aspx/tabid-4619/7601_read-11407

<https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-future-missions/earthcare>

Wolken erkunden vom Boden aus per Laser

Mit Lasern (Lidar genannt) und einem Wolkenradar werden die Wolken über Leipzig ständig untersucht:

<https://www.tropos.de/entdecken/atmosphaerische-messdaten/lidar-und-wolkenradar/>

Bei Temperaturen zwischen 0°C und -40°C bestehen Wolken teils aus unterkühlten Flüssigwassertropfen und teils aus Eiskristallen. Mit Hilfe von Polarisationslidarmessungen können Eiskristalle in unterkühlten Wolken nachgewiesen werden. Auf dessen Basis lassen sich beispielsweise Beziehungen zwischen der Temperatur der Wolke und der Stärke der Eisbildung untersuchen. Der Anteil des Eises in Wolken hat z.B. großen Einfluss auf die Strahlungseigenschaften und damit wie stark eine Wolke wärmt oder kühlt.

<https://www.tropos.de/institut/abteilungen/fernerkundung-atmosphaerischer-prozesse-neu/ag-bodengebundene-fernerkundung/aerosol-wolken-wechselwirkung/>

Video: <https://www.tropos.de/institut/abteilungen/fernerkundung-atmosphaerischer-prozesse-neu/ag-bodengebundene-fernerkundung/>

Geräte & aktuelle Messdaten aus Leipzig: <http://lacros.rsd.tropos.de/>



TROPOS-Lidar während der Mesekampagne HOPE-2013 in Melpitz. Foto: Tilo Arnhold, TROPOS

Modellierung von Wolken

Um einzelne Prozesse bei Wolkenbildung und -entwicklung besser zu verstehen und mit Beobachtungen in Labor und Feld vergleichen zu können, werden Wolken mit Hilfe numerischer Modelle (z. B. SPECS) im Computer simuliert. So kann systematisch untersucht werden, wie Anzahl und Größe der Tropfen innerhalb einer Wolke sowie deren räumliche Verteilung bei Änderung der Partikelpopulation in der Luft variieren. Dies führt dann z. B. zu veränderten Strahlungseigenschaften der Wolken oder beeinflusst die Niederschlagsbildung.

<https://www.tropos.de/institut/abteilungen/modellierung-atmosphärischer-prozesse/multiphasenprozesse/modellierung-von-wolkenmikrophysik/>

<https://www.tropos.de/institut/abteilungen/modellierung-atmosphärischer-prozesse/multiphasenprozesse/modellierung-von-wolkenmikrophysik/>

<https://www.tropos.de/forschung/aerosol-wolken-wechselwirkungen/prozessstudien-auf-kleinen-zeit-und-raumskalen/aerosol-und-wolken-mikrophysikalische-prozesse/modellierung-von-aerosol-wolken-wechselwirkung/>

<https://www.tropos.de/entdecken/unsere-forschung-in-bildern/modellierung/>

Unsere Labore:

LACIS („Wolkenturm“) <https://www.tropos.de/forschung/grossprojekte-infrastruktur-technologie/technologie-am-tropos/aerosolversuchsanlagen/lacis/>

LEAK (Aerosolkammer) <http://www.tropos.de/forschung/grossprojekte-infrastruktur-technologie/technologie-am-tropos/aerosolversuchsanlagen/leak/>

siehe auch

<https://www.tropos.de/aktuelles/pressemitteilungen/details/leipziger-atmosphärenlabore-sind-jetzt-partner-von-eurochamp-2020/>

Flüssigphasenlabor („Laserlabor“) <https://www.tropos.de/forschung/grossprojekte-infrastruktur-technologie/technologie-am-tropos/aerosolversuchsanlagen/fluessigphasenlabor/>

LACROS (Messcontainer zur Beobachtung von Wolken vom Boden aus) <https://www.tropos.de/forschung/grossprojekte-infrastruktur-technologie/koordinierte-beobachtungen-und-netzwerke/lacros/>

siehe auch

<http://story.mz.de/regional/der-leipziger-super-laser/>

Weltkalibrierzentrum für Aerosolphysik (WCCAP) <http://www.wmo-gaw-wcc-aerosol-physics.org/files/flyer-wccap-deutsch.pdf>

Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e.V. (TROPOS)

Permoserstraße 15
04318 Leipzig

Telefon: ++49 (341) 2717 7060

Telefax: ++49 (341) 2717 99 7060



Das Leibniz-Institut für Troposphärenforschung ist Mitglied der Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz.

© 2017 Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e.V. Alle Rechte vorbehalten.