



Tagungsband

METTOOLS X

25. bis 27. September 2018 in Braunschweig



Tagungsband zur METTOOLS X

25. bis 27. September 2018

Technische Universität Braunschweig

Tagungsort:

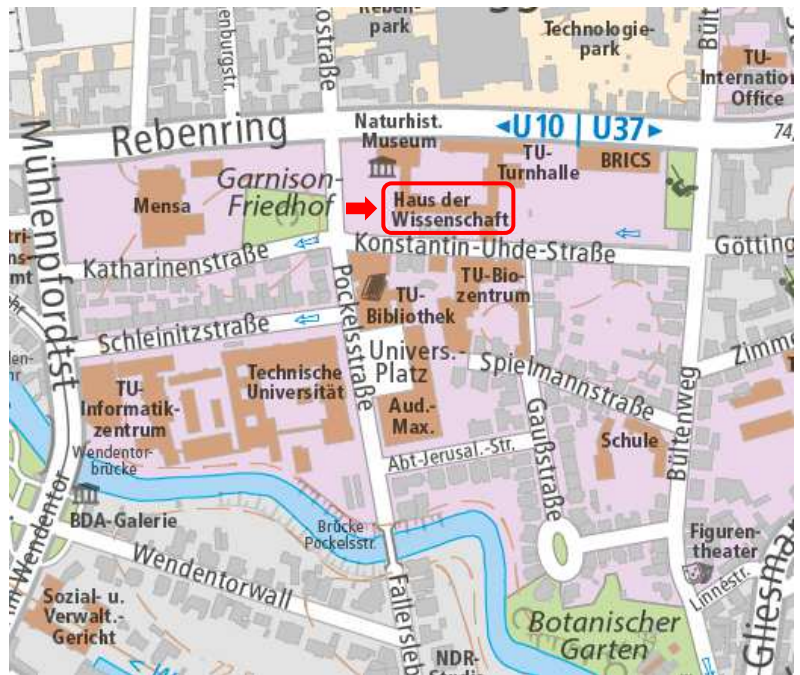
Haus der Wissenschaft
Pockelsstraße 11
38106 Braunschweig

Vortragsraum: Aula (3. OG) +
Empore (4. OG)

Ausstellungen während der
Kaffeepausen: 1. OG + 5. OG

Lokaler Ausrichter:

Prof. Dr. Stephan Weber
Technische Universität Braunschweig
Institut für Geoökologie
Klimatologie und Umweltmeteorologie
Langer Kamp 19c
38106 Braunschweig



© Stadt Braunschweig und OpenStreetMap

Programmkomitee:

Dr. Frank Beyrich, Deutscher Wetterdienst, Lindenberg
Prof. Dr. Andreas Christen, Universität Freiburg
Prof. Dr. Stefan Emeis, KIT Karlsruhe
Dr. Petra Fuchs, Deutscher Wetterdienst, Offenbach
Prof. Dr. Sascha Henninger, TU Kaiserslautern
Dr. Fred Meier, TU Berlin
Dr. Armin Raabe, Universität Leipzig
Prof. Dr. Dieter Scherer, TU Berlin
Prof. Dr. Heinke Schlünzen, Universität Hamburg
Prof. Dr. Christoph Schneider, HU Berlin
Prof. Dr. Stephan Weber, TU Braunschweig

Inhalt

Tagungsprogramm	4
Allgemeine Informationen zur Tagung und zum Tagungsort.....	9
Tagungsräume im Haus der Wissenschaft	9
Gastronomische Angebote in der näheren Umgebung (s. Lageplan, Seite 10)	9
Braunschweig – Sehenswürdigkeiten (eine Auswahl).....	11
Abstracts der Vorträge	14
Abstracts der Posterbeiträge	65
Liste der Teilnehmer/-innen der METTOOLS X (Stand 31.08.2018).....	94

Tagungsprogramm

Dienstag, 25. September 2018

Zeit	Autoren	Titel	Abstract
09:00 Uhr	Anmeldung, Aufbau der Poster		
10:00 Uhr	Eröffnung der METTOOLS X Grußworte: Inge Niedek, 1. Vorsitzende der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft; Prof. Dr. U. Reimers, Vizepräsident für Hochschulentwicklung und Technologietransfer, TU Braunschweig Organisatorische Hinweise: Stephan Weber, TU Braunschweig		
10:30 Uhr	Fachsitzung 1: Umweltmeteorologische Messmethoden und Monitoringprogramme (Sitzungsleitung: Frank Beyrich, Stefan Emeis)		
10:30 Uhr	Baumann-Stanzer K et al.	Meteorologische Messungen in Wien	Seite 15
10:50 Uhr	Emeis S et al.	Innovative Datenerfassungsmethoden für urbane Luftqualität	Seite 16
11:10 Uhr	Christen A et al.	Fluorescing microspheres to study near-source dispersion of heavy particulates in an urban environment	Seite 17
11:30 Uhr	Vogt U et al.	Einsatz von Low-Cost-Sensoren für die Messung von Partikeln – Ergebnisse von Vergleichsmessungen von Low-Cost-Sensoren mit professionellen Aerosolspektrometern	Seite 18
11:50 Uhr	Jaakkola J et al.	Performance test results for a compact air quality sensor	Seite 19
12:10 Uhr	Altstädter B et al.	Vertical profiles of aerosol particles and black carbon mass concentrations measured in the atmospheric boundary layer with an unmanned aerial system	Seite 20
12:30 Uhr	Raabe A, Kaiser F	Mikroklima über einer Lysimeterfläche	Seite 21
12:50 Uhr	MITTAGSPAUSE		
14:00 Uhr	Beyrich F et al.	MOL-RAO Daten für die messwertgestützte Parametrisierung von Grenzschichtvariablen in der Umweltmeteorologie	Seite 22
14:20 Uhr	Wildmann N	Kombinierte Messungen mit drei scannenden, gepulsten Doppler-Windlidaren in unterschiedlichen Anwendungsbereichen der Grenzschichtmeteorologie	Seite 23
14:40 Uhr	Lampert A et al.	Characterizing wakes behind offshore wind parks by airborne measurements	Seite 24
15:00 Uhr	Schady A et al.	Einfluss der Meteorologie in komplexem Gelände auf den Nachlauf und die Akustik einer Windenergieanlage (WEA)	Seite 25
15:30 Uhr	KAFFEPAUSE + Posterpräsentation (die Posterautoren stehen an den Postern für Diskussionen zur Verfügung)		
16:30 Uhr	Fachsitzung 2: Modellierungsmethoden in der Umweltmeteorologie (Sitzungsleitung: K. Heinke Schlünzen, Dieter Scherer)		
16:30 Uhr	Arndt J et al.	Parametrisierung von Blitzen mithilfe von TRMM Satellitendaten für Chemietransportmodelle und daraus abgeleiteter Beitrag von Blitzen zum europäischen Stickstoffbudget	Seite 26
16:50 Uhr	Neunhäuserer L et al.	Verbesserung der Vorhersagegüte der CAMS-Prognosen für Ozon und PM10 im Vergleich mit Messwerten	Seite 27

17:10 Uhr	Maronga B et al.	Gebäudeauflösende Large-Eddy Simulation von Berlin: erste Ergebnisse des leistungsstarken mikroskaligen Stadtklimamodells PALM-4U	Seite 28
17:30 Uhr	Khan B et al.	Entwicklung und Anwendung eines online-gekoppelten Chemiemoduls für das mikroskalige Stadtklimamodell PALM-4U	Seite 29
17:50 Uhr	Salim M et al.	Strahlungsaustausch in mikroskaligen Stadtklimamodellen: Welcher Detailgrad ist nötig?	Seite 31
18:10 Uhr	Jin L et al.	Kopplung eines Gebäude-Energie-Modells mit dem urbanisierten Klimamodell COSMO-CLM/DCEP	Seite 32
18:30 Uhr	Preisverleihung des Luke Howard Award der International Association for Urban Climate (IAUC) an Prof. Dr. Wilhelm Kuttler, Essen Ende der Vorträge		
im Anschluss	ICE-BREAKER (Haus der Wissenschaft, Braunschweig)		

Mittwoch, 26. September 2018

Zeit	Autoren	Titel	Abstract
08:30 Uhr	Fachsitzung 2: Modellierungsmethoden in der Umweltmeteorologie (Sitzungsleitung: Heinke Schlünzen, Dieter Scherer)		
08:30 Uhr	Ghassoun Y, Löwner M-O	Verbesserte Land Use Regression Methode zur Verteilungsmodellierung von Fein und Ultrafeinstäuben in Innenstädten	Seite 33
08:50 Uhr	Vergeiner J et al.	Abschätzung der Windrichtungsverteilung auf Basis kürzerer Messdauer	Seite 34
09:10 Uhr	Bigalke K, Rau M	Zur räumlichen Repräsentativität gemessener und modellierter Daten	Seite 35
09:30 Uhr	Flassak T, Bretschneider D	Erfahrungen bei der Berechnung der erforderlichen Kaminhöhe mit Hilfe der Richtlinie VDI 3781 Blatt 4 „Ableitbedingungen für Abgase für kleine und mittlere Feuerungsanlagen sowie andere als Feuerungsanlagen“	Seite 36
09:50 Uhr	Grawe D et al.	Berücksichtigung detaillierter Oberflächenbedeckungen in der neuen Anwenderversion METRAS-PCL 5.0	Seite 37
10:10 Uhr	Leitl B et al.	Richtlinien für die physikalische Modellierung bodennaher atmosphärischer Strömungs- und Transportprozesse - was braucht die Praxis?	Seite 38
10:30 Uhr	KAFFEPAUSE		
11:00 Uhr	Workshops und Präsentation der Aussteller		
11:00 Uhr	Präsentationen der Aussteller (Leitung: Stephan Weber) Workshop „Visualisierung und Kommunikation klimatischer Ergebnisse“ (Leitung: Sebastian Kupski) METRAS User Workshop (Leitung: Heinke Schlünzen, David Grawe)		
12.50 Uhr	MITTAGSPAUSE		
13.15 Uhr	Mitgliederversammlung FA UMET (Leitung: Stephan Weber)		
14:00 Uhr	Fachsitzung 3: Stadtklima (Sitzungsleitung: Andreas Christen, Fred Meier, Sascha Henninger)		

14:00 Uhr	Lochmann M, Raabe A	Wind-LIDAR Messungen über einer Innenstadt	Seite 39
14:20 Uhr	Gronemeier T et al.	Effects of Thermally Induced Circulation on City Ventilation – Are They Important for Air Ventilation Assessments?	Seite 40
14:40 Uhr	Gross G	Numerische Simulationen zur Sturmgefährdung von Stadtbäumen	Seite 41
15:00 Uhr	Schäfer K et al.	Bewertung des Einflusses wechselnder Windrichtungen auf die Erfassung verkehrserzeugter Immissionsbelastungen im Nahfeld der Quelle	Seite 42
15:20 Uhr	Wiesner S et al.	Drei Perspektiven auf ein kleinräumiges städtisches Windfeld: Vergleich von Realität, Windkanal-Experimenten und Modellsimulationen	Seite 43
15:40 Uhr	KAFFEPAUSE		
16:10 Uhr	Fachsitzung 3: Stadtklima (Sitzungsleitung: Andreas Christen, Fred Meier, Sascha Henninger)		
16:10 Uhr	Burghardt R, Ghassoun Y	GIS-gestützte automatisierte Berechnung von 3D-Rauigkeitsparametern für urbane Gebiete zur Ableitung von Durchlüftungspotentialen	Seite 44
16:30 Uhr	Grunwald L, Weber S	Luftleitbahnen auf der Spur: GIS-gestützte Methode zur Identifizierung von Kaltluftbahnen in urbanen Räumen	Seite 45
16:50 Uhr	Hackenbruch J et al.	Einfluss der Bebauungsstruktur auf innerstädtische Temperaturunterschiede	Seite 46
17:10 Uhr	Queck R, Goldberg V	Thermische Exposition von Fußgängern und Radfahrern in städtischer Umgebung	Seite 47
17:30 Uhr	Fischereit J et al.	Mikroskalige Modellierung der bio-meteorologischen Wirkung städtischer Wasserflächen	Seite 48
17:50 Uhr	Schneider S et al.	Trees as Indicators of the Urban Heat Island	Seite 48
18:10 Uhr	Buchholz S et al.	Hochaufgelöste Stadtklimaprojektionen der sommerlichen Hitzebelastung in deutschen Städten	Seite 50
Ab 19:00 Uhr	Konferenz-Dinner (Gastwerk, Mittelweg 7, 38106 Braunschweig, s. Lageplan Seite 10)		

Donnerstag, 27. September 2018

Zeit	Autoren	Titel	Abstract
08:30 Uhr	Fachsitzung 4: Luftqualität und Lärm (Sitzungsleitung: Armin Raabe, Stephan Weber)		
08:30 Uhr	Eisold A	Das Nationale Luftreinhalteprogramm unter der neuen NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 – projizierte Wirkung der enthaltenen Emissionsminderungsmaßnahmen auf die Luftqualität	Seite 51
08:50 Uhr	Baumüller J	Stuttgart, wo die Sonne verstaubt und die Stickoxide die Sinne vernebeln -ein lufthygienischer Rückblick-	Seite 52
09:10 Uhr	Matthias V et al.	Verkehrsemissionen in Deutschland 2010 und 2040 Auswirkungen auf die Luftqualität	Seite 53
09:30 Uhr	Klemp D et al.	Nachweis hoher NO ₂ - und Ammoniak-Konzentrationen in deutschen Innenstädten	Seite 54

09:50 Uhr	Dubus R et al.	Mobile Messungen von C2 – C11-VOC und Stickoxiden in Deutschland	Seite 55
10:10 Uhr	Trimpop M	Besonderheiten des meteorologischen Einflusses auf die Schallausbreitung von Schießlärm bei Messungen und Prognosen	Seite 56
10:30 Uhr	KAFFEEPAUSE		
11:00 Uhr	<u>Fachsitzung 4: Luftqualität und Lärm (Sitzungsleitung: Armin Raabe, Stephan Weber)</u>		
11:00 Uhr	Ziemann A	Klassierung des meteorologischen Einflusses auf die Schallimmission verschiedener Quellen basierend auf einem standardisierten Grenzschichtmodell	Seite 57
11:20 Uhr	Aulinger A et al.	Investigating the influence of shipping emissions on pollutant concentrations in the Baltic Sea Region using three chemistry transport models	Seite 58
11:40 Uhr	Gerling L et al.	Modellierung ultrafeiner urbaner Partikelanzahl-konzentrationen und –größenverteilungen mit Hilfe von Generalized Additive Models (GAM)	Seite 59
12:00 Uhr	Zorn A	Nutzung von Statistiken für Zeitreihen-Rechnungen bei Immissionsprognosen	Seite 60
12:20 Uhr	Bigalke K, Lohse A	Bewertung der Qualität synthetischer Ausbreitungsklassenstatistiken (SynAKS)	Seite 61
12.40 Uhr	MITTAGSPAUSE		
14:00 Uhr	<u>Fachsitzung 5: Anpassung an den Klimawandel in Stadt und Land (Sitzungsleitung: Petra Fuchs, Christoph Schneider)</u>		
14:00 Uhr	Pavlik D et al.	Climate Data Analyzer – Ein Tool zur Auswertung von Regionalmodellsimulationen für kommunale und regionale Klimaanpassungsprozesse	Seite 62
14:20 Uhr	Lee H et al.	Maximum potential of greening to reduce human heat stress on urban conversion areas	Seite 63
14:40 Uhr	Hackenbruch J et al.	Klimaanpassungsmaßnahmen der Stadt Karlsruhe im Handlungsfeld Gesundheit	Seite 64

Posterbeiträge

Autoren	Titel	Abstract
<u>Fachsitzung 1: Umweltmeteorologische Messmethoden und Monitoringprogramme</u>		
Spank U	TREGATA: Treibhausgas- Emissionen aus Talsperren	Seite 65
Rau G et al.	Bestimmung von Rauigkeitslängen anhand von Ultraschallanemometermessungen	Seite 68
Konopka J et al.	Interanuelle Variation der Energiebilanz und des Nettoökosystemaustauschs eines extensiven Gründaches	Seite 69
Grassmann T et al.	Development and application of a statistically-based quality control for crowdsourced air temperature data	Seite 70
Pätzold F et al.	ALICE – A remotely piloted air sampling system for methane isotopic analysis	Seite 71
<u>Fachsitzung 2: Modellierungsmethoden in der Umweltmeteorologie</u>		

Paas B et al.	Modeling of urban near-road atmospheric pollutant concentrations using an Artificial Neural Network approach with alternative model input data	Seite 72
Gronemeier T, Sühling M	Einflüsse von Hofdurchfahrten auf die Belüftung von Innenhöfen	Seite 73
Simon H et al.	Introduction of a Lagrangian Stochastic Particle Model to simulate concentration and flux footprints with the microclimate model ENVI-met	Seite 74
Schlünzen K H et al.	Umweltmeteorologische Richtlinien für die Modellierung in der Luftreinhaltung	Seite 75
Böttcher M et al.	Modellierung von Einflüssen regenerativer Energiegewinnung auf die Meteorologie	Seite 76
Fachsitzung 3: Stadtklima		
Christen A et al.	A low-cost and low-weight sensor system for urban heat island surveys and education	Seite 77
Fehrenbach U et al.	Dreidimensionale Observierung atmosphärischer Prozesse in Berlin	Seite 78
Fischereit J et al.	Modellierung von städtischen Einflüssen auf verschiedene meteorologische Parameter	Seite 79
Gepp W et al.	Stadtklimatologische Expertise für die Immobilienwirtschaft: ÖGNI Steckbrief Mikroklima	Seite 80
Jänicke B, Bruchmann A	Wie berücksichtigt die Stadt Braunschweig das Stadtklima in der Umweltplanung?	Seite 81
Kiseleva O et al.	Untersuchung der urbanen Grenzschicht und Windfelder von Stuttgart mit bodengebundenen Fernerkundungsverfahren	Seite 82
Löbig J et al.	Auswirkungen des Klimawandels auf das Stadtklima – Implementierung des Klimaänderungssignals in stadtklimatische Modellrechnungen	Seite 83
Ziemann A et al.	Hitzeresiliente Entwicklung von Stadtquartieren mit Hilfe von hoch aufgelösten Stadtklimadaten aus Modellierung und Messung	Seite 84
Fachsitzung 4: Luftqualität und Lärm		
Hebbinghaus H	Sensitivitätsstudien zur Quelldarstellung im Rahmen der Ausbreitungsrechnung nach TA Luft 2002	Seite 85
Karl M, Ramacher M	Improved representation of street canyons with the CityChem extension of the urban-scale air quality model EPISODE	Seite 86
Lazemi L et al.	Analysis of Aerosol Signature Size Distributions for Germany using data from the German Ultrafine Aerosol Network from 2011 to 2014	Seite 87
Javed U et al.	An introduction to the project related to a mobile detection of isocyanic acid produced as a by-product during the DeNOx process in diesel vehicles	Seite 88
Straaten A et al.	Methodenvergleich zur Interpolation von gemessenen Aerosolpartikelgrößenverteilungen für Eddy Kovarianz Anwendungen	Seite 89
Samad A et al.	Untersuchung der Vertikalstruktur von meteorologischen Parametern und deren Auswirkungen auf die vertikale Ausbreitung von Luftverunreinigungen – Ergebnisse von Fesselballonmessungen in Stuttgart im Rahmen des BMBF-Projektes 3DO	Seite 90
Venkatraman Jagatha J et al.	Spatial distribution of Particulates in Downtown, Singapore	Seite 92
Fachsitzung 5: Anpassung an den Klimawandel in Stadt und Land		
Kapp R et al.	Methodik zur human-biometeorologischen Bewertung von Konversionsflächen in Stuttgart vor dem Hintergrund von zunehmender Hitze (KlippS Projekt)	Seite 93

Allgemeine Informationen zur Tagung und zum Tagungsort

Tagungsräume im Haus der Wissenschaft

- 5. OG** Räume Veolia und Weitblick: Aussteller, Kaffee
- 4. OG** Aula: Empore (Vortragsprogramm)
- 3. OG** Aula: Vortragsprogramm
- 2. OG** Raum PK 11.5 (Raum-Nr. 203): Workshop
- 1. OG** Foyer: Aussteller, Poster, Ice-Breaker, Kaffee
- EG** Raum PK 11.1 (Raum-Nr. 037): Workshop



Haus der Wissenschaft
Foto: Andreas Bormann

WLAN

Im Haus der Wissenschaft steht Ihnen WLAN zur Verfügung. Die Zugangsdaten erhalten Sie im Tagungsbüro.

Gastronomische Angebote in der näheren Umgebung (s. Lageplan, Seite 10)

Mensa (Studentenwerk Ostniedersachsen)

Täglich wechselnde internationale Speisen zur Selbstbedienung
Katharinenstraße 1, 38106 Braunschweig
Speisekarte: www.stw-on.de

Falafelhaus

Orientalischer Imbiss
Mühlenpfordstraße
38106 Braunschweig
Speisekarte: www.falafelhaus.de
Geöffnet: 10:00 – 22:00 Uhr

Restaurant LaCupola

Italienisches Restaurant im Haus der Wissenschaft (6. OG)
Pockelsstraße 11, 38106 Braunschweig
Nur mit Aufzug erreichbar.
Speisekarte: www.lacupola.de
Geöffnet: 11:00 – 14:30 Uhr & 18:00 – 22:30 Uhr

Herman's CafeBar

Café / Kneipe mit Bistroküche
Schleinitzstraße 18
38106 Braunschweig
Speisekarte: www.hermans-cafe.de
Geöffnet: 10:00 – 01:00 Uhr

Pizzeria Parco am Botanischen Garten

Italienisches Restaurant
Bültenweg 95, 38106 Braunschweig
www.parco-bs.de
Geöffnet: 11:30 – 15:00 Uhr & 17:00 – 22:00 Uhr

Eusebia

Kneipencafé mit Bistroküche
Spielmannstraße 11, 38106 Braunschweig
www.eusebia.de
Geöffnet: 09:00 – 01:00 Uhr

Restaurant Troja

Anatolische Spezialitäten
Bültenweg 6, 38106 Braunschweig
Geöffnet: 15:00 – 00:00 Uhr

Restaurant El Mundo

Spanisches Restaurant & Tapas Bar
Bültenweg 81, 38106 Braunschweig
Speisekarte: www.elmundo-bs.de
Geöffnet ab 17:30 Uhr

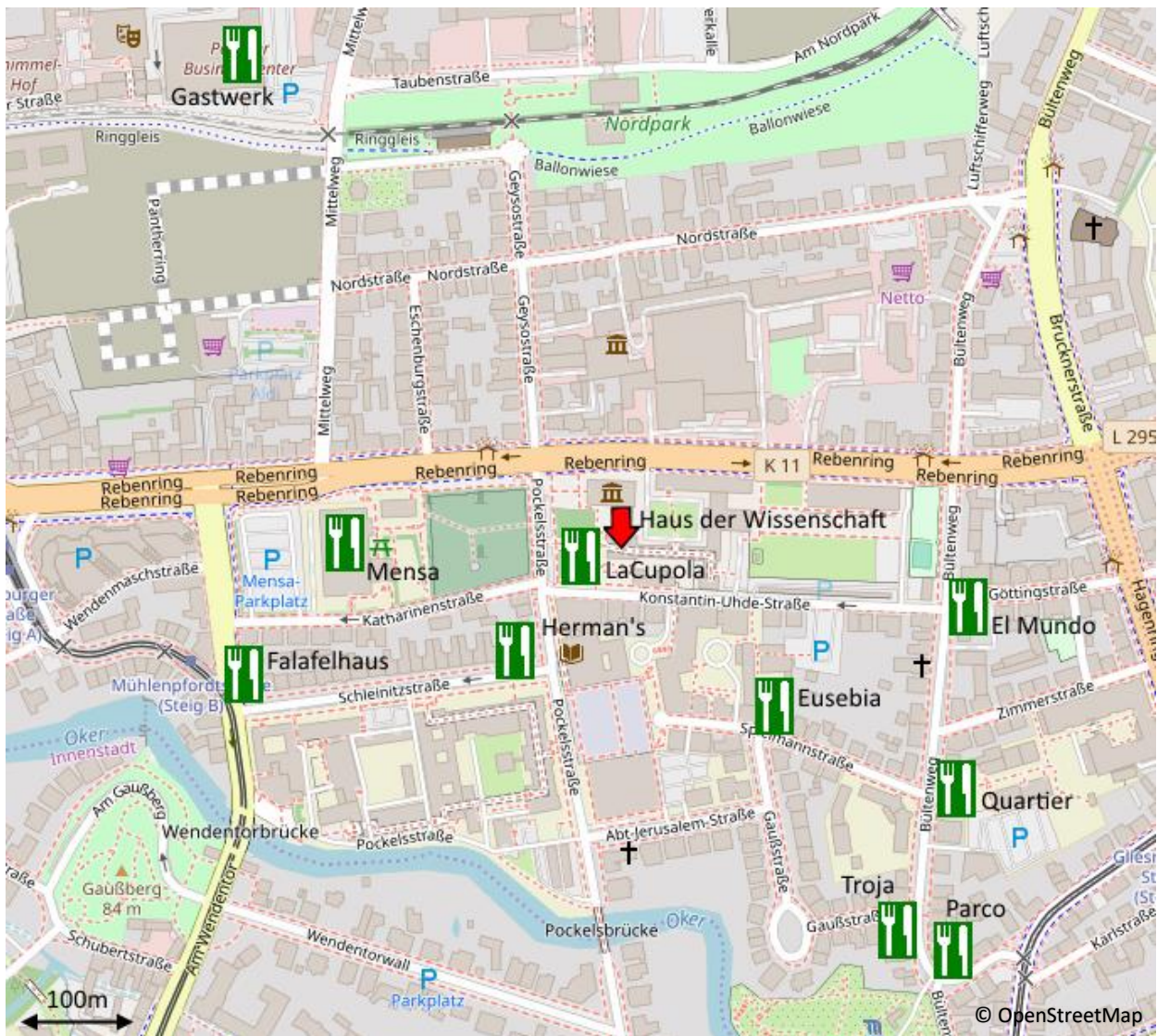
Quartier

Café – Restaurant – Bar
Bültenweg 89, 38106 Braunschweig
Speisekarte: www.quartier-bs.de
Geöffnet ab 15 Uhr

Konferenz-Dinner am Mittwoch, 26.09.2018 ab 19:00 Uhr:

Gastwerk

im Panther Business Center
Mittelweg 7
38106 Braunschweig
www.gastwerk.net



Lageplan der gastronomischen Angebote in der Nähe des Tagungsortes (Haus der Wissenschaft).

Braunschweig – Sehenswürdigkeiten (eine Auswahl)

Braunschweig hat einiges zu bieten - Sollten Sie abseits der Tagung noch ein wenig Zeit finden, um die Stadt zu erkunden, schauen Sie doch mal an diesen Orten vorbei. Ein Besuch lohnt sich.

Braunschweiger Dom/Burgplatz

- Auf dem Braunschweiger Burgplatz befand sich im 9. Jahrhundert die Burg der Brunonen
- Herzog Heinrich der Löwe errichtete im 12. Jahrhundert die Burg Dankwarderode, die Stiftskirche St. Blasii, (den heutigen Dom) und den Burglöwen auf dem Burgplatz
- Der Dom wurde von 1173 bis 1195 als Grabstätte von Heinrich dem Löwen erbaut, er wurde bis heute mehrfach umgebaut und rekonstruiert
- Heute ist der Dom die Bischofskirche der Evangelische-Lutherischen Landeskirche in Braunschweig



Burglöwe auf dem Burgplatz mit Dom
© Braunschweig Stadtmarketing GmbH / Gerald Grote



Burg Dankwarderode
© Braunschweig Stadtmarketing GmbH / Gerald Grote

Braunschweiger Residenzschloss

- Das Braunschweiger Residenzschloss wurde 1831 bis 1841 nach Plänen Carl Theodor Ottmers errichtet und während des zweiten Weltkriegs stark beschädigt
- Im Jahr 2006 wurde die Schlossfassade als originalgetreue Nachbildung rekonstruiert. Heute befindet sich dort ein Einkaufszentrum (Schloss-Arkaden)
- Die Quadriga des Schlosses (die größte Europas) zeigt die Stadtgöttin Brunonia als Wagenlenkerin



Braunschweiger Residenzschloss
© Braunschweig Stadtmarketing GmbH / Steffen und Bach GmbH

Magniviertel

- Das Magniviertel ist eines der ältesten Stadtviertel Braunschweigs, die Gründungsurkunde der Kirche St. Magni stammt aus dem Jahr 1031
- Das Gebäude Ackerhof 2 zeigt die älteste Fachwerk-Inschrift Deutschlands: Anno M CCCC XXX II (1432)



Herrendorftwe: Straße ohne Verkehr, Braunschweiger Magniviertel
© Braunschweig Stadtmarketing GmbH / Taylor

Altstadtmarkt & Kohlmarkt



Altstadtmarkt mit Altstadtrathaus, St. Martini und Marienbrunnen
© Braunschweig Stadtmarketing GmbH / Gerald Grote



Kohlmarkt
© Braunschweig Stadtmarketing GmbH / Daniel Möller

- Der Kohlmarkt bildete bereits im 10. Jahrhundert eine Siedlung der heutigen Stadt
- Der besondere Charakter wird dem Platz durch die Fassaden verschiedener Bauepochen verliehen
- Der Altstadtmarkt wurde im 12. Jahrhundert als Hauptmarktplatz angelegt
- Am Altstadtmarkt sind die Martinikirche (12. - 14. Jahrhundert), das Alte Zollhaus von 1643 und das Gewandhaus mit Renaissancegiebel von 1590/91 zu finden
- Auf beiden Plätzen werden heute regelmäßig Märkte und weitere Veranstaltungen abgehalten

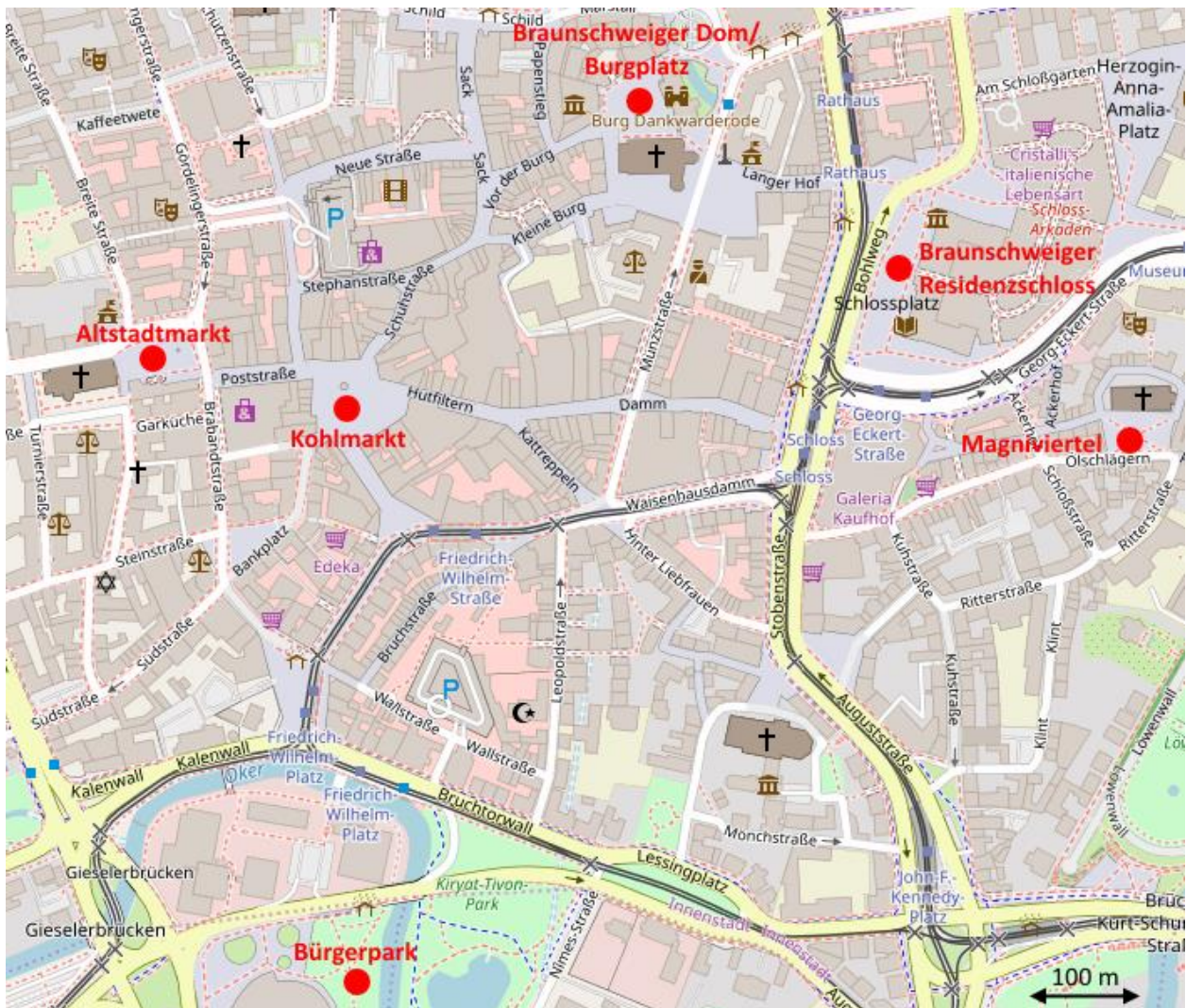
Bürgerpark

- Die 42 ha große Parkanlage im Süden der Innenstadt wurde ab 1886 angelegt
- Damit ist der Bürgerpark eine der größten und ältesten Parkanlagen Braunschweigs
- Der Bürgerpark wird von der Oker durchzogen und bietet durch seine abwechslungsreiche Gestaltung Platz für viele seltene heimische Arten und Neophyten



Portikusteich, Bürgerpark Braunschweig
© Gisela Rothe, Städtischer Bilddienst

Die Informationen zu den Sehenswürdigkeiten entstammen der Internetseite der Stadt Braunschweig (<http://www.braunschweig.de>)



Übersichtsplan der Innenstadt Braunschweigs.

© OpenStreetMap

Abstracts der Vorträge

Meteorologische Messungen in Wien

Kathrin Baumann-Stanzer^a, Brigitta Hollosi^a, Hildegard Kaufmann^a, Maja Žuvela-Aloise^a,
Klaus Mayer^b, Roman Augustyn^b

^aZentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

^bMagistrat der Stadt Wien, MA 22 - Umweltschutz

Wien verfügt mit 8 teilautomatischen Stationen der ZAMG, 12 meteorologischen Messstellen bei Luftgütestationen der Stadt Wien sowie weiteren meteorologischen Messungen (Stadt Wien, MA45 - Gewässerschutz und Wien Kanal) über ein dichtes meteorologisches Messnetz. Die Winddaten der Luftgütemessstellen aus den Jahren 2015 und 2016 wurden an der ZAMG qualitätsgeprüft und hinsichtlich ihrer räumlichen Repräsentativität untersucht. Die Nutzbarkeit weiterer meteorologischer Stationen (z.B. privater Betreiber) ist Gegenstand eines laufenden Projektes der ZAMG.

Zur Ergänzung des operationellen Messnetzes in Wien wurden von Juli 2015 bis November 2016 SODAR-Messungen im Wiener Gemeindebezirk Floridsdorf durchgeführt. Das SODAR wurde so eingestellt, dass vom untersten Niveau in 25 m über Grund in 10 m-Abständen bis zu einer Höhe von 195 m über Grund gemessen wurde. Ab Mai 2018 werden über einen einjährigen Zeitraum SODAR-Messungen in Groß-Enzersdorf (1,7 km östlich der Wiener Stadtgrenze) durchgeführt. Gleichzeitig wird das Wiener Stationsnetz durch eine temporäre meteorologische Messstelle mit 3-D Ultraschallanemometer in der Seestadt Aspern, einem in Bau befindlichen Stadtteil im Wiener Gemeindebezirk Donaustadt, ergänzt. Hier entsteht derzeit eines der größten Stadtentwicklungsprojekte Europas.

Die Messungen dienen zur Evaluierung meteorologischer Modellsimulationen (Stadtklimamodell MUKLIMO_3, Windpotenzialkataster der Stadt Wien, Luftschadstoffvorhersagemodell WRF-Chem). Darüber hinaus finden diese als Eingangsdaten für umweltmeteorologische Ausbreitungsmodelle Verwendung.

