

Annalen der Meteorologie

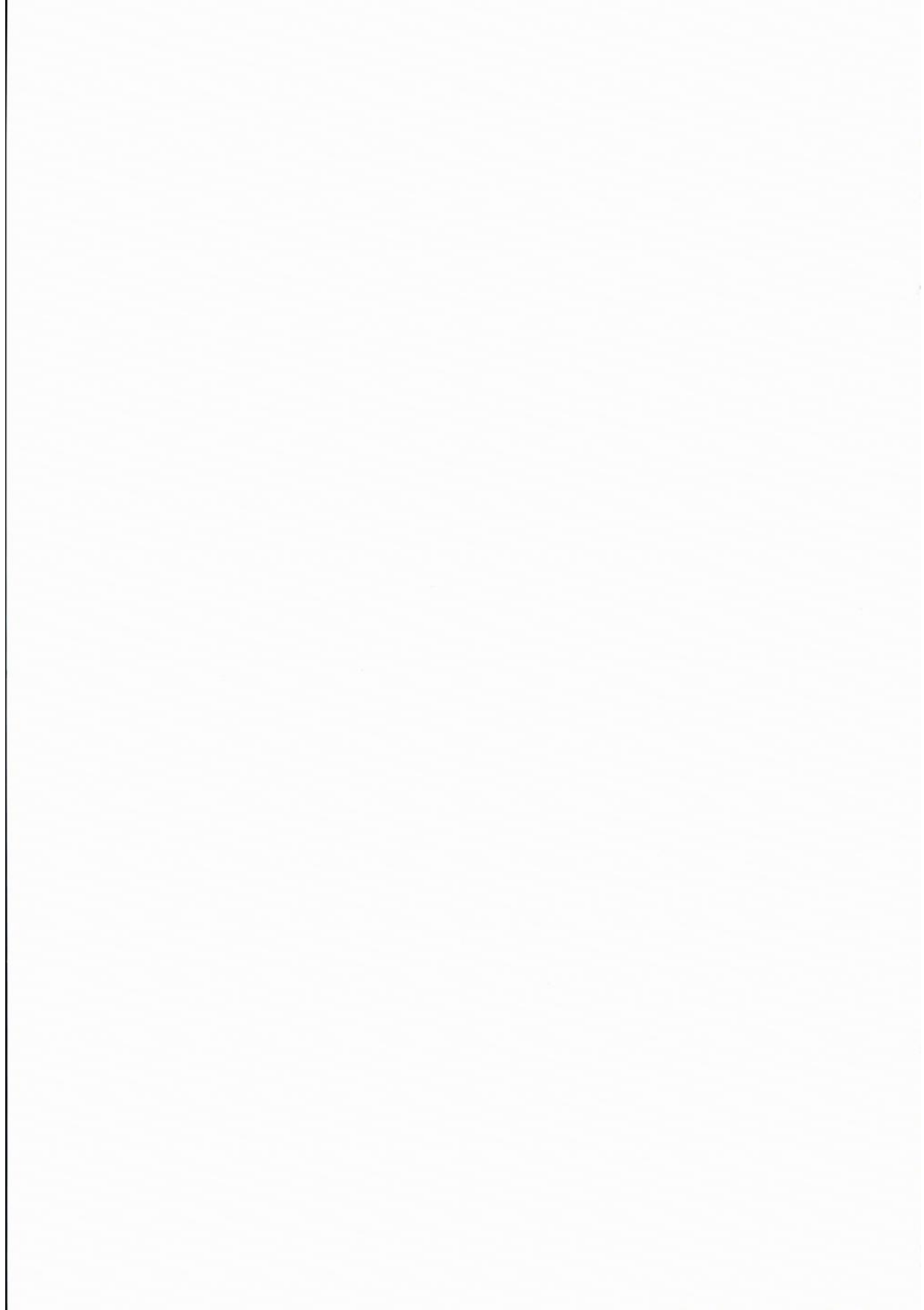
52

9. Fachtagung BIOMET des Fachausschusses Biometeorologie der DMG e.V.

28. - 30. November 2017
in Stralsund

Programm und Zusammenfassungen





Annalen der Meteorologie

52

**9. Fachtagung BIOMET
des Fachausschusses Biometeorologie
der DMG e.V.**

28. - 30. November 2017
in Stralsund

Programm und Zusammenfassungen

Zitationsvorschlag:

Chmielewski, Frank-Michael; Rülke, Raymond; Goldberg, Valeri: 9. Fachtagung BIOMET des Fachausschusses Biometeorologie der DMG e.V.: 28. - 30. November 2017 in Stralsund; Programm und Zusammenfassungen. - Offenbach am Main: Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, 2017, 88 S. (Annalen der Meteorologie; 52)

Homepage BIOMET2017:

<https://hu.berlin/BIOMET2017>

ISSN der Online-Ausgabe: 2194-5934

ISSN der Druckausgabe: 0072-4122

ISBN der Online-Ausgabe: 978-3-88148-504-3

ISBN der Druckausgabe: 978-3-88148-503-6

Nutzungsbedingungen:

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz:



Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt unter folgenden Bedingungen vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen: Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen. Dieses Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden und es darf nicht bearbeitet, abgewandelt oder in anderer Weise verändert werden. Mit der Verwendung dieses Dokumentes erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Die in dieser Publikation veröffentlichten Texte werden allein von ihren jeweiligen Autoren verantwortet; die darin zum Ausdruck gebrachte Meinung entspricht nicht notwendig der Meinung des Herausgebers (Deutscher Wetterdienst).

Herausgeber und Verlag:

Deutscher Wetterdienst
Fachinformationsdienst und
Deutsche Meteorologische Bibliothek
Frankfurter Straße 135
63067 Offenbach am Main
www.dwd.de/bibliothek
bibliothek@dwd.de

Redaktion:

Prof. Dr. Frank-Michael Chmielewski
Humboldt-Universität zu Berlin
Professur Agrarklimatologie
Albrecht-Thaer-Weg 5
14195 Berlin

Dipl. Met. Raymond Rülke
Am Weidenring 25
18442 Langendorf

Dr. Valeri Goldberg
Technische Universität Dresden
Professur für Meteorologie
Pianner Str. 23
01737 Tharandt

Druck und Bindung:

Druckerei des BMVI
Robert-Schumann-Platz 1
53175 Bonn

Vorwort

Unter dem Thema „Klimawandel: Anforderung an Mensch, Umwelt, Landschaft, Tourismus und Erholung in der heutigen modernen Gesellschaft“ findet in der Weltkulturerbe- und Hansestadt Stralsund die 9. Fachtagung des Fachausschusses Biometeorologie vom 28.11. bis 30.11.2017 statt.

Die Schwerpunkte der Tagung sind Human- und Veterinärbiometeorologie, Agrarmeteorologie, Phänologie, Forstmeteorologie, Stadtklimatologie und Tourismus sowie Klimarisiken, Klimaschutz und Anpassung. Mit 34 Vorträgen und 7 Postern werden neue Ergebnisse aus der gegenwärtigen Forschung zu solch wichtigen Themen wie

- die Messung der Luftqualität mit dem aktuellen Hintergrund der gegenwärtigen Diskussion zur weiteren Nutzung von Dieselfahrzeugen in über 70 Städten von Deutschland,
- die Begrünung von innerstädtischen Bebauungsgebieten und der Nutzen von Waldgebieten für die Kohlenstoffaufnahme,
- die Berücksichtigung der durch den Klimawandel zunehmenden thermischen Belastung in den Ballungszentren und Städten, Wohngebäuden als auch in industriellen Einrichtungen,
- die Auswirkungen des Klimawandels für Landwirtschaft und Obstbau und für die Ausbreitung von Insekten aus tropischen Gebieten,
- der Umgang mit Pflanzenschutz- und Düngemitteln in der Landwirtschaft als wichtige Grundlage um die maritime Umwelt in Zukunft weniger zu belasten

vorge stellt und diskutiert.

