

# Ökologie und Umweltforschung an der Universität Bayreuth

Umweltsystem Luft:  
Stoffe und Prozesse in der Atmosphäre

# Luft

Physikalische und chemische Prozesse in der Atmosphäre haben große Bedeutung für die belebte und unbelebte Umwelt. Natürliche und aus anthropogenen Quellen stammende Beimengungen der Atmosphäre nehmen Einfluss auf die Klimaentwicklung und auf die Zusammensetzung und sowie die Nutzungsmöglichkeiten mariner, terrestrischer und urbaner Ökosysteme.

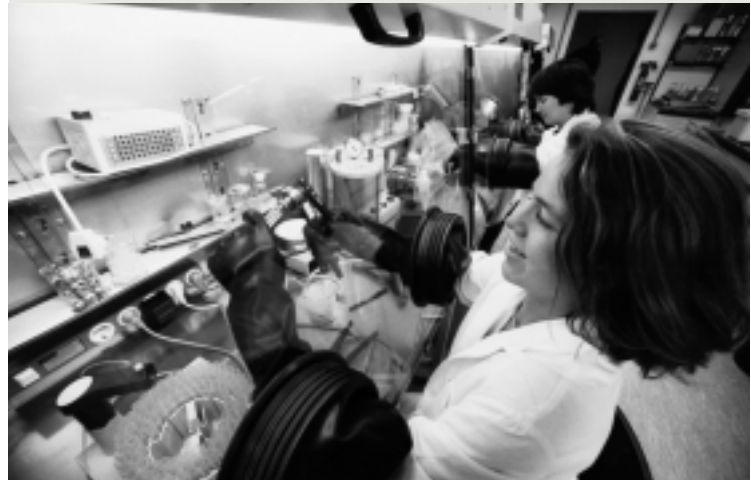
Die Universität Bayreuth deckt ein breites Themenspektrum der atmosphärischen Umweltforschung ab: **Quantifizierung natürlicher und anthropogener Emissionen; Entwicklung von Techniken für die Luftreinhaltung; Quantifizierung von Konzentrationen, Transport und Umwandlung von Spurenstoffen in der Atmosphäre; klimatologische Untersuchungen im regionalen Maßstab; Deposition von Beimengungen der Atmosphäre; toxische Wirkungen von Luftschadstoffen und Eintrag von Nährstoffen in Ökosysteme.**

## 1.

### Mikrobielle Bildung von Treibhausgasen in Böden

Die Treibhausgase Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) sind bedeutende Treibhausgase; ihre Beteiligung an der globalen Erwärmung der Erde ist nachgewiesen. Sie werden in zahlreichen Ökosystemen vorwiegend durch anaerobe mikrobiologische Prozesse gebildet.

Am Lehrstuhl für Ökologische Mikrobiologie werden die Prozesse und mikrobiellen Populationen der Methan- und  $\text{N}_2\text{O}$ -Bildung in Böden untersucht. Speziell wird die Regulation durch Umweltparameter sowie die Bedeutung dieser Prozesse für die Emission der Spurengase analysiert. Die Methoden umfassen anoxische Kultivierungsmethoden (Foto), molekularbiologische Techniken und in situ Gasmessungen. Regenwürmer und ihre Darmmikroflora können bis zu 30 % der  $\text{N}_2\text{O}$ -Emission aus Böden beitragen. Denitrifizierende Bakterien sind hauptverantwortlich für die  $\text{N}_2\text{O}$ -Bildung im Regenwurmdarm. In regionalen, sauren, Methan-emittierenden Waldmoorböden wurde die bisher wenig charakterisierte säuretolerante, methanogene Bakterienpopulation identifiziert.



*Mikrobiologische Arbeitstechniken im Labor*

### Info:

BITÖK, Lehrstuhl für Ökologische Mikrobiologie  
<http://www.bitok.uni-bayreuth.de/Organisation/MIK>



## 2.

### Aerosolabscheider für die Luftreinigung

Aerosole und Feinstäube nehmen in der Praxis der Luftreinigung eine immer größere Bedeutung ein. Submikrone Feinstpartikel entstehen u.a. in Abgasreinigungen von Müll- und Rückstandsverbrennungsanlagen. Sie verursachen Schäden in Abgasreinigungsanlagen und stellen eine Umweltbelastung dar.