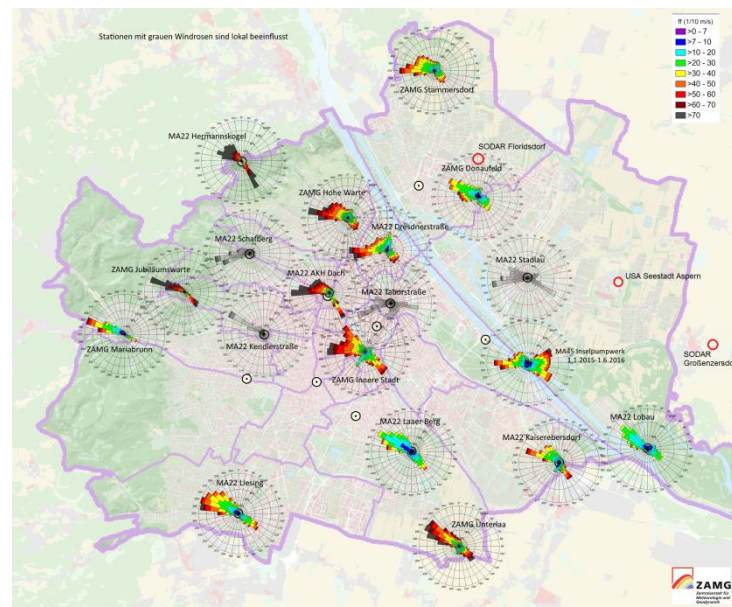


Abbildung: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und Windgeschwindigkeit in Wien an Stationen der Stadt Wien und der ZAMG in den Jahren 2015 und 2016; schwarz/weiße Kreise: Luftgütestationen ohne meteorologische Messungen rote Kreise: aktuelle temporäre Stationen mit Ultraschallanemometer (USA) und Akustikradar (SODAR)

Innovative Datenerfassungsmethoden für urbane Luftqualität

Stefan Emeis^a, Duick Young^a, Johannes Werhahn^a, Klaus Schäfer^b, Ulrich Uhrner^c, Andreas Philipp^d, Till Riedel^e, Matthias Budde^e, Michael Beigl^e

^a Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Garmisch-Partenkirchen, stefan.emeis@kit.edu

^b Atmospheric Physics Consultant, Garmisch-Partenkirchen

^c Technische Universität Graz, Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik, Graz

^d Universität Augsburg, Institut für Geographie, Lehrstuhl für physische Geographie und Quantitative Methoden, Augsburg

^e Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Telematik, Lehrstuhl für Pervasive Computing Systems, TECO, Karlsruhe

Immer größere Teile der Menschheit wohnen in Städten. Daher werden Maßnahmen, die gute Lebensbedingungen in urbanen Räumen garantieren, immer wichtiger. Die Ausarbeitung solcher Maßnahmen braucht ausreichende Datengrundlagen.

Es gibt bereits zahlreiche Studien, die den Einsatz kleiner mobiler "low-cost" Sensoren für das Erfassen von räumlich und zeitlich hoch aufgelösten urbanen Luftqualitätsdaten beschreiben. Diese Studien haben die Begriffe "crowd sourcing", "crowd sensing", "participatory air pollution monitoring" oder "citizen science" eingeführt. In dem hier vorzustellenden „SmartAQnet (Smart Air Quality Network)“-Projekt soll die Integration von Daten von neu entwickelten „scientific scouts“ zur Aerosolmessung (Abb.), von ein paar Referenzstationen, von smartphone-basierten Messungen und von weiteren nicht-meteorologischen Daten unter Benutzung von „big data“-Methoden getestet werden. Die erhaltenen Daten sollen dann gegen gleichzeitig erfasste Luftqualitätsdaten aus bestehenden Netzwerken verglichen werden. Ein Vergleich mit Simulationen des derzeit im Stadtklimaprojekt des BMBF ([UC]², FKZ 01LP1602G) entwickelten neuen Stadtklimamodells PALM4U ist vorgesehen. Umgekehrt können Datensätze, wie sie in SmartAQnet erhoben werden, als Validierungsdatensätze für Modelle wie PALM4U und GRAMM/GRAL dienen.

Das in Augsburg durchgeführte Vorhaben wird in Intensivkampagnen von weiteren Messungen begleitet: hierzu zählen insbesondere ein RASS zur Messung von Wind- und Temperaturprofilen, drei Ceilometer, die auf einem Nord-Süd-Querschnitt durch die Stadt liegen und einige UAVs. Solche die vertikale Dimension der Stadtatmosphäre abbildende Daten stellen eine sinnvolle Ergänzung zu den bodennahen Daten aus dem „crowd sourcing“ dar, da nur mit ihnen der Einfluss der dreidimensionalen Strömungs- und Austauschvorgänge auf die horizontalen Muster der bodennahen Luftqualität geklärt werden kann.



Abbildung: Fünf „scientific scouts“ der Firma Grimm zur Messung der Aerosolkonzentration im Probetrieb. Die Geräte messen PM₁₀, PM₄, PM_{2.5}, PM₁, wobei sie Partikel von 5 nm - 20 µm Durchmesser erfassen.

SmartAQnet wird vom BMVI im Rahmen der Forschungsinitiative mFund gefördert (FKZ 19F2003).

Fluorescing microspheres to study near-source dispersion of heavy particulates in an urban environment

Andreas Christen^a, Rob Stoll^b, Walter Mahaffee^c, Scott Salesky^d, Adele Therias^e

^a Environmental Meteorology, Faculty of Environment and Natural Resources, University of Freiburg, Germany.

^b University of Utah, Mechanical Engineering, Salt Lake City, USA

^c United States Department of Agriculture (USDA), Agriculture Research Service

^d University of Oklahoma, School of Meteorology, Oklahoma, USA

^e University of British Columbia, Department of Geography, Vancouver, Canada

Tracer experiments on airflow and dispersion of gaseous air pollutants and particulates in cities have generally employed tracer gases and focussed on the dispersion across scales from 100s of metres to kilometers without resolving the details of the urban canopy layer (UCL). As numerical models become more versatile to resolve obstacles in detail, we need tracer datasets to validate high resolution turbulence resolving simulations (LES) and obstacle resolving diagnostic dispersion models (QUIC) for dispersion in the UCL.

Here we report on a series of novel tracer release experiments to study the role of urban form and vegetation on turbulent dispersion of heavy particles in the near-field region of a source. During a total of 12 tracer release experiments, fluorescing microspheres (30 μm) were released from near ground point sources in a suburban UCL. In each release, a continuous source with ultrasonic atomizer nozzles emitted the fluorescing particles for 20 minutes. The emission source and samplers were arranged in three different configurations: upwind of two 4-way intersections with different heights of street trees, and mid-block along a street canyon with lines of tall trees on both sides of the street. Particles were collected at 50 locations at a height of 1.5 m (0.28 h) in distances between 20 to 200 m (~ 4 to 40 h) from the release point using rotating impaction traps.

Simultaneously, instantaneous wind fields were recorded using an array of ground-level 2-D sonic anemometers inside the canopy, with 3D-sonic anemometers above roof level using a mobile and a permanent mast (at 2.5 and 5.5 h). The study area, located in Vancouver, Canada is characterised by detached buildings ($h = 5.3$ m, 12.8 Bldg./ha) and significant vegetation (19.2 trees / ha, $h = 8.4$ m for deciduous and $h = 11.1$ m for coniferous trees).

The observed plume distributions indicate a strong impact of local urban form and vegetation with channelling in the near source region and a high degree of sensitivity to above-roof wind direction. Comparisons to particle dispersion models (QUIC, LES) showed similar behaviour to measured particle counts.

Einsatz von Low-Cost-Sensoren für die Messung von Partikeln – Ergebnisse von Vergleichsmessungen von Low-Cost-Sensoren mit professionellen Aerosolspektrometern

Ulrich Vogt^a, Abdul Samad^a, Bernd Laquai^a

^a Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik – IFK, Universität Stuttgart

Im Bereich der Luftreinhaltung werden neben den üblichen Emissionsmessgeräten seit längerem verstärkt Sensoren für Emissionsmessungen eingesetzt. Bei Untersuchungen in der Umgebungsluft waren Sensoren lange Zeit nicht empfindlich genug, um die meist sehr geringen Konzentrationen von Luftschadstoffen in der Außenluft zu erfassen. In den letzten Jahren gab es jedoch einen Entwicklungsschub bei verschiedenen Sensoren, der sie auch für den Einsatz in der Außenluft geeignet macht. Interessant sind die kostengünstigen Sensoren aus verschiedenen Gründen: Zum einen sind sie sehr günstig in der Anschaffung. Der Preis beträgt nur ein paar Prozent (1 bis 5%) der Kosten eines im Handel erhältlichen professionellen Messinstruments, z.B. ein Aerosol-Spektrometer. Darüber hinaus sind die Sensoren klein, leicht, benötigen wenig Strom und können oft mit Batterien oder Akkumulatoren betrieben werden. Aufgrund des niedrigen Preises können größere Netzwerke aufgebaut werden, in denen Sensoren an vielen Punkten in einer Stadt oder einem Gebiet installiert werden. Dies gibt einen sehr guten Überblick über die räumliche und zeitliche Verteilung der Luftverunreinigungen in einem Untersuchungsgebiet. Die anderen genannten Vorteile, wie das geringe Gewicht und der Batteriebetrieb, machen es für mobile Messungen interessant, wie sie von den Autoren durchgeführt werden. Als mobile Messplattformen können Fahrräder, Fesselballons, möglicherweise Drohnen und öffentliche Verkehrsmittel wie Busse, Straßenbahnen und Zahnradbahnen verwendet werden.

Gegenwärtig entstehen in vielen Städten Sensornetzwerke, einige davon mit mehreren hundert Sensoren zur Bestimmung der Luftqualität, hauptsächlich die Komponenten PM₁₀ und PM_{2.5}. Die Netzbetreiber bemühen sich in der Regel nicht um Qualitätssicherung, einerseits wegen des mangelnden Bewusstseins für die Notwendigkeit der Qualitätssicherung andererseits wegen der fehlenden Sensor-Matching-Technologie. Ein anderer Grund ist die Vorstellung, dass bei Verwendung von sehr vielen Sensoren die einzelnen Sensoren nicht notwendigerweise "genaue" Ergebnisse liefern müssen, sondern die Messunsicherheiten wieder ausgeglichen werden. Die Autoren haben verschiedene kostengünstige Sensoren verschiedener Hersteller für Feinstaub (PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁, Partikelzahl) erworben. Vergleichsmessungen für PM mit professionellen Aerosolspektrometergeräten wurden sowohl im Labor als auch in der Umgebungsluft durchgeführt. Zum anderen wurde ein Konzept entwickelt und Vergleichsmessungen durchgeführt, bei denen kostengünstige Sensoren der Sensornetzwerke mit professionellen Aerosolspektrometern verglichen wurden, um die Unsicherheit der Sensorergebnisse zu reduzieren und die Datenqualität zu erhöhen. Erste einfache Korrekturansätze haben gezeigt, dass dadurch Abweichungen der Messergebnisse der Sensoren untereinander und im Vergleich zu den Aerosolspektrometern verringert werden können. Ein wichtiger Einflussfaktor auf die Qualität der Ergebnisse der Partikelsensoren ist die Luftfeuchtigkeit. Dieser Einfluss muss bei der Bewertung berücksichtigt werden. Die Ergebnisse von Vergleichsmessungen von kostengünstigen Sensoren verschiedener Firmen mit professionellen Aerosolspektrometern zeigten, dass alle Sensoren eine Kalibrierung mit einem zuverlässigen Standard benötigen. Nach der Kalibrierung lieferte ein Sensortyp zufriedenstellende Ergebnisse für kleine Partikel im Bereich von 0,3 bis 2,5 µm (PM_{2.5}-Signal). Für größere Partikel im Bereich von 2,5 bis 10 µm (PM₁₀-PM_{2.5}-Signal) lieferte dieser Sensor keine befriedigenden Ergebnisse. Der zweite Sensortyp lieferte keine zufriedenstellenden Ergebnisse, weder für das PM_{2.5}- noch für das PM₁₀-Signal. Der dritte Sensortyp lieferte zufriedenstellende Ergebnisse für alle PM-Kanäle, PM₁₀, PM_{2.5} und PM₁. Mehr noch: Dieser Sensor liefert zuverlässige Ergebnisse für 16 Kanäle zwischen 0,38 und 17 µm für die Partikelanzahlkonzentration.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass kostengünstige Sensoren nach der Anwendung von Qualitätssicherungsmaßnahmen anstelle von teuren Messinstrumenten verwendet werden können. Aber nicht alle Sensoren liefern die gleiche Datenqualität. Einige sind sogar ungeeignet für die Verwendung in der Umgebungsluft.

Performance test results for a compact air quality sensor

J.Jaakkola^a, E. Alkkiomäki^a, M. Laakso^a, T. Pekkanen^a

^a Vaisala Oyj, Vaisala Oyj, PO Box 26, FI-00421 Helsinki, Finland

Summary

The performance of industrially manufactured compact air quality sensor is studied in a variety of geographical and climatic regions. Test results of principal pollution gases (NO₂, SO₂, CO, O₃) and PM_{2.5} and PM₁₀ particulates are presented against the reference instruments. Based on measurement results the possibilities and limitations of the compact instrument are discussed. Also air quality testbed projects in Helsinki in Finland and in Nanjing in China are introduced.

Introduction

Technologies for compact instruments for monitoring gaseous and particulate air pollution are developing rapidly and gaining increasing attention worldwide. These instruments are finding use in supplementary urban air quality networks, in pollution hot spot monitoring, environmental impact assessment and various research projects where easy deployment of compact instruments opens new possibilities. Also, modern high-resolution air quality modelling tools take advantage of supplementary air quality measurements.

Methodology and results

We are presenting the technology and performance test results for a compact industrially manufactured air quality sensor that measures four principal gaseous pollutants (NO₂, SO₂, CO, O₃) and PM_{2.5} and PM₁₀ particulates in a single weather protected enclosure.

Field test results from co-location studies with reference instruments are presented from different geographical and climatic regions. Time series and correlation data are presented and interpreted in relation to environmental conditions and the nature of local pollution environment. Based on the measurement results the possibilities and limitations of the compact instrument are discussed.

Additionally, air quality testbed projects from Helsinki and Nanjing are introduced as case examples. Here the emphasis is put on various applications based on air quality data and how the cities have been able to utilize the more accurate air quality data information and forecasts.

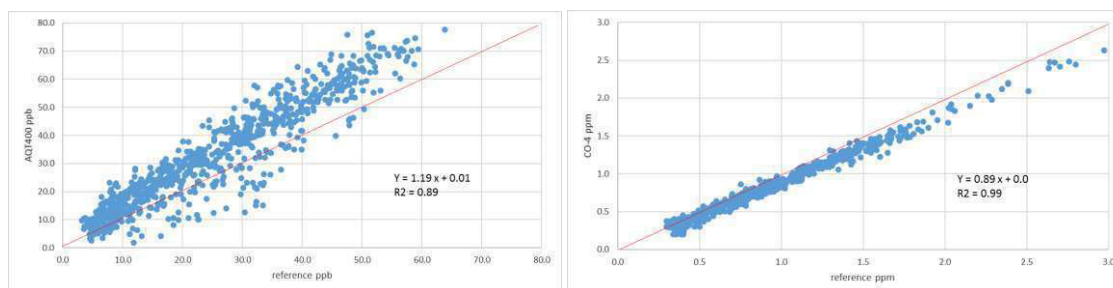


Figure: NO₂ concentration (ppb) and CO concentration (ppm) correlations against reference analyzer in continental Asia for 5 weeks.

Conclusions

A state-of-the-art performance has been demonstrated for an industrially manufactured compact air quality sensor. Based on the co-location studies with reference instruments the correlation coefficient R^2 for gaseous pollutants was found to vary between 0.5 and 0.9 R^2 , and between 0.5 and 0.8 for PM_{2.5} and PM₁₀ particulates, with ambient conditions and particle size distribution playing an important role in the results obtained.

Acknowledgements

Valuable support and discussions with Jarkko Niemi and Anssi Julkunen from Helsinki Region Environmental Services Authority are gratefully acknowledged.

Vertical profiles of aerosol particles and black carbon mass concentrations measured in the atmospheric boundary layer with an unmanned aerial system

Barbara Altstädter^a, Birgit Wehner^b, Markus Hermann^b, Ralf Käthner^b, Andreas Platis^c, Lutz Bretschneider^a, Konrad Bärfuss^a, Falk Pätzold^a, Jens Bange^c, Astrid Lampert^a

^a Technische Universität Braunschweig, Institute of Flight Guidance, Braunschweig, Germany

^b Leibniz Institute for Tropospheric Research (TROPOS), Leipzig, Germany

^c Eberhard Karls University Tübingen, Center for Applied Geosciences, Tübingen, Germany

The use of an unmanned aerial system (UAS) increases significantly for atmospheric research in the last decades, as UAS offers the possibility to close the data gap between ground observations and remote sensing. Besides, aircraft with a take-off weight of less than 25 kg are flexible tools, less expensive in comparison with manned aircraft and can be operated in dangerous areas like nearby volcanic eruptions or in areas that are difficult to access, e.g. turbulence measurements over sea ice in polar regions. The UAS of type Carolo P360 called ALADINA (Application of Light weight Aircraft for Detecting IN-situ Aerosol) was developed for the investigation of the horizontal and vertical distribution of aerosol particles depending on different atmospheric boundary layer properties. Since October 2013, the aircraft was operated during various seasons at the research site of TROPOS in Melpitz with the main focus on new particle formation (shown in particle size larger than 5 nm). Vertical profiles from the surface up to the height of 1 km showed a strong dependence of temperature and humidity fluctuations on the formation process induced by increased turbulence at local scale (e.g. Platis et al., 2016). In addition, new particle formation was observed to occur in different layers within the atmospheric boundary layer that was, however, not seen in ground data so that the operation of UAS is reasonable at small scale. In the current payload of ALADINA (Bärfuss et al., 2018), an aethalometer is implemented in order to study the vertical and horizontal inhomogeneity of black carbon (BC) mass concentrations as cause of local pollutions and possible anthropogenic emissions advected by long range transport. The presentation will show high variability of BC in a generally clean environment.



Figure: The unmanned aerial system ALADINA during one measurement flight at the research site of TROPOS (©TU Braunschweig)

References:

- Platis, A., Altstädter, B., Wehner, B., Wildmann, N., Lampert, A., Hermann, M., Birmili, W., and Bange, J., 2016. An observational case study on the influence of atmospheric boundary layer dynamics on the new particle formation, *Boundary Layer-Meteorology*, 158, 1: 67–92, doi:10.1007/s10546-015-0084-y.
- Bärfuss, K., Pätzold, F., Altstädter, B., Kathe, E., Nowak, S., Bretschneider, L., Bestmann, U., and Lampert, A., 2018. New Setup of the UAS ALADINA for Measuring Boundary Layer Properties, Atmospheric Particles and Solar Radiation, *Atmosphere*, 9, 28, doi:10.3390/atmos9010028.

Mikroklima über einer Lysimeterfläche

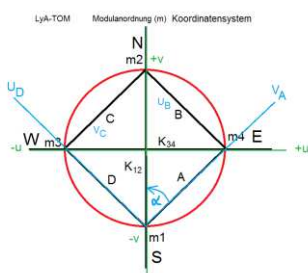
Armin Raabe^a, Falk Kaiser^a

^a Universität Leipzig, Institut für Meteorologie Stephanstr. 3, 04103 Leipzig (raabe@uni-leipzig.de)

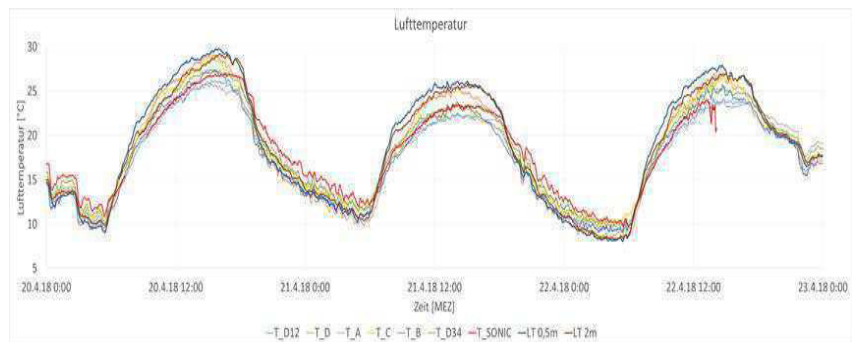
Lysimeter werden eingesetzt um den Stoff- und Energieaustausch zwischen einem im Lysimeter befindlichen Erdkörper und der Atmosphäre zu ermitteln. Durch Wägung des Erdkörpers kann dabei auf physikalisch korrekt Weise die Massenbilanz und damit auch die Verdunstung direkt bestimmt werden. Die Lysimeter sind in eine Landschaft integriert und der Anschluss der Lysimeterfläche an die darüber gleitende Luft kann durch heterogene Umgebungsbedingungen gestört sein. Um zu zeigen inwieweit die individuellen mikroklimatischen Verhältnisse gegenüber der Umgebung abweichen oder wie gut die Verhältnisse über dem Lysimeter denen in der Umgebung entsprechen, wurden unmittelbar über ein Lysimeterfläche Lufttemperatur und Windgeschwindigkeitsmessungen mit Hilfe eines über die Messfläche aufgespannten akustischen Messsystems durchgeführt und mit standardmäßig in der Umgebung von Lysimetern befindlichen Mikrometeorologie-Station bzw. einem SONIC verglichen. Da die Sensorträger sich für einen Anbau an dem Lysimeter eignen stellen sie Messpunkte dar, die durch weitere Sensoren ergänzt werden können und sind so als Komplettierung der Lysimeterausrüstung denkbar.



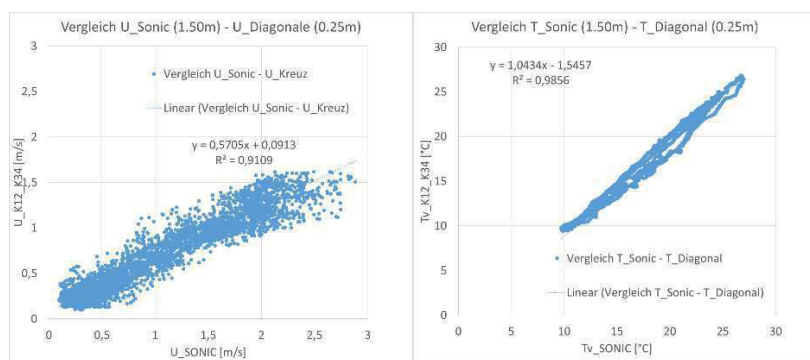
a) Sensoren über Lysimeter



b) Schallmesstrecken bestehend aus 4 Messpunkten m1,m2,m3,m4.



c) Lufttemperaturregistrierung für alle Schallmesstrecken (0,25 m) im Vergleich zum SONIC (1,5 m) und konventionellen Temperatursensoren in 0,5 m und 2 m Höhe



d) Vergleich zwischen SONIC und Lysimeter-Akustik

Abbildung: Aufbau der Sensoren über einer Lysimeterfläche (BRANDIS, Lysimeterstation SMUL) und Vergleich der akustischen Messungen mit SONIC und konventioneller Mikrometeorologiestation

Wir bedanken uns bei den Mitarbeitern der Lysimeterstation Brandis vom SMUL, insbesondere bei Frau Dipl.Hydr. A. Winkler für die Möglichkeit das Messsystem über einem Lysimeter testen zu können. Die akustischen Sender –Empfänger-Module sowie die mechanische Konstruktion der Halterungen wurden im Rahmen des AIF Projektes KF2185303BNO „Akustische Kammer für Lysimeter“ zusammen mit der UGT Umwelt-Geräte-Technik GmbH, Müncheberg entwickelt.

MOL-RAO Daten für die messwertgestützte Parametrisierung von Grenzschichtvariablen in der Umweltmeteorologie

Frank Beyrich^a, Claudia Becker^a, Eileen Päschke^a, Udo Rummel^a

^a Deutscher Wetterdienst, Meteorologisches Observatorium Lindenberg – Richard-Aßmann-Observatorium
Am Observatorium 12, 15848 Tauche – OT Lindenberg, Germany (email: frank.beyrich@dwd.de)

Am Meteorologischen Observatorium Lindenberg – Richard-Aßmann-Observatorium wird seit 1998 ein umfangreiches Messprogramm zur operationellen Langzeit-Erfassung atmosphärischer Zustands- und Prozessgrößen in der Atmosphärischen Grenzschicht (AGS) realisiert. Es umfasst sowohl in-situ Messungen an Masten bis in 99m Höhe als auch den Einsatz von bodengebundenen Fernsondierungssystemen (Sodar, Scintillometer, seit einigen Jahren auch Doppler-Lidar). Daten aus diesem Messprogramm wurden u. a. genutzt im Rahmen der Novellierung der VDI-Richtlinie 3783 – Blatt 8 (Messwertgestützte Turbulenzparametrisierung für Ausbreitungsmodelle) und stehen grundsätzlich für einen breiten Nutzerkreis zur Verfügung.

Der Beitrag gibt zunächst einen Überblick über die in Lindenberg seit nunmehr 20 Jahren gewonnenen Datensätze zur Charakterisierung der AGS. Sodann werden einige Fragen erörtert, die in Verbindung mit der Überarbeitung der VDI 3783/8 in der hierfür eingesetzten Arbeitsgruppe intensiv diskutiert wurden, wie die Charakterisierung der Mischungsschichthöhe, die Bestimmung des Stabilitätsparameters aus Sonic-Messungen oder die Parametrisierung des vertikalen Temperaturprofils. Abschließend wird am Beispiel von Doppler-Lidar-Messungen gezeigt, wie aus Messungen mit zunehmend auch operationell eingesetzten modernen bodengebundenen Fernsondierungssystemen Profilinformatoren wichtiger für die Ausbreitungsrechnung relevanter Parameter gewonnen werden können. Am MOL-RAO werden aktuell insbesondere Methoden untersucht und bewertet, die neben dem Windprofil eine Ableitung von Turbulenzgrößen wie der turbulenten kinetischen Energie (TKE) gestatten.

Kombinierte Messungen mit drei scannenden, gepulsten Doppler-Windlidaren in unterschiedlichen Anwendungsbereichen der Grenzschichtmeteorologie

Norman Wildmann^a

^a Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Oberpfaffenhofen

Gepulste, kohärente Doppler Windlidargeräte sind vielseitige Instrumente zur Bestimmung von Windfeldern in der atmosphärischen Grenzschicht. Ihre zum heutigen Stand der Technik kompakte und robuste Bauweise erlaubt einen flexiblen Einsatz in verschiedensten Anwendungsbereichen. Scannende Systeme erlauben die Erfassung des dreidimensionalen Windfeldes, sowie Turbulenz mit speziellen Messstrategien und unter einschränkenden Annahmen von Homogenität und Stationarität. Durch die Kombination und Synchronisierung mehrerer Geräte können mit sogenannten Multi-Doppler-Verfahren die benötigten Annahmen verringert werden, und der Windvektor direkt gemessen werden.

Das DLR betreibt drei Lidargeräte vom Typ Leosphere Windcube 200S und setzt diese in unterschiedlichen Bereichen ein. Im Rahmen des primären Einsatzgebietes wurden die Geräte in der Perdigão 2017 Kampagne zur Windenergieforschung in komplexem Gelände genutzt. Mit koplanaren Scans in Hauptwindrichtung konnten zweidimensionale Windfelder der Talüberströmung zwischen zwei parallelen Bergrücken vermessen werden. Außerdem dienten die Messungen der Charakterisierung des Nachlaufes einer auf dem Bergücken befindlichen Windenergieanlage (WEA). Um den Nachlauf nicht nur bei Situationen in Hauptwindrichtung vermessen zu können wurde eine innovative Scanstrategie getestet, die mehrere Multi-Doppler Messpunkte im Nachlauf der Anlage alle 30 Minuten automatisch der Windrichtung anpasst. So konnte über mehrere Stunden durchgehend das Windgeschwindigkeitsdefizit und die Turbulenzintensität in dem Turbinennachlauf vermessen werden.

Im Rahmen der „Carbon Dioxide and Methane Mission for HALO“ (CoMet) wurden die drei Lidargeräte eingesetzt, um bodenbasierte Messungen der Windgeschwindigkeit, -richtung und Turbulenz in einem Gebiet im polnischen Oberschlesien zu liefern, welches als ein Hotspot für anthropogene Methanemissionen bekannt ist. Zu diesem Zweck wurden Velocity Azimuth Display (VAD) Scans mit allen drei Geräten in einem räumlichen Abstand von jeweils ca. 50 km durchgeführt, woraus Vertikalprofile der genannten Parameter in der gesamten Grenzschicht abgeleitet werden können. Die Messungen dienen dem Prozessverständnis der Ausbreitung der Emissionen und können in entsprechende Modelle eingebunden werden.

Ein weiteres Einsatzgebiet für Messungen mit gepulsten Lidargeräten ist die Vermessung von Flugzeugwirbelschleppen im Landeanflug. Mit schnellen, vertikalen Range Height Indicator (RHI) Scans kann die Entstehung und der Zerfall von Wirbelschleppen in einem bestimmten Abstand zum Landepunkt dokumentiert werden. Parameter wie die Vorticity, Zirkulation und maximal auftretende Querwindgeschwindigkeiten können ermittelt werden. Durch den Einsatz von mehreren Lidargeräten kann das Prozessverständnis und die Validierung von hochaufgelösten Simulationen deutlich verbessert werden, da in mehreren Abständen gleichzeitig gemessen werden kann.

Anhand der genannten Beispiele wird ein breites Spektrum der Anwendungsmöglichkeiten gezeigt, die sich mit Lidargeräten des aktuellen Standes der Technik realisieren lassen. Es soll hervorgehoben werden, dass insbesondere die Kombination mehrerer Lidargeräte, aber auch die Integration mit Messinstrumenten für weitere meteorologische Größen (z.B. Temperatur und Luftfeuchte), einen großen Beitrag zur Validierung von Modellen und zum Prozessverständnis in der atmosphärischen Grenzschicht liefern kann.

Characterizing wakes behind offshore wind parks by airborne measurements

Astrid Lampert^a, Konrad Bärfuss^a, Andreas Platis^b, Simon Siedersleben^c, Beatriz Canadillas^d, Bughsin Djath^e, Rudolf Hankers^a, Johannes Schulz-Stellenfleth^e, Jens Bange^b, Thomas Neumann^d, Stefan Emeis^c

^a Technische Universität Braunschweig/Institute of Flight Guidance, Braunschweig, Germany

^b Eberhard-Karls-Universität Tübingen/ Center for Applied Geoscience, Tübingen, Germany

^c Karlsruhe Institute of Technology/Institute of Meteorology and Climate Research, Garmisch-Partenkirchen, Germany

^d UL DEWI, Wilhelmshaven, Germany

^e Helmholtz Centre Geesthacht/ Centre for Material and Coastal Research, Geesthacht, Germany

Satellite pictures and numerical simulations suggest far field wakes downwind of offshore wind parks with an extent up to 100 km. To systematically analyze these effects, measurement flights were conducted in the lee of offshore wind parks above the North Sea (Platis et al., 2018), combined with satellite analyses and numerical simulations in the framework of the project WIPAFF (Wind Park Far Field, Emeis et al., 2016), funded by the German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. The production of electricity is enabled by extracting energy from the atmospheric flow field, which leads to a reduction on the wind speed and enhanced turbulence in the wake of the wind parks. Downwind of offshore wind parks, these wakes can extend very far during stable atmospheric stratification and due to the low surface roughness. Flights of 4 h duration were conducted at hub height (90 to 120 m) and down to 60 m with the research aircraft Dornier128 D-IBUF. Besides meteorological measurements of wind vector, humidity and temperature, the sea surface was characterized with cameras and a laser scanner. The twin-engine aircraft is particularly suitable for low-level and high resolution measurements, with the possibility to integrate additional sensors. The presentation shows examples of specific applications of the aircraft during offshore measurement flights.



Figure: The research aircraft Dornier128 D-IBUF, a flexible tool for characterizing atmosphere and sea surface.

References:

Platis, A., Siedersleben, S., Bange, J., Lampert, A., Bärfuss, K., Hankers, R., Canadillas, B., Foreman, R., Schulz-Stellenfleth, J., Djath, B., Neumann, T., and Emeis, S., 2018. First in situ evidence of wakes in the far field behind offshore wind farms, Scientific Reports, doi 10.1038/s41598-018-20389-y.

Emeis, S., Lampert, A., Bange, J., Schulz-Stellenfleth, J., and Neumann, T., 2016. Exploring the wakes of large offshore wind farms, TORQUE conference, 5.-7.10.2016, Munich.

Einfluss der Meteorologie in komplexem Gelände auf den Nachlauf und die Akustik einer Windenergieanlage (WEA)

Arthur Schady^a, Thomas Gerz^a, Martin Hagen^a, Johannes Wagner^a, Norman Wildmann^a

^a Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Oberpfaffenhofen

Zur Erforschung der Strömungsregime und der Windverhältnisse in der atmosphärischen Grenzschicht über komplexem Gelände wurde in Perdigão (Portugal) im Rahmen des europäischen New European Wind Atlas (NEWA) Projekts 2017 eine große Messkampagne mit europäischer und US-amerikanischer Beteiligung durchgeführt (Fernando et.al 2018). Die Beteiligung des DLR-Instituts für Physik der Atmosphäre fokussierte sich auf Vor- und Nachlaufmessungen an der WEA mit drei weitreichenden Lidaren und einem Mikrowellenradiometer, sowie auf die Schallabstrahlung von der WEA.

Das Gelände bei Perdigão ist durch zwei parallele, 4500 m lange, etwa gleich hohe und 1400 m auseinander liegende Bergkämme gekennzeichnet, die von Nordwesten nach Südosten verlaufen. Sie werden typischerweise von Südwesten oder Nordosten, also ungefähr senkrecht angeströmt. Dabei kommt es zu einer Reihe interessanter Strömungsphänomene wie z.B. Hangwinden mit Strömungsablösung und Rezirkulationsgebieten, die außer von der Windgeschwindigkeit auch vom Gradienten der Orografie und der Rauigkeit abhängen. Es bilden sich Berg-Talwindssysteme aus, Windmaxima in geringen Höhen (sog. Grenzschichtstrahlströme oder auch low-level jets) und Schwerewellen treten insbesondere nachts auf, wenn die Grenzschicht stabil geschichtet ist.

Im Zeichen des immer stärker werdenden Interesses der Bevölkerung und der Regulierungsbehörden an einer umweltverträglichen Nutzung der Windenergie kommt auch der Schallausbreitung und somit den systematischen Schallimmissionsmessungen rund um die WEA große Bedeutung zu. Die in Perdigão durchgeführten akustischen Messungen sollen den Fragen nachgehen, ob die Geräusche der WEA in der Umgebung messtechnisch nachweisbar sind und wie stark sie von der atmosphärischen Schichtung und den Windverhältnissen abhängen.

Diese Kampagne bot also eine einzigartige Gelegenheit, die Windverhältnisse und die Ausbreitung des Schalls einer WEA in einem realen Gelände mit neuester Messtechnik im Bereich von Sekunden bis Stunden und von Metern bis Kilometern wissenschaftlich zu erforschen.

Beispielhaft werden Ergebnisse einzelner vertikaler Scans eines Lidars gezeigt, die die Ausbreitung der Wirbelschlepe im Nachlauf der WEA deutlich darstellen. Während im Nahbereich der WEA noch Minima der Windgeschwindigkeit im Nachlauf der Anlage erkennbar sind, vermischt sich die Wirbelschlepe sehr schnell in der konvektiven Grenzschicht, so dass schon einige Meter hinter der Anlage keine deutliche Wirbelschlepenstruktur mehr erkennbar ist. Um solche Messungen besser zu verstehen und in Zusammenhang mit den atmosphärischen Bedingungen zu setzen, wurden Daten des Mikrowellenradiometers und der zahlreich von Projektpartnern im Gelände errichteten Messmasten hinzugezogen.

Akustische Langzeitmessungen zeigen den typischen Tagesgang des hörbaren Schalls im Tal. Dieser ist geprägt von Umgebungsgeräuschen wie Vogelgezwitscher, Hundegebell und Blätterrauschen und dem in Bodennähe aufkommenden Wind. Das Schallsignal der WEA wird im Ein-Minuten-Ausschnitt und mithilfe der 50 bis 100Hz-Terzbändern erkennbar. Dort sind periodische Signale zu erkennen, woraus sich das Signal des 3-Blatt-Rotors mit seiner Umdrehungsfrequenz erkennen lässt. Die Abhängigkeit vom Wetter, wie atmosphärischer Schichtung, Windrichtung und Geschwindigkeit wird durch Differenzdarstellungen und Modellsimulationen bewertet.

Literatur:

Fernando H.F. et al. (2018): "The Perdigão: Peering into Microscale Details of Mountain Winds" submitted to Bulletin of the American Meteorological Society

Parametrisierung von Blitzen mithilfe von TRMM Satellitendaten für Chemietransportmodelle und daraus abgeleiteter Beitrag von Blitzen zum europäischen Stickstoffbudget

Jan A. Arndt^a, Armin Aulinger^a, Volker Matthias^a

^a Helmholtz – Zentrum Geesthacht, Max-Planck-Str. 1 21502 Geesthacht

Blitze sind ein natürlicher Emittent von reaktivem oxidiertem Stickstoff. Durch die schlagartige Erhitzung der Luft wird nicht-reaktiver Luftstickstoff zu Stickstoffmonoxid oxidiert. Verschiedene Studien geben zu den Emissionen für Europa verschiedene Größenordnungen von 0.03 Tg N pro Jahr bis 0.21 Tg N pro Jahr an. Die Abschätzung erfolgt jeweils ausgehend von der globalen Blitzdichte.

In unserem Ansatz werden die Daten des OTD Instruments auf dem TRMM Satelliten der NASA benutzt, um mithilfe einer Satellitenklimatologie und den für das Chemietransportmodell CMAQ aufbereiteten meteorologischen Daten aus dem Meteorologiemodel COSMO-CLM einen regional-spezifischen linearen Zusammenhang zwischen konvektivem Regen und Blitzdichte abzuleiten. Die so abgeleitete Blitzdichtenparametrisierung wird mit der ursprünglich in CMAQ verwendeten Parametrisierung, der in Chemietransportmodellen oft benutzten Cloud Top Height Parametrisierung und der Satellitenklimatologie selbst verglichen. Während die Cloud Top Height Parametrisierung die Emissionen im Vergleich zu den aus dem OTD abgeleiteten Emissionen um etwa 50 Prozent unterschätzt, überschätzt die alte Parametrisierung in CMAQ die Emissionen um das Dreifache. Der neue Ansatz, welcher die OTD Daten zur Abschätzung einbezieht, unterschätzt die Emissionen nur um 7 Prozent. Dieser Abschätzung folgend beträgt die Jahresemission von Stickstoffmonoxid durch Blitze in Europa 0.27 Tg N.

