

WZU

Wissenschaftszentrum Umwelt
Universität Augsburg

Jahresbericht 2014



UNA
Universität
Augsburg
University

Klimawandel und Feinstaub in Bayern

PROJEKTTEAM

- Dr. Christoph Beck
christoph.beck@geo.uni-augsburg.de
Tel.: 0821 598 2129
- Caroline Brosy
caroline.brosy@student.uni-augsburg.de
Tel.: 0821 598 2293
- Prof. Dr. Jucundus Jacobeit
jucundus.jacobeit@geo.uni-augsburg.de
Tel.: 0821 598 2662
- Stefan Siegmund
stefan.siegmund@student.uni-augsburg.de
Tel.: 0821 598 2293
- Claudia Weitnauer
claudia.weitnauer@geo.uni-augsburg.de
Tel.: 0821 598 2765

PROJEKTPARTNER

- Bayerisches Landesamt für Umwelt
- Projektgruppe Aerosole-Klima-Gesundheit

FÖRDERUNG

- DFG

LAUFZEIT

- 10/2012–09/2015

Worum geht es?

Das Ausmaß der Feinstaubbelastung an einem Standort ist abhängig von den Emissionen vor Ort, aber auch von den meteorologisch-witterungsklimatologischen Rahmenbedingungen. Letztgenannte beeinflussen beispielsweise, inwieweit eine horizontale und vertikale Durchmischung der bodennahen Luftschichten stattfinden kann oder in welchem Ausmaß und in welche Richtung ein Ferntransport von Aerosolen erfolgt.

Die Anreicherung lokaler Feinstaubemissionen wird durch hochdruckbestimmte Wetterlagen gefördert. Diese sind durch geringe Windgeschwindigkeiten und eingeschränkten vertikalen Luftmassenaustausch gekennzeichnet. Wetterlagen, die mit dem Herantransport unbelasteter Luftmassen und/oder mit Niederschlagstätigkeit verbunden sind, können dagegen die Feinstaubbelastung an einem Standort wirkungsvoll reduzieren.

Die Auftrittshäufigkeiten bestimmter Wetterlagen und die damit verbundenen lokal-meteorologischen Bedingungen unterliegen jahreszeitlichen und interannuellen Variationen. Unter den Bedingungen eines fortschreitenden globalen Klimawandels sind langzeitliche Veränderungen zu erwarten, die sich auf die zukünftige lufthygienische Belastungssituation auswirken werden.

Zielsetzung & Methoden

Der Zusammenhang zwischen lokalen meteorologischen sowie großräumigen witterungsklimatologischen Bedingungen und den Feinstaubkonzentrationen an bayerischen Stationen wird im DFG-geförderten Forschungsprojekt „Klimawandel und Feinstaub in Bayern“ (PACLIMBA – Particulate Matter and Climate Change in

Klimawandel und Feinstaub in Bayern

Bavaria) quantifiziert. Angestrebt wird die Abschätzung möglicher zukünftiger, klimawandelbedingter Änderungen der Feinstaubkonzentrationen in Bayern. Tägliche Feinstaubkonzentrationsdaten – schwerpunktmäßig für den Zeitraum seit 1980 – liegen dem Projekt für die Stationen des Lufthygienischen Landesüberwachungssystems Bayern (LÜB) des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU) vor.

Als Grundlage für die Quantifizierung des Zusammenhangs zwischen den großräumigen atmosphärischen Witterungsbedingungen und den lokalen Feinstaubkonzentrationen werden auf objektive Weise Zirkulationstypen oder Wetterlagen ermittelt, die jeweils spezifische Witterungssituationen charakterisieren. Die Zirkulationstypen oder Wetterlagen werden dann mittels verschiedener empirisch-statistischer Modelle zu den Feinstaubkonzentrationen in Beziehung gesetzt.

Um den Einfluss lokaler meteorologischer Parameter auf die Feinstaubkonzentrationen zu erfassen, werden statistische Transferfunktionen entwickelt. In diese gehen die Tageswerte wichtiger meteorologischer Größen aus den Messnetzen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) als Prädiktoren (Einflussgrößen) und Tagesmittelwerte der Feinstaubkonzentration als Prädiktanden (Zielgröße) ein. Die Abschätzung zukünftiger klimawandelbedingter Änderungen der Feinstaubkonzentration, die in einer abschließenden Projektphase erfolgt, berücksichtigt sowohl die großskaligen (Wetterlagen) als auch die lokalen meteorologischen Einflussgrößen mittels Umsetzung unterschiedlicher Methodenkombinationen.