Gerade in der durch die Ostsee maritim geprägte Weltkulturerbe- und Hansestadt Stralsund mit den vorgelagerten Inseln Rügen und Hiddensee ist der Tourismus, die Erholung, der Städtebau sowie die Entwicklung von Industrie, Landwirtschaft und Forstwirtschaft in dieser Region so eng verbunden wie kaum woanders in Deutschland.

Deshalb ist es notwendig mit Hilfe der wissenschaftlichen Erkenntnisse aus der Biometeorologie die urbane als auch die maritime Umwelt so nachhaltig zu nutzen, dass sich die Lebensqualität der hier wohnenden Menschen als auch der Erholungswert für die sich hier aufhaltenden Touristen auch in Zukunft sich weiter erhöht.

Raymond Rülke

Inhaltsverzeichnis

Organisationskomitee	6
Programmkomitee	6
Tagungsprogramm	7
Zusammenfassungen	12
1 Human- und Veterinärbiometeorologie	13
1.1 Vorträge.....	13
1.2 Poster	31
2 Agrarmeteorologie, Phänologie	33
2.1 Vorträge.....	33
2.2 Poster	47
3 Forstmeteorologie	52
3.1 Vorträge.....	52
3.2 Poster	53
4 Stadtklimatologie und Tourismus	55
4.1 Vorträge.....	55
4.2 Poster	74
5 Klimarisiken, Klimaschutz und Anpassung	76
5.1 Vorträge.....	76
5.2 Poster	83
Liste der Moderatoren und Vortragenden	85

Organisationskomitee

ORR Raymond Rülke (Vorsitzender des FA BIOMET)
PD Dr. Valeri Goldberg (Stellvertretender Vorsitzender FA BIOMET)
Prof. Dr. Frank-Michael Chmielewski (HU Berlin)
Frau Susanne Moryson (HU Berlin)

Programmkomitee

Human- und Veterinärbiometeorologie

Prof. Dr. Andreas Matzarakis (DWD, Abt. Klima- und Umweltberatung)

Agrarmeteorologie und Phänologie

Prof. Dr. Frank-M. Chmielewski (HU Berlin, Agrarklimatologie)
Dr. Udo Busch (DWD, Abt. Agrarmeteorologie)
Dr. Christina Koppe (DWD, Abt. Agrarmeteorologie)

Forstmeteorologie

Prof. Dr. Christian Bernhofer (TU Dresden)
Dr. Valeri Goldberg (TU Dresden)

Stadtklima und Tourismus

ORR Raymond Rülke

Klimarisiken, Klimaschutz und Anpassung

Dr. Birger Tinz (DWD, Abt. Klimaüberwachung, Hamburg)

Homepage BIOMET2017

<https://hu.berlin/BIOMET2017>

Tagungsprogramm

Dienstag, 28.11.2017

09.00 - 09.30 Eröffnung der Fachtagung

1. Human- und Veterinärbiometeorologie

Sitzungsleiter: A. Matzarakis

09.30 - 10.00 **Andreas Werner**

Zentrum für Luft- und Raumfahrtmedizin der Luftwaffe (Deutschland)

Mobiles tele-physiologisches Messsystem zum online Monitoring von Vitalparametern und Biosignalen – mobPhysioLab®

10.00 - 10.20

*Stefan Muthers, Gudrun Laschewski, **Andreas Matzarakis***

Deutscher Wetterdienst, Zentrum für Medizin-Meteorologische Forschung, Freiburg i.Br.

Die Sommer 2003 und 2015 in Baden-Württemberg: Hitzewellen und hitzebedingte Mortalität im Kontext des Klimawandels

10.20 - 10.40

Dominik Fröhlich, *Andreas Matzarakis*

Deutscher Wetterdienst, Zentrum für Medizin-Meteorologische Forschung, Freiburg i.Br.

Integrieren eines Human Thermal Comfort Module (HTCM) in das Parallelized Large Eddy Simulation Model (PALM)

10.40 - 11.00

Pause

11.00 - 11.20

Karsten Brandt

Donnerwetter.de GmbH (Deutschland)

Wir messen selbst! - Luftqualitätsmessungen in Bürgerhand

11.20 - 11.40

*Johannes Horak, Ivo Schmerold, Kurt Wimmer, **Günther Schaubberger***

Universität Innsbruck

Life threatening environment for children and pets: dynamic model for the cabin air temperature of parked vehicles in summer conditions

11.40 - 12.00

Hyunjung Lee, *Rainer Kapp, Ulrich Reuter, Helmut Mayer*

Stadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Abt. Stadtklimatologie

Increasing albedo of building walls affects thermal comfort of pedestrians in an urban street canyon

12.00 - 12.20

Gudrun Laschewski, *Silke Böttcher, Michael Sachse*

Deutscher Wetterdienst, Zentrum für Medizin-Meteorologische Forschung, Freiburg i.Br.

UV-Index Vorhersagen für Hochrisikogruppen: die HIPPOLINO Studie zur Hautkrebsprävention

12.20 - 12.40

Andreas Matzarakis, *Stefan Muthers, Gudrun Laschewski*

Deutscher Wetterdienst, Zentrum für Medizin-Meteorologische Forschung, Freiburg i.Br.

The Heat Health Warning System in Germany - Applications and Lessons learned

12.40 - 13.00

*Christian Mikovít, Ronja Vitt, **Günther Schaubberger***

Veterinärmedizinische Universität Wien

Simulation of the indoor climate of livestock buildings: assessment of adaptive measures to reduce heat stress due to climate change

Zeit

13.00 - 14.00 Mittagspause

2. Agrarmeteorologie, Phänologie

Sitzungsleiter: F.-M. Chmielewski

14.00 - 14.20 **Wolfgang Janssen**
Deutscher Wetterdienst
Online Berechnungsberatung für Gemüsebauern

14.20 - 14.40 **Sophie Ch. Godow, Frank-M. Chmielewski**
Humboldt-Universität zu Berlin, Agrarklimatologie
Honigbienen und Klimawandel – Modellierung der Flugaktivität und räumliche Untersuchung in Hessen

14.40 - 15.00 **Udo Busch**
Deutscher Wetterdienst, Abteilung Agrarmeteorologie
Nitratbelastung im Grundwasser -
Ein Beispiel für Politikberatung durch die Agrarmeteorologie des DWD

15.00 - 15.20 **Klaus-Peter Wittich, Marco Liedtke**
Deutscher Wetterdienst, Zentrum für Agrarmeteorologische Forschung
Agrarmeteorologisches Dürre-Monitoring des DWD

15.20 - 15.40 Pause

4. Stadtklimatologie und Tourismus

Sitzungsleiter: R. Rülke

15.40 - 16.00 **Astrid Moser, Mohammad A. Rahman, Hans Pretzsch, Stephan Pauleit, Thomas Rötzer**
Deutscher Wetterdienst, Abteilung Agrarmeteorologie
Einfluss des Standortsklimas auf den Wachstumsverlauf von Linde und Robinie in München

16.00 - 16.20 **Robert von Tils**
Institut für Meteorologie und Klimatologie, Leibniz Universität Hannover
Einfluss von Bäumen, Fassaden- und Dachbegrünung auf die Hitzebelastung in Innenräumen – mikroskaliges numerisches Experiment

16.20 - 16.40 **Uta Moderow, Valeri Goldberg, Richard Hoffmann, Christian Bernhofer**
Technische Universität Dresden
Die Kohlenstoffsenke urbanen Grüns – Ergebnisse aus modellgestützten Analysen und Messungen

16.40 - 17.00 **Mohammad A Rahman, Astrid Moser, Thomas Rötzer, Stephan Pauleit**
School of Life Sciences, Technische Universität München
Microclimatic thermal benefits through urban greenspaces – Role of tree species and growth conditions