Während für die bodennahe Luftkonzentration von reaktivem oxidiertem Stickstoff keine signifikanten Änderungen im Vergleich zu den Messungen des EMEP-Netzwerks gezeigt werden können, ist die Emission in den höheren Luftschichten im Vergleich zu den Emissionen aus der Luftfahrt, je nach Region, bedeutend.

Literatur:

- Blakeslee, R & M. Mach, Douglas & Bateman, Monte & C. Bailey, Jeffrey. (2013). Seasonal variations in the lightning diurnal cycle global electric circuit. *Atmospheric Research*. 135-136. 10.1016/j.atmosres.2012.09.023.
- Byun, D. & Schere, K.L. (2006). Review of the governing equations, computational algorithms, and other components of the Model-3 Community Multiscale Air Quality (CMAQ) Modeling System. *Appl. Mech. Rev.* 59(2): 51-77. doi: 10.1115/1.2128636
- Daniel J. Cecil, Dennis E. Buechler, Richard J. Blakeslee, Gridded lightning climatology from TRMM-LIS and OTD: Dataset description, *Atmospheric Research*, Volumes 135–136, 2014, Pages 404-414, ISSN 0169-8095, <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2012.06.028>
- Huntrieser, Heidi & Feigl, Ch & Schlager, H & Schröder, F & Gerbig, C & Velthoven, Peter & Flatoy, F & Théry, C & Höller, H & Schumann, Ulrich. (2000). Contribution of Lightning-produced NO_x to the European and Global NO_x Budget: Results and Estimates from Airborne EULINOX Measurements. *D L R - Forschungsberichte*. 43-76.
- Rockel, Burkhard & Will, Andreas & Hense, Andreas. (2008). The regional climate model COSMO-CLM (CCLM). *Meteorologische Zeitschrift - METEOROL Z.* 17. 347-348. 10.1127/0941-2948/2008/0309.

Verbesserung der Vorhersagegüte der CAMS-Prognosen für Ozon und PM₁₀ im Vergleich mit Messwerten

Lina Neunhäuserer^a, Volker Diegmann^a, Florian Tautz^a, Yvonne Breitenbach^a

^a IVU Umwelt GmbH, Emmy-Noether-Straße 2, 79110 Freiburg, In@ivu-umwelt.de

In Rahmen des europäischen Copernicus-Programms werden vom Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) Daten zur atmosphärischen Schadstoffbelastung bereitgestellt. Dabei handelt es sich um die Ergebnisse von sieben Chemie-Transportmodellen (CTM) und deren Ensemble. Diese Modelle liefern täglich Prognosen für die nächsten 96 Stunden in stündlicher Auflösung für verschiedene Schadstoffe wie z. B. Ozon und PM₁₀.

Die CTM-Simulationen werden in einer horizontalen Gitterweite von rund 10 km durchgeführt und erfassen damit nur den regionalen Hintergrund. Im Vergleich mit Messwerten an Hintergrundstationen liefert das CAMS Ensemble in der Regel zu geringe maximale Ozonkonzentrationen. Dies hat negative Auswirkungen auf die korrekte Vorhersage von Schwellenwertüberschreitungen bei sehr hohen Ozonkonzentrationen zur Information und ggf. Warnung der Bevölkerung entsprechend der Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG.

Das Umweltbundesamt (UBA) stellt seit Ende der 1990er Jahre u. a. Karten bundesweiter Ozonprognosen zur Information der Öffentlichkeit bereit. Die Ozonprognosen beruhen in der Vergangenheit auf einer statistischen Methode, die mittlerweile durch die Prognosen aus dem CAMS-Ensemble ersetzt wurde. Im Rahmen des UBA-Projektes „Sicherstellung der Ozonprognose“ (FKZ 3716 51 201 0) wurde untersucht, inwieweit sich die Vorhersagegüte der CAMS-Ozonprognosen für Deutschland insbesondere hinsichtlich der Erfassung von Schwellenwertüberschreitungen durch eine nachgeschaltete Bearbeitung verbessern lässt. Eine entsprechende Untersuchung wurde auch für die CAMS-PM₁₀-Prognosen durchgeführt.

Es wurden drei verschiedene Korrekturverfahren (Hybrid-Vorhersage, Multiplikative Korrektur, Kalman-Filter) auf die CAMS-Prognosedaten für das Jahr 2016 sowie für zwei ausgewählte Schadstoffepisoden aus den Jahren 2015 und 2017 angewendet. Anschließend erfolgte die Evaluierung sowohl der CAMS-Prognosedaten als auch der korrigierten Daten auf der Basis statistischer Metriken und unter Verwendung des im Rahmen der FAIRMODE-Initiative (FAIRMODE, 2017) entstandenen DELTA-Tools. Es zeigte sich, dass im Regelfall jedes der drei Korrekturverfahren die CAMS-Prognosen verbessert. Dabei führt der Kalman-Filter häufig zu den höchsten Korrelationskoeffizienten. Zudem erfüllen die Prognosedaten nach der Korrektur mit dem Kalman-Filter am besten die Qualitätskriterien des DELTA-Tools. Allerdings zeigt die Hybrid-Vorhersage häufig ein besseres Verhalten, wenn es um die Erfassung von Maximalwerten und die Überschreitung von Schwellenwerten geht.

Im Rahmen dieses Beitrags werden die verwendeten Korrekturverfahren und die Ergebnisse der Evaluierung vorgestellt und miteinander verglichen. Zudem wird auf die Interpolation der nur an den Messorten gültigen Korrekturfaktoren in die Fläche und die darauf basierende flächenhafte Korrektur der CAMS-Prognosen eingegangen.

Literatur:

FAIRMODE (2017): Guidance Document on Model Quality Objectives and Benchmarking. Version 2.1. Forum for Air Quality Modelling in Europe (FAIRMODE). <http://fairmode.jrc.ec.europa.eu/>. 2017.

Gebäudeauflösende Large-Eddy Simulation von Berlin: erste Ergebnisse des leistungsstarken mikroskaligen Stadtklimamodells PALM-4U

Björn Maronga^a, Günter Groß^a, Siegfried Raasch^a, Farah Kanani-Sühring^a, Matthias Sühring^a, und Sabine Banzhaf^b, Michal Belda^c, Björn Büter^d, Thomas Esch^e, Renate Forkel^f, Dominik Fröhlich^g, Tobias Gronemeier^a, Wieke Heldens^e, Anti Hellsten^h, Tobias Langⁱ, Eckhard Kadasch^j, Klaus Ketelsen^k, Basit Khan^f, Pavel Krč^c, Halim Maamar^l, Andreas Matzarakis^g, Matthias Mauder^f, Gregor Meusel^{a,d}, Matthias Pallasch^l, Dirk Pavlik^d, Jens Pfafferott^l, Jaroslav Resler^c, Emmanuele Russo^b, Mohamed Salim^m, Martijn Schaap^b, Christoph Schneider^m, Michael Schrempf^a, Sebastian Schubert^m, Gunther Seckmeyer^a, Heiko Sieker^l, Kristina Trusilova^j, Robert von Tils^a, Simon Ward^a, Julian Zeidler^e

^a Institut für Meteorologie und Klimatologie, Leibniz Universität Hannover

^b Institut für Meteorologie, Freie Universität Berlin

^c Institute of Computer Science, The Czech Academy of Sciences

^d GEO-NET Umweltconsulting GmbH

^e Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

^f Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Karlsruher Institut für Technologie

^g Zentrum für Medizin-Meteorologische Forschung Freiburg, Deutscher Wetterdienst

^h Finnish Meteorological Institute

ⁱ Hochschule Offenburg

^j Klima- und Umweltberatung, Deutscher Wetterdienst

^k Selbständiger Softwareberater, Berlin

^l Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH

^m Geographisches Institut, Humboldt-Universität zu Berlin

Mit der wachsenden Zahl von Menschen, die in verdichteten städtischen Umgebungen leben/arbeiten, wird die Stadtplanung im Sinne menschlicher Gesundheit und Wohlbefinden immer wichtiger, mit Berücksichtigung von Faktoren wie thermischer Komfort, Luftqualität, Belüftung und UV Exposition. Zur Unterstützung von Bauentscheidungen kommen Stadtklimamodelle (SKM) zum Einsatz, um den Effekt bestehender und geplanter Gebäude, Fassaden- und Stadtbegrünung, etc. auf diese Faktoren abzuschätzen.

Es wurde ein hocheffizientes mikroskaliges SKM namens PALM-4U entwickelt, mit dem gebäudeauflösende Simulationen ganzer Städte mit Vegetation unter Abbildung der wichtigen physikalischen Prozesse in urbaner Umgebung möglich sind. PALM-4U ist Teil des Modellsystems PALM (<http://palm-model.org>). Zwar existieren zahlreiche in Wissenschaftskreisen fest etablierte SKM, diese sind jedoch schwierig an modernste parallele Rechnersysteme anzupassen und daher meist nicht so umfangreich einsetzbar. Mit PALM-4U ist es möglich ganze Stadtgebiete wie Berlin (~ 1700 km²) mit gebäudeauflösender Gitterweite (hier 10 m) auf Höchstleistungsrechnern zu simulieren, sofern die zur Verfügung stehenden Rechnerressourcen ausreichen. PALM-4U bildet verschiedenste relevante Prozesse ab, wie z.B. den Wärme- und Strahlungstransfer zwischen urbanen/natürlichen Oberflächen und der Atmosphäre, chemische Reaktionen, und es beinhaltet Funktionalitäten wie biometeorologische Analyseprodukte, sowie Gitternesting um Fokusgebiete räumlich feiner aufzulösen.

Der Fokus dieses Beitrags liegt darin einen Überblick über bestehende und geplante Fähigkeiten von PALM-4U zu geben. Außerdem soll die Funktionalität des Modells anhand einer gebäude- und turbulenzauflösenden Simulation von ganz Berlin (1700 km² bei 10 m Gitterauflösung) inklusive eines genesteten Fokusgebiets (1 km² bei 1 m Gitterauflösung) für einen kompletten Tag einer Hitzeperiode demonstriert werden.

Entwicklung und Anwendung eines online-gekoppelten Chemiemoduls für das mikroskalige Stadtklimamodell PALM-4U

Basit Khan^a, Matthias Mauder^a, Renate Forkel^a, Sabine Banzhaf^b, Emmanuele Russo^b, Farah Kanani-Sühring^c, Mona Kurppa^d, Björn Maronga^c, Siegfried Raasch^c, Klaus Ketelsen^e

^a Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Meteorologie und Klimaforschung – Atmosphärische Umweltforschung, Garmisch-Partenkirchen

^b Freie Universität Berlin, Institut für Meteorologie, TrUmf, Berlin

^c Leibniz Universität Hannover, Institut für Meteorologie und Klimatologie, Hannover

^d Universität Helsinki, Institute for Atmospheric and Earth System Research, Helsinki, Finland

^e Unabhängiger Software Consultant, Berlin

Turbulenzauflösende Large-eddy Simulationsmodelle (LES) ermöglichen es Emissionen, Ausbreitung, chemische Umwandlungen und Deposition von Luftschadstoffen in urbanen Systemen möglichst genau zu berechnen. Außerdem sind diese ebenso in der Lage Gebäudestrukturen, Oberflächenwärmeflüsse an Gebäudefassaden und Straßenschluchten explizit darzustellen. Dennoch finden LES-Modelle bisher für städtische Luftqualitätsstudien kaum Verwendung, insbesondere da die zusätzliche Simulation chemischer Umwandlungsprozesse den ohnehin hohen Rechenaufwand noch weiter steigert. Daher wurde ein neues hocheffizientes Chemie-Modul entwickelt, das mit dem neuen urbanen mikroskaligen Modell (PALM-4U) gekoppelt ist. Den Kern von PALM-4U bildet eine Weiterentwicklung des seit Jahren bewährten LES-Modells (Maronga et al., 2015). Darin wurde ein vollständig online-gekoppeltes Modell für die Gasphasenchemie und das Aerosolmodell SALSA (Kokkola et al. 2008) implementiert. Für die numerische Integration der Gasphasenchemie-Reaktionen wurde die aktuelle Version des Kinetic PreProcessor (KPP, Version 2.2.3) verwendet, was eine flexible Anpassung des chemischen Mechanismus an die jeweiligen Anforderungen ermöglicht. Für den LES-Modus von PALM-4U wurde aufgrund des ohnehin sehr großen Rechenaufwands von LES- und Atmosphärenchemie-Modellen ein vereinfachter Chemie-Mechanismus gewählt, der lediglich die im urbanen Kontext bedeutendsten chemischen Spezies enthält, nämlich O₃, NO, NO₂, CO, eine stark vereinfachte VOC-Chemie und eine kleine Anzahl von Reaktionsprodukten. Ein vollständigerer komplexer Chemie-Mechanismus steht zusätzlich für den weniger Rechenzeit beanspruchenden RANS (Reynold-Averaged-Navier-Stokes)-Modus von PALM-4U zur Verfügung. Zur Illustration des Potentials dieser Neuentwicklung wurde PALM-4U im LES-Modus mit der vereinfachten Gasphasenchemie in sehr hoher Auflösung für ein Gebiet im Zentrum Berlins angewendet. Dabei berücksichtigte das Modell Emissionen aus Straßenschluchten und ausgewählten Punktquellen. Ergebnisse dieser Simulationen zu der Konzentrationsverteilung verschiedener Spurengase und die dazu gehörigen Windfelder werden präsentiert.

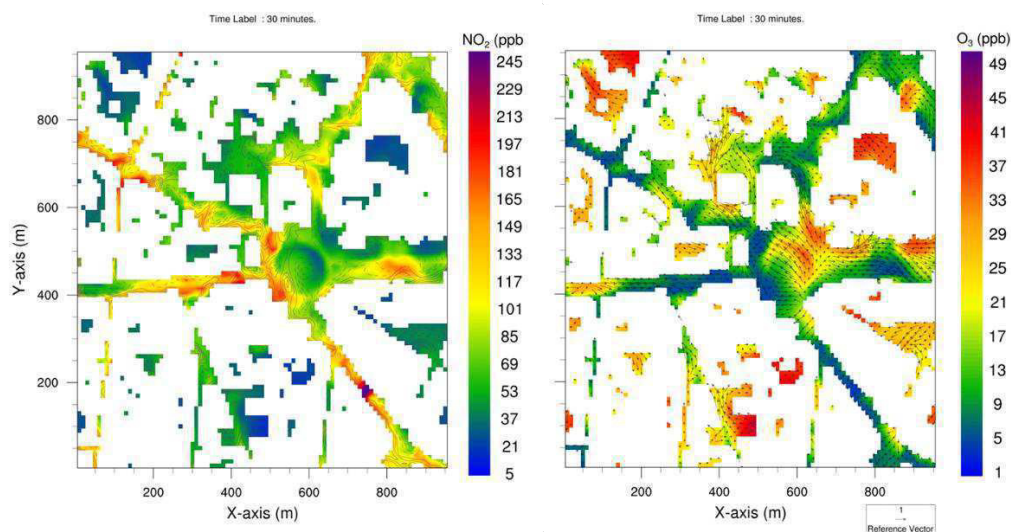


Abbildung: Instantaner Horizontalschnitt in 5 m Höhe: NO₂ Mischungsverhältnisse und Konturen des Vertikalwindes links, O₃ Mischungsverhältnisse und horizontale Windvektoren rechts.

Literatur:

- Kokkola, H., Korhonen, H., Lehtinen, K. E. J., Makkonen, R., Asmi, A., Järvenoja, S., Anttila, T., Partanen, A.-I., Kulmala, M., Järvinen, H., Laaksonen, A., and Kerminen, V.-M. (2008). SALSA – a Sectional Aerosol module for Large Scale Applications, *Atmos. Chem. Phys.*, 8, 2469-2483, <https://doi.org/10.5194/acp-8-2469-2008>,
- Maronga, B., Gryschka, M., Heinze, R., Hoffmann, F., Kanani-Sühring, F., Keck, M., ... Raasch, S. (2015). The Parallelized Large-Eddy Simulation Model (PALM) version 4.0 for atmospheric and oceanic flows: Model formulation, recent developments, and future perspectives. *Geoscientific Model Development*, 8(8), 2515–2551. <https://doi.org/10.5194/gmd-8-2515-2015>

Strahlungsaustausch in mikroskaligen Stadtklimamodellen: Welcher Detailgrad ist nötig?

Mohamed Salim^a, Sebastian Schubert^a, Christoph Schneider^a, Björn Maronga^b, Jaroslav Resler^c, Pavel Krč^c, Farah Kanani-Sühring^b, Matthias Sühring^b

^a Humboldt Universität zu Berlin/Geographisches Institut

^b Leibniz Universität Hannover/Institut für Meteorologie und Klimatologie

^c Czech Academy of Sciences/Institute of Computer Science

Der Strahlungsaustausch in städtischen Gebieten beinhaltet den Austausch von diffuser und direkter kurzwelliger Strahlung von der Sonne, langwelliger Strahlung von der Atmosphäre und langwelliger Emissionen von städtischen Oberflächen (Straßen, Wänden und Dächer). Zusätzlich wird die Strahlung an diesen Oberflächen teilweise absorbiert und teilweise reflektiert. Vegetation nimmt auch in dieser Interaktion teil. Die Berücksichtigung all dieser Effekte in mikroskaligen Stadtklimamodellen benötigt Entwicklungszeit, detaillierten Dateninput und Computerressourcen.

Innerhalb des Projekts MOSAIK entwickeln und implementieren wir den Strahlungsaustausch im neuen mikroskaligen Stadtklimamodell PALM-4U. Hier quantifizieren wir die Auswirkungen jedes Strahlungsprozesses mit diesem Modell. Dazu untersuchen wir die Auswirkungen der unterschiedlichen Komponenten der Strahlungsparametrisierung und der Anzahl der berücksichtigten Reflexionen auf sowohl die Strahlungs- und Energieflüsse als auch auf das Windfeld mikroskaliger Stadtsimulationen. Verschiedene Testfälle werden betrachtet, um einen weiten Bereich städtischer Komplexität und Oberflächenparameter wie Albedo und Emissivität abzudecken. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, welcher Detailgrad der Strahlungsparametrisierung nötig ist und wie viele Reflexionen sinnvollerweise in Simulationen berücksichtigt werden sollten.

Kopplung eines Gebäude-Energie-Modells mit dem urbanisierten Klimamodell COSMO-CLM/DCEP

Luxi Jin^a, Sebastian Schubert^a, Christoph Schneider^a

^a Humboldt Universität zu Berlin / Geographisches Institut

Gebäude-Energie-Modelle (BEMs) berücksichtigen die Wärmeentwicklung in den Gebäuden und ermöglichen somit die Berechnung der Wärmeflüsse zwischen den Gebäuden und der Atmosphäre. In dieser Studie wird ein BEM in das städtischen Double-Canyon-Effekt-Parametrisierungsschema (DCEP) integriert und in das mesoskaligen Klimamodell COSMO-CLM implementiert, um die gesamte anthropogenen Wärme in einem Stadtgebiet abzuschätzen.

Das verbesserte COSMO-CLM/DCEP-BEM wird dann für einen kalten Winter in der Stadt Berlin angewendet. Ein 3D-Gebäudemodell (CityGML Format; > 460000 Gebäude) der Stadt Berlin wird verwendet, um die Gebäudeparameter abzuleiten. Die anthropogene Wärme aus den Gebäuden und der Heiz-Energiebedarf werden berechnet durch die Festlegung einer Ziel-Raumtemperatur und durch die Analyse des Energieaustauschs zwischen Innen- und Außenraum. Außerdem wird die anthropogene Wärme aus dem Straßenverkehr in der untersten Modellschicht berücksichtigt. Die Wärmeabgabe aus dem menschlichen Stoffwechsel und aus der Industrie wird nicht in der Studie berücksichtigt, da sie in der Stadt Berlin eine untergeordnete Rolle spielt. Durch die Auswertung der Simulationen mit Beobachtungen stellen wir fest, dass das COSMO-CLM/DCEP-BEM das Stadtklima in Berlin besser simuliert.

Darüber hinaus wird die innerstädtische Variabilität des Klimas und der relative Einfluss des Gebäudesektors und des Verkehrssektors untersucht.

Literatur:

- S. Schubert, S. Grossman-Clarke, A. Martilli (2012); A Double-Canyon Radiation Scheme for Multi-Layer Urban Canopy Models; *Boundary Layer Meteorology*, doi:10.1007/s10546-012-9728-3
- S. Schubert, S. Grossman-Clarke (2014); Evaluation of the coupled COSMO-CLM/DCEP model with observations from BUBBLE; *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, doi:10.1002/qj.2311
- F. Salamanca, A. Martilli. (2010); A new Building Energy Model coupled with an Urban Canopy Parameterization for urban climate simulations -- part II. Validation with one dimension off-line simulations; *Theoretical and Applied Climatology* 99:345-356. doi: 10.1007/s00704-009-0143-8
- F. Salamanca, A. Krpo, A. Martilli and A. Clappier. (2010); A new Building Energy Model coupled with an Urban Canopy Parameterization for urban climate simulations -- part I. Formulation, verification, and sensitivity analysis of the model; *Theoretical and Applied Climatology* 99:331-344. doi: 10.1007/s00704-009-0142-9

Verbesserte Land Use Regression Methode zur Verteilungsmodellierung von Fein- und Ultrafeinstäuben in Innenstädten

Yahya Ghassoun^a, Marc-O. Löwner^a,

^a Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, Technische Universität Braunschweig, y.ghassoun | m-o.loewner @tu-braunschweig.de

Gesundheitsrisiken durch verkehrsbedingte fein- und ultrafeine Partikel (UFP) sind in Innenstädten signifikant nachweisbar (Bräuner et al., 2007), was jüngst durch die „Dieselaffäre“ erneut in den Blickpunkt der Öffentlichkeit gerückt wurde. Zur Unterstützung von kurz-, mittel- und langfristigen Minderungsmaßnahmen, wie Verkehrsleitung, Begrünung und städtebauliche Maßnahmen sind detaillierte Verteilungsmuster sowie eine hinreichende Kenntnis der Einflussfaktoren in Innenstädten erforderlich. Punktueller Messungen können dies allein aber nicht leisten.

Die geostatistische Land Use Regression Methode bietet eine schnelle und vergleichbar einfache Möglichkeit, Konzentrationsverteilungen von Fein- und Ultrafeinstäuben für den Innenstadtbereich zu modellieren (Wolf et al., 2017). Ausgehend von einzelnen Messpunkten und der Beschreibung unabhängiger, erklärender Variablen erlaubt sie es, Aussagen über Haupteinflussfaktoren auf entsprechende Verteilungsmuster zu treffen. Allerdings ist die Differenzierung der Einflussfaktoren bei traditionellen LUR zurzeit noch nicht weit entwickelt. Gleiches gilt für die Hinzunahme dreidimensionaler Informationen aus 3D-Stadtmodellen, die eine Beschreibung der Beeinflussung des lokalen Windfeldes durch Gebäude ermöglicht. Dies gilt umso mehr, als dass die Wirkung der 3D-Geometrien in Abhängigkeit der Hauptwindrichtung als dynamisch zu beschreiben ist.

In diesem Beitrag werden methodischer Verbesserungen der Land Use Regression Methode auf Grundlage vorhandener und selbst erhobener Daten aus Braunschweig und Berlin vorgestellt. Diese Verbesserungen beinhalten einmal die Untergliederung beschreibender Parameter in Teilmengen, die den Prozessen Produktion, Durchmischung und Akkumulation von Fein- und Ultrafeinstäuben zugeordnet werden. Standortbedingte Einflussfaktoren werden so beschreibbar. Zum zweiten wurden zur Verbesserung der Beschreibung der Durchmischung dreidimensionale Parameter aus 3D-Stadtmodellen abgeleitet und in die Modellierung eingebracht. Als Folge konnte eine Vereinfachung des Modells und eine leichte Verbesserung der Modellergebnisse erreicht werden. Als dritter Verbesserungsschritt wurden pseudodynamische Parameter in das Modell eingeführt, die den Einfluss der 3D-Parameter auf die Durchmischung in Abhängigkeit der Hauptwindrichtung beschreiben. Dieser letzte Ansatz eröffnet neben einer Modellverbesserung die ansatzweise dynamische Verteilungsbeschreibung der Aerosole.

Durch die eingeführten, methodischen Erweiterungen konnte eine signifikante Verbesserung der Land Use Regression Methode erreicht werden die nunmehr in der Lage ist, die Verteilung der Fein- und Ultrafeinstäube mit vertretbarem Aufwand zu erklären. Dies konnte erstmalig auch für die Partikelgrößenverteilung auf der urbanen Mikroskala, d.h. 101 - 103 m², gezeigt werden.

Literatur:

Bräuner EV, Forchhammer L, Møller P, et al. Exposure to Ultrafine Particles from Ambient Air and Oxidative Stress–Induced DNA Damage. *Environmental Health Perspectives*. 2007; 115(8):1177-1182. doi:10.1289/ehp.9984.

Wolf K, Cyrus J, Harciníková T, Gu J, Kusch T, Hampel R, Schneider A, Peters A. Land use regression modeling of ultrafine particles, ozone, nitrogen oxides and markers of particulate matter pollution in Augsburg, Germany. *Science of the Total Environment* 2017; 579:1531-1540.

Abschätzung der Windrichtungsverteilung auf Basis kürzerer Messdauer

Johannes Vergeiner^a, Alexander Klee^a, Gabriele Rau^b

^a Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Innsbruck

^b Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien

Die vorgestellte Methode wurde im Rahmen eines internen Forschungsprojekts entwickelt und ermöglicht eine rasch durchführbare Abschätzung der zu erwartenden jährlichen Windverhältnisse an einem bestimmten Ort auf Basis einer kürzeren Messung. Für die Untersuchung wurden 14 Stationspaare gebildet, die jeweils aus einer Messung am Projektstandort sowie einer möglichst benachbarten Referenzstation (TAWES-Messnetz oder INCA-Modellierung) bestehen. Die Bandbreite der Standorte reicht vom Flachland bis zu inneralpinen Stationen.

Methodisch wurden die Daten am Projektstandort auf unterschiedliche Messdauern (1 bis 11 Monate) mit variierendem Startmonat (Jänner bis Dezember) eingeschränkt und in diesem fiktiven Messzeitraum statistisch mit der Referenz abgeglichen. Die statistische Hochskalierung auf die Jahreswindverteilung an der Projektstation basiert auf zweidimensionalen Verteilungsmatrizen (für 36 Richtungen und 9 Geschwindigkeitsklassen) der Windrichtung. Die Häufigkeitsverteilungen an den Projektstationen werden anhand der bekannten Verteilungen an den jeweiligen Referenzstationen hochgerechnet. Die Abbildung beschreibt den Ablauf in vier Schritten in vereinfachter Form für die Richtungsabhängigkeit.

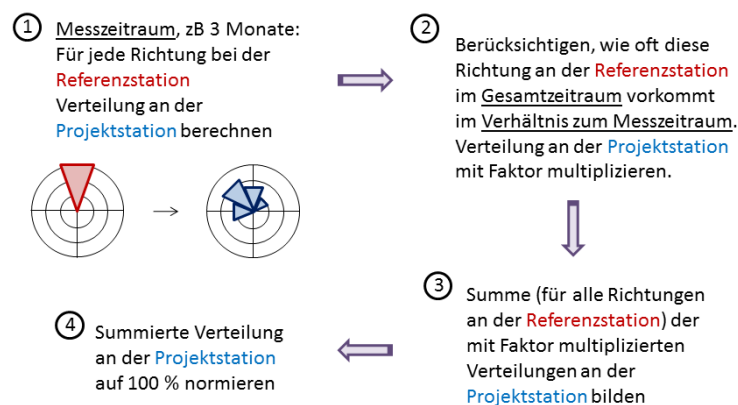


Abbildung: Sketch der Schritte für die statistische Hochskalierung auf die Jahreswindverteilung an der Projektstation bei reiner Richtungsabhängigkeit.

Angewendet kann die Methode immer dann werden, wenn die jährlichen Windverhältnisse an einem Ort bestimmt werden sollen, es aber keine passende Messung gibt und der direkte Modelloutput ebenso zweifelhaft ist.

Einige der Ergebnisse:

- Fällt die kürzere Messreihe in die Übergangsjahreszeiten, war an den meisten Stationen bereits eine einmonatige Messung besser als die simple Übernahme der Referenzstation.
- INCA erwies sich in den Untersuchungen als beste Referenz.
- Insgesamt sind die Windverteilungen in Tallagen besser ableitbar als in Beckenlagen.

Eine Ausweitung der Methode auf Ausbreitungsklassen sowie auf die Übertragung von Zeitreihen sind in Planung.

Zur räumlichen Repräsentativität gemessener und modellierter Daten

Klaus Bigalke^a, Matthias Rau^b

^a METCON Umweltmeteorologische Beratung, Pinneberg

^b Ingenieurbüro Rau, Heilbronn

Modellierte meteorologische Daten wie bspw. synthetische Ausbreitungsklassenstatistiken (SynAKS) werden zunehmend dort eingesetzt, wo lokale Messungen nicht oder nicht in der erforderlichen Qualität verfügbar sind. Der Entwurf der neuen TA Luft erlaubt dies auch, sofern Eignung und Qualität der modellierten Daten nachgewiesen sind. Die VDI-Richtlinie 3783 Blatt 22 zur Beschreibung geeigneter Qualitätssicherungsmaßnahmen befindet sich dazu in Vorbereitung. Ein Baustein der Qualitätssicherung ist die Prüfung modellierter Daten auf hinreichende Übereinstimmung mit Messungen an ausgewählten Standorten. Unverzichtbare Voraussetzung ist, dass beide Datensätze gleiche zeitliche und räumliche Repräsentativität aufweisen. Während gleiche zeitliche Repräsentativität relativ einfach zu prüfen und z.B. durch zeitliche Mittelung herzustellen ist, lässt sich die räumliche Repräsentativität nur schwer einschätzen und vergleichen und wird (deshalb?) nach unserer Erfahrung häufig stiefmütterlich behandelt.

Modellierte Daten sind immer Mittelwerte über Gittervolumina. Ihre räumliche Repräsentativität entspricht in erster Näherung der Gitterauflösung des verwendeten prognostischen Modells, die bei den SynAKS horizontal 500 m beträgt. Modellierter Daten können nur solche topographischen Strukturen in ihren Effekten auf die Windverhältnisse widerspiegeln, deren räumliche Skala oberhalb der Gitterauflösung liegt.

Gemessene Daten werden immer an einem Punkt erhoben. Ihre räumliche Repräsentativität ist schwieriger abzuschätzen, da sie grundsätzlich die Wirkungen aller groß- und kleinskaligen topographischen Strukturen der näheren und weiteren Umgebung beinhalten. Allerdings ist den Messungen nicht immer anzusehen, welche dieser Strukturen am Standort wirken.

Gleiche räumliche Repräsentativität modellierter und gemessener Daten wäre offensichtlich nur bei infinitesimal feiner Gitterauflösung der Modelldaten gegeben. Streng genommen ist daher ein Vergleich von Modell- und Naturdaten gar nicht möglich. Anders gesagt muss der Vergleich fast immer deutliche Differenzen aufweisen, da die Modelldaten Mittelwerten über Gittervolumina entsprechen, Messungen dagegen den Verhältnissen am Messpunkt.

Im Vortrag wird anhand von Beispielen die räumliche Repräsentativität gemessener und modellierter Winddaten (SynAKS) abgeschätzt und verglichen. Es zeigt sich, dass die räumliche Repräsentativität von Messungen häufig überschätzt wird und mit vergleichbarer räumlicher Repräsentativität die Qualität der Übereinstimmung mit modellierten Daten steigt.

Literatur:

Bigalke, K. et al. (2013): Synthetische Ausbreitungsklassenstatistiken SynAKS für Deutschland. Berechnung – Qualitätssicherung – Anwendung. Download unter http://www.metsoft.de/uploads/media/QS-SynAKS-V-1.1_01.pdf.

Entwurf der angepassten TA Luft vom 07.04.2017

VDI 3783 Blatt 22 (2018): Umweltmeteorologie; Qualitätssicherung meteorologischer Daten für die Ausbreitungsrechnung nach TA Luft und GIRL – Modellierter Daten. Richtlinie in Vorbereitung.

Erfahrungen bei der Berechnung der erforderlichen Kaminhöhe mit Hilfe der Richtlinie VDI 3781 Blatt 4 „Ableitbedingungen für Abgase für kleine und mittlere Feuerungsanlagen sowie andere als Feuerungsanlagen“

Thomas Flassak^a, Diana Bretschneider^b

^a Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co KG, An der Rossweid 3, 76229 Karlsruhe

^b Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co KG, Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul

Die Richtlinie VDI 3781 Blatt 4 „Ableitbedingungen für Abgase für kleine und mittlere Feuerungsanlagen sowie andere als Feuerungsanlagen“ (VDI 2017) dient zur Bestimmung der Mindesthöhe der Mündungen von Abgasableitrichtungen, die zur Ableitung von Emissionen aus Feuerungsanlagen, aus Anlagen, die organische Lösemittel freisetzen (z. B. nicht genehmigungsbedürftige Anlagen im Anwendungsbereich der 31. BImSchV) und aus anderen schadstoffemittierenden Anlagen eingesetzt werden. Die nach dieser Richtlinie bestimmte Mindesthöhe genügt den Anforderungen zum ungestörten Abtransport der Abgase mit der freien Luftströmung und zur ausreichenden Verdünnung der Abgase.

Der Abtransport der Abgase mit der freien Luftströmung ist gestört, falls die Abgasableitrichtung in eine Rezirkulationszone mündet, die verursacht werden kann durch das Gebäude mit der Abgasableitrichtung selbst, vorgelagerte Gebäude, auch unter Berücksichtigung der Hanglage, sowie Aufbauten auf Gebäuden.

In der Richtlinie VDI 3781 Blatt 4 werden die Rezirkulationszonen in Abhängigkeit von der Dachform (Flachdach, Sheddach, symmetrische bzw. unsymmetrische Satteldächer, Mansarddach, Walmdach) und der Gebäudemaße parametrisiert.

Es werden die Grundlagen der Richtlinie VDI 3781 Blatt 4 vorgestellt und berechnete erforderliche Kaminhöhen für Beispiele aus der Praxis demonstriert, wobei unter Berücksichtigung der Intension der Richtlinie jeweils verschiedene Möglichkeiten der Berechnung herausgearbeitet und fachlich diskutiert werden. Unterschiede der mit der Richtlinie berechneten Kaminhöhen im Vergleich zu anderen Regelwerken werden aufgezeigt und diskutiert. Außerdem wird auf Grenzen der Richtlinie eingegangen.

Literatur:

VDI (2017): Umweltmeteorologie Ableitbedingungen für Abgase. Kleine und mittlere Feuerungsanlagen sowie andere als Feuerungsanlagen. Richtlinie VDI 3781, Blatt 4. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft, Düsseldorf, Juli 2017.

Berücksichtigung detaillierter Oberflächenbedeckungen in der neuen Anwenderversion METRAS-PCL 5.0

David Grawe^a, Ronny Petrik^{a,b}, K. Heinke Schlünzen^a

^a Universität Hamburg, CEN, Meteorologisches Institut

^b jetzt: Helmholtzzentrum Geesthacht (HZG)

METRAS-PCL ist ein mesoskaliges prognostisches Modell, das in der gutachterlichen Anwendung seit langem zur Windfeldberechnung eingesetzt wird. Es ist die Anwenderversion des wissenschaftlichen Modells METRAS. Nun wurde die neue Version METRAS-PCL 5.0 fertig gestellt, die viele Aktualisierungen der wissenschaftlichen Version aufnimmt. Damit wurde insbesondere eine neue Berücksichtigung der Oberflächendaten für Anwender nutzbar gemacht, mit der eine deutlich feinere Klassifizierung der Oberflächeneigenschaften möglich ist. Das Modell unterscheidet jetzt zwischen über 50 verschiedenen Materialklassen und verwendet dabei weiterhin subgridskalige Flächennutzung, so dass ein breiterer Einsatzbereich des Anwendermodells möglich ist. Die neue Version wurde erfolgreich nach VDI 3783 Blatt 7 evaluiert.

Um mit dem Modell entsprechend fein klassifizierte Daten für Deutschland bereitstellen zu können, wurde der Datensatz LBM-DE2012 aufbereitet. Dabei konnte er in eine Form gebracht werden, in der die Daten allgemein verfügbar sind. Die im Datensatz LBM-DE2012 enthaltenen fein aufgelösten ATKIS-Informationen über die *Landbedeckung* wurden mit den gröberen CORINE-Informationen zur *Landnutzung* so verschnitten, dass die Oberflächenanteile der ATKIS-Datensatzes zur Charakterisierung der Oberflächeneigenschaften jeder CORINE-Klasse verwendet werden kann. Damit ist im Modellsystem eine für den deutschlandweiten Datensatz korrekte Berücksichtigung der Oberflächenbedeckung vor, die zusammen mit frei verfügbar bereitgestellten Topographiedaten für Deutschland verwendet werden kann.