Wirkungsvolle Hochleistungs-aerosolabscheider schützen nachgeschaltete Aggregate, verhindern Emissionsprobleme und tragen zum produktionsintegrierten Umweltschutz bei. Die Abscheidung submikroner Partikel ist in speziellen Apparaten (z.B. Venturiwäschern oder Nasselektrofiltern) möglich, die hinsichtlich einer Optimierung wenig erforscht sind. Am Lehrstuhl für Technische Thermodynamik und Transportprozesse (LTTT) werden in Zusammenarbeit mit der Firma Rauschert Verfahren zur Abscheidung von Feinstpartikeln aus Abgasen von Rückstandsverbrennungsanlagen untersucht. Hauptziel des Projektes ist die Entwicklung wirtschaftlicher und industrietauglicher Hochleistungs-aerosolabscheider.

### Info:

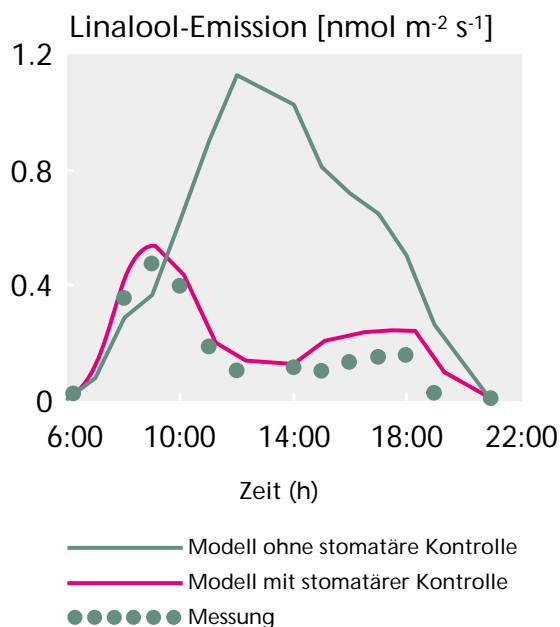
Lehrstuhl für Technische Thermodynamik  
und Transportprozesse (LTTT)  
<http://www.lttt.uni-bayreuth.de/>

## 3.

### Pflanzliche Emission von Ozon-Vorläufern

Terpene sind eine Klasse flüchtiger organischer Stoffe, die sich häufig durch ihr intensives Aroma (z.B. Limonen) auszeichnen. In der atmosphärischen Chemie können sie eine wichtige Rolle bei der sekundären Bildung von Ozon ( $O_3$ ) spielen und sind dadurch ein potenzieller Schadstoff.

Terpene werden von Pflanzen synthetisiert und emittiert. Vor allem im mediterranen Raum spielen biogene Terpen-Emissionen eine bedeutende Rolle; gute Schätzungen der biogenen Emissionen sind für eine Vorhersage von Ozonkonzentrationen notwendig. Am Lehrstuhl Pflanzenökologie wurde ein neuartiges Modell entwickelt, das die Berechnung von Terpen-Emissionen in Abhängigkeit von Pflanzenart, Strahlung, Lufttemperatur, relativer Feuchte und Windgeschwindigkeit für Einzelblätter und gesamte Waldbestände berechnet. Insbesondere wird dabei neuerdings die Kontrolle der Emission durch die stomatare Leitfähigkeit berücksichtigt (vgl. Abbildung für Kiefer), die bei Trockenstress eine wichtige Rolle spielt.



Tagesgang der Linalool-Emission für einen *Pinus pinea* (Schirmkiefer)-Zweig an einem Sommertag. Der Tagesgang lässt sich mit einem Modell nur korrekt beschreiben, wenn stomatare Kontrolle berücksichtigt wird.

### Info:

Lehrstuhl Pflanzenökologie  
<http://www.uni-bayreuth.de/departments/planta/>

## 4.

### Fernerkundung der Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre

Am Lehrstuhl für Technische Thermodynamik und Transportprozesse (LTTT) steht für Forschungs- und Lehrzwecke sowie für Auftragsmessungen ein mobiles Messsystem zur Fernerkundung von Luftverunreinigungen in der Atmosphäre zur Verfügung.