19.30 Beginn der Abendveranstaltung im Intercity-Hotel Stralsund

Mittwoch, 29.11.2017

Zeit

2. Agrarmeteorologie, Phänologie

Sitzungsleiter: U. Busch

- 09.00 - 09.20 **Christina Koppe, Wolfgang Janssen, Hans-Helmut Schmitt**
Deutscher Wetterdienst, Abteilung Agrarmeteorologie
Das Spätfrostereignis im April 2017
- 09.20 - 09.40 **Frank-M. Chmielewski, Klaus-P. Götz, Katharina C. Weber, Susanne Moryson**
Humboldt-Universität zu Berlin, Agrarklimatologie
Klimawandel und Spätfrostschäden bei Süßkirschen in Deutschland
- 09.40 - 10.00 **Falk Böttcher, Martin Schmidt, Anja Zirnstein, Peter Albrecht, Birgit Veckenstedt, Jörg Weinhold**
Deutscher Wetterdienst, Abteilung Agrarmeteorologie, Leipzig
Ansätze zur agrarmeteorologischen Optimierung des Einsatzes von Pflanzenschutzmittel im konventionellen Pflanzenbau
- 10.00 - 10.20 **Timm Waldau, F.-M. Chmielewski**
Humboldt-Universität zu Berlin, Agrarklimatologie
Regionale Trends der mittleren Lufttemperatur, thermischen Vegetationsperiode und Phänologie in Deutschland

10.20 - 11.00 Pause

3. Forstmeteorologie

Sitzungsleiter: V. Goldberg

- 11.00 - 11.20 **Christian Stiegler, Ashehad Ashween Ali, Yuanchao Fan, Ana Mejjide, Tania June, Alexander Knohl**
Bioklimatologie, Universität Göttingen
Wasser-, Energie- und Kohlenstoffflüsse in einer Ölpalmenplantage während des 2015-2016 ENSO Wetterphänomens: Ergebnisse aus mikroklimatischen Messungen und Simulationen mittels des „CLM-Palm“ Modells
- 11.20 - 11.40 **Thomas Foken, Wolfgang Babel, J. William Munger, Tiia Grönholm, Timo Vesela, Alexander Knohl**
Bayreuther Zentrum für Ökologie und Umweltforschung (BayCEER)
Zunahme der Netto-Kohlenstoffaufnahme in Waldgebieten

1. Human- und Veterinärbiometeorologie

Sitzungsleiter: Ch. Koppe

- 11.40 - 12.00 **Franz Rubel, Katharina Brugger, Melanie Walter**
Veterinärmedizinische Universität Wien
Habitatmodellierung mit bioklimatischen Prädiktoren: Beispiele für Krankheitsüberträger (Stechmücken, Gnizen und Zecken)

Zeit

12.00 - 12.20 **Katharina Brugger, Franz Rubel**
Veterinärmedizinische Universität Wien
Risikoabschätzung für einen Blauzungenausbruch mittels Klimadaten und Gnitzen-Monitoring

12.20 - 14.00 Mittagspause

4. Stadtklimatologie und Tourismus

Sitzungsleiter: R. Rülke

14.00 - 14.20 **Farah Kanani-Sühring, Björn Maronga, Günter Groß, Siegfried Raasch, Sabine Banzhaf, Björn Büter, Thomas Esch, Renate Forkel, Dominik Fröhlich, Tobias Gronemeier, Wieke Heldens, Tobias Lang, Eckhard Kadasch, Basit Khan, Halim Maamari, Andreas Matzarakis, Matthias Mauder, Gregor Meusel, Matthias Pallasch, Dirk Pavlik, Jens Pfafferott, Emmanuele Russo, Mohamed Salim, Martijn Schaap, Christoph Schneider, Michael Schrempf, Sebastian Schubert, Gunther Seckmeyer, Heiko Sieker, Matthias Sühring, Kristina Trusilova, Robert von Tils, Simon Ward, Julian Zeidler**
Institut für Meteorologie und Klimatologie, Leibniz Universität Hannover
Projekt MOSAIK: Modellbasierte Stadtplanung und Anwendung im Klimawandel – Entwicklung des neuen Stadtklimamodells PALM-4U

14.20 - 14.40 **Thomas Rötzer, Hans Pretzsch, Astrid Moser**
Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, Technische Universität München
Wachstum und Umweltleistungen von Stadtbäumen unter veränderten Klimaverhältnissen – eine Simulationsstudie für süddeutsche Großstädte

14.40 - 15.00 **Laura Stratopoulos, Swantje Duthweiler, Stephan Pauleit**
Fakultät Landschaftsarchitektur, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (Deutschland)
Der Einfluss von Trockenheitstoleranz auf die mikroklimatisch wirksamen Ökosystemleistungen von Straßenbaumarten und -sorten

15.00 - 15.20 **Teresa Zölch, Astrid Moser, Stephan Pauleit, Thomas Rötzer**
Technische Universität München, Lehrstuhl für Strategie und Management der Landschaftsentwicklung
Jahreszeitliche Unterschiede im Blattflächenindex von Stadtbäumen als Grundlage zur Bewertung ihrer klimaregulierenden Leistungen

15.20 - 15.40 **Ronald Queck, Valeri Goldberg**
Professur Meteorologie, Institut für Hydrologie und Meteorologie, Technische Universität Dresden
Klimatische Exposition von Urbaniten

Im Anschluss findet die Postersession und ein Meeting des FA BIOMET statt.

19.00 Vorweihnachtliches Abendbuffet im Restaurant „Goldener Löwe“ in Alten Markt Stralsund

Donnerstag, 30.11.2017

Zeit

5. Klimarisiken, Klimaschutz und Anpassung

Sitzungsleiter: B. Tinz

- 09.00 - 09.20 **Lena Neumann, Alexander Siegmund**
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Urbane Ökologie und Biodiversität: Ein Konzept zur Förderung der Beurteilungs- und Handlungskompetenz von Schüler/-innen in Bezug auf Klimawandelfolgen und nachhaltige Anpassungsstrategien
- 09.20 - 09.40 **Manfried Heinrich**
TÜV Nord e.V. Hamburg
Soziologische Aspekte der Wettersteuerung
- 09.40 - 10.00 **Uwe Spank, M. Hehn, P. S. Keller, M. Koschorreck und C. Bernhofer**
Technische Universität Dresden, Meteorologie
Erste Erfahrungen mit einem schwimmenden Eddy Kovarianz Messsystem im Projekt „Treibhausgasemissionen aus Talsperren (TregaTa)“
- 10.00 - 10.20 **Birger Tinz, Frauke Feser, Hans von Storch**
Deutscher Wetterdienst, Maritime Klimaüberwachung, Hamburg
Die Signalstationen der Deutschen Seewarte Hamburg, eine Datenquelle für die Untersuchung von Klimatrends und Extremereignissen an den Küsten von Nord- und Ostsee
- 10.20 Verabschiedung

Zusammenfassungen

1 Human- und Veterinärbiometeorologie

1.1 Vorträge

Wir messen selbst! - Luftqualitätsmessungen in Bürgerhand

Karsten Brandt

Donnerwetter.de GmbH (Deutschland)

Messungen von Temperaturen und Wetterzuständen durch Privatpersonen im Rahmen von ehrenamtlichem Engagement haben eine lange Tradition. Die Messnetze der Wetterdienste in der Phänologie aber auch der Meteorologie könnten ohne engagierte Bürger nicht betrieben werden.

Neu sind allerdings Bürgernetze im Bereich der Luftqualitätsmessungen, die ganze neue Chancen eröffnen. Dass Privatleute überhaupt die Möglichkeit haben, Messungen in Deutschland vorzunehmen, hat überwiegend mit der Entwicklung aus China zu tun. In Fernost paart sich Misstrauen gegenüber offiziellen Messungen mit Geschäftssinn und kostengünstiger Massenproduktion von Lasern zum Umwelt Monitoring. Hunderttausende Messgeräte befinden sich so in der Hand des „einfachen Bürgers“.

Donnerwetter.de hat im Jahr 2015 verschiedene Geräte importiert, die inzwischen in Bürgernetzen in Stuttgart sowie im Ruhrgebiet eingesetzt werden. Über fast 2 Jahre wurden verschiedene Messkampagnen durchgeführt, mit erstaunlichen Ergebnissen. Der Vorteil der günstigen Technik: Die Geräte sind klein und können überall angewendet werden. Ihr Betrieb an vielen Stellen gleichzeitig macht interessante Messkampagnen möglich.