Im Zuge der Aktualisierung konnte auch die Steuerung von METRAS-PCL vereinfacht werden. Insbesondere steht mit GRITOP-L gleichzeitig ein Präprozessor zur Aufbereitung der bereitgestellten Topographiedaten für METRAS-PCL zur Verfügung.

Dieser Beitrag präsentiert die Methode der Datenaufbereitung sowie Ergebnisse der neuen Modellversion.

Literatur:

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2016: *Digitales Landbedeckungsmodell für Deutschland LBM-DE2012*. 18p. <https://www.geodatenzentrum.de/docpdf/lbm-de2012.pdf>.

Schlünzen, K. H., Petrik, R. und Grawe, D., 2017. *METRAS-PCL Version 5.0 Benutzerhandbuch*. 85p. Meteorologisches Institut, CEN, Universität Hamburg. <https://www.mi.uni-hamburg.de/metraspcl>

VDI Fachbereich Umweltmeteorologie, 2017: *Umweltmeteorologie - Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle - Evaluierung für dynamisch und thermisch bedingte Strömungsfelder*. 83p. Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin.

Richtlinien für die physikalische Modellierung bodennaher atmosphärischer Strömungs- und Transportprozesse - was braucht die Praxis?

B. Leitl^a, W. Bächlin^b, B. Bauhofer^c, T. Eipper^d, F. Harms^a, V. Hildebrand^d,
R. Höffer^e, C. Kalender^e, R. Lieb^f, W. Theurer^g

^a Meteorologisches Institut der Universität Hamburg, EWTl, Bundesstraße 55, D-20146 Hamburg

^b Ingenieurbüro Lohmeyer, An der Roßweid 3, D-76229 Karlsruhe

^c GfA Gesellschaft für Aerophysik mbH, Aidenbachstraße 52, D-81379 München

^d TU Dresden, ILR, AG Experimentelle Aerodynamik, Marschnerstr. 28, D-01307 Dresden

^e Ruhr-Universität Bochum, Windingenieurwesen und Strömungsmechanik, Universitätsstraße 150, D-44801 Bochum

^f I.F.I. Institut für Industrieaerodynamik GmbH, Welkenrather Straße 120, D-52074 Aachen

^g Ingenieurbüro Theurer, An den Gewerbewiesen 16, D-67374 Hanhofen

Die physikalische Modellierung von Strömungs- und Transportprozessen in den bodennahen Luftschichten der Atmosphäre stellt ein etabliertes Verfahren zur Lösung praktischer Problemstellungen z.B. im Zusammenhang mit Fragen der Luftreinhaltung oder der Bewertung des Mikroklimas dar. Von besonderem Vorteil ist, dass bei sachgemäßer Anwendung des Werkzeugs "Grenzschichtwindkanal" selbst komplexe Hindernisgeometrien geometrisch hinreichend aufgelöst und turbulente Prozesse bzw. transiente Strömungs- und Ausbreitungsphänomene im für praktische Fragestellungen relevanten Skalen- und Zeitbereich modelliert und messtechnisch erfasst werden können. Auch kann die physikalische Modellierung qualitativ abgesicherte und physikalisch vollständige Referenzdatensätze zur Validierung entsprechender numerischer Modelle liefern. Als problematisch wird allerdings gesehen, dass eine in verschiedenen Windkanälen untersuchte Problemstellung Unterschiede in den Simulationsergebnissen aufweisen kann. Mit der Einführung von Modellierungsrichtlinien wurden Mindestanforderungen an Modellversuche definiert, die Verlässlichkeit und Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewährleisten sollen. Gegenwärtig wird die entsprechende VDI-Richtlinie 3783/12 (2000) überarbeitet. Neben der Anpassung der Richtlinieninhalte an den aktuellen Stand der Forschung und Technik ist die Einführung verschiedener Komplexitätsstufen der Windkanalmodellierung vorgesehen, die den sicheren und effizienten Einsatz des Werkzeugs "Grenzschichtwindkanal" in einer Vielzahl von praktischen und wissenschaftlichen Anwendungsgebieten auch in der Zukunft sicherstellen sollen. Der Beitrag erläutert das überarbeitete Konzept der Richtlinie und diskutiert verschiedene Anforderungen an die umweltmeteorologische Modellierung mit Bezug auf Aspekte der Ergebnisgenauigkeit sowie der Effizienz zum Beispiel im Rahmen gutachterlicher Tätigkeit.



Literatur:

VDI 3783/12 (2000): Umweltmeteorologie: Physikalische Modellierung von Strömungs- und Ausbreitungsvorgängen in der atmosphärischen Grenzschicht - Windkanalanwendungen. VDI/DIN - Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1b; Beuth Verlag GmbH, Berlin

Wind-LIDAR Messungen über einer Innenstadt

Moritz Lochmann^a, Armin Raabe^a

^a Universität Leipzig, Institut für Meteorologie Stephanstr. 3, 04103 Leipzig

Zum ersten Mal werden langfristige Dopplerlidarmessungen der Windgeschwindigkeit eines Leosphere Windcube Dopplerlidars über Leipzig ausgewertet. Dabei konzentriert sich diese Arbeit auf Messwerte von August 2015 bis Oktober 2017 bezüglich der vertikalen und horizontalen Windgeschwindigkeit, der Windrichtung und der Turbulenzintensität bis in eine Höhe von ca. 500 m.

Die Arbeit mit dem Messgerät zeigt, dass eine besonders kritische Auseinandersetzung mit der Zuverlässigkeit der Messwerte notwendig ist. Auffällig sind die unteren Messniveaus des Geräts und die Messung der Vertikalgeschwindigkeit.

Die Ergebnisse zeigen unter anderem eine gute Übereinstimmung mit der Ekman-Theorie. Auch die erhöhte Rauigkeit der Stadtoberfläche gegenüber dem ländlichen Raum wird in der Auswertung deutlich. Es wurde eine Möglichkeit dargestellt, um den turbulenten Diffusionskoeffizienten und die aerodynamische Rauigkeitslänge aus den Messwerten abzuleiten und erste Abschätzungen dieser Größen vorzunehmen. Diese Arbeit legt nahe, den Einsatz der Fernerkundungsmessung zur Bestimmung der urbanen Grenzschichtdynamik fortzusetzen und wenn möglich zu erweitern.

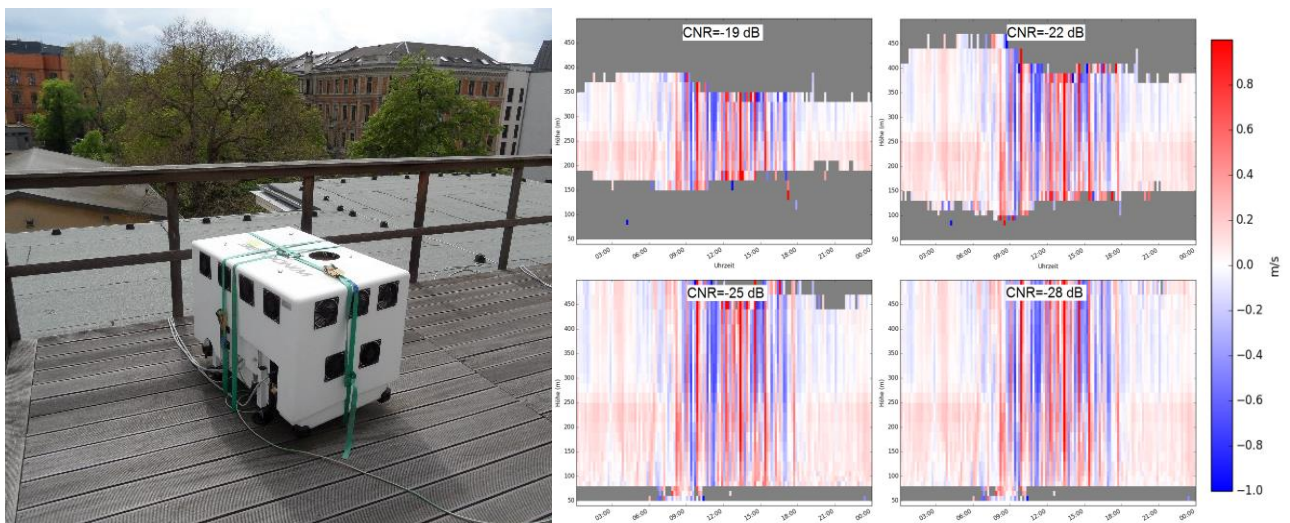


Abbildung (links): Leosphere Windcube Dopplerlidar am Messstandort; Abbildung (rechts): Tagessatz der Vertikalgeschwindigkeitsmesswerte in Abhängigkeit von der Signalqualität (CNR – carrier-to-noise-ratio)

Literatur:

M. Lochmann: Dynamik der atmosphärischen Grenzschicht über der Stadt, MSC Arbeit LIM, 2017

Effects of Thermally Induced Circulation on City Ventilation – Are They Important for Air Ventilation Assessments?

Tobias Gronemeier^a, Siegfried Raasch^a, Edward Ng^{b,c,d}

^a Institut für Meteorologie und Klimatologie, Leibniz Universität Hannover, Hannover, Deutschland

^b School of Architecture, The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong, China

^c Institute of Future City (IOFC), The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong, China

^d Institute of Energy, Environment and Sustainability (IEES), The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong, China

Air ventilation is crucial for the well-being of the urban population, especially in large cities. Therefore, local governments start to demand air ventilation assessments (AVAs) prior to the construction of new buildings inside their city. However, a standard AVA usually considers only neutral stratification. Thermal effects such as convection and secondary circulations are widely neglected. To study thermal effects on city ventilation, high-resolution turbulence-resolving simulations are required. For this reason, we utilize the large-eddy simulation (LES) model PALM and operate it using a spatial resolution of 2 m throughout the city area; in this study, we focus on Kowloon City, Hong Kong. First results already revealed a strong influence of unstable stratification on city ventilation in case of low-wind conditions. In a second step, sea-breeze-like secondary circulations are considered through differential surface heating within the simulation. Preliminary results already display significant changes in the ventilation paths throughout the city area when taking into account the differential heating. Hence, standard AVAs do not represent the true ventilation and might even point out erroneous ventilation paths if thermal effects are simply neglected.

Literatur:

Gronemeier, T., Raasch, S. und Ng, E., 2017. Effects of Unstable Stratification on Ventilation in Hong Kong. *Atmosphere*, 8, 168: 1-15.

Numerische Simulationen zur Sturmgefährdung von Stadtbäumen

Günter Gross^a

^a Universität Hannover, Institut für Meteorologie und Klimatologie, Herrenhäuser Str.2, 30419 Hannover

Ein mikroskaliges Stadtklimamodell wird um eine Komponente erweitert, um die Sturmgefährdung von Stadtbäumen zu untersuchen. Bei der Erweiterung handelt es sich um ein Windwurfmodell, das in der Forstwissenschaft angewendet wird. Anhand des Vergleichs von Ergebnissen aus Zugversuchen an einzelnen Bäumen und den Resultaten des erweiterten Modells wird die prinzipielle Realitätsnähe gezeigt. Die Demonstration der Anwendbarkeit erfolgt anhand der Berechnungen für ein Teilgebiet von Braunschweig (Hagenmarkt), bei dem es während des Sturms „Xavier“ im Oktober 2017 zu signifikanten Baumschäden gekommen ist. Ein Vergleich der Modellergebnisse mit verfügbaren Beobachtungen zeigt eine sehr zufriedenstellende Übereinstimmung. Sowohl der zeitliche Beginn der Schäden als auch die räumliche Betroffenheit während der unterschiedlichen Phasen des Sturms können von dem Modell erfasst werden.

Bewertung des Einflusses wechselnder Windrichtungen auf die Erfassung verkehrserzeugter Immissionsbelastungen im Nahfeld der Quelle

Kerstin Schäfer^a, Frank Harms^a, Bernd Leitl^a

^a Universität Hamburg / Meteorologisches Institut, Windkanal (University of Hamburg/ Meteorological Institute, EWTL)

Verkehrserzeugte Luftbelastungen stellen vor allem in dicht bebauten, innerstädtischen Gebieten noch immer ein erhebliches Problem dar. Insbesondere im Umfeld stark frequentierter Straßenzüge werden hohe Luftbelastungswerte gemessen und belastete Luftmassen werden vom bodennahen Wind in angrenzende Straßenzüge transportiert. Im Gegensatz zur Ausbreitung im freien Gelände werden dabei Transportrichtung und turbulentes Mischen nicht nur vom mittleren Wind bestimmt, sondern hängen auch wesentlich von der Orientierung von Straßenzügen relativ zum mittleren Wind und der Vertikalstruktur der Bebauung ab. Durch die Kanalisierung des bodennahen Windes in Straßenschluchten kann der bodennahe Luftschadstofftransport einerseits relativ unabhängig von den Windverhältnissen über Dach erfolgen, andererseits können bereits geringe Änderungen in der mittleren Windrichtung über Dach einen grundsätzlichen Wechsel des Ausbreitungsmusters und der Luftbelastungen zur Folge haben. Die sachgerechte Interpretation entsprechender Messdaten aus Naturversuchen wird erschwert, wenn zeitlich begrenzte Immissionsmessungen aufgrund sich stetig ändernder Windrichtung und Windstärke aber auch als Folge von Beiträgen unterschiedlicher Emissionsquellen eine sehr große Streubreite aufweisen.

Im Rahmen des BMBF-Projektes "Stadtklima im Wandel" [UC]²-3DO (2016) wurde exemplarisch für das Untersuchungsgebiet Ernst-Reuter-Platz Berlin der Einfluss variierender mittlerer Windrichtungen auf die Immissionscharakteristika im bodennahen Bereich untersucht. Das Untersuchungsgebiet wurde im Maßstab von 1:500 im großen Grenzschichtwindkanal des Meteorologischen Instituts der Universität Hamburg modelliert (vergl. Abbildung). Entlang der Hauptverkehrsstraßen wurden Emissionsquellen in das Modell eingebaut, mit deren Hilfe die linienhafte Luftschadstofffreisetzung entlang der Straßenzüge simuliert werden kann. Im Untersuchungsgebiet wurde im Rahmen des Projektes [UC]²-3DO die Luftbelastung an mehreren Stadtorten (temporär) erfasst. Analog wurde im Windkanalversuch für Emissionen entlang der Straße des 17. Juni, der Kantstraße und der Hardenbergstraße der Luftschadstofftransport in die angrenzende Bebauungsstruktur gemessen. Dabei wurde die mittlere Windrichtung systematisch variiert und deren Einfluss auf die Immissionsbelastung im Nahbereich der Freisetzungsorte - separiert von anderen Einflussgrößen - bestimmt. Der Beitrag illustriert, wie wichtig - und ggf. schwierig - die Zuordnung von Immissionsmessungen zu repräsentativen mittleren Windverhältnissen über Dach für die korrekte Interpretation von Naturmessdaten ist.



Abbildung: Windkanalmodell vom Ernst-Reuter-Platz Berlin im WOTAN Windkanal der Universität Hamburg.

Literatur:

[UC]²-3DO (2016): <http://uc2-3do.org/>

Drei Perspektiven auf ein kleinräumiges städtisches Windfeld: Vergleich von Realität, Windkanal-Experimenten und Modellsimulationen

Sarah Wiesner^a, Felix Ament^a, Akio Hansen^a, Bernd Leitl^a, Kerstin Schäfer^a

^a Universität Hamburg/ Meteorologisches Institut

Städtische Windfelder sind räumlich und zeitlich sehr variabel aufgrund der sich kleinräumig ändernden Oberflächen und Hindernisse innerhalb der urbanen Rauigkeitsschicht. Die lokalen Windbedingungen sind für die Lebensqualität der Bewohner stetig wachsender Städte von großer Relevanz, wobei ihre Abschätzung eine Herausforderung für Forscher und Stadtplaner ist. Heutzutage werden numerische Modelle verwendet um Informationen über kleinräumige Windvariabilität zu erhalten. Die Auflösung der meisten operationellen Stadtmodelle ist jedoch zu grob, um Variationen auf einer Subgrid-Skala zu erkennen. Experimente im Windkanal ermöglichen eine detaillierte Sicht auf Strukturen, erfordern dabei allerdings eine Vereinfachung der baulichen Formen und der städtischen Morphologie. Die genauesten Winddaten können durch hochauflösende Messungen in der realen Umgebung gewonnen werden, wobei sie jedoch meist zeitlich begrenzt und teuer sind, während sie nur Informationen über ausgewählte Stellen und Zeitpunkte liefern können, da die Anzahl der betriebenen Instrumente begrenzt ist.

Dieses Dilemma führt zu der Frage: Wie können diese drei Methoden zu einer Windfeldabschätzung städtischer Gebiete im kleinräumigen Maßstab sinnvoll kombiniert werden, um umfassendere Informationen zu erhalten?

In dieser Studie werden die Windverhältnisse entlang eines großen Gebäudes in einem sich aktuell entwickelnden Stadtteil mit allen drei Methoden betrachtet. Das Untersuchungsgebiet liegt direkt an der Elbe in der Hamburger Innenstadt und weist vergleichsweise einfache Anströmungsbedingungen von Seiten des Flusses auf. Dies vereinfacht die Implementierung des Bereichs in numerische und Windkanalmodelle.

Die erste Säule der Studie sind hochauflösende in-situ Messungen während intensiver Beobachtungszeiträume von jeweils vier Wochen im Sommer und Winter 2017 und 2018. Ein Zwei-Stufen-Ansatz wird in dem Experimentaufbau angewendet, indem sowohl die übergeordneten, antreibenden Windbedingungen als auch die lokale Modifikation gemessen werden. Hierdurch ein wohldefinierter Testfall erstellt. Die ungestörte Anströmung wird von zwei Windmasten, einem Wind LiDAR und einem Fesselballon gemessen. Die detaillierte Struktur der Strömung auf der Nordseite des Gebäudes wird durch eine Anordnung von zwölf 3D-Ultraschallanemometern mit 20 Hz Aufzeichnungsrate erfasst, die an sechs Windmasten in 3 und 6 m Höhe über der Straße angebracht sind.

Systematische und vordefinierte Grenzschicht-Windkanal-Experimente sind die zweite Säule dieser Studie. Entsprechende Messungen für ausgewählte Strömungsrichtungen werden durchgeführt, um eine Analyse der gesamten dreidimensionalen Strömungsstruktur zu ermöglichen, wodurch zuverlässige Informationen über die Repräsentativität lokaler Messungen geliefert werden.

Als dritte Säule werden hochauflösende numerische Simulationen des Untersuchungsgebiets durch das parallelisierte Large-Eddy-Simulationsmodell (PALM) für den Untersuchungsbereich durchgeführt. Die Simulationen bieten eine horizontale und vertikale Auflösung von 1 m, um genaueste 3D Windinformationen sowie hochauflösende Zeitreihen für bestimmte Messorte zu erhalten. Damit lösen die Simulationen den größten Teil der Turbulenzen, die von urbanen Strukturen erzeugt werden, auf.

Wir werden eine kritische Bewertung dieser drei komplementären Schätzungen des Windfeldes präsentieren und zeigen, wie diese Methoden effektiv kombiniert werden können.

GIS-gestützte automatisierte Berechnung von 3D-Rauigkeitsparametern für urbane Gebiete zur Ableitung von Durchlüftungspotentialen

René Burghardt^a, Yahya Ghassoun^b

^a Universität Kassel / Fachgebiet Stadtumbau u. Stadterneuerung / Burghardt und Partner, Ingenieure

^b Technische Universität Braunschweig / Institut für Geodäsie und Photogrammetrie

Im Kontext einer zukunftsgerechten und klimaangepassten Stadtentwicklung sowie der zunehmenden Schadstoffbelastung in den Städten, gewinnt die Sicherung und Entwicklung des städtischen Durch- und Belüftungspotentials zunehmend an planerischer Bedeutung.

Während die numerische Windfeldberechnung für ausgedehnte städtische Flächen (sofern möglich) in der Regel hohen finanziellen und zeitlichen Aufwand bedeutet, bietet der geostatistische Ansatz der „Frontal-Area“ sowie der daraus ableitbaren 3D - Rauigkeitsparameter eine planungsrelevante Alternative, nicht zu Letzt als wichtige Grundlage zur Bestimmung der Luftleit- und Durchlüftungsbahnen im Rahmen von stadtklimatischen Untersuchungen und Modellierungen (z.B. Klimafunktionskarten).

Auf Grundlage der Arbeiten von Gal & Unger, (2009) sowie Evens (2009) wurde für das Geoinformationssystem ArcGIS und ArcGIS PRO eine „One-Click“ Lösung entwickelt, die es ermöglicht die 3D Rauigkeitsparameter in Abhängigkeit der Windrichtung und des Gebäudebestandes zu berechnen. Zu den 3D Rauigkeitsparametern gehören unter anderem die Rauigkeitslängen $Z_{(0)}$, die Nullpunktverschiebung $Z_{(d)}$ sowie variable städtische Porosität $Ph_{(var)}$. Als Bezugs- und Berechnungsraum um einzelne Gebäude und Gebäudegruppen werden im Kontext der Durch- und Belüftungsfragestellung Voronoi Polygone genutzt. Die Methode wurde unter anderem im Rahmen eines Forschungsprojektes für die Stadt Chicago evaluiert. Hierbei lag die Berechnungszeit für das gesamte Stadtgebiet (804.210 Gebäude / Komplexen) für zwei Windrichtungen bei durchschnittlich 1:30 Stunde.

Zusätzlich wurde das Tool für den Einsatz im Kontext eines LUR-Modells zur Vorhersage ultrafeiner Partikelkonzentrationen unter ausschließlicher Verwendung urbaner morphologischer Parameter angepasst, welches an der TU Braunschweig eingesetzt und verbessert wird. Anstelle der Voronoi Polygone werden die Berechnungsräume über Punkte sowie individuelle Puffergrößen bestimmt. Weiterhin ist für jeden Untersuchungspunkt eine individuelle Windrichtung definierbar. Auswertungen haben eine hohe statistische Genauigkeit der Methode ergeben. Die Berechnungszeit für 27 einzeln und individuell definierbare Untersuchungsräume bei einem 100 m Untersuchungspuffer liegen im Durchschnitt unter 5 Minuten.

Aktuell wird das Tool um die Einflussfaktoren Topographie, Bäume sowie der Berücksichtigung der Dachform (LoD2) erweitert. Erste Versuche im Kontext des LUR Modells deuten auf eine weitere Steigerung der Berechnungsgenauigkeit hin. Zusätzlich findet die Implementierung als Webservice statt, so dass das Tool auch als Service on Demand für die Planung zur Verfügung stehen wird.

Durch den Einsatz und die Leistungsfähigkeit moderner Geoinformationssysteme ist es möglich stadtplanungsrelevante Größen zeit- und ressourcenschonend zu berechnen, um diese bzw. bei der Ausweisung neuer Baugebiete und den Vorgaben zur Gebäudeausrichtung zu berücksichtigen.

Literatur:

Gal, T., Unger, J., 2009. Detecting ventilation paths using high-resolution roughness parameter mapping in large urban areas. *Building and Environment* 44. 198 – 206.

Evens, S., 2009. 3D cities and numerical weather prediction models: An overview of the methods used in the LUCID project. UCL Working Paper Series. Paper 148.

Luftleitbahnen auf der Spur: GIS-gestützte Methode zur Identifizierung von Kaltluftbahnen in urbanen Räumen

Laura Grunwald^a, Stephan Weber^a

^a Technische Universität Braunschweig, Institut für Geoökologie

Die zunehmende Urbanisierung führt zu einer Intensivierung des Phänomens der urbanen Wärmeinsel. Derzeit werden verschiedene Mitigationsstrategien zur Gewährleistung des thermischen Wohlbefindens der Stadtbewohner diskutiert. Eine planerische Strategie ist die Aufrechterhaltung der Belüftung von Städten mittels Luftleitbahnen. Luftleitbahnen kennzeichnen offene Flächen und Korridore, über die kältere Luft aus nicht bebauten Umlandbereichen in überwärmte städtische Regionen vordringen kann (Kaltluftleitbahn). In dieser Arbeit wurde eine Methode zur Identifizierung von städtischen Luftleitbahnen entwickelt. In einem ersten Schritt erfolgt eine Simulation der Strömungsverhältnisse sowie der Kaltluftbildung und des –transports mittels des numerischen Kaltluftabflussmodells KLAM_21 (Deutscher Wetterdienst). Anschließend erfolgt die Analyse und Weiterverarbeitung der Modellergebnisse mittels ArcGIS. Zusätzlich werden Ausgleichsräume (Kaltluftproduktion) und Wirkungsräume (überwärmte Bereiche) identifiziert, welche durch die Luftleitbahnen verbunden sind. Weiterhin wird eine Unterscheidung der Luftleitbahnen in lokal und regional vorgenommen. Die Methode wurde am Beispiel der Stadt Braunschweig (Niedersachsen) durchgeführt. Erste Ergebnisse zeigen, dass im Stadtgebiet von Braunschweig neun Ausgleichsräume (mit einem Flächenanteil von 21 % der Stadtfläche) vorliegen, aus denen jeweils eine Luftleitbahn entspringt. Fünf Luftleitbahnen wurden als lokal und vier als regional eingestuft. Da sich die Methode an objektiven Parametern orientiert, lässt sie sich auf andere Städte und Gemeinden übertragen. Die Modellergebnisse wurden mittels Messdaten validiert und die weiterführenden Analyseergebnisse mit etablierten Methoden (Local Climate Zones; Klimafunktionskarte) verglichen. Insgesamt zeigt die entwickelte Methode plausible Ergebnisse und weist großes Potential auf, um Stadtplanern und Umweltbehörden zu helfen, auch zukünftig ein positives Stadtklima zu gewährleisten.

Einfluss der Bebauungsstruktur auf innerstädtische Temperaturunterschiede

Julia Hackenbruch^a, Rowell Hagemann^b, Christoph Kottmeier^b

^a Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Meteorologie und Klimaforschung; jetzt: Stadt Karlsruhe

^b Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Meteorologie und Klimaforschung

Die städtische Wärmeinsel ist sowohl durch eine hohe tages- und jahreszeitliche als auch eine hohe räumliche Variabilität gekennzeichnet. Neben dem Auftreten von Temperaturunterschieden zwischen Stadt und Umland prägen sich kleinräumige Temperaturunterschiede aus. Diese sind stark von der Art der Bebauung, der Bebauungsdichte und dem Grünflächenanteil beeinflusst. Ihre genaue Kenntnis gibt Hinweise, in welchen Quartieren oder Stadtstrukturen stadtplanerische Maßnahmen zur Minderung des Wärmeinseleffektes, insbesondere in Hinblick auf Belastungen während Hitzeperioden, getroffen werden sollten.

Für die Stadt Karlsruhe liegen mehrjährige mobile Messungen vor, die räumlich detaillierte Analysen auf breiter statistischer Basis erlauben. Das Institut für Meteorologie und Klimaforschung des Karlsruher Instituts für Technologie setzte dafür eine Stadtbahn der Karlsruher Verkehrsbetriebe, die AERO-TRAM, als Messgeräteträger ein, um meteorologische Parameter (Temperatur, Feuchte, Wind) sowie Luftbeimengungen in der Stadt und ihrem Umland zu messen. Die Vorteile dieser Datenerhebung sind die sehr hohe räumliche Auflösung und die Regelmäßigkeit der Messfahrten (kontinuierliche Messung über eine feste Strecke nach Fahrplan). Insgesamt wurden zwischen den Jahren 2010 bis 2016 Messwerte während insgesamt 4999 Fahrten im normalen Linienbetrieb der Stadtbahn auf zwei Linien erfasst.

In der Präsentation werden die räumlichen Temperaturunterschiede zu den unterschiedlichen Tages- und Jahreszeiten gezeigt. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Quantifizierung des Zusammenhangs zwischen Temperatur und Bebauungsstruktur über die beiden Indikatoren Versiegelungsgrad und Stadtstrukturtyp. Darüber hinaus erlaubte eine Klassifikation mittels einer Hauptkomponentenanalyse solche Streckenabschnitte der AERO-TRAM zu identifizieren, die in Bezug auf ihre Temperaturcharakteristika Ähnlichkeiten aufweisen.

Literatur:

- Hackenbruch, J. (2018): Anpassungsrelevante Klimaänderungen für städtische Baustrukturen und Wohnquartiere. Wissenschaftliche Berichte des Instituts für Meteorologie und Klimaforschung des Karlsruher Instituts für Technologie, Band 77. URL: <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000080685> (Zugriff 14.05.2018)
- Hagemann, R., Corsmeier, U., Kottmeier, C., Rinke, R., Wieser, A., und Vogel, B. (2014). Spatial variability of particle number concentrations and NO_x in the Karlsruhe (Germany) area obtained with the mobile laboratory 'AERO-TRAM'. Atmospheric Environment, 94, 341–352.

Thermische Exposition von Fußgängern und Radfahrern in städtischer Umgebung

Ronald Queck^a, Valeri Goldberg^a

^a Technische Universität Dresden, Institut für Hydrologie und Meteorologie, Professur Meteorologie

Thermische Belastungen von Stadtbewohnern, die vor allem während autochthoner Wetterlagen in Großstädten auftreten, erhöhen direkt das Risiko von Herz-Kreislaufbeschwerden, aber auch indirekt kann thermischer Stress durch Verminderung der Konzentrationsfähigkeit zu Unfällen führen. Methoden zur Erfassung thermischer Belastung in numerischen Modellen basieren bisher auf Untersuchungen in Innenräumen, die unter quasi stationären Bedingungen durchgeführt wurden. Die kumulative thermische Belastung im Freiland kann damit nur unzureichend beschrieben werden.

Hier knüpft das vorgestellte Projekt an, welches Teil der BMBF Fördermaßnahme „Stadtklima im Wandel“ ist. Projektziel ist es die biometeorologische Exposition von Stadtbewohnern direkt aus Messungen im Freiland zu bestimmen und diese Ergebnisse mit Berechnungen numerischer Modelle zu vergleichen. Im Fokus stehen dabei klimatische Extreme. Zu diesem Zweck wurden 2017 und 2018 jeweils im Januar in Hamburg und im August in Berlin mobile Messungen durchgeführt.

Die eingesetzten mobilen Plattformen (Rucksack und Fahrrad) ermöglichen eine direkte Bestimmung der individuellen Exposition und repräsentieren Lebensräume in hoher räumlicher Auflösung (Kuttler und Düttemeyer, 2003). Mit einer Frequenz von 1 Hz wurden Temperatur, Feuchte, Wind und die kurzweilige und langweilige Strahlung aus bis zu 4 Raumrichtungen aufgenommen. Die räumliche Zuordnung der Daten basiert auf GPS Aufzeichnung und rund 100 000 Fotos.

Im Tagungsbeitrag soll das entwickelte qualitätsgesicherten Messkonzept vorgestellt werden. Es liefert zum einen repräsentative Daten für bestimmte Orte, deckt zugleich aber auch den typischen Aktionsradius eines Stadtbewohners ab. Anhand der Ergebnisse der im August 2017 durchgeführten Messungen wird eine Quantifizierung der biometeorologischen Exposition auf typischen Fußgänger- und Fahrradrouen im Hochsommer vorgenommen.

Beim Vergleich bzw. der Validierung von Ergebnissen numerischer Simulationen mit mobilen Messungen muss beachtet werden, dass diese sich sowohl hinsichtlich der Betrachtungssysteme, als auch der räumlichen und zeitlichen Auflösung unterscheiden (Britter und Schatzmann, 2007). Untersuchungen zu diesen Problemen werden am Beispiel des mikroskaligen Modells ENVI-met (Bruse und Fleer, 1998) vorgestellt und abschließend diskutiert.

Literatur:

- Bruse, M., Fleer, H., 1998: Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. *Environmental Modelling and Software with Environment Data News*, 13, 373–384.
- Kuttler, W., Düttemeyer, D., 2003: Umweltmeteorologische Untersuchungsmethoden. *Deutscher Wetterdienst*, 30(1/2), 15–27.
- Britter, R., Schatzmann, M., 2007. COST 732 - Model evaluation guidance protocol document, COST 732 - Quality Assurance and improvement of micro-scale meteorological models, 28.

Mikroskalige Modellierung der bio-meteorologischen Wirkung städtischer Wasserflächen

Jana Fischereit^a, David Grawe^b, K. Heinke Schlünzen^a

^a Meteorologisches Institut, CEN, Universität Hamburg

^b CEN, Meteorologisches Institut, Universität Hamburg

Bebauung, künstliche Baumaterialien und Emission verändern den Strahlungs- und Wasserhaushalt sowie die thermischen und aerodynamischen Bedingungen in Städten gegenüber dem Umland. Durch diese veränderten lokalklimatischen Bedingungen entwickelt sich in Städten unter anderem die städtische Wärmeinsel. Als mögliche Strategie zur Minderung der städtischen Wärmeinsel werden neben städtischer Vegetation auch Wasserflächen genannt. Ziel dieses Beitrages ist es, die Wirkung von Wasserflächen mit unterschiedlichen Charakteristiken auf die thermischen Bedingungen in der umgebenden Bebauung unter einer Vielzahl von meteorologischen Situationen zu analysieren. Da Wasserflächen alle Parameter beeinflussen, die das thermische Befinden des Menschen bestimmen, muss eine solche Analyse mittels bio-meteorologische relevanten thermischen Indizes erfolgen.

Für die Analyse werden zeitabhängige hindernisauflösende Simulationen mit dem Microscale TRANsport and Stream model MITRAS durchgeführt. Für diese Anwendung wurde das Strahlungsschema in MITRAS weiterentwickelt, sodass der kurz- und langwellige Strahlungsaustausch zwischen Gebäude- und Bodenoberflächen simuliert wird. Zusätzlich wird die mittlere Strahlungstemperatur berechnet, um die beiden bio-meteorologischen Indizes Physiological Equivalent Temperature (PET) und Universal Thermal Climate Index (UTCI) aus Modellergebnissen abzuleiten (Fischereit 2018). Diese zwei Indizes wurden ausgewählt, da sie sich in ihrer Komplexität sowie ihrer Sensitivität zu den Eingangsgrößen unterscheiden, sodass sie möglicherweise unterschiedliche Ergebnisse liefern.

Mit diesem erweiterten Modell werden Simulationen mit idealisierten Stadtstrukturen für verschiedene meteorologische Situationen durchgeführt, um den Einfluss von umliegender Bebauung, Vegetation, Größe der Wasserfläche und den meteorologischen Bedingungen auf die Stärke und der Reichweite des Einflusses von urbanen Wasserflächen zu bestimmen. Die vier ausgewählten idealisierten Bebauungsstrukturen können alle der Local Climate Zone 5 zugeschrieben werden, enthalten aber unterschiedliche Gebäudetypen (Blockrandbebauung und Zeilenbebauung) und unterschiedlichen Bewuchs entlang der Wasserfläche. Die Gebäudeszenarien werden für zwei unterschiedlich ausgedehnte Wasserflächen analysiert: ein schmaler Kanal und ein breiter See. Für die Auswahl der meteorologischen Situationen wird eine statistische Methode angewendet, die es ermöglicht, klimarelevante Aussagen für wolkenfreie Tage in einem maritim beeinflussten Klima in den mittleren Breiten zu treffen. Basierend auf den Simulationsergebnissen wird das Potential von urbanen Wasserflächen als Strategie zur Minderung der städtischen Wärmeinsel beschrieben.

Literatur:

Fischereit J., 2018. Evaluation of thermal indices for their usability in obstacle resolving meteorology models, Int. Journal Biometeorology, under review

Trees as Indicators of the Urban Heat Island

Sebastian Schneider^{a,b}, Stefanie Elsholz^a, Burkhard Neuwirth^c, Ingo Heinrich^{a,d}, Daniel Balanzategui^{a,d},
Christoph Schneider^a

^a Geography Department, Humboldt-Universität zu Berlin, Germany

^b Department of Earth Sciences, Institute of Geographical Sciences, Freie Universität Berlin, Germany

^c DeLaWi-TreeRing Analyses, Windeck, Germany

^d Helmholtz Centre Potsdam GFZ German Research Centre for Geosciences, Department 5 Geoarchives, Germany

The project “Trees as Indicators of the Urban Heat Island” investigates different tree species in Berlin, the city with the most pronounced Urban Heat Island (UHI) in Germany. The main objective of the project goal is the reconstruction and modeling of spatial distribution and spatiotemporal evolution of the urban heat island using dendroecological parameters (tree-ring width, pointer years, visual features). In a first step, the climate-growth relations were analyzed for 13 urban tree sites along a UHI-gradient in the district Neukölln of the City of Berlin and compared with 10 tree sites in the north (Müritz Nationalpark), southwest (Potsdam-Telegrafenberg), and southeast (Stadtforst Köpenick) hinterland of Berlin. The urban tree sites cover various levels of UHI-intensity expressed by so called local climate zones and include urban (acer, ash, and lime) as well as basic forest tree species (beech, oak, pine, and others) to prevent visible urban-rural diversities from being blurred by species-specific differences.

Two cores each from about 350 trees were sampled with increment corers and prepared by applying established dendroecological measurement and data processing techniques. Indexations of tree-ring width measurements based on moving averages with 5 or 13 years bandwidths were applied to all mean tree curves to eliminate long term growth trends and to underline the year-to-year variations. Linear correlations between various temperature and precipitation data derived from various climate stations (Berlin-Dahlem, Berlin-Tempelhof, and Potsdam, DWD) provided the basis for climate-growth analyses and the calculation of z-transformed Cropper values for the extreme year analyses. The approach aims at determining and prioritizing the growth factors for mean climatic and extreme weather conditions (dry seasons, heat waves, excess precipitation) at different sites.