In einem speziellen Fahrzeug ist zum einen ein LIDAR (engl.: light detection and ranging) untergebracht, mit dem zwei- oder dreidimensionale Konzentrationsverteilungen von z.B. Ozon, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, Benzol sowie Toluol bis zu Entfernungen von ca. 2000 Metern gemessen werden können. Zum anderen ist ein SODAR (engl.: sound detection and ranging) zur Messung von Vertikalprofilen der Windgeschwindigkeit und Windrichtung integriert. Das Einsatzspektrum des Messsystems ist breit:

- Ermittlung der Emissionen von Luftverunreinigungen aus Einzelquellen oder Quellenkollektiven.
- Bestimmung repräsentativer Standorte für Messstellen zur Überwachung der Luftqualität
- Vertikalsondierungen der atmosphärischen Grenzschicht.
- Bereitstellung von Datengrundlagen zur Validierung von Ausbreitungsmodellen.

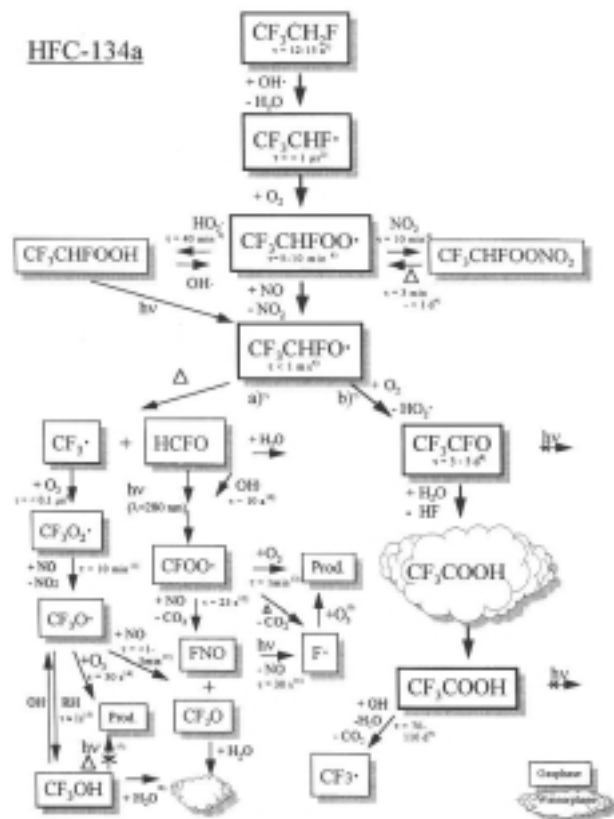


LIDAR-Messwagen vor einem Kraftwerk

### Info:

Lehrstuhl für Technische Thermodynamik und Transportprozesse (LTTT)  
<http://www.lttt.uni-bayreuth.de/>

## HFC-134a



## 5.

### Umweltchemie und Ökotoxikologie: Atmosphärische Umweltanalytik

Luftverunreinigungen aus menschlicher Hand sind unterschiedlicher Natur, von Emissionen von Aminen und Mercaptanen aus Viehzuchtbetrieben bis hin zu Kohlenwasserstoffen, Alkoholen und Estern aus der Verwendung von Lacken. Eine wirkungsorientierte Emissionskontrolle muss solche Stoffe zum Ziel haben, die in erhöhten Konzentrationen mit ökotoxikologischer Relevanz vorliegen. Dies zu ermitteln ist der Aufgabenbereich der atmosphärischen Umweltchemie und Ökotoxikologie.

Zur Abschätzung der Emissionsquellen muss ihr Menschen gemachter oder ihr natürlicher Ursprung, Verteilung, Verbleib und repräsentative Gehalte in Umweltkompartimenten quantitativ bestimmt werden. Weitergehende Untersuchungen zum Verbleib von Fremdstoffen in der Umwelt erfordern die Entwicklung hochempfindlicher spurenanalytischer Methoden, insbesondere unter Neuentwicklung und Optimierung von Probenahmetechniken.