Drei Beispiele zeigen das Potential der Technik:

Nach einer fast zweijährigen Langzeitbeobachtung einer Seitenstraße in Bonn, kamen wir zu dem Ergebnis, dass bei der Anzahl der gemessenen Partikel dienstags und mittwochs stets eine Absenkung gibt.

Am Wetterpark Weißer Stein in der Eifel konnte die sauberste Luft Deutschlands an einem bewohnten Ort mit etwas mehr als $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Feinstaub ($< 2,5 \mu\text{m}$) nachgewiesen werden.

Weiterhin konnten wir nachweisen, dass das vielfach hohe Verkehrsaufkommen vor der Schule durch Eltern, die ihre Kinder zur Schule bringen, für teils deutlich erhöhte Feinstaubwerte sorgt – und zwar auch um das gesamte Schulgebäude herum. Von der schlechten Luft bleiben die Kinder, die mit dem Auto in die Schule gebracht werden, aber meist verschont, da sie sich deutlich kürzer an der „frischen“ Luft aufhalten als die Kinder, die zu Fuß in die Schule kommen.

Schlüsselwörter: Feinstaub, Bürgermessnetz, Luftqualität, PM 10, PM 2,5, Luftreinhalte, Messnetze, Messungen

Risikoabschätzung für einen Blauzungenausbruch mittels Klimadaten und Gnitzen-Monitoring

Katharina Brugger¹, Franz Rubel

Climate Change and Infectious Diseases Group, Institut für Öffentliches Veterinärwesen, Veterinärmedizinische Universität Wien, Veterinärplatz 1, 1210 Wien (Österreich)

Seit Jahren übertragen und verbreiten Gnitzen (*Culicoides* spp.) in Europa die Blauzungenkrankheit, eine Viruserkrankung bei Wiederkäuern wie Rinder oder Schafe. In einigen Gebieten Europas ist das Virus bereits endemisch und es kommt regelmäßig zu Seuchenausbrüchen. Es konnte gezeigt werden, dass Ausbrüche mit dem Vorkommen bestimmter Gnitzenarten und den Klimaklassen nach Köppen-Geiger zusammenhängen BRUGGER und RUBEL (2013a). Um die saisonale Aktivität von Gnitzen zu bestimmen, wurde am Campus der Veterinärmedizinischen Universität Wien ein tägliches Monitoring von 2009–2013 durchgeführt. Mittels dieser Datenreihe ist es möglich das zeitliche und räumliche Risiko eines Blauzungenausbruchs abzuschätzen. Solche Risikoabschätzungen sind für Veterinärbehörden von Interesse, da im Zuge eines Ausbruchs vor allem Handels- und Verbringungsbeschränkungen zu einem hohen wirtschaftlichen Schaden führen. Dazu wurde die wichtigste epidemiologische Kennzahl, die Basisreproduktionsrate R_0 verwendet. Diese gibt die Anzahl der neuen Infektionen zufolge eines einzigen infektiösen Individuums in einer vollständig empfänglichen Population an (d.h. am Beginn eines möglichen Seuchenausbruchs). Wenn $R_0 > 1$ ist, erkranken im gleichen Zeitraum mehr Tiere als genesen und es kann zu einem größeren Seuchenausbruch kommen. Zur Ableitung von R_0 muss ein Prozessmodell zur Beschreibung des natürlichen Virus-Übertragungszyklus zwischen Gnitzen und Wiederkäuern erstellt werden. Für die Blauzungenkrankheit ist R_0 eine Funktion der temperaturabhängigen Stech- und Mortalitätsrate der Gnitzen, der temperaturabhängigen Virusreproduktionsrate sowie der Dichte der Gnitzen und der Wiederkäuer. Es werden Risikokarten für Österreich präsentieren (Abb. 1) und gezeigt, dass mittels Temperatur- und Niederschlagsprognosen das Risiko eines Ausbruchs bis zu 30 Tage im Voraus bestimmt werden kann BRUGGER und RUBEL (2013b). Zusätzlich wird die Risikoabschätzung mittels R_0 mit der derzeit einzigen Möglichkeit zur Lockerung von Verbringungsrestriktionen gemäß der EU Verordnung 1266/2007 verglichen BRUGGER et al. (2016). Schlussendlich wird gezeigt, dass basierend auf den derzeit verfügbaren Klimaprognosen das Risiko zunehmend ansteigt.

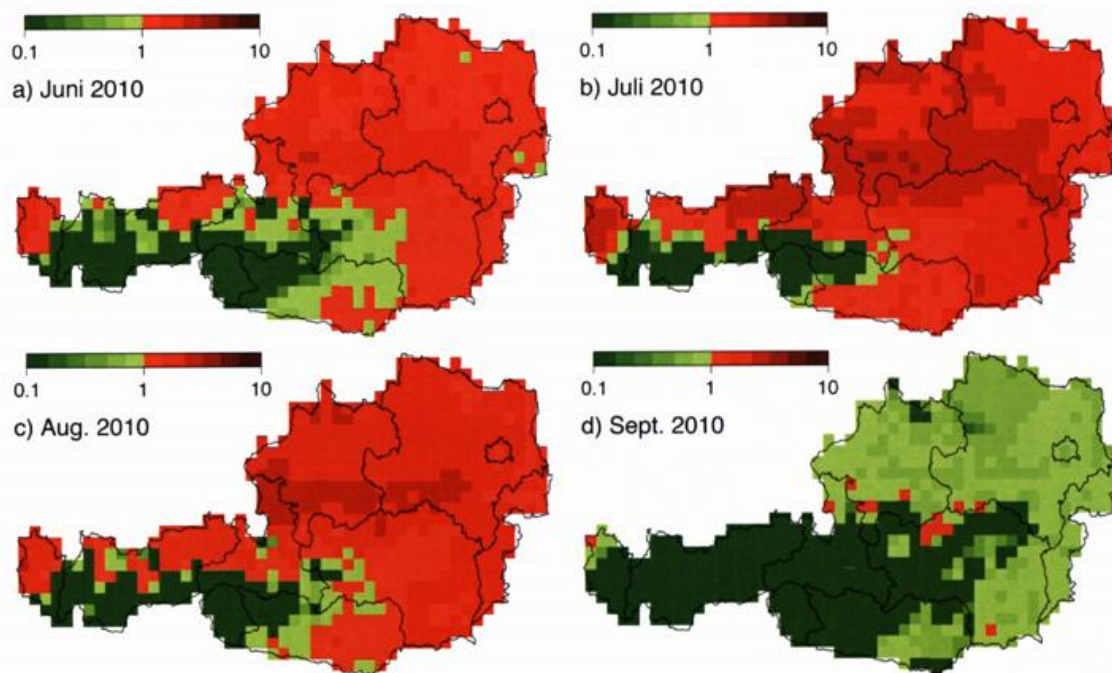


Abb. 1: Risikokarten für die Blauzungenkrankheit in Österreich. Das Risiko wird anhand der Basisreproduktionszahl R_0 abgeschätzt. Dabei bedeutet $R_0 < 1$ kein Risiko und $R_0 > 1$ ein Risiko für einen größeren Ausbruch.

Literatur:

BRUGGER, K., KÖFER, J., RUBEL, F., 2016: Outdoor and indoor monitoring of livestock-associated *Culicoides* spp. to assess vector-free periods and disease risks. *BMC Vet Res*, **12**, 88.

BRUGGER, K., RUBEL, F., 2013a: Characterizing the species composition of European *Culicoides* vectors by means of the Köppen-Geiger climate classification. *Parasit Vectors*, **6**, 33.

BRUGGER, K., RUBEL, F., 2013b: Bluetongue disease risk assessment based on observed and projected *Culicoides obsoletus* spp. vector densities. *PLOS ONE*, **8**, e60330.