Besides the sampling approach and the data processing the talk will present dendroclimatological results by illustrating species-specific growth patterns at urban sites in comparison to non-urban sites.

Hochaufgelöste Stadtklimaprojektionen der sommerlichen Hitzebelastung in deutschen Städten

Dr. Saskia Buchholz^a, Dr. Meinolf Kossmann^a, Dr. Heike Noppel^a, Dr. Andreas Walter^a, Petra Fuchs^a

^a Deutscher Wetterdienst, Abteilung Klima- und Umweltberatung, Frankfurter Straße 135, 63067 Offenbach

Sich an den Klimawandel anzupassen und seine Folgen zu bewältigen ist vielen deutschen Städten bereits heute ein großes Anliegen. Die typischen Zeiträume einer vorausschauenden Stadtentwicklung reichen mehrere Dekaden in die Zukunft. Für die Stadtentwicklung bedeutet das, sie muss heute schon die Auswirkungen des Klimawandels bis zur Mitte bzw. zum Ende dieses Jahrhunderts berücksichtigen. Um geeignete Strategien zur bestmöglichen Anpassung an die Folgen des Klimawandels entwickeln zu können, benötigen Entscheidungsträger hochaufgelöste und robuste Klimaprojektionen.

Seit ca. 10 Jahren sind Klimaprojektionen zur Hitze in Städten verfügbar, deren räumliche Auflösung ausreicht um Auswirkungen des Klimawandels für detaillierte Stadtstrukturen aufzeigen zu können. Der hierfür vom Deutschen Wetterdienst entwickelte dynamisch-statistische Ansatz der „Quadermethode“ (Früh et. al 2011) wurde bereits für viele deutsche Städte (z. B. Frankfurt am Main, Köln, München) angewendet. Die ersten Stadtklimaprojektionen wurden auf der Grundlage des moderaten IPCC Emissionsszenarios A1B mit einem Ensemble von vier regionalen Klimaprojektionen gerechnet. Seither haben sich sowohl die Klimamodelle weiterentwickelt als auch die Verfügbarkeit von Multi-Modell-Ensembles, die eine robustere Abschätzung des Klimawandels ermöglichen. Um dieser Entwicklung gerecht zu werden, hat der Deutsche Wetterdienst die Änderung in der Anzahl der Sommertage und heißen Tage auf Basis der aktuellen RCP Szenarien einheitlich für verschiedene deutsche Städte bis zum Ende des Jahrhunderts erneut berechnet.

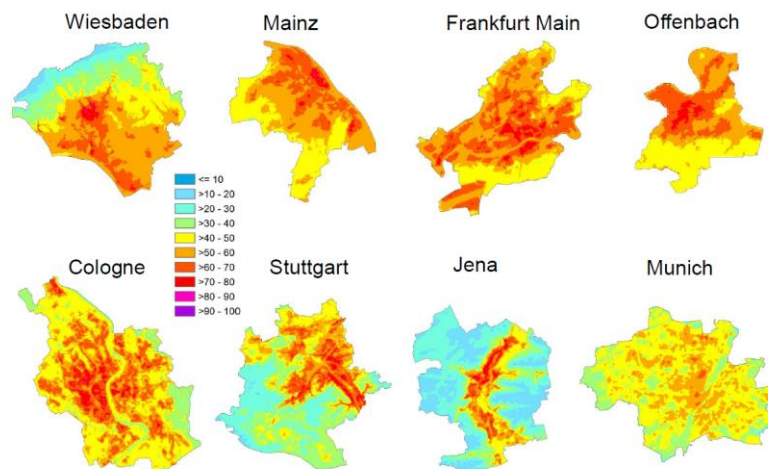


Abbildung: 25. Perzentil der projizierten mittleren jährlichen Zahl der Sommertage ($T_{\max} \geq 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$) für den Zeitraum 2031-2060 und das RCP8.5 Szenario.

Literatur:

Früh, B., Becker, P., Deutschländer, T., Hessel, J.-D., Kossmann, M., Mieskes, I., Namyslo, J., Roos, M., Sievers, U., Steigerwald, T., Turau, H. und Wienert, U., 2011: Estimation of Climate-Change Impacts on the Urban Heat Load Using an Urban Climate Model and Regional Climate Projections. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 50: 167-184.

Das Nationale Luftreinhalteprogramm unter der neuen NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 – projizierte Wirkung der enthaltenen Emissionsminderungsmaßnahmen auf die Luftqualität

Hermann Jakobs^a, Christiane Schneider^b, Volker Handke^c

vertreten durch Andreas Eisold^d

^a Rheinisches Institut für Umweltforschung an der Universität zu Köln

^b AVISO GmbH

^c Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung Berlin

^d Umweltbundesamt

Die neue NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 legt prozentuale Emissionsreduktionsverpflichtungen (National Emission Reduction Commitments, NERC) für die Luftschadstoffe SO₂, NO_x, NH₃, NMVOC und PM_{2.5} für das Jahr 2030 gegenüber dem Jahr 2005 fest und übernimmt die Emissionsminderungsziele für die genannten Schadstoffe für das Jahr 2020 aus dem novellierten Göteborg-Protokoll von 2012 der Genfer Luftreinhaltekonvention (CLRTAP).

Im Rahmen eines vom Umweltbundesamt in Auftrag gegebenen Forschungsvorhabens werden zwei Szenarien in ihrer Auswirkung auf die Hintergrundbelastung der Luftqualität modelliert. Ein Szenario berücksichtigt die Wirkung aller bis zum 01.09.2017 in Kraft getretenen Maßnahmen, ein weiteres Szenario beinhaltet alle für die Einhaltung der Reduktionsverpflichtungen zusätzlich vorgeschlagenen Maßnahmen.

Der Vortrag soll die Ergebnisse und weitere geplante Arbeiten vorstellen sowie die Aussagekraft dieser Ergebnisse hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung verkehrsnaher Hotspotbelastungen bewerten. Weitere Handlungsoptionen sollen vorgestellt und diskutiert werden.

Stuttgart, wo die Sonne verstaubt und die Stickoxide die Sinne vernebeln -ein lufthygienischer Rückblick-

Jürgen Baumüller^a

^a Universität Stuttgart, Institut für Landschaftspflege und Ökologie

Stuttgart. Bürger und die Deutsche Umwelthilfe (DHU) verklagen die Landesregierung, dafür zu sorgen, dass die Grenzwerte für Feinstaub und Stickstoffdioxid eingehalten werden. Inzwischen liegt auch ein Vertragsverletzungsverfahren der EU gegen Deutschland vor. Damit ist zunächst ein Höhepunkt der Luftreinhaltungsdiskussion (nicht Höchstpunkt der Belastung!) erreicht. Fahrverbote drohen für einige Dieselfahrzeuge. Bevor auf die aktuelle lufthygienische und rechtliche Situation eingegangen wird, ist ein kurzer Rückblick auf die Luftbelastung in Stuttgart sinnvoll, denn die städtebauliche Entwicklung von Stuttgart war stets begleitet von einer Diskussion über die Lufthygiene. Durch die besondere Lage von Stuttgart in einem Talkessel, verbunden mit geringen Windgeschwindigkeiten und häufigen Temperaturinversionen kam und kommt es immer wieder zu erhöhten Luftbelastungen.

Während im Mittelalter bis zur Industrialisierung Gerüche die Hauptbelastung waren, traten durch die Industrialisierung und die damit verbundene Aufsiedlung immer mehr Staub, Schwefeldioxid und Kohlenmonoxid in den Fokus der Luftbelastung. Durch den anwachsenden Verkehr und Luftreinhaltemaßnahmen bei der Industrie und dem Hausbrand, stellt heute in Stuttgart der Verkehr mit den Emissionen von Feinstaub und Stickstoffdioxid die Hauptschadstoffquelle dar. Zudem werden die Schadstoffe nun in niedriger Höhe emittiert.

Jahr	Einwohner	Kraftfahrzeuge	Hauptschadstoffquellen	Schadstoffe	Maßnahmen	Gesetze etc.
1700	13 000	-	Müll Fäkalien	Gerüche		
1800	15 000	-	Müll Fäkalien	Gerüche		Kehrwoche
1900	180 000	-	Hausbrand Industrie	SO ₂ , CO, Staub Rauch		Gewerbeordnung
1950	505 000	33 000	Hausbrand Industrie	SO ₂ , CO, Staub	Kohle-Öl-Erdgas Überwachung	§ 16 Gewo.
1970	632 000	189 000	Hausbrand Industrie, Kfz	SO ₂ , CO, Staub NO _x	Kohle→Öl→Erdgas, Verbrennungsverbote, Stand der Technik	BlmschG + BlmschV
1980	602 000	244 000	Hausbrand Industrie, Kfz	SO ₂ , CO, Staub NO _x	Katalysator	Smogverordnung
1990	599 000	299 000	Kfz Hausbrand	SO ₂ , CO, Staub NO _x	Euronormen Luftreinhalteplan	BlmschG + BlmschV
2000	587 000	343 000	Kfz Lkw	NO _x , Benzol, Russ, PM10	Euronormen	EU-Richtlinien
2017	618 000	330 000	Kfz Lkw	NO _x PM10 / PM2.5	Luftreinhalteplan, Aktionsplan	EU-Richtlinien

Seit der Einführung des Belanges Luft im Planungsrecht (BBauG) 1976 und Smogverordnungen in den achtziger Jahren, wurde immer wieder von Fahrverboten gesprochen. Bis heute! Seit der Verabschiedung der Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft – 22. BImSchV im Jahr 2002 sind die dort aufgeführten Grenzwerte für Feinstaub und Stickstoffdioxid in Stuttgart überschritten. An einigen Straßen sogar um das Doppelte. Ein guter Zeitpunkt also, um darüber zu referieren und zu diskutieren.

Verkehrsemissionen in Deutschland 2010 und 2040 Auswirkungen auf die Luftqualität

Volker Matthias^a, Johannes Bieser^a, Markus Quante^a, Jan Arndt^a, Armin Aulinger^a, Simone Ehrenberger^c
Ulrike Kugler^c, Tudor Mocanu^b, Falko Nordenholz^b, Martin Ramacher^a, Stefan Seum^b, Christian Winkler^b

^a Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Institut für Küstenforschung

^b Deutsche Luft- Und Raumfahrt, Institut für Verkehrsforschung

^c Deutsche Luft- Und Raumfahrt, Institut für Fahrzeugkonzepte

Der Verkehr in Deutschland ist verantwortlich für signifikante Emissionen von Stickoxiden, Feinstaub (PM₁₀) sowie flüchtigen organischen Verbindungen (VOC). Im Projekt Verkehrsentwicklung und Umwelt (VEU) 2 wurde eine Modellkette aufgebaut, die Güter- und Personenverkehrsmodelle mit der Fahrzeugflottenentwicklung, einem Emissionsmodell sowie am Ende der Kette einem Luftqualitätsmodell verknüpft. Die Modellkette ermöglicht es, den Verkehr in Deutschland mit hohem Detailgrad zu modellieren sowie realistische Entwicklungen für die Zukunft zu erstellen. Es können die räumliche Verteilung der Emissionen sowie deren Auswirkungen auf die Luftqualität heute und in Szenarien für geänderten Verkehr untersucht werden. Zunächst wurde der Verkehr in Deutschland für das Basisjahr 2010 modelliert. Um die Auswirkungen des Verkehrs auf die Luftqualität zu untersuchen wurden die Emissionen aller anderen Sektoren sowie europäische Emissionen miteinbezogen. Hierzu wurde das Emissionsmodell SMOKE for Europe (Bieser et al., 2011) verwendet. Anschließend wurden Chemietransportrechnungen mit CMAQ (Byun and Schere, 2006) für ganz Europa (24 x 24 km²) sowie für Zentraleuropa (6 x 6 km²) durchgeführt (siehe Abb.). Die Modellrechnungen zeigten, dass der Verkehr in Deutschland für 40-60% der NO₂ Konzentrationen, je nach Region, verantwortlich ist (Abb., links). Szenarienrechnungen für drei verschiedene Entwicklungen bis 2040 ergaben ein hohes Minderungspotenzial in den kommenden Jahren. Die NO₂-Konzentrationen werden dann voraussichtlich um 40-70% geringer als 2010 sein. Der Beitrag des Verkehrs zu den Stickoxidkonzentrationen wird nur noch zwischen 10 und 30 % liegen (Abb., rechts). Die Emissionen werden also stärker zurückgehen, als die anderer Sektoren. Letztere stammen hier aus dem ECLIPSE V5 CLE Szenario (ECLIPSE, 2016).

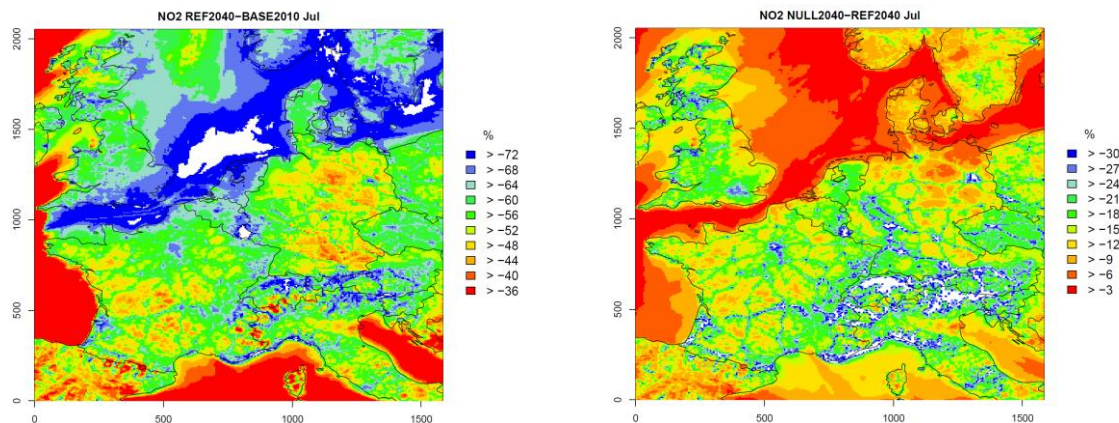


Abbildung: Links: Relativer Rückgang der NO₂ Konzentrationen 2040 im Vergleich zu 2010 im Juli. Rechts: Relativer Rückgang der NO₂ Konzentrationen ohne Verkehr 2040

Literatur:

Bieser, J., et al., 2011. *Geoscientific Model Development*, 4(1):47–68.

Byun, D. and K. L. Schere, 2006. *Applied Mechanics Reviews*, 59(1-6):51–77. ECLIPSE, 2016. ECLIPSE V5a global emission fields. <http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/air/ECLIPSEv5a.html> (letzter Zugriff 25. 5. 2018).

Nachweis hoher NO₂- und Ammoniak-Konzentrationen in deutschen Innenstädten

Dieter Klemp^a, Robert Wegener^a, Rene Dubus^a, Franz Rohrer^a, Andreas Wahner^a

^a Institut für Energie- und Klimaforschung, IEK-8: Troposphäre, Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, Deutschland

Trotz einer ganzen Reihe von Regulierungsmaßnahmen der Europäischen Union verbessert sich die Luftqualität in Deutschland nur langsam. Vor allem die Konzentration von Stickstoffdioxid (NO₂) bleibt gefährlich erhöht. Obwohl die Schadstoffkonzentrationen von Messstationen überwacht werden, ist die räumliche Abdeckung der Daten gering. Unsere Messungen in deutschen Innenstädten mit MobiLab, dem mobilen Labor des Forschungszentrums Jülich, zeigen hohe Spitzenkonzentrationen von Stickoxiden und anderen Schadstoffen.

Die zeitlich und räumlich hochaufgelösten Daten ermöglichen auch die Bestimmung von Emissionsverhältnissen durch Normierung der Werte auf CO₂. Da Autos mit Diesel-Motoren als Haupt-NO_x-Quellen in deutschen Städten identifiziert wurden, sind immer mehr Diesel-Fahrzeuge mit selektiven Reduktionskatalysatoren (SCR) ausgestattet, um die NO_x-Emissionen zu verringern. Die Effizienz dieser Stickoxid-Reduktionsmaßnahme ist jedoch stark von der Außentemperatur abhängig. Tunneldaten aus MobiLab-Messungen zeigen, dass die Umgebungstemperatur die Emission von Stickoxiden (NO_x) im Straßenverkehr beeinflusst und dass das durchschnittliche Emissionsverhältnis einer Autoflotte im Winter anderthalb Mal so hoch ist wie der Sommerwert. Darüber hinaus können Bemühungen zur Reduzierung der Stickoxidemissionen in Dieselfahrzeugen durch SCR-Kats zur Freisetzung von Ammoniak (NH₃) führen, das in Innenstädten Konzentrationen von bis zu 1 ppm erreichte. Unter Berücksichtigung der steigenden Anzahl von Autos mit SCR-Katalysatoren wird die Bedeutung von Ammoniak als Schadstoff und als Vorläufersubstanz für verstärkte sekundäre Partikelbildung in deutschen Innenstädten voraussichtlich zunehmen.

Mobile Messungen von C₂ – C₁₁-VOC und Stickoxiden in Deutschland

René Dubus^a, Dieter Klemp^a, Robert Wegener^a, Christian Ehlers^{a,b}, Franz Rohrer^a, Benjamin Winter^a,
Andreas Wahner^a

^a Institut für Energie- und Klimaforschung, IEK-8: Troposphäre, Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, Deutschland

^b Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Wallneyer Str. 6, 45133 Essen

Eine wesentliche Quelle für Stickoxide und flüchtige organische Verbindungen (VOC) ist der Straßenverkehr. Wie unsere Langzeit-Trend-Untersuchungen¹ zeigen, nimmt die Konzentration von VOCs in deutschen Innenstädten stark ab, während sich die Stickoxidkonzentration nur wenig verändert. Im Rahmen des BMBF-geförderten Verbundprojektes „„Stadtklima im Wandel“ - Urban Climate Under Change [UC]²“ konnten diese Messungen ergänzt und auf andere Städte erweitert werden. Es zeigte sich, dass die vorgenommenen Regulierungsmaßnahmen der letzten Jahre im Falle der VOCs effizienter greifen als für die Stickoxide.

Mithilfe unseres mobilen Messlabors „MobiLab“ wurden zu verschiedenen Jahreszeiten Kanisterproben genommen und offline mittels GC-MS auf ihren Gehalt an C₂ – C₁₁-VOC analysiert. Die Messungen wurden durch die simultane online-Analytik für NO_x und andere Spurenstoffe ergänzt.

Die Ozonbildung wird durch die Reaktion von VOC mit OH-Radikalen initiiert. Dabei wird die Ozonproduktion maßgeblich durch das Verhältnis des Umsatzes von OH mit VOC und NO₂ bestimmt. Die reaktivitätsbezogene Darstellung als inverse Lebensdauerdarstellung von OH bezüglich der Reaktion mit NO₂ ($R_{NO_2} = k_{OH+NO_2} \times [NO_2]$) oder den VOC ($R_{VOC} = \sum(k_{OH+VOC_i} \times [VOC_i])$) dient dem unmittelbaren Vergleich zwischen verschiedenen Emissions-Mixen in Bezug auf ihr Ozonbildungspotenzial. Auf der Basis des Reaktivitätskonzepts werden Vergleiche mit einem aktuellen Emissionsberechnungsmodell vorgenommen. Das reaktivitätsgewichtete R_{VOC}/R_{NO₂}-Verhältnis erlaubt für die verschiedenen Mixe zusätzlich den unmittelbaren Vergleich der jeweiligen Ozonbildungsraten untereinander anhand der Resultate eines photochemischen Box-Modells.

Die Resultate der Untersuchungen für verschiedene Belastungsszenarien („vor der Stadt“, „Innenstadt“, „Städtischer Hintergrund“, „reiner Verkehrs-Mix (Tunnel)“) werden präsentiert. Vergleiche zwischen sommerlichen und winterlichen Emissions-Mixen werden gezeigt und der sommerliche Beitrag biogener VOC-Emissionen in städtischen Mixen quantifiziert.

Literatur:

Ehlers, C., Klemp, D., Rohrer, F., Mihelcic, D., Wegener, R., Kiendler-Scharr, A., Wahner, A.: “Twenty-years of ambient observations of nitrogen oxides and specified hydrocarbons in air masses dominated by traffic emissions in Germany”, *Faraday-Discuss.*, (2016), 189, 407.

Besonderheiten des meteorologischen Einflusses auf die Schallausbreitung von Schießlärm bei Messungen und Prognosen

Mattias Trimpop^a

^a Institut für Lärmschutz GmbH, Düsseldorf

Bei der Schallausbreitung und der auf Messungen basierenden Beurteilung von Geräuschen spielt die Meteorologie gerade bei Ausbreitungsentfernungen über 200 m eine große Rolle. Daher wird in den Beurteilungsverfahren in der Regel versucht, den Einfluss der Meteorologie auf die Messung durch entsprechende Regelungen (Messdauer, Wiederholungsmessungen, Windrichtung) zu reduzieren bzw. auf einen reproduzierbaren Wert zurückzuführen. Diese Regelungen sind von der Geräuschart abhängig.

Besonders die Geräuschart „Schießlärm“ weist Eigenschaften auf, die dazu führen, dass der Einfluss der Meteorologie auf diese Geräuschart besonders groß ist. Zum einen sind die typischen Immissionsentfernungen bei Schießlärm von kleinen Waffen bereits deutlich über 200 m, bei schweren Waffen oft im Bereich mehrerer Kilometer. Weiterhin beträgt die Zeit, in der diese Schalle durch die Atmosphäre laufen nur wenige Sekunden, so dass bereits relativ kurze zeitliche Zustände der Atmosphäre (z.B. Turbulenzen), die bei längeren Mittelungen anderer Schallarten nicht ins Gewicht fallen würden, zu großen Änderungen der Immissionspegel führen können.

Die bei Genehmigungsverfahren üblicherweise eingesetzten Prognoseverfahren sind jedoch aufgrund der Besonderheiten des Schießlärms nicht sachgerecht anwendbar, so dass die TA-Lärm in im Genehmigungsverfahren für zivile und militärische Schießplätze eine Genehmigungsmessung nach VDI 3745 Bl. 1 vorschreibt.

Bei der Planung der Schießanlagen ist es jedoch für den Betreiber wichtig, durch Prognosen abschätzen zu können, ob die geplante Anlage die gewünschten Schusszahlen ermöglicht und wenn nicht, wie diese schalltechnisch zu optimieren ist. Dafür sind Schallausbreitungsmodelle nötig, die die Meteorologie auch für diese Lärmart sachgerecht berücksichtigt. In der Programmsuite „Propper“ ist ein solches für Schießlärm ausgerichtetes Modell implementiert. Dabei ist ein wichtiger Faktor die korrekte Auswahl der meteorologischen Bedingungen, die für die Prognosen zugrunde gelegt werden.

Auch bei der Genehmigungsmessung nach VDI 3745 Bl. 1 spielt die Meteorologie eine wesentliche Rolle. In einer Untersuchung wurde festgestellt, dass selbst die relativ aufwändige Messung nach VDI 3745 Bl. 1 zur Beurteilung von Schießlärm sehr große Unsicherheiten in den der Beurteilung zugrundeliegenden Messwerten trotz der meteorologischen Festlegungen und vorgeschriebenen Wiederholungsmessungen aufweist.

Literatur:

VDI 3745 Bl.1, 1993, Beurteilung von Schießgeräuschimmissionen, DIN-Verlag

Klassierung des meteorologischen Einflusses auf die Schallimmission verschiedener Quellen basierend auf einem standardisierten Grenzschichtmodell

Astrid Ziemann^a

^a Technische Universität Dresden, Professur für Meteorologie, PF 1117, 01735 Tharandt

Negativ empfundener oder sogar gesundheitsschädigender Schall, d.h. Lärm, ist nach wie vor ein aktuelles und drängendes Umweltproblem. Der Straßenverkehr stellt die Hauptursache für Lärmbelastungen dar. Aber auch höher liegende Schallquellen, z.B. Windenergieanlagen, können zu einer erhöhten Schallimmission beitragen. Je nach Schallquelle und Abstand zwischen Schallquelle und Immissionsort können unterschiedliche Effekte, z.B. Bodeneinfluss oder Schallbrechung dominieren. Insbesondere der letztgenannte Einfluss wird in standardisierten Modellen der Schallausbreitung nicht in seiner räumlichen und zeitlichen Variabilität betrachtet, was zu einer erhöhten Unsicherheit in den Prognosen für den Immissionsschutz und Lärmbelastungen bei betroffenen Anwohnern führen kann.

Um die Variabilität des meteorologischen Einflusses zukünftig in verbesserten standardisierten Schallausbreitungsmodellen zu berücksichtigen, wird eine akustisch motivierte Klassierung meteorologischer Eingangsgrößen, insbesondere des Wind- und Temperaturprofils, benötigt. Eine Anlehnung an standardisierte Modelle sowie Stabilitäts- und Windklassen bei der Ausbreitungsrechnung ist hierbei empfehlenswert, um verschiedene Umweltstressoren mit geeigneten und homogenisierten Ansätzen zu untersuchen.

Aus diesem Grund wurde das eindimensionale, 2-Schichten-Modell der atmosphärischen Grenzschicht aus der aktuellen Richtlinie VDI 3783 Blatt 8 (2017) für die Simulation der meteorologischen Datengrundlage benutzt. Das Modell ermöglicht u.a. eine Beschreibung der Vertikalprofile von horizontaler Windgeschwindigkeit und –richtung sowie Lufttemperatur. Aus den Klassenkombinationen von bodennaher Windgeschwindigkeit und Stabilität der Schichtung ergeben sich rein rechnerisch 54 verschiedene Wind- und Temperaturprofile für einen Unterlagentyp (Rauigkeit). Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass nicht alle möglichen Klassenkombinationen in der Natur auftreten. Dementsprechend resultieren 38 realitätsnahe Fälle mit verschiedenen Wind- und Stabilitätsklassen.

Die so erzeugten Vertikalprofile von horizontaler Windgeschwindigkeit und –richtung sowie Lufttemperatur dienen als Eingangsdaten für eine Schallausbreitungsmodellierung mit einem zweidimensionalen CNPE (Crank-Nicholson Parabolic-Equation) Wellenmodell (Wilson et al, 2012). Hierbei wurden, neben der Schallwellendivergenz, die Phänomene der Schallwellenreflexion am Boden sowie die Schallbrechung durch vertikal variable Temperatur- und Windfelder berücksichtigt. In horizontaler Richtung werden die Atmosphäre und die grasbewachsene Bodenoberfläche als homogen angenommen.

Ziel der Modellsimulationen war die Quantifizierung des meteorologischen Einflusses auf die entfernungsabhängige Schallimmission von bodennahen und höher gelegenen Schallquellen (Straßenverkehr, Windenergieanlage). Mit diesen Ergebnissen werden Vorschläge für die Optimierung der Anzahl notwendiger meteorologischer Klassen für die akustische Modellierung diskutiert, welche eine Grundlage für die weitere Standardisierung bei der Schallausbreitung im Freien bilden kann.

Literatur:

Wilson, D. K., Vecherin, S. N., Ostashov, V. E. (2012): Modeling sound fields from directive noise sources in the presence of atmospheric refraction and ground effects. In: INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings. Institute of Noise Control Engineering, 2012, 1094-1106.

Investigating the influence of shipping emissions on pollutant concentrations in the Baltic Sea Region using three chemistry transport models

A. Aulinger^a, M. Karl^a, J. E. Jonson^b, A. Uppstu^b, M. Prank^c, J.-P. Jalkanen^c, L. Johansson^c, M. Quante^a, V. Matthias^a

^a Institute of Coastal Research, Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Geesthacht, Germany

^b Norwegian Meteorological Institute, Oslo, Norway

^c Finnish Meteorological Institute, Helsinki, Finland

The aim of this study is to quantify the influence of emissions from ships sailing the Baltic Sea on concentration levels of the air pollutants NO₂, PM_{2.5} and Ozone. Transport and chemical transformation of the emitted species were simulated with the chemistry transport models CMAQ, SILAM and the EMEP model. This study focuses on evaluating the shipping influence with the CMAQ results and compares these both with the results of the other models and with observational data. Simulations were done for the full year of 2012 to represent the present-day situation. Ship emissions from (Ship Traffic Emission Assessment Model) STEAM (Jalkanen et al., 2012), which uses ship position data of the Automatic Identification System (AIS) network, were gridded to the respective model's grid resolution, which was 0.04° for CMAQ and SILAM and 0.1° for the EMEP model. The meteorological fields for CMAQ were calculated with COSMO-CLM while SILAM used WRF and EMEP ECMWF-IFS data. Photochemical ozone production due to NO₂ from ships increases O₃ levels in areas >100 km away from the major ship routes. On the other hand, Ozone titration in the shipping lanes was about 7 ppbV in the CMAQ and EMEP simulations, while this effect was less pronounced in the SILAM results. Shipping emissions are responsible for 40-70 % of the particulate nitrate during the summer months. An increase of annual nitrogen depositions of up to 178 kg/ha (with CMAQ) could be seen along the coastlines, however with a large discrepancy between the models. Overall, the results show that for many of the coastal areas emissions from ship engines are the only significant source of air pollutants like NO_x. Hence, shipping is the main contributor to ambient NO₂ concentrations over the Baltic Sea and at coastal sites (Fig.).

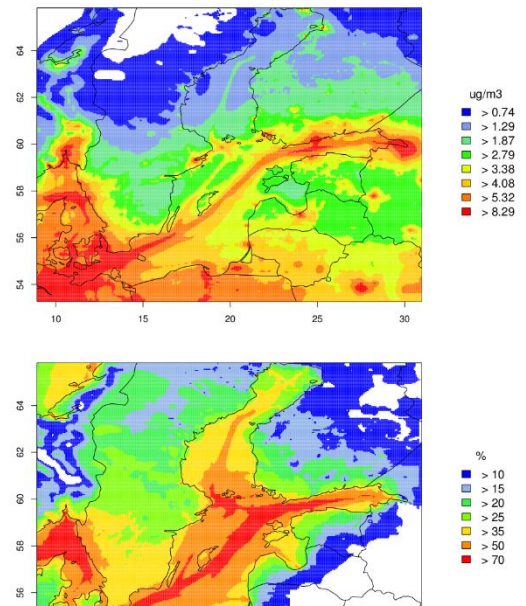


Figure: Annual mean NO₂ concentrations (top) and the relative contribution by ships (bottom).

References:

- Buyn, D., Schere, K.L., 2006. Review of the Governing Equations, Computational Algorithms, and Other Components of the Models-3 Community Multiscale Air Quality (CMAQ) Modeling System. *Appl. Mech. Rev.*, 59, 51-77, doi:10.1115/1.218636.
- Jalkanen, J.-P., Johansson, L., Kukkonen, J., Brink, A., Kalli, J., Stipa, T., 2012. Extensions of an assessment model of ship traffic exhaust emissions for particulate matter and carbon monoxide. *Atmos. Chem. Phys.*, 12, 2641-2659.
- Rockel, B., Will, A., and Hense, A., 2008. The Regional Climate Model COSMO-CLM (CCLM). *Meteorol. Z.*, 17, 347-348.

Modellierung ultrafeiner urbaner Partikelanzahlkonzentrationen und – größenverteilungen mit Hilfe von *Generalized Additive Models* (GAM)

Lars Gerling^a, Günter Löschau^b, Alfred Wiedensohler^c, Stephan Weber^a

^a Technische Universität Braunschweig, Institut für Geoökologie, Abteilung Klimatologie und Umweltmeteorologie

^b Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), Dresden

^c Leibniz-Institut für Troposphärenforschung, Leipzig

Zur Beurteilung der Exposition gegenüber ultrafeinen Partikeln (UFP) sind zuverlässige Modellvorhersagen notwendig, die sowohl die räumliche, als auch die zeitliche Variabilität der urbanen UFP-Anzahlkonzentration beschreiben können. *Generalized Additive Models* (GAM) können dabei helfen, den Zusammenhang zwischen Partikelkonzentrationen und beeinflussenden Größen mit Hilfe von parametrischen Funktionen (z.B. penalized regression splines) darzustellen. In dieser Arbeit werden GAM dafür genutzt, Partikelanzahlgrößenverteilungen (Partikeldurchmesser D_p zwischen 20 und 800 nm) mit Hilfe von meteorologischen Größen, stadtmorphologischen Parametern und Verkehrsmengen zu beschreiben. Als Testdatensatz wurden Messdaten von fünf Stationen des *German Ultrafine Aerosol Network* (GUAN) aus Leipzig und Dresden zusammen mit Reanalyse-Datensätzen meteorologischer Größen und der AOD, Verkehrsmengen und GIS-Daten verwendet.

Erste, vorläufige Ergebnisse der Arbeit zeigen, dass die Spearman-Korrelation zwischen den erklärenden Variablen des Modells und der Partikelkonzentrationen abhängig vom D_p variiert einhergehend mit einem Wechsel des Vorzeichens. Anhand der Kreuzkorrelation wird ein vom D_p abhängiger zeitlicher Versatz zwischen der Globalstrahlung und der Partikelkonzentration deutlich, der in der Modellanpassung berücksichtigt wird. Die Anpassung des GAM an die logarithmierte UFP-Konzentration (20-100 nm) führt zu einem korrigierten Bestimmtheitsmaß R^2_{adj} von 0,56 und einem Wert für die *Generalized Cross Validation* (GCV) von 0,038. Die angepassten parametrischen Funktionen erlauben eine Prüfung von physikalischen Prozessen, z.B. kann mit Zunahme der Grenzschichtmächtigkeit bis ca. 1000 m eine starke Abnahme der Partikelkonzentration beobachtet werden, was auf eine effizientere Verdünnung der UFP zurückgeführt werden kann. Die Anpassung an die Konzentrationen in den einzelnen Größenkanälen führt zu den höchsten Übereinstimmungen zwischen Modell und Messung für einen D_p ab etwa 80 nm, während der GCV-Wert zwischen 50 und 200 nm am besten ist.

Weitere Analysen liegen in der Identifizierung von Modellübereinstimmungen und -unterschieden zwischen den Größenkanälen, in der Überprüfung der Übertragbarkeit der Modellanpassung zwischen den beiden betrachteten Städten und in der Prüfung der Modellunsicherheiten.

Nutzung von Statistiken für Zeitreihen-Rechnungen bei Immissionsprognosen

André Zorn^a

^a Büro für Immissionsprognosen, Triftstraße 2, 99330 Frankenhain/Thür. | www.immissionsprognosen.com

Zur Durchführung von Immissionsprognosen liegen Ausbreitungsklassenstatistiken (AKS) aus Messungen und zunehmend mehr aus Berechnungen inzwischen schon in großem Umfang vor. Diese weisen gegenüber Ausbreitungsklassenzeitreihen (AKTerm) unbestreitbare Vorzüge auf. Statistiken

- sind - ohne dass ihr eigener Datenumfang zunimmt - über beliebig ausgedehnte Zeiträume gestaltbar und erfordern zumeist keine Schließung von Lücken in Messreihen;
- lassen sich sowohl für einzelne Parameter als auch für Kombinationen aus mehreren wie z.B. Windrichtung (DD), Windgeschwindigkeit (FF), Schichtungsstabilität (KM) und Niederschlag (RR) anfertigen;
- definieren als Referenzdatensatz die Maßstäbe für die zeitliche Repräsentativität, sind leicht verfügbar und wirtschaftlich attraktiv.

Damit können zwar situationsabhängige Berechnungen in Modellen (wie LASAT und AUSTAL2000) zur Ausbreitung von Luftbeimengungen durchgeführt werden, jedoch sind z.B. Prozesse mit zeitlich variierenden emissionsverursachenden Betriebsvorgängen nur umständlich oder gar nicht zu berücksichtigen. Das ist hingegen mit stundenweise aufgeschlüsselten AKTerm relativ einfach möglich.

Zur Nutzung von statistisch vorliegenden Informationen für Zeitreihen-Rechnungen bei Immissionsprognosen entwickelte der Autor ein Verfahren zur Transformation von AKS in AKTerm. Anhand eines Vergleichs der Rechenergebnisse für die zu AUSTAL2000 gelieferten Zeitreihen mit entsprechenden Ergebnissen aus transformierten Zeitreihen, welchen wiederum Statistiken aus den originalen AKTerm zugrunde liegen, werden Möglichkeiten und Grenzen bei der Anwendung des Verfahrens aufgezeigt.

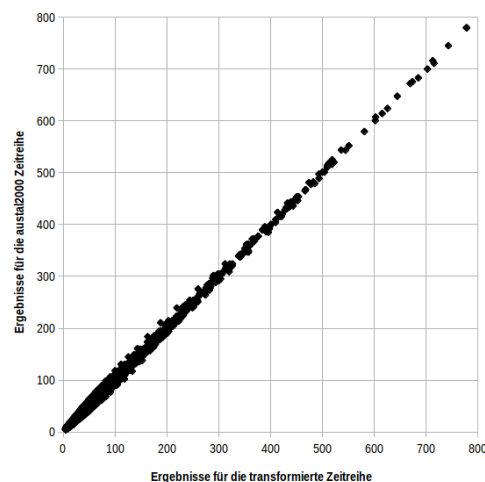


Abbildung: Immissionen $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für die AUSTAL2000- Zeitreihe anno98.akterm gegenüber denen aus einer - Statistik zu anno98 gewonnenen - transformierten Zeitreihe bei niedriger Freisetzung diffuser Emissionen

Literatur:

Zorn, A.; Transformation von Ausbreitungsklassenstatistiken in entsprechende Zeitreihen für Immissionsprognosen, Oktober 2013 mit Präzisierungen aus März 2014;

http://immissionsprognosen.com/Fachtexte/20140330_Transformation_von_Ausbreitungsklassenstatistiken_in_entsprechende_Zeitreihen.pdf

Bewertung der Qualität synthetischer Ausbreitungsklassenstatistiken (SynAKS)

Klaus Bigalke^a, Alexander Lohse^a

^a METCON Umweltmeteorologische Beratung, Pinneberg

Synthetische, aus Rechnungen mit dem prognostischen Mesoskalenmodell METRAS PC gewonnene Ausbreitungsklassenstatistiken (SynAKS) stehen fast deutschlandweit auf einem 500 m Raster zur Verfügung und werden seit einigen Jahren zunehmend als Antrieb für Ausbreitungsrechnungen im Rahmen von Genehmigungsverfahren verwendet. Der Entwurf der neuen TA Luft sieht für Ausbreitungsrechnungen, sofern keine lokalen meteorologischen Messdaten vorliegen, sowohl die Übertragung gemessener Daten von entfernten Messorten als auch die Verwendung modellierter, synthetischer Daten vor. In beiden Fällen ist die Qualität der Daten zu prüfen, im Fall der Übertragung anhand von VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20.