Projekte:

- Entwicklung chromatographischer Trennmethode unter Kopplung mit Massenspektrometrie zur Bestimmung von Luftverunreinigungen und deren Abbauprodukte, z.B.: von Pestiziden, Nitrophenolen und halogenorganischen Verbindungen; Monitoring zur Ermittlung repräsentativer Werte der Belastung der verschiedenen Umweltkompartimente.
- Wirkungsbezogene Fraktionierung von Umweltproben zur Identifizierung von Fremdstoffen in allen mit der Atmosphäre in Wechselwirkung stehenden Kompartimenten.
- Entwicklung und Einsatz von Biotests zur ökotoxikologischen Risikoabschätzung auf verschiedenen trophischen Ebenen.

### Info:

Lehrstuhl für Umweltchemie und Ökotoxikologie  
<http://www.uni-bayreuth.de/departments/umweltchemie/>



## 6.

### Trends der Konzentrationen von Luftschadstoffen im Fichtelgebirge

Durch die Einführung effektiver Maßnahmen zur Luftreinhaltung - in Westeuropa seit den 1980er Jahren, in Osteuropa seit Anfang der 1990er Jahre - gehen die Konzentrationen einiger primärer Luftschadstoffe im Fichtelgebirge deutlich zurück.

Die Abbildung unten zeigt diese Entwicklung sehr deutlich für Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ). Atmosphärische Aerosolpartikel nahmen wahrscheinlich mindestens ebenso deutlich ab, allerdings liegen hier nicht ebenso vollständige Datensätze vor. Dagegen nehmen die Konzentrationen des Ozons ( $\text{O}_3$ ) seit Mitte der 1980er Jahre deutlich zu. Ähnliche Entwicklungen werden auch an anderen Stationen beobachtet. Es handelt sich möglicherweise um ein hemisphärisch auftretendes Phänomen. Aktuelle Daten und Messergebnisse aus dem Fichtelgebirge werden ständig im Internet veröffentlicht.

### Info:

Bayreuther Institut für Terrestrische Ökosystemforschung,  
Abteilung Klimatologie  
<http://www.bitoeek.uni-bayreuth.de/AktuelleKlimadaten/Waldstein/>

## 7.

### Nebel als Quelle für Wasser, Nähr- und Schadstoffe

Nebel ist eine auf dem Boden aufliegende Wolke. Sie besteht aus vielen kleinen Wassertropfen ( $2 \mu\text{m} \leq \varnothing \leq 50 \mu\text{m}$ ), die durch die Turbulenzelemente der Atmosphäre in „Schwebe“ gehalten werden.

Die Deposition von Nebeltropfen zur Vegetation hin kann nach bisherigen Schätzungen mit bis zu über 20 % zum Wasserhaushalt beitragen. Aber auch andere Nährstoffe sowie Schadstoffe können durch Nebel in Ökosysteme eingetragen werden. Da die Konzentrationen gelöster und dispergierter Stoffe im Nebel um den Faktor 5 größer sind als im Regen, ergeben sich große Depositionsraten.

Nebel ist bedeutend für die Chemie der Atmosphäre und für die Entwicklung und Nutzung der Ökosysteme im nordbayerischen Raum. Im Fichtelgebirge sind die Hochlagen zu etwa 15 % der Zeit in Nebel. An der Universität Bayreuth werden seit 1983 Untersuchungen zu Physik und Chemie des Nebels durchgeführt. Aktuelle Themen sind:

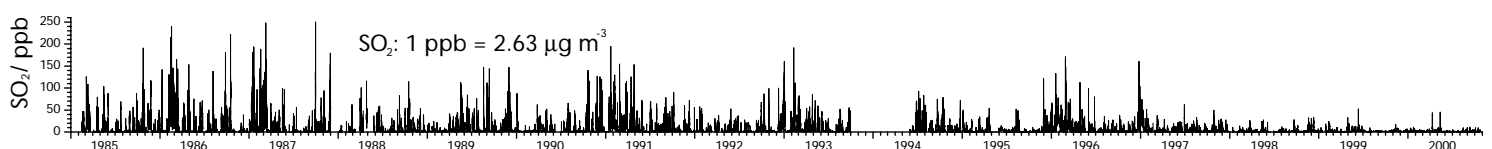
- Quantifizierung der Deposition mit mikrometeorologischen Ansätzen
- Konzentrationen und Eintrag von Nährstoffen (z.B. Stickstoff) in die Ökosysteme
- Bestimmung von Schadstoff-Konzentrationen (z.B. Schwermetalle, halogenierte Essigsäuren)
- Quantifizierung der Toxizität des Nebelwassers für Pflanzen und höhere Organismen

*Messtechnik zur direkten Messung der Deposition von Nebel auf ein Waldökosystem*

### Info:

Bayreuther Institut für Terrestrische Ökosystemforschung,  
Abteilung Klimatologie  
<http://www.bitoeek.uni-bayreuth.de/KLI/>  
Lehrstuhl für Umweltchemie und Ökotoxikologie  
<http://www.uni-bayreuth.de/departments/umweltchemie/>

*$\text{SO}_2$  im Fichtelgebirge (bis 1993: Oberwarmensteinach, seit 1994: Waldstein)*



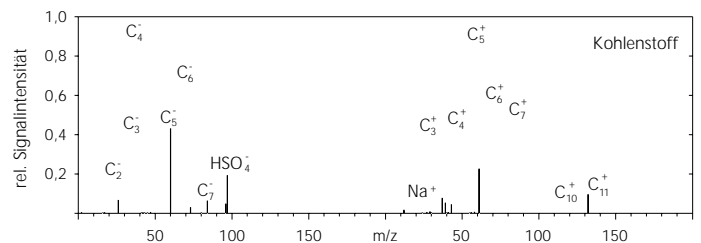
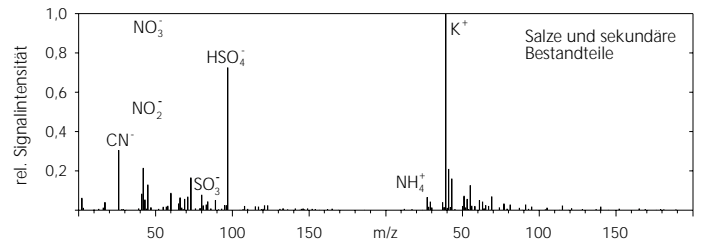
## 8.

### Aerosolpartikel: Ein komplexes System

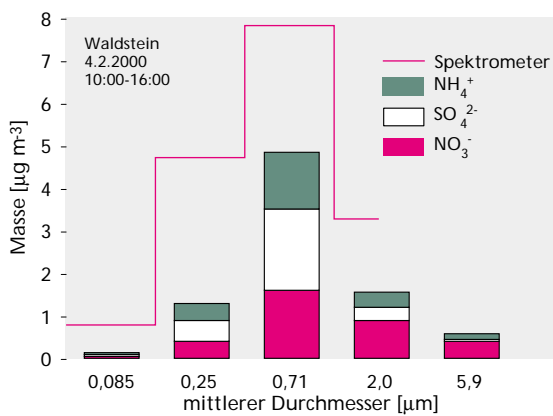
**Aerosolpartikel sind ein wesentlicher Bestandteil der Atmosphäre. Sie entstehen vorwiegend aus natürlichen Quellen, aber anthropogene Emissionen spielen ebenso eine wichtige Rolle.**

Ländliche Luft enthält einige Hundert bis einige Tausend atmosphärischer Aerosolpartikel pro  $\text{cm}^3$ . Diese Partikel umfassen ein breites Größenspektrum zwischen 3 nm und über 10  $\mu\text{m}$  Durchmesser. Sie sind Träger von Spurenstoffen und können direkt und indirekt auf das Klimasystem der Erde einwirken.