Schlüsselwörter: Tierseuche, Gnitzen, Klimawandel

Integrieren eines Human Thermal Comfort Module (HTCM) in das Parallelized Large Eddy Simulation Model (PALM)

Dominik Fröhlich¹, Andreas Matzarakis¹

¹Zentrum für Medizin-Meteorologische Forschung, Deutscher Wetterdienst (DWD), Stefan-Meier-Str. 4, 79114 Freiburg (Deutschland)

Im Zuge des MOSAIK Projektes (Model-based city planning and application in climate change), finanziert durch das deutsche Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), soll das Parallelized Large Eddy Simulation Model (PALM) um verschiedene Module erweitert werden. Das so entstehende erweiterte Modell soll PALM-4U heißen und mit Hilfe eines neuen Human Thermal Climate Module (HTCM) mehrere thermische Indizes berechnen können. Der statische Teil des HTCM wird drei bekannte thermische Indizes enthalten: Die Gefühlte Temperatur PT, STAIGER et al. (2012), den Universal Thermal Climate Index (UTCI) JENDRITZKY et al. (2012), sowie die Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET) HÖPPE (1999).

Die Gefühlte Temperatur ist eine Äquivalenttemperatur, die auf dem "Klima-Michel Modell", einem Energiebilanzmodell für Menschen, beruht. Sie wurde entwickelt um das thermische Empfinden von Menschen zu bewerten, die sich draußen aufhalten. Die thermische Bewertung in PT basiert auf einer modifizierten Version des „Predicted Mean Vote“ (PMV) Indexes FANGER (1972) nach GAGGE et al. (1986). PT ist definiert als "die Lufttemperatur einer Referenzumgebung in der das thermische Empfinden dasselbe wäre, wie in der aktuellen Umwelt" STAIGER et al. (2012). PT umfasst zudem ein Bekleidungsmodell, das sich automatisch an veränderte Bedingungen anpasst STAIGER et al. (2012). Es wird dabei jeweils versuchen thermisch neutrale Bedingungen herzustellen. Ist dies nicht möglich, wird thermischer Stress berechnet.

Der Universal Thermal Climate Index folgt ebenfalls dem Konzept einer Äquivalenttemperatur. Die aktuellen meteorologischen Bedingungen werden mit einer Referenzumgebung mit 50 % relativer Feuchte, stiller Luft und einer mittleren Strahlungstemperatur (T_{mrt}) gleich der Lufttemperatur (T_a) verglichen JENDRITZKY et al. (2012). UTCI ist definiert als "die isotherme Lufttemperatur einer Referenzumgebung, die zur selben dynamischen Reaktion (Belastung) des physiologischen Modells führen würde" JENDRITZKY et al. (2012) wie die aktuelle. UTCI enthält ebenfalls ein Bekleidungsmodell, das sich selbst an die jeweils vorherrschenden Bedingungen anpasst HAVENITH et al. (2012). Da die Berechnung von UTCI sehr komplex und somit Rechenintensiv ist wird UTCI üblicherweise durch eine Regressionsgleichung auf Basis eines Wärmeleitungsmodells FIALA et al. (2012) bestimmt. Die Nutzung der Regressionsgleichung erlaubt einerseits die Bestimmung von UTCI in sehr kurzer Zeit. Sie hat jedoch andererseits auch einen beschränkten Bereich gültiger Eingangsbedingungen. Einschränkungen durch die Beschränkung der Eingangs- T_a auf -50 bis $+50$ °C, sowie der geringe gültige Bereich für die Eingangs-Windgeschwindigkeit von 0.5 bis 17 m/s sorgen bei räumlich aufgelöster Berechnung der UTCI auf Straßenniveau für größere Bereiche, in denen UTCI nicht bestimmt werden kann.

Ein weiterer häufig genutzter Index zur Bewertung des thermischen Komforts ist die Physiologisch Äquivalente Temperatur. Sie ist definiert als „die Lufttemperatur eines typischen Innenraums, bei der in einem typischen Innenraumklima die Wärmebilanz eines menschlichen Körpers [...] mit gleicher Kern- und Hauttemperatur wie unter den aktuellen Bedingungen ausgeglichen wäre" HÖPPE (1999). PET basiert auf einer Vereinfachung des menschlichen Energiebilanzmodells "Münchener Energiebilanzmodell für Individuen" MEMI und HÖPPE (1984). Eine der wichtigsten Eingangsparameter für PET ist die mittlere Strahlungstemperatur (T_{mrt}) MATZARAKIS et al. (1999).

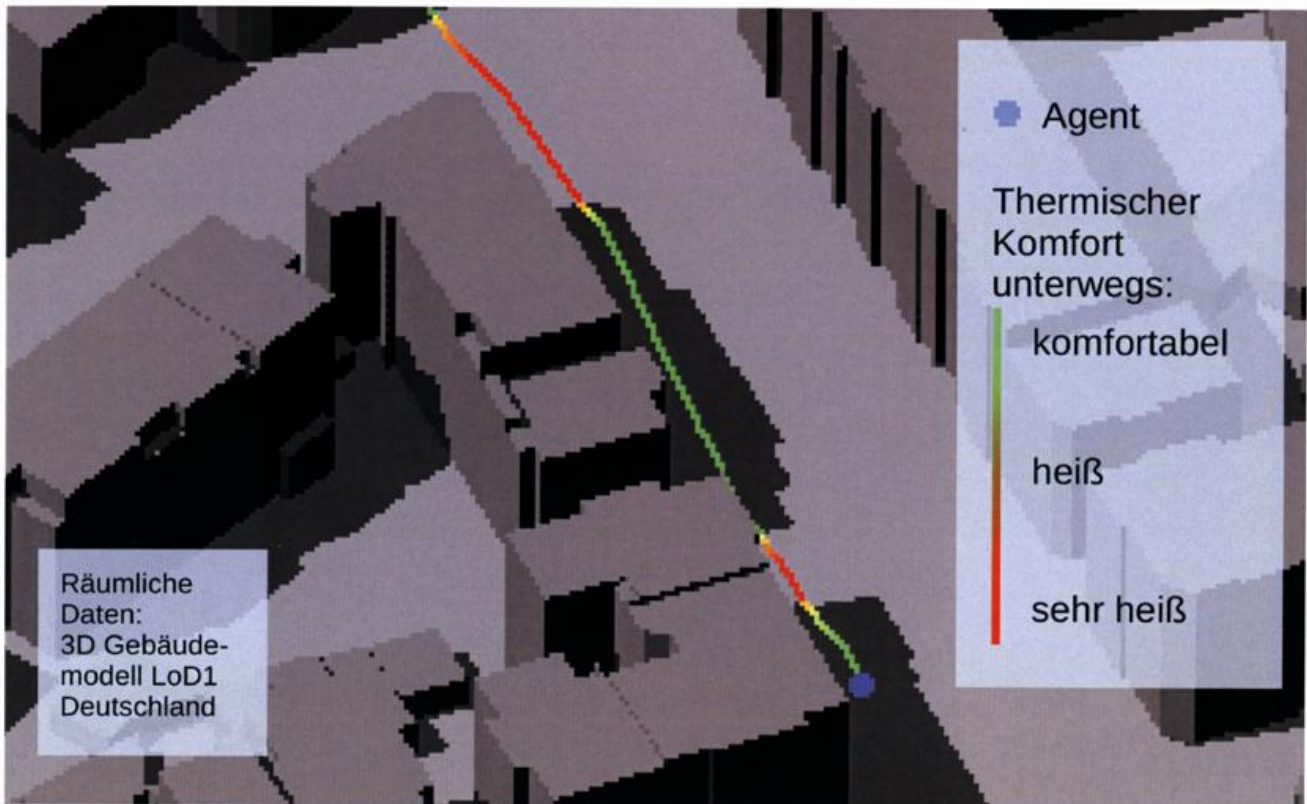


Abb. 1: Beispiel für den thermischen Komfort eines sich nach unten rechts bewegendem Agenten (blau), der sich durch das Modellgebiet bewegt. Der thermische Komfort/die thermische Belastung ist von grün nach rot farbskaliert