In einer qualifizierten Prüfung der räumlichen Übertragbarkeit von Messungen („QPR“) nach VDI 3783 Blatt 20 werden zuerst Erwartungswerte für die noch unbekannt charakteristischen Windverhältnisse am Standort formuliert. Anschließend werden Messungen aus der weiteren Umgebung auf Übereinstimmung mit den Erwartungswerten geprüft. Die Richtlinie definiert Kriterien, wann eine *gute*, *hinreichende* oder *keine Übereinstimmung* der Windrichtungsverteilung und mittleren Windgeschwindigkeit gegeben ist.

Diese Qualitätskriterien der VDI 3783 Blatt 20 werden von uns auch zur Bewertung der Qualität der SynAKS herangezogen. Zur Anwendung auf die 36-teiligen Windrosen der SynAKS müssen die Kriterien allerdings, wie im Vortrag weiter ausgeführt wird, gegenüber der Richtlinie präzisiert werden. Die SynAKS werden mit Messungen des Deutschen Wetterdienstes (Quelle: Climate Data Center) an 34 Standorten verglichen, die in ihrer räumlichen Repräsentativität mit derjenigen der synthetischen Daten ungefähr übereinstimmen, die gleiche Dekade (2001 – 2010) abdecken und zufällig über Deutschland verteilt sind.

Die SynAKS müssen ihre grundsätzliche Eignung im Vergleich mit realen Messungen an verschiedenen Standorten beweisen. Im Rahmen einer QPR wird dagegen die Messung auf ihre Eignung für einen Standort nur im Vergleich mit einem subjektiven und damit unsicheren Erwartungswert geprüft. Insofern wirken die Qualitätskriterien bei Anwendung auf die SynAKS per se schärfer als bei einer QPR.

Im Ergebnis zeigen die SynAKS an 18 Stationen (53 %) eine *gute Übereinstimmung* nach den präzisierten Qualitätskriterien. An weiteren 12 Stationen (35 %) ist die *Übereinstimmung hinreichend* und an 4 Stationen (12 %) liegt *keine Übereinstimmung* vor. Somit erfüllen die SynAKS an 88 % der untersuchten Standorte die Qualitätsanforderungen der VDI 3783 Blatt 20 für den Einsatz in Ausbreitungsrechnungen.

Insgesamt zeigen die SynAKS nach diesen objektiven Qualitätskriterien im direkten Vergleich mit Messungen eine gute Qualität. Ihr Vorteil gegenüber der Übertragung von Messungen liegt auch darin, dass keine subjektiven und damit unsicheren Erwartungswerte für die charakteristischen Windverhältnisse am Standort formuliert zu werden brauchen und sie auch dort verfügbar sind, wo eine Übertragbarkeitsprüfung zu keinem brauchbaren Ergebnis führt.

Literatur:

Entwurf der angepassten TA Luft vom 07.04.2017

VDI 3783 Blatt 20 (2017): Umweltmeteorologie; Übertragbarkeitsprüfung meteorologischer Daten zur Anwendung im Rahmen der TA Luft. Berlin. Beuth Verlag.

Bigalke, K. et al. (2013): Synthetische Ausbreitungsklassenstatistiken SynAKS für Deutschland. Berechnung – Qualitätssicherung – Anwendung. Download unter http://www.metsoft.de/uploads/media/QS-SynAKS-V-1.1_01.pdf.

Climate Data Analyzer – Ein Tool zur Auswertung von Regionalmodellsimulationen für kommunale und regionale Klimaanpassungsprozesse

Dirk Pavlik^a, Björn Büter^a, Janko Löbig^a

^a GEO-NET Umweltconsulting GmbH, Hannover

Um den Erhalt der Lebensqualität und die Zukunftsfähigkeit von Städten und Gemeinden sicherzustellen, sind zunehmend Konzepte zur Anpassung an den Klimawandel erforderlich und werden von den Kommunen nachgefragt. Wesentliche Voraussetzungen für die Entwicklung von Klimaanpassungskonzepten sind einerseits die Beschreibung des bereits beobachteten und andererseits des zukünftigen Klimawandels der entsprechenden Region oder des entsprechenden Ortes. Während der bereits beobachtete Klimawandel aus verschiedensten Beobachtungsdaten analysiert werden kann, muss bei der Frage nach zukünftigen klimatischen Änderungen auf die Ergebnisse von Klimaszenarien regionaler Klimamodelle zurückgegriffen werden. Dafür steht ein Modellensemble, bestehend aus unterschiedlichen Modellsimulationen mit einer räumlichen Auflösung von ca. 12 x 12 km, für Europa flächendeckend zur Verfügung. Diese Simulationen wurden im Rahmen der EURO-CORDEX Initiative und des ReKliES-Projektes von einer Vielzahl internationaler wissenschaftlicher Institutionen durchgeführt und zur wissenschaftlichen sowie auch kommerziellen Nutzung bereitgestellt. Zur Verwendung und Auswertung dieser Daten wurde ein Softwarepaket entwickelt, welches es erlaubt für jeden Ort in Deutschland (und Teilen seiner Nachbarstaaten) automatisiert eine Ensemble-Auswertung von Regionalmodelldaten zur Analyse des erwarteten Klimawandels durchzuführen.

In der Präsentation werden einerseits die technischen Voraussetzungen vorgestellt, die erforderlich sind, um die Daten Regionaler Klimamodelle zu nutzen und andererseits Methoden diskutiert, die angewandt werden, um von den Ausgangsdaten über die Berechnung von Kennwerten letztendlich belastbare Aussagen zum erwarteten Klimawandel für den jeweiligen Ort treffen zu können. Wichtige Punkte in diesem Zusammenhang sind die Bias-Problematik sowie die Frage nach statistischer Signifikanz und Robustheit von Klimaänderungssignalen. Entscheidend für das Verständnis und die Akzeptanz von ermittelten Klimaänderungen bei Vertretern aus Städten und Kommunen ist eine klare und verständliche Visualisierung. Dies ist aufgrund der Komplexität der dargelegten Sachverhalte oft nicht einfach zu erreichen. In der Präsentation sollen dazu einige Beispiele aufgeführt und diskutiert werden.

Maximum potential of greening to reduce human heat stress on urban conversion areas

Hyunjung Lee^a, Helmut Mayer^b, Rainer Kapp^a

^a City of Stuttgart, Office for Environmental Protection, Section of Urban Climatology, Germany

^b Albert-Ludwigs-University of Freiburg, Chair of Environmental Meteorology, Germany

Against the background of increasing severe summer heat due to regional climate change including embedded heat waves, particularly in Central European cities, this presentation concerns the significance of greening to reduce outdoor heat stress on urban conversion areas under a human-biometeorological perspective. It represents an issue that is of great interest for urban planning with respect to adaptation measures to regional climate change.

Using the validated version 4.0 BETA of the ENVI-met model, numerical simulations were conducted for five different sized conversion areas in the city of Stuttgart (Southwest Germany) on the heat wave day 4 August 2003, because the results should relate to extreme thermal environmental conditions, as they will be common in the future.

Human heat stress is primarily quantified by the physiologically equivalent temperature (PET). Additional background information is provided by both air temperature (T_a) and mean radiant temperature (T_{mrt}).

The simulations were performed for five urban land use scenarios. Related to differences of simulation results between a scenario that only consists of asphalt surfaces and a green scenario only showing grasslands and trees, the resulting ΔT_a , ΔT_{mrt} and ΔPET values are interpreted as maximum potential of the selected type of urban greening to reduce human heat stress on the conversion areas during severe summer heat. To achieve a higher reliability for urban planning, the results are averaged over the period 10-16 CET, because they should be representative of daytime summer heat for the population of Central European cities.

Besides mean absolute values for each conversion area (Lee and Mayer, 2018) whose magnitudes depend on the specific meteorological conditions of the simulation day, the results mainly aim at mean relative ΔT_a , ΔT_{mrt} and ΔPET values. As verified by additional simulations for a current typical summer day, the mean relative results can be regarded as representative for summer in Central Europe.

On average over the five conversion areas, the reduction of human heat stress on the selected heat wave day amounts to 1.1 °C (4 %) for mean ΔT_a , 17.6 °C (26 %) for mean ΔT_{mrt} , and 7.5 °C (16%) for mean ΔPET .

The simulation results show that the shading effect of urban trees has a distinctly higher significance for the reduction of outdoor human heat stress in the daytime than that caused by transpiration cooling.

Literatur:

Lee, H., and Mayer, H., 2018. Maximum extent of human heat stress reduction on building areas due to urban greening. *Urban Forestry & Urban Greening*, 32: 154-167.

Klimaanpassungsmaßnahmen der Stadt Karlsruhe im Handlungsfeld Gesundheit

Julia Hackenbruch^a, Ulrike Rohde^a, Benjamin Steiling^a, Anke Kelber^a, Andrea Hahne^a, Philipp Remke^b,
Elke Wonnenberg^c, Norbert Hacker^a

^a Stadt Karlsruhe, Umwelt- und Arbeitsschutz

^b Büro Breunig, Institut für Botanik und Landschaftskunde

^c Büro für Landschaftsplanung

Die Stadt Karlsruhe liegt im Oberrheingraben in der wärmsten Region Deutschlands. Infolge der regionalen Klimaänderungen kommt sowohl zu einer mittleren Temperaturerhöhung als auch in der Zahl und Intensität von Hitzeperioden. Dies stellt die Stadt vor die Herausforderung und Verpflichtung, gesundheitliche Risiken für die Bürgerinnen und Bürger so weit wie möglich zu vermeiden.

In dem Bericht „Anpassung an den Klimawandel – Bestandsaufnahme und Strategie für die Stadt Karlsruhe“ (Stadt Karlsruhe 2013) wurden geeignete Anpassungsmaßnahmen in insgesamt 16 verschiedenen Handlungsfeldern identifiziert. Das Handlungsfeld „Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit“ bildet dabei einen zentralen Bestandteil. Klimaänderungen beeinflussen die menschliche Gesundheit dabei direkt und indirekt.

Zu den indirekten Folgen zählen klimawandelbedingte Krankheiten. Denn Allergie auslösende Pflanzenarten oder parasitäre Überträger finden vermehrt günstige Lebensbedingungen vor. Eine solch klimabegünstigte Art mit hohem Allergiepotential ist die Hohe Ambrosie, auch als Beifuß-Ambrosie bezeichnet. Die deutliche Ausbreitung der Art von Süd- und Südosteuropa aus bis in die warmen Regionen Baden-Württembergs wie der Rheinebene und der Umgebung von Stuttgart wird in erheblichem Maße auf die mit dem Klimawandel verbundene Temperaturerhöhung und den fehlenden Frost im Winter zurückgeführt. In Karlsruhe sind darüber hinaus Vorkommen der Stauden-Ambrosie (*Ambrosia coronopifolia*) bekannt.

In einem im Rahmen des Programms KLIMOPASS der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) geförderten Forschungsprojektes wurden unterschiedliche Bekämpfungsmethoden getestet. Auf Probeflächen mit hohem Vorkommen der Ambrosie wurden Ausreißen, Mahd und das Verbrühen mittels Wave-System durchgeführt. Ein zentraler Baustein des Projekts war darüber hinaus die örtliche orientierte Öffentlichkeitsarbeit mit zahlreichen Maßnahmen und Aktionen, um die Ambrosie als allergene Pflanze bekannt zu machen und der Karlsruher Bevölkerung ausführliches Anschauungsmaterial zum Erkennen der Pflanzen an die Hand zu geben.

Die Präsentation stellt die Klimaanpassungsstrategie der Stadt Karlsruhe und die konkreten Maßnahmen im Gesundheitsbereich dar. Beispielhaft werden die Erfahrungen aus dem Monitoring der Ambrosienbestände in Bezug auf die unterschiedlichen Bekämpfungsmethoden sowie der Öffentlichkeitsarbeit gezeigt, die in die Maßnahmen-Weiterführung in den Folgejahren eingeflossen sind.

Literatur:

- Stadt Karlsruhe (2013). Anpassung an den Klimawandel in Karlsruhe - Bestandsaufnahme und Strategie für die Stadt Karlsruhe. Stadt Karlsruhe, Umwelt- und Arbeitsschutz. 224 S. URL: https://www.karlsruhe.de/b3/natur_und_umwelt/klimawandel/klimaanpassung/klimaanpassungka.de (Zugriff: 11.05.2018)
- Rohde, U., Steiling, B., Kelber, A., Hahne, A., Remke, P., Wonnenberg, E. (2017): Bekämpfung der Hohen und der Stauden-Ambrosie mittels unterschiedlicher Methoden sowie Durchführung örtlich orientierter Öffentlichkeitsarbeit. Forschungsbericht KLIMOPASS, LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (Hrsg.). URL: <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/klimawandel-und-anpassung/projektbeschreibung-klimopass> (Zugriff: 11.05.2018)

Abstracts der Posterbeiträge

TREGATA: Treibhausgas-Emissionen aus Talsperren

U. Spank^a, M. Hehn^a, P. S. Keller^b, M. Koschorreck^b, C. Bernhofer^a

^a Technische Universität Dresden, Institut für Hydrologie und Meteorologie, Professur für Meteorologie (Deutschland)

^b Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ, Department Seenforschung (Deutschland)

Methan (CH₄) entsteht in der Umwelt durch den mikrobiellen Abbau organisches Materials unter anoxischen Bedingungen. So wird CH₄ in Mooren und Sümpfen aber auch in den Sedimenten oder im Schlamm am Grund von Gewässern gebildet. Die in Gewässern entstehenden und in die Atmosphäre freigesetzten Mengen an CH₄ sind zeitlich und räumlich äußerst variabel, und die Gesamtbilanz der von Gewässern freigesetzten CH₄-Mengen kann derzeit nur sehr ungenau abgeschätzt werden. Auch die Prozesse, die zur Freisetzung des im Gewässer gebildeten und im Wasserkörper gelösten CH₄ führen, sind nur unvollständig verstanden. Zahlreiche Studien z.B.: Louis et al. 2000, Fearnside 2004, dos Santos et al. 2006, Raymond et al. 2013, Kumar und Sharma 2014 deuten aber an, dass die von Gewässern emittierten Mengen an CH₄ auf Grund des 28x stärkeren Erwärmungspotentials (Myhre et al. 2013) von CH₄ im Vergleich zu Kohlendioxid (CO₂) eine sehr große Bedeutung für die globale Treibhausgas-Bilanz haben.

Die vom Menschen geschaffenen Stauseen und Talsperren sind auf Grund der verstärkten Sedimentation von organischen Material besondere „Hot Spots“ der CH₄-Freisetzung (DelSontro et al. 2010, Bastviken et al. 2011 Raymond et al. 2013, Deemer et al. 2016, Maeck et al. 2013, Maeck et al. 2014). In unserem biometeorologischen Projekt – TREGATA – untersuchen wir mit Hilfe einer Kombination aus mikrometeorologischen und im Wasserkörper installierten hydro-chemischen Messsystemen die CH₄-Emissionen aber auch den CO₂-Austausch von zwei deutschen Talsperren (der mesotrophen Rappbode-Talsperre im Harz und der eutrophen Talsperre Bautzen in der Lausitz). Wir wollen dabei ein Grundverständnis über die Steuerungsmechanismen des CO₂- und CH₄-Austauschs zwischen Gewässern und Atmosphäre aufbauen. Insbesondere analysieren wir, wie Wasserstandsänderungen, Trophie und meteorologische Faktoren den CH₄- und CO₂-Austausch beeinflussen und steuern. Weitere wesentliche Bestandteile des Projekts sind die Messung und Bilanzierung des Energieaustauschs sowie die Quantifizierung der Evapotranspiration. Unser Projekt platziert sich somit in die Schnittstelle zwischen Limnologie, Hydrologie und Mikrometeorologie.

Kern des mikrometeorologischen Messprogramms bildet der operationelle Betrieb eines schwimmendes Eddy-Kovarianz- (EC-) Messsystems zum zeitlich hochaufgelösten (30 Minutenintervalle) flächenintegrierenden Monitoring des Stoff- (CH₄-, CO₂- und Wasserdampf) und Energieaustausch (sensibler und latenter Wärmefluss) zwischen Wasseroberfläche und Atmosphäre. Die EC-Messungen werden durch ein kontinuierliches Monitoring aller Strahlungsbilanzkomponenten, der klassischen meteorologischen Größen (Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und Windrichtung), der Wassertemperatur (20 Messtiefen) und der Konzentration von im Wasser gelöstem CH₄, CO₂ und Sauerstoff (O₂) vervollständigt. In unserem Beitrag wollen wir die bis dato gewonnenen Messdaten vorstellen und diskutieren. Im Besonderen möchten wir einen Eindruck über die speziellen Herausforderungen beim Betrieb einer schwimmenden Messplattform vermitteln und werden über die notwendigen speziellen Adaptionen des EC- Messsystems berichten.



Abbildung: Messplattform mit mikrometeorologischen und hydro-chemischen Messsystemen zum Monitoring des Stoff- und Energieaustauschs zwischen Wasserkörper und Atmosphäre beim Einsatz auf der Talsperre Bautzen

Literatur:

- Bastviken, D., Tranvik, L.J., Downing, J.A., Crill, P.M., Enrich-Prast, A., 2011: Freshwater Methane Emissions Offset the Continental Carbon Sink. *Science* 331, 50–50.
- Deemer, B.R., Harrison, J.A., Li, S., Beaulieu, J.J., DelSontro, T., Barros, N., Bezerra-Neto, J.F., Powers, S.M., dos Santos, M.A., Vonk, J.A., 2016: Greenhouse Gas Emissions from Reservoir Water Surfaces: A New Global Synthesis. *Bioscience* 66, 949-964.
- DelSontro, T., McGinnis, D.F., Sobek, S., Ostrovsky, I., and Wehrli, B., 2010: Extreme Methane Emissions from a Swiss Hydropower Reservoir: Contribution from Bubbling Sediments. *Environ. Sci. Technol.* 44, 2419–2425.
- dos Santos, M.A., Rosa, L.P., Sikar, B., Sikar, E., and dos Santos, E.O., (2006).: Gross greenhouse gas fluxes from hydro-power reservoir compared to thermo-power plants. *Energy Policy* 34, 481–488.
- Fearnside, P.M., 2004: Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: controversies provide a springboard for rethinking a supposedly 'clean' energy source. An editorial comment. *Clim. Change* 66, 1–8.
- Kumar, A., and Sharma, M.P., 2014: Impact of water quality on GHG emissions from Hydropower Reservoir. *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (1), 95-100.
- Maeck, A., Hofmann, H., and Lorke, A., 2013: Pumping methane out of aquatic sediments - forcing mechanisms that affect the temporal dynamics of ebullition. *Biogeosciences Discuss.* 10, 18687–18722.
- Maeck, A., Hofmann, H., and Lorke, A., 2014: Pumping methane out of aquatic sediments – ebullition forcing mechanisms in an impounded river. *Biogeosciences* 11, 2925–2938.
- Raymond, P.A., Hartmann, J., Lauerwald, R., Sobek, S., McDonald, C., Hoover, M., Butman, D., Striegl, R., Mayorga, E., Humborg, C., et al., 2013: Global carbon dioxide emissions from inland waters. *Nature* 503, 355–359.
- St. Louis, V.L.S., Kelly, C.A., Duchemin, É., Rudd, J.W.M., and Rosenberg, D.M., 2000: Reservoir Surfaces as Sources of Greenhouse Gases to the Atmosphere: A Global Estimate Reservoirs are sources of greenhouse gases to the atmosphere, and their surface areas have increased to the point where they should be included in global inventories of anthropogenic emissions of greenhouse gases. *BioScience* 50, 766–775.
- Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang, 2013: Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Bestimmung von Rauigkeitslängen anhand von Ultraschallanemometermessungen

Gabriele Rau^a, Werner Knauder^a, Dietmar Öttl^b

^a Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

^b Land Steiermark, Referat Luftreinhaltung

Die aerodynamische Rauigkeitslänge z_0 ist bei vielen meteorologischen Fragestellungen zu berücksichtigen, so zum Beispiel bei der Übertragung von Windmessungen auf andere Standorte, aber auch für die Parametrisierung der Stationsumgebung und Oberflächenbeschaffenheit (wie zum Beispiel bei GRAMM zur Ableitung von Wärme- und Feuchteflüssen). In der Praxis erfolgt mangels anderer Angaben die Zuordnung der Rauigkeitslänge häufig auf Basis der CORINE Landnutzungsklassen. Für diese Zuordnung sind verschiedene Schemata mit teils beträchtlichen Unterschieden im Einsatz (Tabelle).

Corine Land Cover	z_0 nach		
	TA-Luft	GRAMM	Silva et al.
111 ... durchgängig städtische Prägung	2	1,5	1,1 - 1,3 (1,2)
112 ... nicht durchgängige städtische Prägung, 121 ... Industrie/Gewerbeflächen	1	0,5	0,3 - 0,5 (0,5)
122 ... Straßen/Eisenbahnnetze, funktionell zugeordnete Flächen	0,2	0,3	0,05 - 0,1 (0,075)
123 ... Hafengebiete	0,5	1	0,3 - 0,5 (0,5)
124 ... Flughäfen	0,1	0,2	0,005
131 ... Abbauflächen, 132 ... Deponien, Abraumhalden	0,05	0,3	0,005
141 ... Städtische Grünflächen	0,2	0,3	0,5 - 0,6 (0,6)
142 ... Sport/Freizeitanlagen	0,05	0,3	0,3 - 0,5 (0,5)
211 ... nicht-bewässertes Ackerland	0,05	0,05	0,05
221 ... Weinbauflächen	0,2	0,15	0,1 - 0,3 (0,1)
231 ... Wiesen und Weiden	0,02	0,1	0,03 - 0,1 (0,03)
243 ... Landwirtschaftlich genutztes Land mit Flächen natürlicher Vegetation signifikanter Größe	0,2	0,2	0,1 - 0,5 (0,3)
311 ... Laubwälder	1,5	0,5	0,6 - 1,2 (0,75)
312 ... Nadelwälder	1	0,5	0,6 - 1,2 (0,75)
313 ... Mischwälder	1,5	0,5	0,6 - 1,2 (0,75)
321 ... Natürliches Grünland	0,02	0,02	0,03 - 0,1 (0,03)
324 ... Wald/Strauch-Übergangsstadien	0,5	0,02	0,5 - 0,6 (0,6)
332 ... Felsflächen ohne Vegetation	0,2	0,1	0,005
335 ... Gletscher/Dauerschneegebiet	0,05	0,01	0,001
412 ... Torfmoore	0,1	0,01	0,0005
512 ... Wasserflächen	0,01	0,0001	0

Tabelle: Zuordnungsschemata von z_0 zu CORINE Landnutzungs-klassen (Auswahl der in Österreich häufigsten Klassen)

Anhand der Messdaten von 3D-Ultraschallanemometern werden für einige Standorte in Österreich die nach Koßmann und Namyslo (2007) ermittelten Werte mit den Erwartungswerten verglichen. Die Messdaten stammen weitgehend aus Sondermesskampagnen, die im Zuge diverser Umweltuntersuchungen zu unterschiedlichen Zeiten durchgeführt wurden. Die Vergleichswerte werden bei der Überarbeitung der ÖNORM M 9440 verwendet, um die derzeit in Verwendungen befindlichen Zuordnungen zur Landnutzungs-klassen zu verifizieren oder gegebenenfalls an lokale Gegebenheiten anzupassen.

Literatur:

- ON M9440, 1996: Dispersion of pollutants in the atmosphere – Calculation of ambient air concentrations and determination of stack heights. Austrian Standards (ON), Vienna, 29 pp
- Koßmann, M. und Namyslo, J., 2007: Bestimmung der effektiven aerodynamischen Rauigkeitslänge aus Windmessungen, METTOOLS VI, Garmisch-Partenkirchen
- TU-Graz: Beschreibung und Dokumentation des Modellsystems GRAMM/GRAL; <https://lampx.tugraz.at/~gral/index.php>
- Silva, J., C. Ribeiro, and R. Guedes, 2007: Roughness length Classification of CORINE land cover classes. MEGAJOULE - Consultants. 23

Interanuelle Variation der Energiebilanz und des Nettoökosystemaustauschs eines extensiven Gründaches

Jan Konopka^a, Jannik Heusinger^b, Stephan Weber^a

^a Klimatologie und Umweltmeteorologie, Institut für Geoökologie, Technische Universität Braunschweig

^b School of Geographical Sciences and Urban Planning, Arizona State University, USA

Städtische Gründächer können eine wichtige Rolle bei der Anpassung an den Klimawandel spielen, da sie infolge erhöhter Verdunstung zur Regulierung des Mikroklimas sowie zur Sequestrierung von Kohlenstoff durch Photosynthese beitragen können.

Zur Untersuchung dieser Ökosystemleistungen wurde ein 8600 m² großes, nicht bewässertes Gründach am Flughafen Berlin Brandenburg (BER) über einen Zeitraum von vier Jahren betrachtet. Zur Quantifizierung des Oberfläche-Atmosphäre-austauschs wurde die mikrometeorologische Eddy-Kovarianz (EC) Methode eingesetzt. Um den Einfluss der Wasserverfügbarkeit auf den Energie- und CO₂-Austausch zwischen Gründach und Atmosphäre zu verstehen, wurden trockene und feuchte Perioden untersucht und Zusammenhänge zwischen Blattfläche, volumetrischem Bodenwassergehalt (VWC), kurzweiliger Strahlung und dem Bowen-Verhältnis (β) genauer betrachtet (Heusinger und Weber 2017).

Für das erste Jahr des Messzeitraums war β im Mittel leicht unter 1, aber aufgrund der meteorologischen Umgebung und Bodenwasserverfügbarkeit allgemein stark variabel, sodass β in der Sommerperiode im Mittel auf $\beta = 2$ und während Trockenperioden auf einen Tagesmittelwert von $\beta = 3$ anstieg. Ein multiples Regressionsmodell zeigte außerdem, dass der VWC am Messstandort während sommerlicher hoher Sonneneinstrahlungsperioden ($> 500 \text{ W m}^{-2}$) $> 0,11 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ sein sollte, um ein günstiges Verhältnis zwischen fühlbarer und latenter Wärme zu garantieren (d.h. Mittags- $\beta < 1$). Das Gründach erwies sich zudem als Senke für Kohlenstoff mit einem jährlichen kumulativen Nettoökosystemaustausch (NEE) von $-313 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ Jahr}^{-1}$, was $-85 \text{ g C m}^{-2} \text{ Jahr}^{-1}$ entspricht.

In unserer Präsentation sollen, über den beobachteten Zeitraum von vier Jahren, die jahreszeitliche und saisonale Variation der Energiebilanz und des NEE des untersuchten Gründachs sowie die Partitionierung des latenten Wärmeflusses in pflanzliche Transpiration und Evaporation dargestellt und diskutiert werden.



Abbildung: Messstandort (Gründach) am Flughafen Berlin Brandenburg.

Literatur:

Heusinger, J. und Weber, S., 2017. Extensive green roof CO₂ exchange and its seasonal variation quantified by eddy covariance measurements. *Science of the Total Environment*, 607-608: 623-632.

Heusinger, J. und Weber, S., 2017. Surface energy balance of an extensive green roof as quantified by full year eddy-covariance measurements. *Science of the Total Environment*, 577: 220-230.

Development and application of a statistically-based quality control for crowdsourced air temperature data

Tom Grassmann^a, Adrien Napoly^b, Fred Meier^a, Daniel Fenner^a

^a Technische Universität Berlin, Institut für Ökologie, Fachgebiet Klimatologie, Rothenburgstr. 12, D-12165 Berlin, Germany

^b Centre national de recherches météorologiques (CNRM), Météo France, Toulouse, France

In urban areas, dense atmospheric observational networks with high-quality data are still a challenge due to high costs to deploy and maintain them over time. Citizen weather stations (CWS) could be one answer to that issue. Since more and more owners of CWS share their measurement data publicly, crowdsourcing, i.e., the automated collection of large amounts of data from an undefined crowd of citizens, opens new pathways for atmospheric research. However, the most critical issue is found to be the quality of data from such networks. In this study, a statistically-based quality control (QC) is developed to identify suspicious air temperature (T) measurements from crowdsourced data sets. The newly developed QC exploits the combined knowledge of the dense network of CWS to statistically identify implausible measurements, independent of external reference data. The evaluation of the QC is performed using data from Netatmo CWS in Toulouse, France, and Berlin, Germany, over a one-year period (July 2016 to June 2017), comparing the quality-controlled data with data from a network of reference stations. The new QC efficiently identifies erroneous data due to solar exposition and siting issues, which are common error sources of CWS. Estimation of T is improved when averaging data from a group of stations within a restricted area rather than relying on data of individual CWS. However, a positive deviation in CWS data compared to reference data is identified, particularly for daily minimum T. To illustrate the transferability of the newly developed QC and the use of CWS data, a mapping of CWS data is performed over the city of Paris, France, where spatial density of CWS is especially high.

ALICE – A remotely piloted air sampling system for methane isotopic analysis

Falk Pätzold^a, Thomas Krüger^a, Konrad Bärfuss^a, Stefan Nowak^a, Thomas Rausch^a, Ellen Damm^b,
Josefa Verdugo^b, Astrid Lampert^a

^a Technische Universität Braunschweig/Institute of Flight Guidance, Braunschweig, Germany

^b Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Bremerhaven, Germany

Methane is a very effective greenhouse gas, but the role of the Polar Regions in the methane budget and its sources there is subject to discussion. The sparse surface network data and satellite data indicate significant source regions above the polar oceans.

The remotely piloted system (RPAS) of quadcopter type ALICE was developed at the Technische Universität Braunschweig for taking air samples to study methane isotopic composition related to different polar atmospheric boundary layer conditions above sea ice and open water. The scientific subsystem consists of twelve 100 ml glass bottles for air sampling and different meteorological sensors for air temperature and humidity. Profiles with high resolution meteorological data and air samples at operator selected altitudes up to 1000 m and higher can be obtained. The quadcopter ALICE has a current take-off weight 19 kg. The thrust to weight ratio is high compared to other RPAS to operate in wind speeds up to 70 km h⁻¹.

The initially tested prototype was field operated for the first time during Polarstern cruise PS109 (ARK-XXXI/4), so-called GRISO (Greenland ice sheet/ocean interaction) from 12 September until 14 October, 2017. During this proof of concept expedition the safe shipborne operation and system functionality in harsh polar environment was demonstrated successfully.

In this presentation, the design of the RPAS and the scientific payload will be introduced and its functionality discussed, based on test flights and campaign flight results. The approaches for the next improvements will be outlined.



Figure: Air sampling quadcopter ALICE in polar conditions (Photo C. Knoefel)

Modeling of urban near-road atmospheric pollutant concentrations using an Artificial Neural Network approach with alternative model input data

Bastian Paas^{a,b}, Jonas Stienen^c, Michael Vorländer^c, Christoph Schneider^b, Laura Ehrnsperger^a, Otto Klemm^a

^a Institute of Landscape Ecology – Climatology, University of Münster, Heisenbergstr. 2, 48149 Münster

^b Department of Geography, Humboldt-Universität zu Berlin, Unter den Linden 6, 10099 Berlin

^c Institute of Technical Acoustics, RWTH Aachen University, Kopernikusstraße 5, 52074 Aachen

Air quality assessment is an important task for local authorities throughout the world due to several adverse health effects that are associated with exposure to pollutants such as particle concentrations. Based on the consumption of costs and time related to standardized measurements of pollutants in the atmosphere, other methods such as modeling arise as integrative options, on condition that model performance reaches certain quality standards. An Artificial Neural Network (ANN) approach was developed to predict atmospheric concentrations of different metrics of particle mass (PM) and particle number (PNC) considering particles with aerodynamic diameters between 0.25 - 10 μm (see Figure). ANN model input variables were defined using data of local sound measurements, concentrations of background particle transport and standard meteorological data. It was observed that the ANN approach proposed can be a fairly accurate tool for assessment in predicting particle concentrations not only in time but also in space. Most of the predictions showed good agreement to observations and met quality standards proposed by the European Commission.

A roadmap of further model development made towards an operational modeling tool as well as possible ways of extension are presented. Advancements regarding the approach include both input variable candidates and outputs. Further input data such as information on mixing layer heights, automatic traffic counts, and real-time vehicle emission data will be implemented to address previous limitations of the model as well as model accuracy. Concerning outputs, scheduled extensions will include nuclei mode as well as accumulation mode particles, and trace gases such as NO_x , CO_2 , O_3 and NH_3 . Therefore, an extensive measurement campaign is in preparation to collect time-series data in a busy street canyon in the city of Münster. Furthermore, the use of weather prediction model output data as ANN input variables is planned to extend the application of the ANN approach proposed towards pollutant concentration forecast.

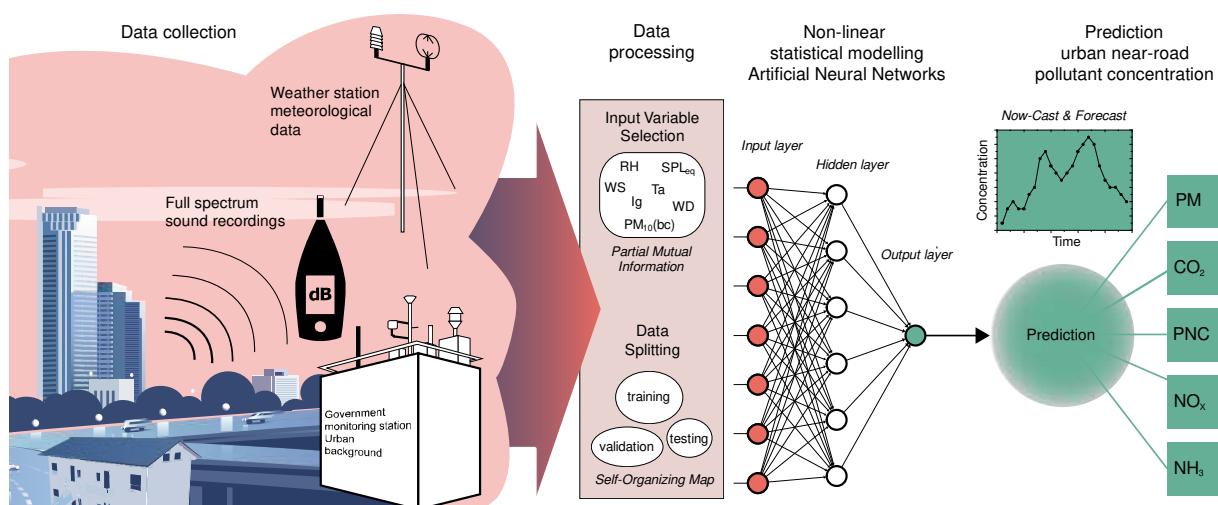


Figure: Artificial Neural Network (ANN) approach proposed for predictions of urban atmospheric pollutant concentrations using alternative model inputs.

Einflüsse von Hofdurchfahrten auf die Belüftung von Innenhöfen

Tobias Gronemeier^a, Matthias Sühling^a

^a Institut für Meteorologie und Klimatologie, Leibniz Universität Hannover

Innenhöfe spielen eine wichtige Rolle im Stadtklima. Sie sind Bestandteil des Wohnraums und dienen häufig als Orte der Erholung für die städtische Bevölkerung. Daher ist es essentiell, dass die Luftqualität in den Innenhöfen keine oder nur eine geringe Schadstoffbelastung aufweist. Um dies zu gewährleisten ist es wichtig eine ausreichende Belüftung der Innenhöfe sicherzustellen. Dies ist wiederum nur möglich, wenn die Strömungsverhältnisse in diesen Räumen hinreichend bekannt sind. Die Strömung innerhalb eines geschlossenen Innenhofs ist bereits mehrfach untersucht worden und ist weitestgehend bekannt. Der Einfluss von seitlichen Öffnungen wie Hofdurchfahrten wurde dabei allerdings häufig ignoriert. Dabei bergen diese Öffnungen ein enormes Potential zur Verminderung der Luftqualität. Die Luftmassen innerhalb der Straßenschluchten werden durch den Straßenverkehr teilweise stark mit Schadstoffen angereichert. Diese verschmutzte Luftmasse kann anschließend durch die Hofdurchfahrten direkt in die Innenhöfe gelangen und dort die Luftqualität drastisch herabsetzen. Mit Hilfe von hoch aufgelösten Grobstruktursimulationen (engl.: large-eddy simulation, LES) werden in der hier vorgestellten Studie die Einflüsse von Hofdurchfahrten auf die Verteilung von Luftbeimengungen untersucht. Erste Ergebnisse zeigen, dass Hofdurchfahrten sowohl die Windverhältnisse als auch die Schadstoffbelastung in Innenhöfen stark beeinflussen können. Werte von mehr als der doppelten Menge der Hintergrundbelastung konnten in den Simulationen registriert werden. Die Auswirkungen hängen dabei eng zusammen mit der Ausrichtung der Durchfahrten zur Windrichtung, mit der Beschaffenheit der Innenhöfe sowie mit der Beschaffenheit des Strömungsfelds in direkter Umgebung des Innenhofs.