Durchführung und Ergebnisse

Im Berichtszeitraum wurden weiterführende Arbeitsschritte insbesondere bezüglich der folgenden Projektteilziele realisiert und die Ergebnisse auf nationalen und internationalen Konferenzen vorgestellt beziehungsweise in referierten Fachzeitschriften veröffentlicht.

Optimierung von Zirkulations- bzw. Wetterlagenklassifikationen

Die Optimierung objektiver Zirkulations- und Wetterlagenklassifikationen hinsichtlich der Erfassung lokaler Feinstaubkonzentrationen beinhaltet zahlreiche Modifikationen sowie Erweiterungen der Klassifikationsansätze (z.B. Anwendung auf verschiedene zeitliche und räumliche Ausschnitte; Verwendung unterschiedlicher großräumiger atmosphärischer Felder; simultane Klassifikation variierend gewichteter Variablen). Die resultierenden Klassifikationsvarianten wurden hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Relevanz der Klassifikationen für lokale Feinstaubkonzentrationen evaluiert.

So konnten für die bayerischen Feinstaub-Messstandorte jeweils optimierte Wetterlagenklassifikationen eruiert werden. Für diese ergeben sich, im Vergleich zu nicht-optimierten Klassifikationsvarianten, teilweise deutlich ausgeprägte Verbesserungen bezüglich der Quantifizierung des Zusammenhangs zwischen großräumiger Witterungssituation und lokalen Feinstaubkonzentrationen.

Klimawandel und Feinstaub in Bayern

Zusammenhänge zwischen meteorologischen Einflussgrößen und Feinstaubkonzentrationen

Für die statistische Modellierung der Zusammenhänge zwischen lokalen meteorologischen Einflussgrößen und Feinstaubkonzentrationen wurden verschiedene Vorgehensweisen eingesetzt und hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit verglichen.

Als geeignetste Verfahren haben sich Generalisierte Lineare Modelle sowie auf randomisierten Entscheidungsbäumen (Random Forests) basierende Ansätze herausgestellt. Lokale meteorologische Parameter, die bevorzugt als Einflussgrößen in diese Modelle eingehen, sind dabei bodennahe Werte der Lufttemperatur und der Windgeschwindigkeit. Darüber hinaus werden Indikatoren für die Charakteristik der thermischen Schichtung der unteren Troposphäre (Temperaturdifferenzen zwischen Boden und circa 600 beziehungsweise 1500m Höhe) als zusätzliche erklärende Variablen mit einbezogen. Die besten Modelle erklären im Winter (Dezember, Januar, Februar) mehr als 50% der beobachteten Variationen der Feinstaubkonzentrationen. Neben saisonalen Schwankungen der Qualität der Modelle zeigen sich auch ausgeprägte – allerdings unsystematische – Unterschiede zwischen den untersuchten Stationen. Beispielhaft zeigt Abbildung 1 für die Station München/Lothstraße die beobachtete und die statistisch modellierte Zeitreihe der Feinstaub-Tagesmittelwerte der Wintermonate im Zeitraum 2000–2011.

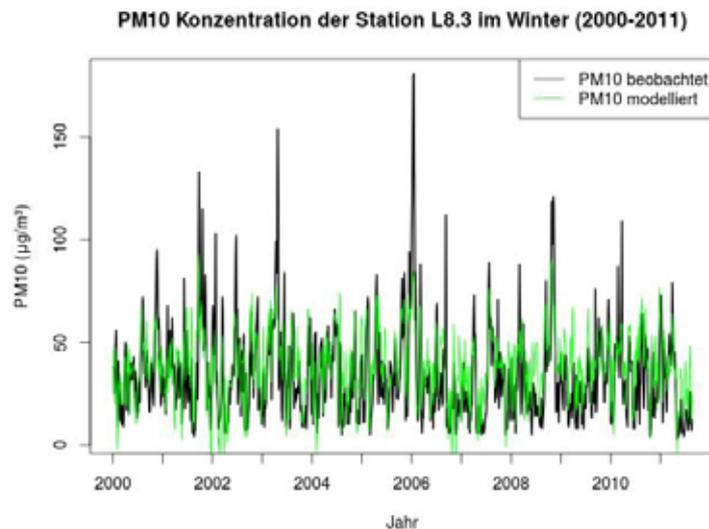


Abb. 1: Beobachtete und mittels statistischer Modellierung aus meteorologischen Einflussgrößen abgeleitete Feinstaub-Tagesmittelwerte im Winter (2000–2011) für die Station München/Lothstraße (L8.3). Die modellierten Werte erklären 50.1% der Varianz der beobachteten Werte.