An der Ökosystem-Forschungsstation "Waldstein" im nördlichen Fichtelgebirge werden Physik und Chemie der Partikel untersucht. Die Größenverteilungen mit Maxima um 1  $\mu\text{m}$  Durchmesser zeigen an, dass häufig "gealterte" Luftmassen vorgefunden wurden. Die mittleren Zusammensetzungen dieser Partikel geben Aufschluss über ihre potenzielle Rolle im Ökosystem als Nährstoffe, Schadstoffe, und als Kondensationskeime für die Ausbildung von Nebel- und Wolkentropfen. Sehr detaillierte Analysen ihrer Entstehungsgeschichte und ihrer möglichen Interaktion mit der Vegetation können aus Einzelpartikelanalysen mit hochauflösender "Time-of-Flight-Massenspektrometrie" hergeleitet werden. In enger Zusammenarbeit mit der Universität Würzburg (Institut für Physikalische Chemie) konnten für den Standort Waldstein neun verschiedene, in sich konsistente chemische Klassen von Partikeln identifiziert werden. Diese chemischen Klassen erscheinen gleichzeitig und innerhalb einer einzigen Größenklasse. Sie repräsentieren unterschiedlichste Arten von Partikeln von reinen Salzen, mit unterschiedlichen Belegungen mit sekundären Anteilen, bis hin zu fast reinen Kohlenstoffpartikeln.



Zwei Massenspektren je eines Partikels mit Salzen und sekundären Bestandteilen (Ammonium, Sulfat, Nitrat) und eines Partikels mit fast reiner Kohlenstoffnatur.



Typische Verteilung der Gesamtmasse (rote Linie) und mittlere Konzentrationen einiger anorganischer Inhaltsstoffe der Aerosolpartikel im nordbayerischen Raum.

### Info:

Bayreuther Institut für Terrestrische Ökosystemforschung,  
Abteilung Klimatologie  
<http://www.bitoeek.uni-bayreuth.de/KLI/>

## 9.

### Einsatz von Windkraftanlagen in Mittelgebirgen

Ein sehr komplexes Gelände, wie es in den Mittelgebirgen angetroffen wird, hat erhebliche Auswirkungen auf das Windfeld. Dadurch wird die Leistungserzeugung von Windkraftanlagen beeinflusst.

Auf Grund umfangreicher experimenteller Untersuchungen konnte ein Modell zur Beschreibung des Einflusses des Reliefs auf Windfeld und die relevanten Turbulenzparameter entwickelt werden, das durch Leistungsmessungen an einer Windkraftanlage verifiziert ist. Aus den Ergebnissen wurden Konsequenzen für die zukünftige Nutzung der Windenergie im Mittelgebirge formuliert, die sowohl Fragen der Standortwahl und -begutachtung wie der Anlagenherstellung betreffen.



Windenergieexperiment am Observatorium Dlouhá Louka (Tschechische Republik) im August / September 1998

### Info:

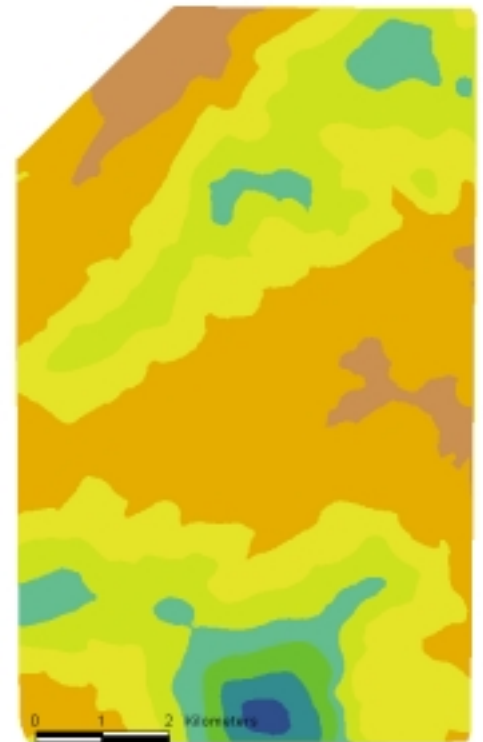
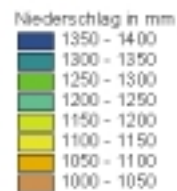
Abt. Mikrometeorologie  
[http://www.geo.uni-bayreuth.de/mikrometeorologie/projects/UFA\\_01.html](http://www.geo.uni-bayreuth.de/mikrometeorologie/projects/UFA_01.html)

## 10.

### Untersuchung des Niederschlagsfeldes im Weißenstädter Becken

Die lufthygienische und bioklimatologische Charakterisierung des oberen Egertals von Weißenstadt (Fichtelgebirge) bis Karlovy Vary (Karlsbad) ist nicht allein für die Wissenschaft von Interesse, sondern vor allem auch für die weitere Erschließung der Region als Urlaubs- und Kurgebiet, hinsichtlich der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung, sowie für dem Einsatz von Windkraftanlagen von großer Bedeutung.