Introduction of a Lagrangian Stochastic Particle Model to simulate concentration and flux footprints with the microclimate model ENVI-met

Helge Simon^a, Jannik Heusinger^b, Tim Kropp^a, Laura Werhan^a, Stephan Weber^c, Michael Bruse^a

^a Johannes Gutenberg University Mainz / Geoinformatics, Department of Geography

^b Arizona State University / School of Geographical Sciences & Urban Planning

^c Technische Universität Braunschweig / Climatology and Environmental Meteorology, Institute of Geoecology

The number of study sites for the measurement of the surface-atmosphere exchange of carbon and energy has grown substantially during recent years. The state-of-the-art method which is used at these sites is eddy covariance. Flux data is used to increase process understanding of the terrestrial carbon cycle, to constrain models and to inform policy makers e.g. in the context of climate change research and for modeling purposes. For an accurate interpretation of the flux data, it is necessary to estimate the area that influences the signal measured at the sensor location, which is the so-called flux footprint (Vesala et al., 2008). The footprint of a concentration or flux of a quantity is a function of the characteristics of the earth surface, the state of the atmosphere as well as the height of the sensor above ground level. At the surface, the distribution of sources and sinks (homogenous/heterogeneous), the surface roughness length and the topography are important factors in shaping the footprint location and dimensions. Atmospheric stability, wind speed and direction as well as turbulent intensity are atmospheric factors influencing the footprint. For this purpose, several models have been published since the 1990s which can be distinguished into four categories: (1) analytical models, (2) Lagrangian stochastic particle dispersion models, (3) large-eddy simulations and (4) closure models. Most of the available footprint models are valid only in case of a homogeneous source and in flat topography. This includes all models based on analytically derived mathematical expressions to calculate advection and diffusion of the quantity of interest. Large eddy simulation footprint models and closure models overcome this limitation and are able to simulate fluxes in heterogeneous environments, e.g. high vegetation, forests or urban areas. The disadvantage of the large eddy models is the high computational demand. This means that only computer clusters with hundreds of processors are able to calculate footprints in reasonable time. In contrast, Reynolds-Averaged Navier-Stokes (RANS) models have lower computational demand and, hence, can run on personal computers.

In the present study the microclimate model ENVI-met, a RANS model, was coupled with a newly developed Lagrangian model to simulate particle trajectories based on the microclimate model's three-dimensional output data. The trajectories can either be simulated in forwards mode from the sources to the detector or in backwards mode from the detector to the sources.

Coupling the newly developed Lagrangian model with the holistic microclimate model ENVI-met has decisive advantages. Since ENVI-met includes, among other parameters, sensible and latent heat fluxes in a fully 3D urban environment (Simon, 2016), the Lagrangian model can simulate the influence of heterogeneous sources (e.g. trees, shrubs, grass) within complex topography (e.g. within dense urban areas) onto the footprint. Additionally, it is possible to include point and line sources (e.g. of CO₂) in the footprint estimation.

To evaluate the newly developed post-processing Lagrangian model, its results for a homogeneous scenario are compared to those of two well-known Lagrangian model (Kljun et al., 2015, Kormann and Meixner, 2001). Furthermore, the influence of heterogeneous sources on the footprint is discussed.

References:

Kljun, N., Calanca, P., Rotach, M.W., Schmid, H.P., 2015. A simple two-dimensional parameterisation for Flux Footprint Prediction (FFP). *Geoscientific Model Development*, 8: 3695-3713.

Kormann, R., Meixner, F.X., 2001. An Analytical Footprint Model For Non-Neutral Stratification. *Boundary-Layer Meteorology*, 99: 207-224.

Simon, H., 2016. Modeling urban microclimate : development, implementation and evaluation of new and improved calculation methods for the urban microclimate model ENVI-met, Dissertation, Universität Mainz, 218 S.

Vesala, T., Kljun, N., Rannik, U., Rinne, J., Sogachev, A., Markkanen, T., Sabelfeld, K., Foken, T., M.Y. L., 2008. Flux and concentration footprint modelling: State of the art. *Environmental Pollution*, 153: 653-666.

Umweltmeteorologische Richtlinien für die Modellierung in der Luftreinhaltung

K. Heinke Schlünzen^a, Alfred Trukenmüller^b, Wolfgang Müller^c, Harald Brünger^d

^a Universität Hamburg, Meteorologisches Institut, Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit (CEN), Bundesstr. 55, 20146 Hamburg (Vorsitzende Ausschuss Luftqualität der KRdL)

^b Umweltbundesamt, Fachgebiet II 4.1 "Grundsatzfragen der Luftreinhaltung", Wörlitzer Platz 1, 06844 Dessau-Roßlau (Stellvertretender Vorsitzender Ausschuss Luftqualität der KRdL)

^c VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Vorsitzender Fachbereich II "Umweltmeteorologie"

^d VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss, Verein Deutscher Ingenieure e.V., VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf (Fachbereichskordinator Fachbereich II "Umweltmeteorologie")

In der VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) werden im Fachbereich II "Umweltmeteorologie" im Ausschuss Luftqualität Richtlinien entwickelt, die eine Basis für die nationalen Umsetzungen europäischer gesetzlicher Bestimmungen bilden. So verweist die „Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft“ (TA Luft, 2002) als nationale Umsetzung der europäischen IVU-Richtlinie EG 96/61/EG (inzwischen durch EU (2010) ersetzt) auf Richtlinien der KRdL. In vielen Genehmigungsverfahren, die im Rahmen der TA Luft geregelt sind, muss z. B. anhand einer rechnerischen Immissionsprognose nachgewiesen werden, dass die zusätzlichen Belastungen die Umwelt nicht schädigen. Das Ausbreitungsmodell der TA Luft stützt sich dabei auf das Partikelmodell der Richtlinie VDI 3945 Blatt 3 (Ausgabe September 2000). In den vergangenen Jahren ist ein Bündel von technischen Regeln entstanden, das bei Genehmigungsverfahren eingesetzt werden kann.

In diesem Beitrag werden Richtlinien in ihrem Zusammenspiel mit TA-Luft (2002) und GIRL (2008) sowie Modelle, die die aufgeführten Richtlinien erfüllen, vorgestellt. Für Richtlinien-Entwicklung und Modelle werden Verantwortliche als Diskussionspartner beim Poster sein. Details zu einzelnen Richtlinien bleiben anderen Beiträgen vorbehalten, während hier auch der Weg von der wissenschaftlichen Erkenntnis zur Richtlinie gezeigt wird, denn angewandte Forschung bildet eine essentielle Grundlage für Richtlinien nach dem „Stand der Technik“. Die Richtlinien-Projekte erlauben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern die wissenschaftlichen Erkenntnisse in die Praxis zu transferieren und erfüllen damit in besonderer Weise den häufig von der Wissenschaft geforderten „knowledge transfer“.

Literatur:

EU (2010): Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. November 2010 über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung).

GIRL (2008): Feststellung und Beurteilung von Geruchsmissionen (Geruchsmissions-Richtlinie – GIRL) in der Fassung vom 29. Februar 2008 und einer Ergänzung vom 10. September 2008 mit Begründung Auslegungshinweisen in der Fassung vom 29. Februar 2008. Düsseldorf, Ministerium für Natur und Umwelt, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW, 57 S.

TA Luft (2002): Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA- Luft) vom 24. Juni 2002. GMBI. (2002) Nr. 25–29, S. 511.

VDI (2000): Richtlinie VDI 3945 Blatt 3 „Umweltmeteorologie. Atmosphärische Ausbreitungsmodelle. Partikelmodell“. Beuth Verlag.

Modellierung von Einflüssen regenerativer Energiegewinnung auf die Meteorologie

Marita Boettcher^a, Christina Asmus^a, Sonja Deckwart^a, Emilie Ehretsmann^a, Wenbo Tan^a, David Grawe^a,
K. Heinke Schlünzen^a

^a Universität Hamburg, Meteorologisches Institut, Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit (CEN), Bundesstr. 55, 20146 Hamburg

Die Nutzung von regenerativen Energien wird immer wichtiger für die Energieversorgung. Studien haben gezeigt, dass die Gewinnung von Wind- und Sonnenenergie einen Einfluss auf das lokale und regionale Klima haben kann (Boettcher et al., 2015; Masson et al., 2014). Um den lokalen und regionalen Einfluss der Energiegewinnung abschätzen zu können, werden numerische Modelle, wie zum Beispiel METRAS, benutzt. METRAS enthält eine Parametrisierung zur Berechnung von Windkraftanlagen, mit der bereits der Einfluss von Offshore-Windkraftanlagen in der Deutschen Bucht auf das Sommerklima von Norddeutschland untersucht wurde (Boettcher et al., 2015).

In diesem Beitrag wird METRAS verwendet, um auch den Effekt von Onshore-Windkraftanlagen auf die Schichtung der Atmosphäre in Norddeutschland zu untersuchen, sowie den Einfluss von Offshore-Windkraftanlagen in der Deutschen Bucht auf das Winterklima von Norddeutschland mit besonderem Blick auf das Stadtklima von Hamburg. Zudem wird der Einfluss von Offshore-Windparks auf die Land-Seewind-Zirkulation von Taiwan mit dem Modell METRAS analysiert.

Um die Effekte der Gewinnung von Solarenergie mittels Photovoltaik-Freiflächenanlagen zu untersuchen, wird METRAS um eine entsprechende Parametrisierung erweitert. Im Rahmen dieser Präsentation werden die in METRAS genutzten Parametrisierungen dargestellt und Ergebnisse der verschiedenen Anwendungen präsentiert.

Literatur:

- Boettcher, M., Hoffmann, P., Lenhart, H.-J., Schlünzen, K. H., und Schoetter, R., 2015. Influence of large offshore wind farms on north german climate. *Meteorologische Zeitschrift*, 465-480. DOI: 10.1127/metz/2015/0652
- Masson, V., Bonhomme, M., Salagnac, J.-L., Briottet, X. und Lemonsu, A., 2014. Solar panels reduce both global warming and urban heat island. *Frontiers in Environmental Science*, 14p. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2014.00014>

A low-cost and low-weight sensor system for urban heat island surveys and education

Andreas Christen^a, Felix Baab^a, Heinz Christen^b, Amy Laframboise^{a,c}, Joey K. Lee^d,
Natasha Picone^e, Dirk Redepenning^a

^a Environmental Meteorology, Faculty of Environment and Natural Resources, University of Freiburg, Germany.

^b IT Services, University of Basel, Basel, Switzerland.

^c Environmental Science, Laurentian University, Greater Sudbury, ON, Canada.

^e New York University, New York, NY, USA.

^d CIG - IGEHCS - CONICET/UNCPBA Tandil, Argentina.

The canopy layer urban heat island (CLUHI) is the most widely studied urban climate phenomenon. In particular, the intra-urban variability of the CLUHI has lately received significant attention due to climate change increasing the risk of heat stress in German cities. Experimental studies of the CLUHI use either simultaneously measured air temperatures from fixed stations, or employ mobile traverses using thermometers traversing a city.

The CLUHI is an excellent topic to stimulate undergraduate engagement in environmental meteorology, combining aspects of atmospheric observation technology and geospatial analysis in the context of a changing climate and urban adaptation measures.

Here we present the development and application of a light, replicable, and “low-cost” (€60) urban traverse system that can be easily assembled and programmed in undergraduate education. The systems can be “mass deployed” on bicycles and simultaneously map geotagged air temperature and humidity as they move through cities and adjacent rural areas. We programmed 25 Raspberry Pi Zero W microcontrollers (Raspberry Foundation) to collect data from digital low-cost thermometers / hygrometers (DHT22 / AM2302) and merged data with GPS location, altitude and speed (Adafruit Ultimate GPS Breakout V3). Sensors are housed in a reflective tube to provide a radiation shield. If cycling speed is ensured at > 8 km/h, sensors are sufficiently ventilated and provide useable data to resolve air temperature values. Systems are powered using cell-phone charger battery banks and housed in bicycle accessory bags. Using wireless communication, data are transmitted and displayed on the operator’s smartphone.

The contribution showcases our experience in undergraduate education with a fleet of 25 systems mapping simultaneously the nocturnal urban heat island of Freiburg on bicycles. Prior to the traverse, we calibrated all sensors against a reference CS 215 (Campbell Scientific Inc.) and applied sensor specific corrections to match uncertainties in temperature and humidity readings. We classified Freiburg into different Local Climate Zones, and explored the influence of urban density and green fraction on nocturnal temperatures. We further observed influences of topographic airflow on the spatial structure of the CLUHI along the main drainage channels. Engaging undergraduate students in this project was rewarding to showcase data collection techniques in meteorology. The project introduced students to challenges of crowd-sourced data collection and geospatial data visualization, and engaged them in approaching and addressing environmental meteorological problems.

Dreidimensionale Observierung atmosphärischer Prozesse in Berlin

Ute Fehrenbach^a, Achim Holtmann^a, Fred Meier^a, Dieter Scherer^a

^a Technische Universität Berlin, Institut für Ökologie, Fachgebiet Klimatologie

Bis heute sind detaillierte Wetter- und Klima- sowie Luftqualitätsdatensätze aus mehrjährigen oder gar multidekadischen Langzeitbeobachtungen (Long-term observations; LTO) für Städte nur in begrenztem Umfang verfügbar. Oft gibt es in Städten, wenn überhaupt, nur wenige Messstationen, die eine lange Zeitspanne abdecken. Hinzu kommt das Problem, dass sich die Umgebung der Stationen im Laufe der Zeit verändern kann.

Die städtischen LTO atmosphärischer Prozesse in Berlin stammen von Messstationen des Deutschen Wetterdienstes, der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt in Berlin (die inzwischen neu gegliedert ist), der drei Universitäten Berlins sowie der Technischen Universität Braunschweig. Das Stadtklimamessnetz (Urban Climate Observation Network; UCON) des Fachgebiets Klimatologie der Technischen Universität Berlin läuft seit Beginn der 1990er Jahre mit automatischen Wetterstationen (AWS) und Eddy-Kovarianz-Stationen an ausgewählten Standorten. Innerhalb der DFG-Forschergruppe *Urban Climate and Heat Stress in mid-latitude cities in view of climate change (UCaHS)* wurde ab 2012 das Beobachtungsnetz weiter harmonisiert und ausgebaut.

In Verbundprojekt *Dreidimensionale Observierung atmosphärischer Prozesse in Städten (3DO)* der BMBF-Fördermaßnahme *Stadtklima im Wandel* wurden ab 2016 weitere LTO installiert und jeweils vier Intensivmesskampagnen (IOP) mit verschiedenen Schwerpunkten in Berlin, Hamburg und Stuttgart durchgeführt, um eine Vielzahl dreidimensionaler atmosphärischer Datensätze zu erzeugen. Die meteorologischen und luftchemischen Datensätze dienen als Referenzdatensätze für die Validierung des gebäudeauflösenden Stadtklimamodells PALM-4U, das im Verbundprojekt *Modellbasierte Stadtplanung und Anwendung im Klimawandel (MOSAİK)* der Fördermaßnahme entwickelt wird. Die Datensätze sollen aber auch für spezifische wissenschaftliche Fragestellungen sowie Anwendungen in der Stadtplanung und der Luftqualitätskontrolle eingesetzt werden.

Am Fachgebiet Klimatologie werden im Teilprojekt 1 *Dreidimensionales Monitoring atmosphärischer Prozesse in Berlin* des 3DO-Verbundprojekts zusätzlich zu den o.a. LTO vertikale Profile von Aerosolen sowie Wolkenhöhen mittels zweier Ceilometer an verschiedenen Standorten gemessen. Ein weiteres Ceilometer wird vom Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin betrieben.

Im Mai 2018 wurde ein 40 m hoher Messmast mit Messgeräten zur LTO von Vertikalprofilen der Lufttemperatur und Luftfeuchte, 3D-Wind, kurz- und langwellige Strahlungsflussdichten aus beiden Halbräumen, fühlbare und latente Wärmeflussdichten in fünf Höhen (2, 10, 20, 30, 40 m über Grund) am Standort des Fachgebiets Klimatologie in Berlin Steglitz instrumentiert. Zusammen mit weiteren Messgrößen können detaillierte Untersuchungen sowohl des städtischen Strahlungs- und Wärmehaushalts durchgeführt als auch Flussdivergenzen im Übergang von der städtischen Hindernisschicht in die Inertialschicht durchgeführt werden.

In den Winter-IOP 2017 und 2018 wurden vertikale Profile von Wind, Turbulenz, Lufttemperatur und Luftfeuchte und Luftschadstoffausbreitung gemessen, während in der Sommer-IOP 2017 zusätzlich kurz- und langwellige Strahlungsflussdichten, Oberflächentemperaturen verschiedener Materialien sowie humanbiometeorologisch relevante Größen gemessen wurden. Im Beitrag werden ausgewählte LTO sowie Messungen der ersten drei IOP in Berlin vorgestellt.

Modellierung von städtischen Einflüssen auf verschiedene meteorologische Parameter

Jana Fischereit^a, Ge Cheng^a, Ana Luevano^a, Vivien Voss^a, David Grawe^b, K. Heinke Schlünzen^a

^a Meteorologisches Institut, CEN, Universität Hamburg

^b CEN, Meteorologisches Institut, Universität Hamburg

Die lokalklimatischen Bedingungen in Städten sind gegenüber dem Umland durch die Bebauung, künstliche Baumaterialien und Emissionen verändert. Die Veränderungen wirken sich auf alle Bereiche aus – vom Strahlungs- und Wasserhaushalt, über die Luftzusammensetzung bis hin zu den thermischen und den aerodynamischen Bedingungen – und führen zu bekannten Phänomenen wie der städtischen Wärmeinsel und erhöhter Luftverschmutzung. Zwar sind die grundlegenden Mechanismen dieser Phänomene gut verstanden, aber die weltweit sehr unterschiedlichen Bebauungsstrukturen, Klimazonen und topographischen Verhältnisse führen zu unterschiedlichen Ausprägungen dieser Phänomene. Ziel dieses Beitrages ist es deshalb, die städtischen Einflüsse auf die verschiedenen meteorologischen Parameter in unterschiedlichen meteorologischen und geographischen Situationen zu analysieren. Dazu werden am Meteorologischen Institut der Universität Hamburg verschiedene Examensarbeiten durchgeführt, aus denen hier ausgewählte vorgestellt werden. Neben der Analyse von Messdaten werden für die Untersuchungen mesoskalige und mikroskalige Simulationen durchgeführt, sowohl für idealisierte als auch für realitätsnahe Gebiete.

Mesoskalige Untersuchungen mit METRAS charakterisieren die städtischen Wärmeinsel für das kalt-tropische Mexiko-Stadt (Luevano, 2018), und zeigen den mesoskaligen Einfluss der Orographie auf die städtische Wärmeinsel in Hongkong (Cheng, 2018).

Der mikroskalige Einfluss von Bebauungsstrukturen und unterschiedlicher Oberflächenbedeckung wird mit dem hindernisauflösenden Modell MITRAS untersucht. Unter Einbezug von Naturmessungen und Modellrechnungen wird die Repräsentativität von Luftschadstoffmessungen innerhalb der städtischen Bebauung dargestellt (Voss, 2018), sowie die bio-meteorologische Wirkung urbaner Wasserflächen in die umliegende Bebauung analysiert (Fischereit, 2018).

Literatur:

Cheng G., 2018. Regionale Windsystem und Stadtklima in Hongkong, Masterarbeit in Vorbereitung

Fischereit J., 2018. On modelling the thermal impact of water surfaces in urban areas, Dissertation in Vorbereitung.

Luevano A., 2018. Analysis of the urban heat island in Mexico City and the impact of adaptation measures, Masterarbeit in Vorbereitung

Voss V., 2018. Räumliche Repräsentativität von urbanen Luftschadstoffmessungen im Raum Hamburg., Masterarbeit in Vorbereitung

Stadtklimatologische Expertise für die Immobilienwirtschaft: ÖGNI Steckbrief Mikroklima

Wolfgang Gepp^a

^a Weatherpark GmbH Meteorologische Forschung und Dienstleistungen

Für die Mettools 2018 möchten wir in Form eines Vortrages ein Beispiel für die Anwendung stadtklimatologischer Expertise in der Praxis, konkret in der Immobilienwirtschaft, vorstellen.

Zertifizierungssysteme für nachhaltiges Bauen sind in der Immobilienwirtschaft weit verbreitet. Bauherren lassen ihre Immobilien nach verschiedenen Nachhaltigkeits-Kriterien, wie zum Beispiel der Wirkung auf die globale und lokale Umwelt oder den Verbrauch von Ressourcen, nach einem Punkteschema bewerten und auszeichnen.

Das Gütesiegel der ÖGNI, der Österreichischen Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft, ist das verbreitetste in Österreich. In Zusammenarbeit mit der ÖGNI hat die Firma Weatherpark als Expertin für das Thema Stadtklima einen neuen Steckbrief Mikroklima erarbeitet, der seit Sommer 2017 Bestandteil des Zertifizierungsprozesses der ÖGNI ist.

Die Inhalte des Steckbriefes Mikroklima und dessen Anwendung in der Praxis wollen wir bei der Mettools 2018 vorstellen.

Der Steckbrief wird in 2 gleich gewichtete Bereiche gegliedert:

Thermischer Komfort

Ziele und Untersuchungsgegenstand sind:

- Vermeidung von Hitzestress
- Reduktion der städtischen Wärmeinsel
- Wohlbefinden durch Optimierung thermophysiologischer Bedingungen

Windkomfort

Ziele und Untersuchungsgegenstand sind:

- Nutzung von Freiflächen bei angenehmen Windverhältnissen
- Erhöhung des Komforts für Passanten
- Vermeidung von Abwinden, Kanalisierung,...
- Vermeidung von Gefahren durch Sturm

In unserem Vortrag wollen wir auf die stufenweise Methodik der Beurteilung des Mikroklimas eingehen (Stufe 1: Einschätzung der Auditoren, Stufe 2: Expertengutachten), auf die projektspezifische Maßnahmenentwicklung zur Komforterhöhung sowie auf die aus dem Prozess resultierende Optimierung der klimatischen Situation.

Ziel ist eine stärkere Verankerung des Problembewusstseins bei Immobilienentwicklern und -planern und damit einhergehend die stärkere Berücksichtigung des Mikroklimas im Umfeld von Gebäuden und auf Freiflächen bei der Planung von Gebäuden bzw. Stadtteilen.

Literatur:

ÖGNI Steckbrief Mikroklima

Wie berücksichtigt die Stadt Braunschweig das Stadtklima in der Umweltplanung?

Britta Jänicke^a, Andreas Bruchmann^a

^aStadt Braunschweig, Stelle 61.43 Umweltplanung und Umweltdaten, Richard-Wagner-Straße 1, 38106 Braunschweig

Am Beispiel von Braunschweig zeigen wir auf, wie stadtklimatologische Belange in der Praxis der Umweltplanung berücksichtigt werden und geben einen Überblick über die Tätigkeiten der Stelle Umweltdaten und Umweltplanung der Stadt Braunschweig im Bereich Stadtklima.

Anhand ausgewählter Bauvorhaben veranschaulichen wir verschiedene gesetzliche und planerische Instrumente, mit denen stadtklimatologische Belange Eingang in die Stadtplanung finden. Diese umfassen Flächennutzungsplanung, Bauleitplanung, Landschaftsrahmenplanung, Freiraumentwicklungsplanung, Umweltverträglichkeitsplanung und städtebauliche Verträge. Mit Hilfe von Klimaanalysen und Planungshinweiskarten wird die Auswirkung von Planungsänderungen und Bebauung abgeschätzt und eine entsprechende Stellungnahme verfasst. Da beim Stadtklima keine spezifischen gesetzlichen Grenzwerte bestehen, nimmt die Planungshinweiskarte einen hohen Stellenwert zur Beurteilung von Flächen ein (Abbildung). Die aktuelle Klimaanalyse steht im Fach- und Raumbezogenen Informationssystem der Stadt Braunschweig (FRISBI) im Internet zur Verfügung.

Im Ausblick fassen wir künftige Aufgaben und Herausforderungen wie die Anpassung an den Klimawandel zusammen.

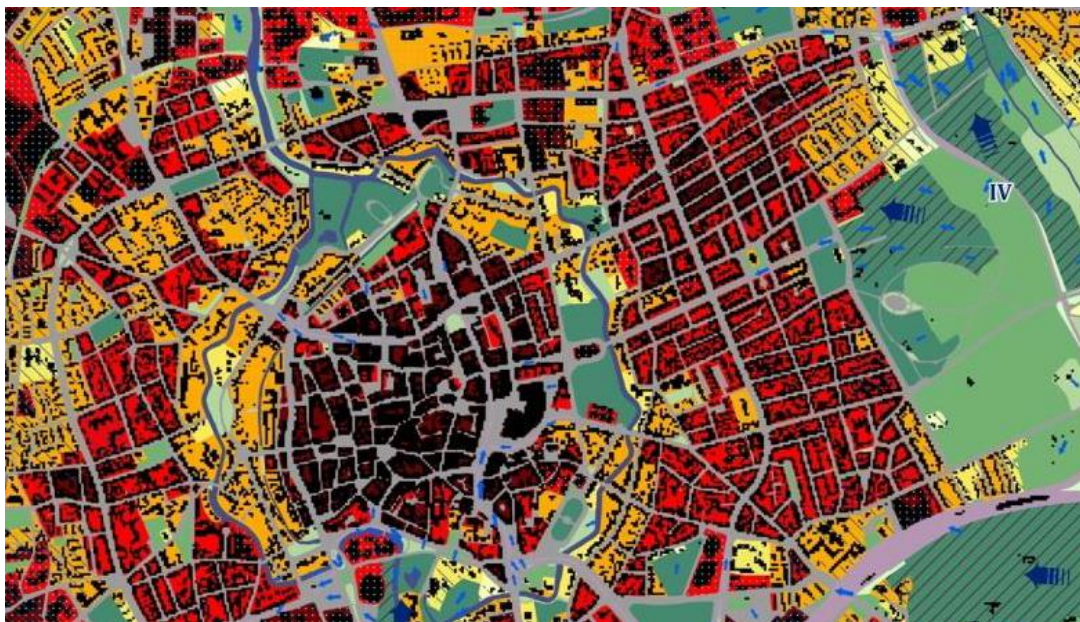


Abbildung: Ausschnitt aus der stadtklimatologischen Planungshinweiskarte für die Nacht, die GEO-NET Umweltconsulting GmbH im Rahmen der Stadtklimaanalyse Braunschweig 2017 erstellt hat und künftig zur Beurteilung von Flächen verwendet wird. Von gelb bis dunkelrot ist die bioklimatologische Situation für Siedlungsflächen und in grün für Freiflächen dargestellt. Blaue Pfeile zeigen Luftaustausch.

Untersuchung der urbanen Grenzschicht und Windfelder von Stuttgart mit bodengebundenen Fernerkundungsverfahren

Olga Kiseleva^a, Bianca Adler^a, Norbert Kalthoff^a, Andreas Wieser^a

^a Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Karlsruher Institut für Technologie

Die starke topographische Gliederung des Stuttgarter Stadtgebietes mit seiner Kessellage und Höhenunterschieden von mehr als 300 m hat einen großen Einfluss auf alle meteorologischen Parameter, wie Strahlung, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag und Wind. In diesem Zusammenhang sind die Windfelder und Austauschprozesse in der Stadtatmosphäre von großer Bedeutung.

Der vorgestellte Beitrag zeigt die Ergebnisse der Messungen, die im Rahmen des „BMBF-Stadtklimaprojektes“ seit Januar 2017 während zweier Winter- 2017/2018 und einer Sommerintensivmessphase 2017 durchgeführt wurden. Anhand der gewonnenen Messdaten werden zwei Hauptziele verfolgt: Analyse der vertikalen Struktur der urbanen Grenzschicht und der Tagesgänge der Windfelder in Stuttgart unter verschiedenen Stabilitätsbedingungen.

Quantitative Informationen über Bedingungen und Prozesse in der urbanen Grenzschicht über dem Stadtzentrum wurden aus mehreren Tagen der Sommer- und Winter-Intensivmessphasen ermittelt und verglichen. Die Auswertungen stützen sich dabei auf die Messung der Vertikalwindgeschwindigkeit mit einem Doppler-Lidar (bis 600 m AGL) und auf die Messungen der Lufttemperatur, absoluten Luftfeuchte, des integrierten Wasserdampfgehaltes, des Flüssigwasserpfades und der Infrarottemperatur von einem Mikrowellenradiometer (bis 10000 m AGL).

Die Windfelder im Neckartal und im Stuttgarter Talkessel werden insbesondere mit Hilfe von Dual-Dopplermessungen während der Sommer-Intensivmessphase 2017 untersucht. Während dieser Messphase wurden zwei leistungsstarke, scannende Doppler-Lidargeräte an gegenüberliegenden Hängen des Neckartals installiert. Mit Hilfe dieser Messkonfiguration wurden 6 virtuelle Masten erzeugt, an denen Horizontalwindprofile mit einer zeitlichen Auflösung von 10 Minuten abgeleitet wurden. Drei virtuelle Masten befanden sich entlang einer Schnittlinie am Ausgang des Stuttgarter Talkessels, und drei quer zur Talachse im Neckartal. Die Auswertungen wurden durch Daten von Radiosonden, Fesselsonden und Sodar, des Projektpartners Deutscher Wetterdienst komplementiert.

Auswirkungen des Klimawandels auf das Stadtklima – Implementierung des Klimaänderungssignals in stadtklimatische Modellrechnungen

Janko Löbig^a, Cornelia Burmeister^a, Björn Büter^a, Dirk Pavlik^a, Robert von Tils^a

^a GEO-NET Umweltconsulting GmbH, Hannover

Das Schutzgut Klima ist ein bedeutender Aspekt der räumlichen Planung und vor dem Hintergrund konkurrierender Planungsziele sind flächenbezogene Fachinformationen ein wichtiges Hilfsmittel zu dessen sachgerechter Beurteilung. Die Berücksichtigung des Lokalklimas in der Stadtplanung erfordert eine detaillierte Kenntnis der Wechselwirkungen zwischen Bebauungsstruktur und Atmosphäre. Diese Anforderungen werden durch das mesoskalige Stadtklimamodell FITNAH-3D erfüllt (Groß 2002, 2014), das flächendeckende Ergebnisse in einer horizontalen räumlichen Auflösung von 10 - 250 m berechnen kann.

Dem Modell liegen bestimmte synoptische Rahmenbedingungen zugrunde, typischerweise wird eine autochthone Wetterlage angenommen. Um die Auswirkungen des Klimawandels auf das Stadtklima zu erfassen, werden diese Rahmenbedingungen anhand eines regionalspezifischen Klimaänderungssignals modifiziert. Das Klimaänderungssignal wird für eine bestimmte Zukunftsperiode sowie ein vorgegebenes RCP-Szenario aus EURO-CORDEX-Daten berechnet (vgl. Vortrag zum „Climate Data Analyzer“ von GEO-NET).

Die Modellergebnisse quantifizieren die Auswirkungen des Klimawandels bspw. auf die städtische Überwärmung und das Kaltluftprozessgeschehen in der Nacht sowie die Wärmebelastung am Tage. Durch die Implementierung geplanter Bauvorhaben in die Modellrechnung (z.B. aus dem Flächennutzungsplan) kann zudem eine Bewertung in den städtebaulichen Entwicklungsflächen selbst sowie deren Auswirkungen auf die bestehende Siedlungsstruktur analysiert werden. Ergebnisse aus den Städten Aalen, Braunschweig und Singen verdeutlichen, dass die Auswirkungen des Klimawandels im Wesentlichen die thermische Belastung in Stadtgebieten erhöht, während der Einfluss auf das Strömungsfeld gering ist. Dieser kommt bei der Berücksichtigung zukünftiger Siedlungsflächen zum Tragen, deren Effekte auch in Bezug auf die thermische Belastung dem reinen Klimaänderungssignal überwiegen.

Mittels Klimaanalyse- und Planungshinweiskarten werden die Modellergebnisse in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3787 Bl. 1 (VDI 2015) in Wert gesetzt, sodass sie für kommunale Planungsvorhaben genutzt werden können. Dabei werden bestehende und zukünftige Belastungsräume dargestellt, für die jeweils stadtklimatische Maßnahmen bzw. Empfehlungen abgeleitet und priorisiert werden können.

Literatur:

- Gross, G. (2002): The exploration of boundary layer phenomena using a nonhydrostatic mesoscale model. Meteorologische Zeitschrift. 11 (4): 295-302.
- Gross, G. (2014). On the Parametrization of Urban Land Use in Mesoscale Models. Boundary-layer meteorology. 150(2): 319-326.
- VDI – Verein Deutscher Ingenieure (2015): Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen. Umweltmeteorologie. VDI-Richtlinie 3787, Blatt 1.

Hitzeresiliente Entwicklung von Stadtquartieren mit Hilfe von hoch aufgelösten Stadtklimadaten aus Modellierung und Messung

Astrid Ziemann^a, Valeri Goldberg^a, Christian Bernhofer^a

^a Technische Universität Dresden, Professur für Meteorologie, PF 1117, 01735 Tharandt

Die steigende thermische Belastung ist eine der markantesten Wirkungen des Klimawandels in großen Städten mit stark verdichteten Stadtquartieren. Nicht nur die kurzzeitigen Maxima, sondern vor allem die zeitliche Dauer dieser Hitzebelastungen nehmen zu. Diese Entwicklung führt zu erheblichen negativen Auswirkungen auf die Lebensqualität der Bewohner/innen in Quartieren mit hoher Bebauungs- und Versiegelungsdichte und in thermisch kritischen Gebäudetypen. In diesem Zusammenhang ergeben sich neue und miteinander gekoppelte Fragen nach der Klimaresilienz von Städten und Stadtquartieren einschließlich der Erhaltung und Verbesserung der Lebensqualität und Attraktivität von Quartieren aus Bewohnerperspektive.

Im Verbundprojekt HeatResilientCity (HRC) soll diese Problemstellung von verschiedenen wissenschaftlichen Projektpartnern sowie den Umweltämtern der Städte Dresden und Erfurt bearbeitet werden. Die Projektbearbeitung wird in enger Kooperation mit Wohnungsunternehmen, aber auch in Rückkopplung mit Energieunternehmen erfolgen. Ein Fokus liegt dabei auf Umbaumaßnahmen von Gebäuden. Diese werden mit Messungen sowie numerischen Simulationen des Innen- und Außenraums begleitet, um Effekte der energetischen Gebäudesanierung zu quantifizieren und künftige Anpassungsoptionen daran auszurichten.

Die Aufgabe des Teilprojektes der TU Dresden besteht darin, regionale Klimaprojektionsdaten auf die Skala von Stadtquartieren zu transformieren und dementsprechend höher aufzulösen. Dieses Downscaling wird auf Basis von empirischen Beziehungen zwischen Stadtstrukturparametern und Klimagrößen durchgeführt. Dazu wird der lokale Effekt der Stadtstrukturen (Gebäude, Verkehrswege, Stadtgrün) auf das Mikroklima ausgewählter Quartiere in Dresden und Erfurt bestimmt. Zusätzlich werden Simulationsergebnisse von hochauflösenden Stadtklimamodellen (u.a. ENVI-met) sowie mobile Messungen (u.a. mit Messrucksack) für die Ableitung der Klimawirkung der Stadtstrukturen einbezogen.

Die modifizierten Klimadaten werden mit physikalischen Indikatoren zur Mikro- und Bioklimawirkung in den Stadtquartieren abgeglichen. Darüber hinaus dienen diese Daten als Basis für die Bestimmung der hitzebedingten Wirkungen auf die Stadtbewohner im Außenraum und für die Ableitung der Eingangsdaten von Simulationen zum Gebäudeklima, um u.a. auch künftige Anforderungen an haustechnische Systeme zu bestimmen. Außerdem werden die Klimadaten benötigt, um die ökologische Leistungsfähigkeit städtischer Ökosysteme zu bewerten und Anpassungsoptionen bezüglich der Ökosystemdienstleistungen in den Quartieren in Dresden und Erfurt bereitzustellen.

Neben der Vorstellung des Projektkonzeptes werden erste Simulations- und Messergebnisse zum Einfluss unterschiedlicher Stadtstrukturen auf bio- und mikroklimatisch bedeutsame Größen in einem Stadtquartier von Dresden-Gorbitz präsentiert, wobei die thermische Exposition der Quartiersbewohner unter sommerlichen Hitzebedingungen im Mittelpunkt steht.