Ansätze zum statistischen Downscaling monatlicher Feinstaubwerte: Evaluierung und Anwendung

Bestehende Ansätze zur Abschätzung von zeitlichen Änderungen monatlicher Feinstaubkonzentrationswerte wurden auf ausgewählte Stationen angewendet und bezüglich ihrer Zuverlässigkeit überprüft. Obwohl diese Untersuchungen bisher ausschließlich unter Verwendung nicht optimierter Zirkulations- beziehungsweise

Klimawandel und Feinstaub in Bayern

Wetterlagenklassifikationen durchgeführt wurden, belegen die Ergebnisse die prinzipielle Eignung des verwendeten Ansatzes zur Modellierung monatlicher Feinstaubwerte, insbesondere in den Wintermonaten.

Hierauf aufbauend wurden erste Abschätzungen möglicher zukünftiger, klimawandelbedingter Änderungen monatlicher Feinstaubkonzentrationswerte durchgeführt, indem klassifikationsbasierte Modelle auf Klimamodell-daten für das 21. Jahrhundert übertragen wurden. Diese Klimamodell-daten basieren auf dem aktuellen IPCC-Report (Bericht des Weltklimarats) und stehen zum einen für eine eher moderate (RCP 4.5) und zum anderen für eine deutliche Verstärkung (RCP 8.5) des vom Menschen angetriebenen Klimawandels bis zum Jahr 2100. Für die beiden ausgewählten Projektionszeiträume 2021–2050 sowie 2071–2100 konnten mögliche Änderungen der mittleren monatlichen Feinstaubkonzentrationswerte gegenüber dem Referenzzeitraum 1980–2005 ermittelt werden. Erste vorläufige Ergebnisse dieser Zukunftsabschätzungen sind in Abbildung 2 beispielhaft für die Station München/Lothstraße im Winter dargestellt. Als wesentliche Änderungen ergeben sich für den Fall einer stärker ausgeprägten globalen Temperaturzunahme (RCP8.5) erhöhte mittlere monatliche Feinstaubkonzentrationswerte insbesondere im Zeitraum 2021–2050.

Ein Erklärungsansatz für eine solche, deutlich ausgeprägte Zunahme der Feinstaubkonzentration ergibt sich aus Abbildung 3, in der die Änderung der relativen Auftrittshäufigkeiten der 18 für die Modellierung der Feinstaubkonzentrations verwendeten Wetterlagen (Zirkulationstypen) dargestellt ist.

Häufigkeitszunahmen sind für den Zeitraum 2021–2050 fast ausschließlich für antizyklonal geprägte und damit

tendenziell austauschärmere und trockenere Wetterlagen zu verzeichnen. Bezüglich der modellierten Veränderungen der Feinstaubkonzentrationswerte besonders relevant ist dabei das häufigere Auftreten zentraler Hochdrucklagen (Typ 18) und von Wetterlagen, die potenziell feinstaubbelastete Luftmassen aus östlichen bis südöstlichen Richtungen nach Süddeutschland führen (Typen 14, 15, 16).

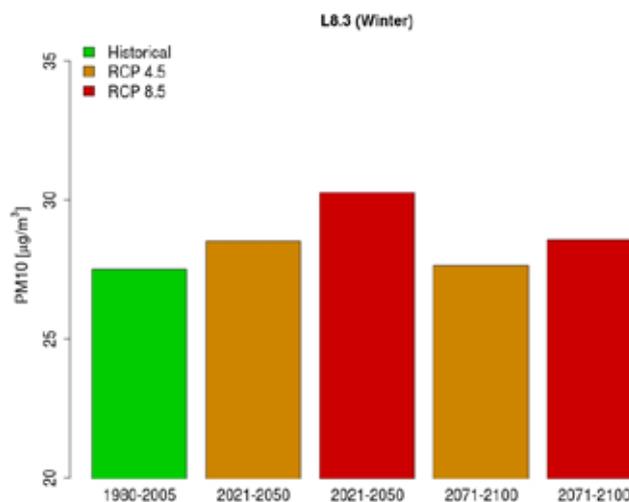


Abb. 2: Mittels klassifikationsbasierter statistischer Modellierung abgeschätzte, mittlere monatliche Feinstaubkonzentrationswerte an der Station München/Lothstraße (L8.3) im Winter: für den Referenzzeitraum 1980–2005 und für zwei Zeiträume im 21. Jahrhundert (2021–2050, 2071–2100); jeweils für zwei unterschiedliche Klimaänderungsszenarien des aktuellen IPCC Reports, RCP4.5 bzw. RCP8.5).