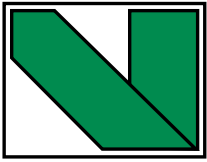
Im Rahmen eines vom Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen geförderten studentischen Forschungsprojektes wurde unter anderem die Niederschlagsverteilung im Weißenstädter Becken, welches für die Wasserversorgung der Stadt Hof genutzt wird, untersucht. Eine umfangreiche Analyse verfügbarer Niederschlagsreihen, die homogenisiert und normiert wurden, und unter Berücksichtigung typischer Fehler der Niederschlagsmessung im Gebirge, wurde eine Verteilung der Niederschläge für die klimatologische Normalperiode 1961-1990 erstellt.



Niederschlagsverteilung für die Normalperiode 1961-1990 im Weißenstädter Becken; Schneeberg im Süden, Waldstein im Norden.

### Info:

Abt. Mikrometeorologie  
[http://www.geo.uni-bayreuth.de/mikrometeorologie/projects/StMLU\\_01.html](http://www.geo.uni-bayreuth.de/mikrometeorologie/projects/StMLU_01.html)



UNIVERSITÄT  
BAYREUTH

## Ökologie und Umweltforschung an der Universität Bayreuth

Ökologie und Umweltwissenschaften liefern einen maßgeblichen Beitrag dazu, das gesellschaftliche Leitbild der „nachhaltigen Entwicklung“ umzusetzen und auszufüllen. An der Universität Bayreuth werden dazu Kompetenzen aus verschiedenen Disziplinen gebündelt: aus der ökologischen Grundlagenforschung, den Ingenieurwissenschaften und aus den umweltbezogenen Themen der Kultur-, Rechts- und Wirtschaftswissenschaften. Daraus resultiert eine international herausragende wissenschaftliche Kompetenz zur Prognose und interdisziplinären Bewertung von Umweltproblemen in verschiedenen Regionen der Erde und zur Erarbeitung entsprechender Lösungsstrategien.

Die Kombination von prozessorientierter Forschung in natürlichen und anthropogenen Systemen, von technischer Umsetzung der Erkenntnisse und von ihrer sozial- und wirtschaftswissenschaftlichen Bewertung ist ein Spezifikum der Umweltforschung an der Universität Bayreuth.

Die Entwicklung der Forschungsthemen erfolgt anwendungsorientiert in enger Abstimmung mit den Nutzern. Mit modernen Informationstechnologien wird die Kommunikation zwischen Forschung, Praxis und Öffentlichkeit erleichtert und optimiert (Wissensmanagement).

Studierenden an der Universität Bayreuth werden die Inhalte der Ökologie und Umweltwissenschaften in drei Studiengängen vermittelt: „Biologie-Diplom (Fachrichtung Ökologie)“ und „Geoökologie-Diplom“ zählen seit Gründung zu den Schwerpunkten der Universität. Geoökologie wurde zu einem Markenzeichen und Vorbild der Umweltausbildung in Deutschland. „Umwelt- und Bioingenieurwissenschaften“ - 1999 eingerichtet - zählt zu den innovativsten ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen.

### Kontakt:

Universität Bayreuth  
BITÖK  
Wissenschaftliches Sekretariat  
Dr. Thomas Gollan  
D-95440 Bayreuth  
Tel. 0921/55-5700  
Fax 0921/55-5709  
thomas.gollan@uni-bayreuth.de

Ab 1. Januar 2001:  
[www.uni-bayreuth.de/Umwelt/](http://www.uni-bayreuth.de/Umwelt/)