Sensitivitätsstudien zur Quelldarstellung im Rahmen der Ausbreitungsrechnung nach TA Luft 2002

Heike Hebbinghaus^a

^a Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, Recklinghausen

Während bei gefassten Quellen die Darstellung dieser Quellen in der Ausbreitungsrechnung nach TA Luft in der Regel eindeutig durch die Quellart und -dimension vorgegeben ist, kommt es bei diffusen Quellen, beispielsweise Offenställen in der Landwirtschaft, häufiger zu Diskussionen über die Art der Quelldarstellung, etwa ob ein Ansatz als Volumenquelle oder als Flächenquelle(n) der sachgerechtere wäre. Um einzuschätzen, welche Auswirkung unterschiedliche Quellansätze auf die berechnete Immissionszusatzbelastung haben können, wurden Sensitivitätsstudien mit dem Ausbreitungsmodell AUSTAL2000 durchgeführt. Grundlage der Basissimulation bildete eine fiktive Volumenquelle mit einer Ausdehnung von 5 m x 5 m x 5 m. Als betrachtete Varianten wurde zum einen die horizontale Ausdehnung der Volumenquelle vergrößert, zum anderen eine oder mehrere vertikale Flächenquelle(n) mit unterschiedlicher Lage sowie eine vertikale Linienquelle in der Mitte der Volumenquelle angesetzt. Alle Quellvarianten wurden ohne Ansatz von Abluffahnenüberhöhung gerechnet.

Als Stoffe wurden Geruch (odor) und ein nicht deponierendes Gas (xx) betrachtet, wobei die Emissionen in allen Simulationen einheitlich gewählt wurden, aber keiner realen Quelle entsprechen. Als Rauigkeitslänge wurde 0,2 m gewählt, was ein typischer Wert in landwirtschaftlich geprägten Regionen ist. Es wurde mit ebenem Gelände gerechnet. Alle Simulationen wurden ohne explizite Modellierung von Gebäudeumströmungen durchgeführt.

Der Vergleich der Ergebnisse zeigt, dass für die untersuchten Fälle und Randbedingungen bei vergleichbarer Ausdehnung und Lage der Quelle die Unterschiede zwischen den Quellarten an sich gering sind. Unterschiede ergeben sich vor allem bei den höchsten Immissionsbelastungen in Quellnähe. Beispielsweise zeigt der Vergleich zwischen Ansatz einer Volumenquelle und Ansatz einer vertikalen Flächenquelle, die eine Seite der Volumenquelle abdeckt, dass die berechneten Immissionen am Rand der Volumenquelle auf der Seite, an der die Flächenquelle nicht liegt, höher als bei Ansatz der Flächenquelle sind. Diese Unterschiede sind jedoch auf vergleichsweise kleine Bereiche des Rechengebiets beschränkt. Wenn die Emissionen an deutlich unterschiedlichen Orten erfolgen (z. B. ausgedehnte Volumenquelle vs. kleine Volumenquelle), nehmen diese Abweichungen der Immissionsbelastungen zu.

Improved representation of street canyons with the CityChem extension of the urban-scale air quality model EPISODE

Matthias Karl^a, Martin Ramacher^a

^a Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Department of Chemistry Transport Modelling, 21502 Geesthacht, Germany 1

CityChem is an open source extension of the Eulerian urban dispersion model EPISODE originally developed at the Norwegian Institute for Air Research (NILU). EPISODE-CityChem has the capability of modelling the photochemical transformation of multiple pollutants along with atmospheric diffusion to produce pollutant concentration fields for the entire city on a horizontal resolution of 100 m or even finer and a vertical resolution of 24 layers up to 4000 m height (Karl, 2018). CityChem contains improved representations of street canyons and local photochemistry for the sub-grid scale modelling near line sources. For the study of air pollutant concentrations in street canyons in Hamburg, EPISODE-CityChem was set-up with a main grid of 30x30 grid cells of 1x1 km² each and a receptor grid of 300x300 grid cells of 100x100 m². Wind flow fields were generated by the prognostic meteorology component of the Australian air quality model TAPM. Traffic emissions were modelled as line sources for the entire road network of Hamburg. The implemented simplified street canyon model (SSCM) follows in most aspects the Operational Street Pollution Model (OSPM; Fig. a; Berkowicz et al., 1997). Each line source for which the geometric mid-point is located in a grid cell with urban land use is treated as street canyon. For simplification, all buildings along the street canyon have the same average height and no gaps exist between buildings. Use of SSCM improves the agreement between modelled hourly concentrations of nitrogen dioxide (NO₂) and those measured at the traffic monitoring sites in Hamburg (Fig. b). Further refinement of the street canyon model will include the possibility to use spatially resolved data on building height and street canyon width.

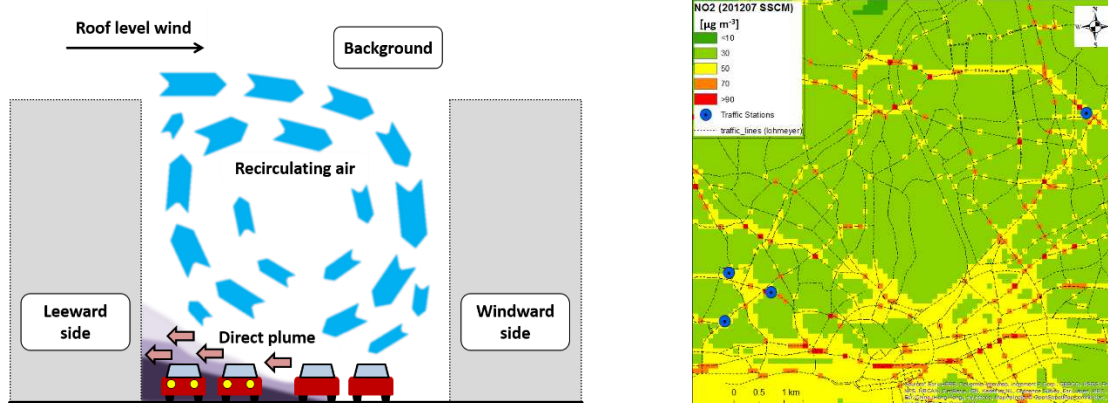


Figure: (a) Illustration of the flow and dispersion conditions in the street canyon. (b) Monthly mean NO₂ conc. (July 2012) in Hamburg modelled with EPISODE-CityChem and traffic AQ monitoring stations (blue circles).

References:

- Berkowicz, R., Hertel, O., Larsen, S. E., Sørensen, N. N., and Nielsen, M., 1997.: Modelling traffic pollution in streets, Ministry of Environment and Energy, National Environmental Research Institute, Roskilde, Denmark.
- Karl, M. 2018. Development of the city-scale chemistry transport model CityChem-EPISODE and its application to the city of Hamburg. Geosci. Model Dev. Discuss., <https://doi.org/10.5194/gmd-2018-8>.

Analysis of Aerosol Signature Size Distributions for Germany using data from the German Ultrafine Aerosol Network from 2011 to 2014

Leila Lazemi^a, Olfa Bath^b, Wolfram Birmili^c, Harald Flentje^d, Holger Gerwig^e, Gunter Löschau^f, Frank Meinhardt^g, Ludwig Ries^h, Andreas Schwerinⁱ, Alfred Wiedensohler^j, Klaus Wirtz^e, Stephan Weber^a

^a Climatology and Environmental Meteorology, Institute of Geoecology, Technische Universität Braunschweig

^b Federal Environmental Agency, measuring station Neuglobsow, Germany

^c Federal Environmental Agency, indoor hygiene and health-related environmental impacts, Berlin, Germany.

^d German Weather Service, Meteorological Observatory Hohenpeißenberg, Germany

^e Federal Environmental Agency, experimental station, Langen, Germany

^f Saxon State Office for Environment, Agriculture and Geology, Dresden, Germany

^g Federal Environmental Agency, measuring station Schauinsland, Oberried-hofsgrund, Germany

^h Federal Environment Agency, platform Zugspitze, GAW-Globalstation Zugspitze, Hohenpeißenberg, Germany

ⁱ Federal Environmental Agency, measuring station Waldhof, Langenbrügge, Germany

^j Leibniz Institute for Tropospheric Research (TROPOS), Leipzig, Germany.

The German Ultrafine Aerosol Network (GUAN) was established in 2008 at 17 sites as a cooperative atmospheric observation network designed for long-term observations of particle number size distributions (PNSD). GUAN data should help to address research questions related to climate effects of aerosol and human particle exposure. In this study we analyze an hourly PNSD data set in the diameter size range from $20 < D_p < 800$ nm from the time period 2011 to 2014. The data was estimated at 14 GUAN sites, which include in high altitude, rural, urban background and roadside environments.

The aim of our research is to understand the characteristics of local urban aerosols as well as regional aerosols and their sources, dynamics, and interaction. Hence, we reduced the information in the approx. $500 \cdot 10^3$ hourly PNSD to a number of characteristic size distributions (signature size distributions) at each site without losing too much information from the original data. We used k-means clustering to classify groups of homogeneous data. The number of clusters was estimated by objective criteria, e.g. Silhouette Index, Dunn Index) to determine the optimal number of clusters and to derive robust signature size distributions. Log-normal fitting was applied to the signature size distributions to compare the properties of size distributions from the different sites. Finally, the signature size distribution were analyzed for the relation with meteorological parameters by using a reanalysis data set (COSMO REA6) and an aerosol optical depth data product (NASA MERRA).

First results indicate that a number of 5 to 7 clusters with similar characteristics can be established at the different sites using objective classification criteria. The clusters are further characterized by their total number concentration, shape of the size distribution, and mode diameters. Moreover, cluster properties related to the temporal occurrence and the meteorological conditions are studied.

References:

- Birmili, W., Sun, J., Weinhold, K., Merkel, M., Rasch, F., Spindler, G., ... Weber, S. (2015). Atmospheric aerosol measurements in the German Ultrafine Aerosol Network (GUAN) Part 3 : Black Carbon mass and particle number concentrations 2009 to 2014. *Gefahrstoffe - Reinhaltung Der Luft*, 75(11), 479–488.
- Von Bismarck-Osten, C., & Weber, S. (2014). A uniform classification of aerosol signature size distributions based on regression-guided and observational cluster analysis. *Atmospheric Environment*, 89, 346–357. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.02.050>
- Wegner, T., Hussein, T., Hämeri, K., Vesala, T., Kulmala, M., & Weber, S. (2012). Properties of aerosol signature size distributions in the urban environment as derived by cluster analysis. *Atmospheric Environment*, 61, 350–360. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.07.048>

An introduction to the project related to a mobile detection of isocyanic acid produced as a by-product during the DeNO_x process in diesel vehicles.

Umar Javed^a, Claudia Kofahl^{a,*}, Christian Ehlers^{a,**}, René Dubus^a, Djuro Mihelcic^a, Dieter Klemp^a

^a Institut für Energie- und Klimaforschung, IEK-8: Troposphäre, Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, Deutschland

* now at: Institute for Physical Chemistry, Georg-August-University, Göttingen

** now at: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Nitrogen oxides (NO_x) are amongst the primary pollutants. Nowadays, the NO_x emissions in cities are mainly originated from diesel vehicles. Controlling the emissions of NO_x from diesel vehicles has been a priority for the car manufactures. Different NO_x reduction techniques (DeNO_x technology) have been used to control the exhaust emissions of diesel vehicles. One of the most frequently used DeNO_x process is based on selective catalytic reduction (SCR). In this method urea is used to produce ammonia (NH₃) as a reduction catalyst for NO_x in the exhaust of a diesel vehicle (Figure). The DeNO_x process further leads to emission/leakage of considerable byproduct known as isocyanic acid (HNCO) along NH₃ (Heeb et al., 2011). HNCO is a highly toxic species with a severe impact on the human health (Roberts et al., 2011). Therefore, it is important to have an accurate estimate of the HNCO concentration. In the past, HNCO was detected by using different instruments based on the CIMS (Chemical Ionization Mass Spectrometry), and FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) techniques. But due to the limitations of these approaches, there is a strong need of an independent method for the mobile detection of HNCO. The focus of this project is to develop an instrument based on the tunable diode laser absorption spectroscopy (TDLAS) for the detection of HNCO. The TDLAS technique is not an absolute method and it requires a calibration. The advantage for us is that a calibration source based on the decomposition of cyanuric acid to HNCO is already developed (Kofahl, 2014) in our group. The TDLAS instrument will be deployed in the existing infrastructure (MOBILAB) of the mobile measurements on roads to understand real time emissions. The instrument will provide an important measurement of HNCO for the future strategies regarding the DeNO_x limitations.

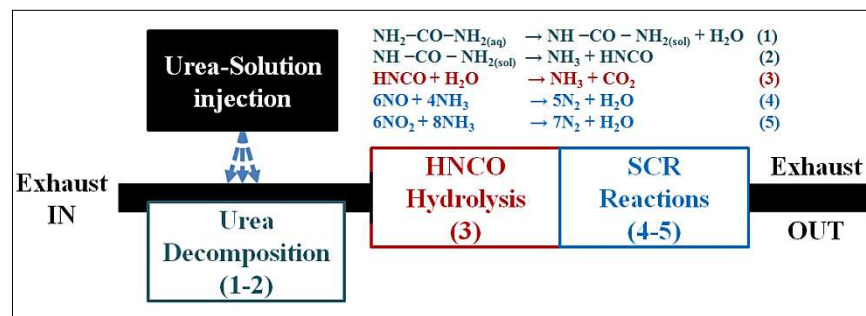


Figure: Schematic of the SCR process. Adapted from (Piazzesi, 2006)

References:

- Heeb, N. V., Zimmerli, Y., Czerwinski, J., Schmid, P., Zennegg, M., Haag, R., . . . Mayer, A. (2011). Reactive nitrogen compounds (RNCs) in exhaust of advanced PM-NO_x abatement technologies for future diesel applications. *Atmospheric Environment*, 45(18), 3203-3209.
- Kofahl, C. (2014). *Bau und Kalibrierung einer HNCO-Quelle*. (Masterarbeit), Universität Rostock, Jülich.
- Piazzesi, G. (2006). *The Catalytic Hydrolysis of Isocyanic Acid (HNCO) in the Urea-SCR Process*. (PhD Dissertation), Swiss Federal Institute of Technology-ETH Zurich. (Diss. ETH No. 16693)
- Roberts, J. M., Veres, P. R., Cochran, A. K., Warneke, C., Burling, I. R., Yokelson, R. J., . . . de Gouw, J. (2011). Isocyanic acid in the atmosphere and its possible link to smoke-related health effects. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(22), 8966-8971.

Methodenvergleich zur Interpolation von gemessenen Aerosolpartikelgrößenverteilungen für Eddy Kovarianz Anwendungen

Agnes Straaten^a, Lars Gerling^a, Stephan Weber^a

^a Technische Universität Braunschweig, Institut für Geoökologie, Klimatologie und Umweltmeteorologie

Epidemiologische Studien haben gezeigt, dass Luftverschmutzung, insbesondere ultrafeine Aerosolpartikel, verschiedene gesundheitliche Auswirkungen wie Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen oder Lungenkrebs verursachen können (Tie et al., 2009). Für die Entwicklung von Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität und zur Minimierung der Exposition des Menschen gegenüber feinen und ultrafeinen Aerosolpartikeln, ist die Erforschung der zeitlichen und räumlichen Variation der Partikelanzahlkonzentration (PNC) und Partikelanzahlgrößenverteilung (PNSD) von großem Interesse. Darüber hinaus ist der Partikelaustausch zwischen Oberfläche und Atmosphäre eine wichtige Grundinformation.

Mithilfe der Eddy-Kovarianz Methode sollen, im Rahmen des vom BMBF geförderten Forschungsvorhabens „Stadtklima im Wandel“, größen aufgelöste Partikelflüsse aus gemessenen PNSDs (5,6 nm bis 560 nm in 32 Größenkanälen) und der Fluktuation des vertikalen Windvektors mit einer Datenerfassungsrate von 10 Hz berechnet werden. Die Messstation, welche seit Mitte März 2017 in Betrieb ist, befindet sich auf dem Dach eines Gebäudes in Berlin-Charlottenburg in einer Messhöhe von 57 m über Grund. Die Partikelmessdaten werden mit einem schnellen elektrischen Mobilitätsspektrometer (Engine Exhaust Particle Sizer Spectrometer 3090, TSI Inc., Minnesota, USA) gemessen, welches zur Charakterisierung von Abgasen von Fahrzeugen oder Motoren entwickelt wurde. Da bei Messungen von Motoremissionen typischerweise höhere Partikelkonzentrationen auftreten als im städtischen Hintergrund (Jahresmittelwert Gesamt-PNC Berlin ca. 8.300 cm⁻³), liegen die in Berlin gemessenen PNCs der einzelnen Größenkanäle teilweise unterhalb der minimalen Schwellenkonzentration des Analysators. Ist dies der Fall, können die Konzentrationen der betroffenen Kanäle nicht für die Flussberechnung verwendet werden.

Da im vorliegenden Berliner Datensatz nur ein Teil der Daten aus vollständigen PNSD bestehen, ist eine Interpolation der Partikelkonzentrationen in den betroffenen Größenkanälen erforderlich, um große zeitliche Lücken zu vermeiden und die größenklassenaufgelösten Partikelflüsse berechnen zu können. In dieser Untersuchung werden drei verschiedene Interpolationsmethoden getestet und miteinander verglichen: eine lineare Interpolation, eine natürliche Spline-Interpolation und eine Log-Normal-Anpassung, die auf einer iterativen Berechnungsmethode basiert, um drei logarithmische Verteilungsfunktionen an verschiedene Größenbereiche der PNSD anzupassen. Log-normale Näherungen werden häufig in der Modellierung von Aerosolen verwendet (z.B. Heintzenberg, 1994). In dieser Studie ist die Log-Normal-Anpassung die komplexeste Methode mit der längsten Rechenzeit.

Erste Ergebnisse zeigen, dass die beiden einfachen und weniger rechen-intensiven Interpolationsmethoden (lineare Interpolation und natürliche Spline-Interpolation) gegenüber der komplexeren Methode besser abschneiden. Während sich das Bestimmtheitsmaß zwischen gemessenen und interpolierten Daten bei der linearen Interpolation (R^2 je nach Testdatensatz zw. 0,845 und 0,942) und der Spline-Interpolation (R^2 zw. 0,836 und 0,953) nicht stark unterscheiden, zeigt die Spline-Interpolation jedoch einen etwas geringeren prozentualen Fehler (je nach Testdatensatz 10,5 % bis 17,1 % gegenüber 13,3 % bis 22,9 %). Nach derzeitigem Ergebnisstand wird daher für das Füllen der Lücken im Datensatz die Verwendung der natürlichen Spline-Interpolation empfohlen.

Der zugrundeliegende Datensatz beinhaltet ein vollständiges Jahr hochaufgelöster 10 Hz PNSD-Daten. Das Poster soll einen Überblick über den Methodenvergleich geben und erste Ergebnisse der sich anschließenden Flussberechnung zeigen.

Literatur:

Tie, X., Wu, D., Brasseur, G. (2009), Lung cancer mortality and exposure to atmospheric aerosol particles in Guangzhou, China, *Atmospheric Environment*, Volume 43, Issue 14, 2375-2377, ISSN 1352-2310, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2009.01.036>.
Heintzenberg, J. (1994), Properties of the Log-Normal Particle Size Distribution, *Aerosol Science and Technology*, 21:1, 46-48.
DOI: 10.1080/02786829408959695

Untersuchung der Vertikalstruktur von meteorologischen Parametern und deren Auswirkungen auf die vertikale Ausbreitung von Luftverunreinigungen – Ergebnisse von Fesselballonmessungen in Stuttgart im Rahmen des BMBF-Projektes 3DO

Abdul Samad^a, Ulrich Vogt^a, Dependra Uprety^a

^a Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik – IFK, Universität Stuttgart

Die Stadt Stuttgart ist ein wichtiger Wirtschaftsstandort in Deutschland, allerdings wird Stuttgart auch immer wieder in Zusammenhang mit schlechter Luftqualität gebracht. Besonders im Winter treten Perioden mit erhöhten Konzentrationen von Luftverunreinigungen auf, welche mit Temperaturinversionen und stabilen meteorologischen Bedingungen mit schlechten Austauschbedingungen einhergehen. Die Luftqualität wird üblicherweise kontinuierlich am Boden überwacht. Vertikalprofile von meteorologischen Größen werden in Stuttgart zweimal am Tag vom Deutschen Wetterdienst im Rahmen von Radiosondierungen ermittelt. Allerdings befindet sich der Startort der Sondierungen in 316 m ü.NN. und somit ca. 70 m über dem Talgrund des Stadtzentrums von Stuttgart. Die besonders interessanten bodennahen Luftschichten werden mit diesen Vertikalsondierungen nicht erfasst. Vertikalprofilmessungen von Luftverunreinigungen hingegen werden nicht regelmäßig durchgeführt, obwohl deren Ergebnisse sehr wichtig sind für viele Fragestellungen der Luftreinhaltung und des Stadtklimas. Fesselballone sind dabei eine mögliche Messplattform die zum Einsatz kommen kann.

Die Entwicklung der Grenzschicht, die Bildung der Temperaturinversion und die vertikale Verteilung der meteorologischen Parameter wurden in Bezug auf atmosphärische Stabilität und Turbulenz im *BMBF-Projekt 3DO* untersucht. Die Vertikalprofile helfen das Verhalten von Temperaturinversion, Schadstoffen und deren Beziehung zueinander zu untersuchen. Das eingesetzte Fesselballonmesssystem besteht aus einer Meteorologiesonde (Temperatur, Feuchte, Druck, Windrichtung, Windgeschwindigkeit) und Geräten für folgende Luftverunreinigungen: Stickstoffdioxid (NO₂), Ozon (O₃), Feinstaub (PM), Black Carbon / Ruß (BC) und ultrafeinen Partikeln (UFP) der unteren Troposphäre. Die Messungen wurden im Schlossgarten in Stuttgart durchgeführt. Der Ballon durfte bis in eine Höhe von 470 m ü.G. aufsteigen. Die Messungen wurden kontinuierlich vom Abend des 7. Februar 2018 bis zum frühen Morgen des 10. Februar 2018 durchgeführt. Der Messzeitraum wurde so gewählt, dass er in eine Periode mit "Feinstaubalarm" fiel. Feinstaubalarm wird in Stuttgart an Tagen mit schlechter Luftqualität ausgerufen.

Die winterliche Hochdruckwetterlage, die leider keine Strahlungswetterlage darstellte, ging mit viel Bewölkung und Hochnebel einher. Somit konnten trotz stabiler Wetterlage selbst nachts keine oder nur sehr leichte Temperaturinversionen im Messzeitraum beobachtet werden. Somit blieb auch die Ausbildung von Kaltluftflüssen aus, welche in Stuttgart einen erheblichen Einfluss auf die Luftqualität haben. Nachts stabilisierte sich die meteorologische Situation, die sich tagsüber wieder schnell auflöste. Die sehr geringen Windgeschwindigkeiten, über den gesamten Messzeitraum betrachtet, nahmen aufgrund des bodennahen Reibungseinflusses und der Kessellage von Stuttgart mit zunehmender Höhe zu. Die O₃-Konzentrationen stiegen während der Mittagszeit an und sanken während der Nacht, während NO₂ einen entgegengesetzten Trend zeigt, da NO₂ und O₃ über das photostationäre Gleichgewicht voneinander abhängen. Die O₃-Konzentration zeigt einen zunehmenden Trend mit der Höhe, während NO₂ einen abnehmenden Trend mit der Höhe zeigt, da bodennah O₃ durch Reaktion mit NO verbraucht wird, um NO₂ zu bilden. Die UFP- und PM-Konzentrationen waren während des Tages höher und niedriger während der Nacht, da die bekannten Quellen, z.B. Autoverkehr, Hausbrand und Industrie während des Tages mehr emittieren. Ein Vergleich von Partikeln verschiedener Größen zeigte, dass die kleineren Partikel (kleiner als 1 µm) dominanter waren als die größeren Partikel, da keine größeren PM-Quellen nahe am Messort lagen und größere Partikel sich meist schnell absetzen und nicht über größere Entfernung getragen werden. Die gemessenen BC-Konzentrationen lagen während der Nacht höher und im Laufe des Tages niedriger, was die Theorie stützt, dass in den Nächten im Winter mehr Heizungen in Betrieb sind, die als eine der Hauptquellen für BC angesehen werden kann. UFP-, BC- und PM-Konzentrationen zeigten einen abnehmenden Trend mit zunehmender Höhe, aber während der Mittagszeit, als die Atmosphäre gut durchmischt war, waren die Konzentrationen relativ konstant über die gesamte Messhöhe.

Die Messungen haben gezeigt, dass Vertikalprofilmessungen von Luftverunreinigungen und Meteorologischen Messgrößen mit einem Fesselballon wertvolle Erkenntnisse über die vertikale Struktur und Verteilung der Luftverunreinigungen in der bodennahen Atmosphäre liefern.

Spatial distribution of Particulates in Downtown, Singapore

Janani Venkatraman Jagatha^a, Christoph Schneider^a, Sebastian Schubert^a, Luxi Jin^a, Mathias Roth^b

^a Humboldt Universität zu Berlin, Germany

^b National University of Singapore, Singapore

Urban climate research is primarily based on point or location-based measurements of climate and air quality data. Unprecedented global climate change, socio-economic processes, and scientific and technological advancements drive rapid changes in urban areas. In consequence, heterogeneous modifications and developments in urban areas actuate varying local climate zones which limit the spatial and temporal representativeness of point based measurements. The evolving land use pattern and urban heat island effect within growing metropolitan areas calls for new observational strategies and atmospheric models for projection and planning.

Singapore boasts of a better air quality than many Asian cities. Nevertheless, multiple construction projects and roadside restaurants combined with narrow streets poses a potential health hazard. In this study, a route starting from one of the busiest districts of Singapore (Chinatown) to the sea front (Straits View), crossing through different local climate zones is tuned. The concentration of Particulate matter, along with temperature and humidity is measured.



Figure: Downtown area, Singapore.

References:

Sok Huang Tan, Matthias Roth, Erik Velasco; Particle exposure and inhaled dose during commuting in Singapore, *Atmospheric Environment*, 170 (2017) 245e258

Toby C. T. Cheung, Stefano Schiavon, Elliott T. Gall, Ming Jin, William W Nazaroff; Longitudinal assessment of thermal and perceived air quality acceptability in relation to temperature, humidity, and CO₂ exposure in Singapore, *Building and Environment*, Volume 115, 2017, pp 80-90

Methodik zur human-biometeorologischen Bewertung von Konversionsflächen in Stuttgart vor dem Hintergrund von zunehmender Hitze (KlippS Projekt)

Rainer Kapp^a, Hyunjung Lee^a, Silke Drautz^a, Helmut Mayer^b

^a Amt für Umweltschutz der Landeshauptstadt Stuttgart, Abt. Stadtklimatologie

^b Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Professur für Umweltmeteorologie

Stuttgart ist durch ein mildes, sehr windschwaches Klima geprägt. Diese Eigenschaften der Klimaregion werden durch die Lage des Stadtkerns in einem Talkessel noch weiter verstärkt. Daneben gehört die Region Stuttgart zu denjenigen Regionen Europas, die nach derzeitigem Kenntnisstand von den Folgen des Klimawandels überproportional stark betroffen sind und sein werden. Infolgedessen ist u. a. mit einer zunehmenden thermischen Belastung zu rechnen. In der Landeshauptstadt Stuttgart besteht seit 1938 das Arbeitsgebiet der Stadtklimatologie. Grundlegende Aufgabe ist weiterhin, die örtlichen Klimamerkmale zu nutzen, um die Aufenthaltsbedingungen in der gebauten Stadtlandschaft zu verbessern. Zu den verschiedenen Verfahren im Umgang mit Wärmebelastung zählen aber auch planerische Methoden, die einen präventiven Charakter haben. Sie dienen der klimawandelangepassten Umgestaltung von städtischen Räumen insbesondere auch im Rahmen eines gesetzlich geforderten Innenentwicklungsvorrangs. Resultate aus der urbanen Human-Biometeorologie, die sich auf die Bewertung des thermischen Komforts für Menschen in städtischen Freiräumen beziehen, bilden dafür die Grundlage.

Im Rahmen des KLIMOPASS Projekts KlippS (Klimaplanungspass Stuttgart) wurde ein kombiniertes Verfahren zur Bewertung des thermischen Komforts von Menschen auf innerstädtischen Konversionsflächen in Stuttgart entwickelt. Da die Notwendigkeit bestand, eine größere Anzahl von städtischen Konversionsflächen zu bewerten, wurde vor einer detaillierten experimentellen oder modellgestützten Untersuchung der thermischen Umgebungsbedingungen ein human-biometeorologisch basiertes Screening-Verfahren entwickelt, um vergleichsweise rasch die Konversionsflächen identifizieren zu können, die einen vertieften Untersuchungsbedarf haben. Zielgrößen dieses einfachen Verfahrens sind Indexwerte für die human-biometeorologische Wertigkeit der Konversionsflächen und ihren human-biometeorologischen Handlungsbedarf, allerdings ohne flächenspezifische räumlich Differenzierung (Lee et al., 2016). Aufgrund der Methodik und der berücksichtigten Indikatoren hat dieses Bewertungsverfahren den Charakter eines relativ einfachen, aber effektiven Screening-Verfahrens. Es wurde erfolgreich auf 59 von derzeit ca. 360 Konversionsflächen angewendet.

Für die vertiefte Untersuchung ausgewählter Konversionsflächen wurden räumlich hochaufgelöste numerische Simulationen mit dem ENVI-met Modell V4.0 BETA, an einem Hitzewellentag durchgeführt, um den planerischen Anforderungen durch die zunehmende, verstärkte Hitze gerecht zu werden. Planungshinweise lassen sich hauptsächlich aus den Ergebnissen für die physiologisch äquivalente Temperatur als geeignete Variable zur Quantifizierung der thermischen Empfindungen von Menschen in städtischen Freiräumen und für die mittlere Strahlungstemperatur als Maß für die von Menschen absorbierte Strahlungswärme ableiten. Die Resultate der bisher durchgeführten Simulationen beziehen sich auf acht Konversionsflächen für fünf verschiedene Nutzungsszenarien. Sie bilden eine wesentlich Grundlage für die kleinräumige Optimierung von Planungsentwürfen auf den Konversionsflächen, um die lokale Wärmebelastung auf den einzelnen Konversionsflächen zu reduzieren.

Literatur:

Lee, H., Oertel, A., Mayer, H., Kapp, R., Reuter, U., Schmid, M., Schulze Dieckhoff, R., Steinerstauch, B. und Lampen, T., 2016. Evaluation method for the human-biometeorological quality of urban areas facing summer heat. *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft*, 76, 275-282.

Liste der Teilnehmer/-innen der METTOOLS X

Stand 31.08.2018

Name	Vorname	Institution
Adachi	Syogo	Leibniz Universität Hannover
Altstädter	Barbara	Technische Universität Braunschweig
Anke	Katja	Ingenieurbüro Rau
Arndt	Jan Alexander	Helmholtz-Zentrum Geesthacht
Asmus	Christina	Universität Hamburg
Aulinger	Armin	Helmholtz-Zentrum Geesthacht
Baumann-Stanzer	Kathrin	Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
Baumüller	Jürgen	Universität Stuttgart, Institut für Landschaftspflege und Ökologie
Beckröge	Wolfgang	Regionalverband Ruhr
Beyrich	Frank	Deutscher Wetterdienst
Bigalke	Klaus	METCON Umweltmeteorologische Beratung
Bink	Niek-Jan	Wittich & Visser - Sensordata
Boettcher	Niklas	Leibniz Universität Hannover
Brassat	Jannis	Leibniz Universität Hannover
Brast	Maren	METEK GmbH
Brinkmann	Jutta	Privat
Brökmann	Olaf	METEK GmbH
Bruchmann	Andreas	Stadt Braunschweig
Brünger	Harald	VDI e.V.
Buchholz	Marcel	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Burghardt	René	Universität Kassel
Cheng	Ge	Universität Hamburg, Meteorologisches Institut
Chikuma	Hiroki	Leibniz Universität Hannover
Christen	Andreas	Universität Freiburg
Deckwart	Sonja	Universität Hamburg
Dominik	Rainer	VAISALA GmbH
Drüeke	Meinolf	LUNG MV
Dubus	René	Forschungszentrum Jülich GmbH
Dütemeyer	Dirk	Dr. Dütemeyer Umweltmeteorologie
Ehrnsperger	Laura	University of Münster
Emeis	Stefan	Karlsruher Institut für Technologie

Fehrenbach	Ute	TU Berlin
Fischerei	Jana	Meteorologisches Institut, CEN, Universität Hamburg
Flick	Bentje	Bundesanstalt für Straßenwesen
Gepp	Wolfgang	Weatherpark GmbH
Gerling	Lars	Technische Universität Braunschweig, Institut für Geoökologie
Ghassoun	Yahya	Institut für Geodäsie und Photogrammetrie
Giefing	Christopher	Amt der ooe. Landesregierung
Glock	Oliver	
Grawe	David	Uni Hamburg
Gronemeier	Tobias	Leibniz Universität Hannover
Gross	Günter	Leibniz Universität Hannover
Grunwald	Laura	TU Braunschweig, Institut für Geoökologie
Hackenbruch	Julia	Stadt Karlsruhe
Harders	Denise	GEO-NET Umweltconsulting GmbH
Haustein	Christoph	TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Hebbinghaus	Heike	LANUV NRW
Henninger	Sascha	Technische Universität Kaiserslautern
Heyner	Frank	Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie
Jaakkola	Hannamari	Vaisala Oyj
Jänicke	Britta	Stadt Braunschweig
Javed	Umar	Forschungszentrum Jülich GmbH
Jin	Luxi	Humboldt Universität zu Berlin
Jördens	Doris	VAISALA GmbH
Kanani-Sühring	Farah	Institut f. Meteorologie u. Klimatologie, Leibniz Universität Hannover
Karl	Matthias	Helmholtz-Zentrum Geesthacht
Karwat	Alexia	Leibniz Universität Hannover
Kiseleva	Olga	KIT IMK-TRO
Klemp	Dieter	Forschungszentrum Jülich
Knoblauch	Antje	Leibniz Universität Hannover
Köhler	Michael	Wittich & Visser - Sensordata
Konopka	Jan	TU Braunschweig
Kronhardt	Lubov	BTU
Kupski	Sebastian	Institut für Klima- u. Energiekonzepte
Kuttler	Wilhelm	Universität Duisburg-Essen

Kykal	Carsten	TSI GmbH
Lagos Rivas	Lorena	Leibniz Universität Hannover
Lampert	Astrid	Institut für Flugführung, TU Braunschweig
Lamping	Jens	Campbell Scientific Ltd.
Lazemi	Leila	Klimatologie und Umweltmeteorologie
Lee	Hyunjung	Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz
Löbig	Janko	GEO-NET Umweltconsulting GmbH
Lochmann	Moritz	Institut für Meteorologie Leipzig
Maronga	Björn	Leibniz Universität Hannover
Matthias	Volker	Helmholtz-Zentrum Geesthacht
Mauder	Matthias	Karlsruher Institut für Technologie
Mayer	Helmut	Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Mersmann	Marco	Regionalverband Ruhr
Metzner	Doreen	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
Müller	Wolfgang J.	KRdL
Niedermeier	Michael	ADAC e.V
Oestreicher	Ralph	UTK - EcoSens GmbH
Oitzl	Stefan	Amt d. Oö. Landesregierung
Paas	Bastian	Universität Münster
Pätzold	Falk	TU Braunschweig, Institut für Flugführung
Pavlik	Dirk	GEO-NET Umweltconsulting GmbH
Pohl	Tobias	Hochschule Düsseldorf
Proft	Stefan	Uppenkamp und Partner GmbH
Puhlmann	Gerhard	TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co. KG
Pyttlik	Merle	TÜV NORD Umweltschutz
Queck	Ronald	Technische Universität Dresden
Raabe	Armin	Institut für Meteorologie
Rasch	Fabian	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung BAM
Rau	Gabriele	Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
Rau	Matthias	Ingenieurbüro Rau
Ristolainen	Kimmo	VAISALA GmbH
Rolf	Finn	Leibniz Universität Hannover
Salim	Mohamed	Geographisches Institut, Humboldt-Universität zu Berlin
Samad	Abdul	IFK - Universität Stuttgart

Schady	Arthur	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)
Schäfer	Kerstin	Universität Hamburg
Schellhorn	Maximilian	Leibniz Universität Hannover
Scherer	Dieter	Technische Universität Berlin
Scheu-Hachtel	Helmut	LUBW
Schlünzen	K. Heinke	Univ. Hamburg
Schneider	Sebastian	Humboldt-Universität zu Berlin
Schneider	Christoph	Humboldt-Universität zu Berlin
Schumann	Jonathan	Leibniz Universität Hannover
Simon	Helge	Geographisches Institut Uni Mainz
Snowdon	Astrid	Regionalverband Ruhr
Steinheuer	Ralf	TSI GmbH
Stock	Annika	Leibniz Universität Hannover
Straaten	Agnes	Technische Universität Braunschweig, Institut für Geoökologie
Teichmann	Ulrich	Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt
Trimpop	Mattias	Institut für Lärmschutz GmbH
Venkatraman Jagatha	Janani	Humboldt Universität zu Berlin
Vogt	Ulrich	IFK - Universität Stuttgart
Voss	Vivien	Universität Hamburg
Wachsmann	Rike	Universität Hamburg
Wagner	Ludwig	GWU-Umwelttechnik GmbH
Wagner	Maurice	Umweltamt Frankfurt a. M.
Weber	Stephan	TU Braunschweig
Werner	Richard	Rheticus-Gesellschaft
Wiesner	Sarah	Universität Hamburg
Wildmann	Norman	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
Wirth	Veronika	Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt
Zander	Stefanie	Müller BBM GmbH
Ziemann	Astrid	TU Dresden
Zimmer	Matthias	Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz
Zorn	André	Büro für Immissionsprognosen

Das Tagungsteam der METTOOLS X bedankt sich bei allen Ausstellern für die freundliche Unterstützung der Konferenz.