Klimawandel und Feinstaub in Bayern

Ausblick

Im dritten und letzten Projektjahr werden die geeignetsten Ansätze zur Abschätzung lokaler Feinstaubkonzentrationen bestimmt und auf die Ausgabe-Daten globaler Klimamodelle angewendet. Um hierbei Unsicherheiten der Klimaänderungsszenarien möglichst umfassend zu berücksichtigen, werden sowohl verschiedene

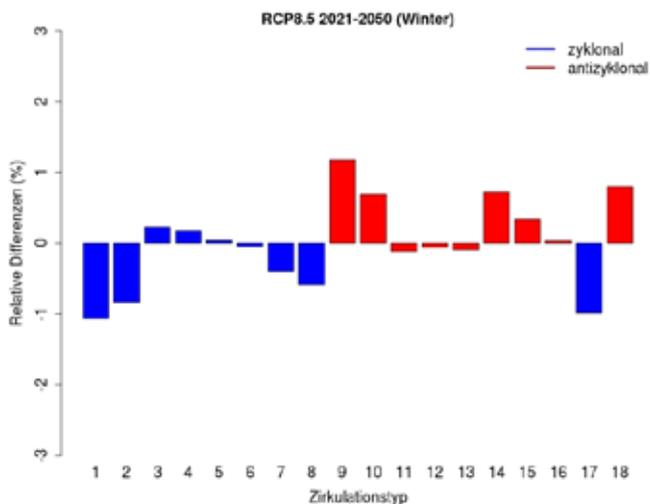


Abb. 3: Veränderung der relativen Auftrittshäufigkeiten (in %) von 18 Wetterlagen (Zirkulationstypen) zwischen 1980–2005 und 2021–2050 (Wintermonate, für Klimaänderungsszenario RCP8.5).

Szenarien (RCP4.5, RCP8.5) als auch unterschiedliche Modellläufe (sogenannte Ensembles) für die Zukunftsbewertungen herangezogen.

Publikationen

- Beck, C./Weitnauer, C./Jacobeit, J. (2014) Downscaling of monthly PM10 indices at different sites in Bavaria (Germany) based on circulation type classifications, *Atmospheric Pollution Research* 5, S. 741–752.
- Beck, C./Weitnauer, C./Jacobeit, J. (2014) Downscaling of monthly PM10 concentrations in bavaria based on circulation type classifications, *9th International Conference on Air Quality – Science and Application*, Garmisch-Partenkirchen, 24.–28. März 2014.
- Brosy, C./Weitnauer, C./Beck, C./Jacobeit, J. (2014) Lokale meteorologische Einflußgrößen der Feinstaubkonzentration an Bayerischen Stationen, *33. Jahrestagung des Arbeitskreises Klima der DGfG*, Basel, 7.–9. November 2014.
- Philipp, A./Beck, C./Huth, R./Jacobeit, J. (2014) Development and comparison of circulation type classifications using the COST 733 dataset and software, *International Journal of Climatology*, DOI: 10.1002/joc.3920.
- Weitnauer, C./Beck, C./Jacobeit, J. (2014) Influences of seasonal synoptic weather types on local PM10 concentrations from 1980–2011 in Bavaria (Germany), *14th Annual Meeting of the European Meteorological Society and 10th European Conference on Applications of Climatology ECAC*, Prag, 6.–10. Oktober 2014.

WZU

Wissenschaftszentrum Umwelt
Universität Augsburg

Wissenschaftszentrum Umwelt
Environmental Science Center
Universität Augsburg
Universitätsstraße 1a
86159 Augsburg
Tel.: +49 821 598-3560
Fax: +49 821 598-3559
E-mail: info@wzu.uni-augsburg.de
www.wzu.uni-augsburg.de

Der Jahresbericht 2014 umfasst den Berichtszeitraum von
Januar bis Dezember 2014.

HERAUSGEBER

Prof. Dr. Armin Reller
Prof. Dr. Jucundus Jacobeit
Prof. Dr. Marita Krauss
Dr. Jens Soentgen

REDAKTION

Dr. Jens Soentgen
Dr. Katrin Vogel
Michael Hilgers

LAYOUT

Michael Hilgers
2bex Design+Konzept, Kaufbeuren

Klimaneutral gedruckt auf Recyclingpapier