Ein weiteres neues Modul, das in PALM-4U integriert wird ist das Multi-Agenten Modell (MAM). Das MAM ermöglicht das Bewegen von „Agenten“ mit bestimmten Eigenschaften durch das Modellgebiet. Für jeden dieser Agenten muss dabei zu jeder Zeit der thermische Komfort bestimmt werden können. Hierfür sind herkömmliche thermische Indizes wie die oben genannten jedoch unzureichend. Während sich die Agenten durch das Modellgebiet bewegen werden sich ihre Umgebungsbedingungen ständig ändern. Herkömmliche thermische Indizes gehen jedoch von konstanten Bedingungen für beispielsweise 15 Minuten aus. Um diese Einschränkung zu berücksichtigen enthält das neue HTCMT auch einen dynamischen Teil mit einem instationären thermischen Index. Dieser bezieht eine Speicherkomponente in die Berechnung des thermischen Komforts mit ein. Der Agent erhält dadurch ein thermisches Gedächtnis. Der neue dynamische Index benötigt zudem einen anderen Umgang mit dem Bekleidungsindex (clo) als die bisherigen thermischen Indizes, da sich der Agent auf seinem Weg durch das Modellgebiet nicht immer wieder umziehen darf.

Die neue Funktionalität in PALM-4U und insbesondere die des HTCMT wurde entwickelt um Stadtverwaltungen, Architekten und Personen, die mit Gesundheitsfragen betraut sind bei der Analyse thermischer Bedingungen und der Entwicklung thermisch komfortablerer Stadtviertel und urbaner Räume zu unterstützen.

Literatur:

FANGER, P., 1972: Thermal comfort. McGraw-Hill. New York.

FIALA, D., HAVENITH, G., BROEDE, P., KAMPMANN, B., JENDRITZKY, G. 2012: UTCI-Fiala multi-node model of human heat transfer and temperature regulation. *International Journal of Biometeorology* **56**(3), 429–441.

GAGGE, A., FOBELETS, A., BERGLUND, L., 1986: A standard predictive index of human response to the thermal environment. *ASHRAE Transaction* **92**, 709-731.

HAVENITH, G., FIALA, D., BLAZEJCZYK, K. RICHARDS, M., BRÖDE, P., HOLMER, I., RINTAMAKI, H., BENSABAT, Y., JENDRITZKY, G., 2012: The UTCI-clothing model. *International Journal of Biometeorology* **56**(3), 461–470.

HÖPPE, P., 1984: Die Energiebilanz des Menschen. Berichte des Meteorologischen Instituts Nr. 49, Ludwigs-Maximilians-Universität München.

HÖPPE, P., 1999: The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, **43**, 71–75.

JENDRITZKY, G., DE DEAR, R., HAVENITH, G., 2012: UTCI—why another thermal index? *International Journal of Biometeorology* **56**, 421–428

MATZARAKIS, A., MAYER, H., ITZIMON, M.G., 1999: Application of a universal thermal index: physiologically equivalent temperature. *International Journal of Biometeorology* **43**(2), 76-78.

STAIGER, H., LASCHENWSKI, G., GRÄTZ, A., 2012: The perceived temperature – a versatile index for the assessment of the human thermal environment. Part A: scientific basics. *International Journal of Biometeorology*, **56**, 165–176.

Schlüsselwörter: MOSAIK, PALM-4U, Human-Biometeorologie, thermischer Index, Gefühlte Temperatur, Universal Thermal Climate Index, Physiologisch Äquivalente Temperatur

Life threatening environment for children and pets: dynamic model for the cabin air temperature of parked vehicles in summer conditions

Johannes Horak^{1,3}, Ivo Schmerold², Kurt Wimmer³, Günther Schaubberger³

¹Institute of Atmospheric and Cryospheric Sciences, University of Innsbruck (Austria)

²Institute of Pharmacology and Toxicology, Department for Biomedical Sciences, University of Veterinary Medicine Vienna (Austria)

³WG Environmental Health, Department for Biomedical Sciences, University of Veterinary Medicine Vienna (Austria)

In modern vehicles, heating, ventilation, and air conditioning systems are in use to maintain the thermal comfort and air quality inside of the driver cabin while the vehicle is in operation. In vehicles that are parked, no ventilation and/or air conditioning takes place. If a vehicle is exposed to direct solar radiation an immediate temperature rise occurs. The harsh environment inside parked vehicles can cause heat stroke as a life-threatening syndrome observed in human and animals. It may result from exposure to environmental heat stress and is characterised by body core temperatures of $> 40^{\circ}\text{C}$ in human GRUNDSTEIN et al. (2015a); GRUNDSTEIN et al. (2015b) and $> 41^{\circ}\text{C}$ in dogs, as well as by central nervous system. Not only is the heat stress relevant, but also the duration of exposure is a relevant parameter. In the US, lethal heat strokes cause a mean death rate of 37 children per year (1998–2015) MCLAREN et al. (2005); NULL (2012). In addition, temperature-sensitive goods can be adversely affected by high temperatures. To calculate the rise of the cabin air temperature, a dynamic model was developed that is driven by only three parameters: air temperature, global radiation, and wind velocity HORAK et al. (2016). The duration of the transient lies in the range of about 60 minutes, which means that even a short exposure time of less than 60 minutes can be life threatening by causing a heat stroke. To assess the thermal load of an organism (humans as well as animals) more complex models are needed to include metabolic heat production and the heat release of the body. This can be used for forensic applications to calculate the point of time reaching uncompensable heating ($>37^{\circ}\text{C}$) and/or hyperthermia ($>40^{\circ}\text{C}$). The model output can be applied as well to assess the heat load of temperature-sensitive goods, which are transported and/or stored inside veterinary vehicles HABERLEITNER et al. (2014); HORAK et al. (2017) or in emergency medical service vehicles.

References:

- GRUNDSTEIN, A., DUZINSKI, S., NULL, J., 2015a: Impact of dangerous microclimate conditions within an enclosed vehicle on pediatric thermoregulation. *Theoretical and Applied Climatology online* since Oct 21, 2014.
- GRUNDSTEIN, A.J., DUZINSKI, S.V., DOLINAK, D., NULL, J., IYER, S.S., 2015b: Evaluating infant core temperature response in a hot car using a heat balance model. *Forensic Sci. Med. Pathol.* **11**, 13-19.
- HABERLEITNER, A., SCHAUBERGER, G., HORAK, J., SCHMEROLD, I., 2014: Thermal drug storage conditions in veterinary vehicles - A one-year field study in Austria. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift* **101**, 110-119.
- HORAK, J., HABERLEITNER, A., SCHAUBERGER, G., 2017: How to transport veterinary drugs in insulated boxes to avoid thermal damage by heating or freezing. *BMC Veterinary Research* **13**, 140, 1-10.
- HORAK, J., SCHMEROLD, I., WIMMER, K., SCHAUBERGER, G., 2016: Cabin air temperature of parked vehicles in summer conditions: life-threatening environment for children and pets calculated by a dynamic model. *Theoretical and Applied Climatology online* since July 18, 2016.
- MCLAREN, C., NULL, J., QUINN, J., 2005: Heat stress from enclosed vehicles: Moderate ambient temperatures cause significant temperature rise in enclosed vehicles. *Pediatrics* **116**, e109-e112.
- NULL, J., 2012: Hyperthermia Deaths of Children in Vehicles. [www.ggweather.com/heat]. Department of Geosciences, San Francisco State University, San Francisco.

Keywords: heat stress, cabin temperature, vehicles, heat stroke, pets, children

Increasing albedo of building walls affects thermal comfort of pedestrians in an urban street canyon

Hyunjung Lee¹, Rainer Kapp¹, Ulrich Reuter¹, Helmut Mayer²

¹City of Stuttgart, Office for Environmental Protection, Section of Urban Climatology (Germany)

²Albert-Ludwigs-University of Freiburg, Chair of Environmental Meteorology (Germany)

Within the scope of the KlippS project LEE et al. (2016a), numerical simulations were conducted for an E-W street canyon in the centre of Stuttgart in order to analyse the effect of increasing the surface albedo α of building walls on outdoor human thermal comfort, which was quantified in terms of near-surface air temperature T_a , mean radiant temperature T_{mrt} and physiologically equivalent temperature PET. The version 4.0 BETA of the micro-meteorological model ENVI-met was applied for the simulations. A previous validation of its human-biometeorological performance has shown that this model version is capable of simulating T_{mrt} and PET quite good in a complex urban environment LEE et al. (2016b). The simulations were performed for the heat wave day of 4 August 2003, which represents a typical scenario for future summer weather in Central Europe as projected by regional climate models. The analyses of the simulation results are focused on pedestrians on both sidewalks of the 40 m long and 22 m wide street canyon, whose aspect ratio is approximately 1. Up to now, recommendations by urban planning on the most appropriate time scale for results of human heat stress that can be used as basis for planning measures to reduce local outdoor human heat stress are lacking. Therefore, simulation results are presented for 13 CET and averaged over the period 10-16 CET where mean heat stress is strongest for pedestrians.

Related to the initial situation, i.e. $\alpha = 0.2$, mean T_a , T_{mrt} and PET on both sidewalks are, as expected, slightly higher for 13 CET than for the period 10-16 CET. For both periods of time, human heat stress indicated by mean PET is by approximately 26 % lower on the N-facing than on the S-facing sidewalk, while this reduction amounts to 41 % for mean T_{mrt} . The simulation results for mean T_a do not differ between both sidewalks. Due to consequences mainly for the short-wave radiation reflected from the vertical building walls and reaching the standing human-biometeorological reference person, the systematic increment of α by 0.2 from 0.2 to 0.8 leads to a linear increase of outdoor human heat stress, which is stronger in terms of mean relative T_{mrt} than PET. For both variables, it is more pronounced on the N-facing than on the S-facing sidewalk. Mean relative T_a shows the tendency of a minimal increase. The results were achieved for the standardised human-biometeorological reference person. Its substitution by two other types of males and two other types of females, which are statistically characteristic of the population in Germany, reveals no significant change in the results.

Although increasing α of building walls represents an effective planning measure to improve indoor human thermal comfort particularly during severe regional heat, it is counterproductive with respect to reduce daytime heat stress for pedestrians in street canyons.

References:

LEE, H., OERTEL, A., MAYER, H., KAPP, R., REUTER, U., SCHMID, M., SCHULZE DIECKHOFF, R., STEINERSTAUCH, B., LAMPEN, T., 2016a: Evaluation method for the human-biometeorological quality of urban areas facing summer heat. *Gefahrstoffe - Reinhalt Luft* **76**(7/8), 275-282.

LEE, H., MAYER, H., CHEN, L., 2016: Contribution of trees and grasslands to the mitigation of human heat stress in a residential district of Freiburg, Southwest Germany. *Landsc Urban Plan* **148**, 37-50.

Keywords: KlippS project, E-W street canyon, albedo of building walls, daytime human thermal comfort, heat wave day, ENVI-met simulations

UV-Index Vorhersagen für Hochrisikogruppen: die HIPPOLino Studie zur Hautkrebsprävention

Gudrun Laschewski¹, Silke Böttcher², Michael Sachse³

¹Deutscher Wetterdienst (DWD), Zentrum für Medizin-Meteorologische Forschung, Freiburg (Deutschland)

²Leibniz-Institut für Epidemiologie und Präventionsforschung - BIPS, Bremen (Deutschland)

³Klinik für Dermatologie, Allergologie und Phlebologie, Klinikum Bremerhaven (Deutschland)

Die natürliche UV-Strahlung der Sonne wurde von der Internationalen Agentur für Krebsforschung in die höchste Risikogruppe "krebserregend für den Menschen" eingestuft EL GHISSASSI et al. (2009). Als Maß für die erwartete Gesundheitsgefährdung durch UV-Strahlung in Deutschland berechnet der DWD ganzjährig tagesaktuelle Vorhersagen des UV-Index. Der UV-Index gibt den am Boden erwarteten Tagesspitzenwert der sonnenbrandwirksamen UV-Strahlung an. Die Strahlungstransferrechnungen basieren auf Vorhersagen des stratosphärischen Ozons, der erwarteten Trübung der Atmosphäre durch Aerosole, der Wirkung von Schnee und Eis und der vorhergesagten Bewölkung STAIGER und KOEPKE (2005).

Menschen nach einer Organtransplantation zählen aufgrund der benötigten immunsuppressiven Therapie zu den Hochrisikogruppen in Hinblick auf die Entstehung von Hautkrebs im späteren Lebenslauf. Durch eine Verringerung der kumulativen UV-Strahlungsexposition kann das Erkrankungsrisiko jedoch deutlich reduziert werden. Somit besteht eine besondere Verantwortung, das Bewusstsein der Betroffenen für diese Zusammenhänge zu erhöhen und im Alltag ein angemessenes Sonnenschutzverhalten zu erzielen. Ergebnisse einer Vorstudie zeigten, dass der Versand von UV-Indexabhängigen Sonnenschutzempfehlungen per SMS in jugendgerechter Sprache mit einer hohen Akzeptanz bei immunsupprimierten Jugendlichen verbunden war und dass diese Interventionsform eine Möglichkeit darstellte, gesundheitsförderndes Verhalten zu verstärken SACHSE et al. (2016).

Die HIPPOLino Interventionsstudie (Hautkrebsinterventions- und Präventions- Programm für organ-transplantierte Erwachsene und Kinder) hat nun untersucht, ob eine persönliche Schulung mit anschließendem SMS-Versand von UV-Indexabhängigen Sonnenschutzempfehlungen (Intervention 1) einen stärkeren Effekt auf den beabsichtigten Wissenszuwachs und die Verhaltensänderung hat als eine reine Online-Schulung ohne SMS Versand (Intervention 2).

Beim DWD wurde dazu ein projektspezifisches IT-Verfahren zur Verknüpfung der Aufenthaltsorte der Studienteilnehmer/innen mit den tagesaktuellen, regional unterschiedlichen UV-Index- und Bewölkungsvorhersagen und davon abhängigen Sonnenschutzempfehlungen entwickelt.

In einer Ausgangs- und drei Nachfolgeerhebungen per Selbstausfüllerfragebogen vor und jeweils 6 Wochen, 6 und 12 Monate nach der Intervention standen Fragen zum Verhalten in der Sonne und zum Wissensstand im Vordergrund. Die Auswertungen der Erhebung mit Kindern und Jugendlichen zeigten einen z.T. signifikanten Anstieg des Sonnenschutzwissens, wobei die Teilnehmer/innen der Interventionsgruppe 1 (SMS-Versand) ihr neu erworbenes Wissen länger aufrechterhalten konnten. Kurzfristig verbesserten diese auch ihr Verhalten. Mittelfristig zeigten sich keine eindeutigen Unterschiede. Weitere Studien sind notwendig um zu erforschen, wie eine langfristige Umsetzung des Verhaltens in den Alltag erzielt werden kann. Die Daten der Erhebung mit Erwachsenen werden zurzeit ausgewertet. Es wird ein Ausblick auf die Möglichkeiten zur technischen und zielgruppenspezifischen Weiterentwicklung des Verfahrens gegeben.

Literatur:

EL GHISSASSI, F. et al., 2009: A review of human carcinogens - part D: radiation. *The lancet oncology*, **10**(8), 751-752.

SACHSE, M. M. et al., 2016: Face-to-face sun protection training and text messages improve sun protection behaviour in adolescent organ transplant recipients: HIPPOLino feasibility study. *Acta dermato-venereologica*, **96**(3), 341-345.

STAIGER, H., KOEPKE, P., 2005: UV Index forecasting on a global scale. *Meteorologische Zeitschrift*, **14**(2), 259-270.

Schlüsselwörter: UV-Index, SMS, Organtransplantation, Hautkrebs, Sonnenschutz

The Heat Health Warning System in Germany - Applications and Lessons learned

Andreas Matzarakis¹, Stefan Muthers¹, Gudrun Laschweski¹,

¹Deutscher Wetterdienst, Research Center Human Biometeorology, Freiburg (Germany)

Heat stress is a major risk factor for human health. The German Heat Health Warning System (HHWS) was implemented after the heat summer 2003 to issue warnings of extreme heat stress situations for the general public and public health authorities MATZARAKIS (2017). In the context of climate change HHWS provide an important measure to reduce the expected increase in heat related mortality MUTHERS et al. (2010).

The HHWS combines the meteorological weather forecast with human-biometeorological approaches to estimate the heat stress for human beings. Therefore, the Perceived Temperature PT, STAIGER et al. (2012), which is based on the energy balance of the human body, is calculated up to 7 days in advance. A 12 UTC PT above ~32°C (38°C) is classified the day as a day with strong (extreme) heat stress. To allow for short term adaptation within a summer the 32°C threshold is not fixed but varies depending on the thermal conditions of the previous 30 days KOPPE and JENDRITZKY (2005).

Additionally, nocturnal conditions (recreation) are an important factor for the health impact of a heat wave. Therefore, a building simulation model is applied to calculate the nocturnal heat stress inside buildings (e.g., nursing homes). A warning is raised, when the condition of at least strong heat stress during the day and warm indoor conditions is met for at least two consecutive days. New developments to the HHWS allow for a specific consideration of the elderly and of heat stress in urban areas due to the urban heat island effects.

References:

- KOPPE, C and JENDRITZKY, G., 2005: Inclusion of short-term adaptation to thermal stresses in a heat load warning procedure. *Meteorol Z* **14**(2), 271–278.
- MATZARAKIS, A., 2017: The Heat Health Warning System of DWD - Concept and Lessons Learned. In: Karacostas, Perspectives in Atmospheric Sciences. *Springer Atmospheric Sciences*, 191-196.
- MUTHERS, S. et al., 2010: Climate Change and Mortality in Vienna - A Human Biometeorological Analysis Based on Regional Climate Modeling. *IJERPH* **7**(7), 2965–2977.
- STAIGER, H. et al., 2012: The perceived temperature – a versatile index for the assessment of the human thermal environment. Part A: scientific basics. *Int. J. of Biomet.* **56**, 165–176.

Keywords: Warning, heat wave, mortality, Germany

Simulation of the indoor climate of livestock buildings: assessment of adaptive measures to reduce heat stress due to climate change

Christian Mikovit, Ronja Vitt, Günther Schaubberger

WG Environmental Health, Department for Biomedical Sciences, University of Veterinary Medicine Vienna (Austria)

In the near future, intensive pig and poultry production may be severely affected in the middle latitudes by heat stress, which will increase due to the expected climate change. In many cases confined livestock keeping is not seen as vulnerable to climate change e.g. SKURAS and PSALTOPOULOS (2012), because the indoor climate is controlled to some degree. This assumption is only valid for a temperature range close to the thermoneutral zone, where the ventilation flow rate can be controlled. In temperate climate regions like Central Europe these animals are predominantly kept in confined housing with ventilation systems. Therefore the impact of climate change scenarios on these systems cannot be assessed only by ambient meteorological parameters, as they are modified by the confined livestock buildings and the livestock itself. This means that the indoor climate, which is the environment relevant for farm animals, has to be considered by simulation models, describing the interaction between animals which release sensible and latent (water vapor) heat, the insulation of the building to prevent sensible heat loss or gain, and the ventilation system SCHAUBERGER et al. (2014); SCHAUBERGER et al. (2001). The ventilation system is the most effective link to the outside, but inevitably differences will occur between climatic conditions outside and inside livestock buildings. The indoor climate will in turn impact on animal health and welfare, productivity, and economic performance. The simulation of the indoor climate of mechanically ventilated livestock buildings is exemplarily shown for fattening pigs by SCHAUBERGER et al. (2000). This model approach is updated by the latest report of the CIGR (2002). The features as well as the limitations of such simulation models will be presented and discussed. On the basis of such model calculations the husbandry conditions can be simulated to reveal the effectiveness of adaptation measures (i.e. adaptive capacity like air preparation systems VITT et al. (2017)), which sums up to livestock and farm vulnerability. The thermal environment is a major parameter as it directly impacts animal welfare and health. The productivity of farm animals can be investigated by parameters which are sensible to the thermal environment: For fattening pigs and broilers this can be described by daily weight gain and feed conversion, egg production for laying hens and the reproductive performance of sows (litter size, number and body mass of weaned piglets etc.).

References:

- CIGR, 2002: Climatization of Animal Houses. Heat and moisture production at animal and house levels, in: Pedersen, S., Sällvik, K. (Eds.). International Commission of Agricultural Engineering, Section II and Research Centre Bygholm, Danish Institute of Agricultural Sciences, Horsens, Denmark.
- SCHAUBERGER, G., PIRINGER, M., HEBER, A.J., 2014: Odour emission scenarios for fattening pigs as input for dispersion models: A step from an annual mean value to time series. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **193**, 108-116.
- SCHAUBERGER, G., PIRINGER, M., PETZ, E., 2000: Steady-state balance model to calculate the indoor climate of livestock buildings, demonstrated for fattening pigs. *International Journal of Biometeorology* **43**, 154-162.
- SCHAUBERGER, G., PIRINGER, M., PETZ, E., 2001: Separation distance to avoid odour nuisance due to livestock calculated by the Austrian odour dispersion model (AODM). *Agric. Ecosyst. Environ.* **87**, 13-28.
- SKURAS, D., PSALTOPOULOS, D., 2012: A broad overview of the main problems derived from climate change that will affect agricultural production in the Mediterranean area, Building resilience for adaptation to climate change in the agriculture sector. FAO, pp. 217-260.
- VITT, R., WEBER, L., ZOLLITSCH, W., HÖRTENHUBER, S.J., BAUMGARTNER, J., NIEBUHR, K., PIRINGER, M., ANDERS, I., ANDRE, K., HENNIG-PAUKA, I., SCHÖNHART, M., SCHAUBERGER, G., 2017: Modelled performance of energy saving air treatment devices to mitigate heat stress for confined livestock buildings in Central Europe. Biosystems Engineering submitted.

Keywords: indoor climate, livestock, farm animals, mechanical ventilation, confined building, climate change, adaptive measures

Die Sommer 2003 und 2015 in Baden-Württemberg: Hitzewellen und hitzebedingte Mortalität im Kontext des Klimawandels

Stefan Muthers¹, Gudrun Laschewski¹, Andreas Matzarakis

¹Deutscher Wetterdienst, Zentrum für Medizin-Meteorologische Forschung, Freiburg (Deutschland)

Nach dem "Hitzesommer" 2003 gab es im Jahr 2015 erneut einen sehr warmen Sommer in West- und Zentraleuropa. In dieser Arbeit vergleichen wir die Ausprägung der beiden großen Hitzewellen der Sommer 2003 und 2015 und deren Folgen für die hitzebedingte Mortalität. Die Grundlage der Analyse bilden tägliche Sterbedaten von Baden-Württemberg für den Zeitraum 1968-2015 sowie meteorologische Daten aus dem Messnetz des Deutschen Wetterdienstes an den Stationen Freiburg, Mannheim und Stuttgart. Zur Abschätzung der Basismortalität wurde ein Verfahren nach KOPPE und JENDRITZKY (2005) angewandt.

Im Mittel lag die Mortalität 2003 um 7.9% und 2015 um 5.8% über dem Erwartungswert, damit zählen beide Sommer zu den Sommern mit der höchsten Mortalitätsanomalie im Zeitraum 1968-2015. In beiden Sommern trug v.a. eine große Hitzewelle besonders zur starken Zunahme der Mortalität bei: Im August 2003 traten maximale Abweichungen von bis zu 70% auf, im Juli 2015 Anomalien von bis zu 56%. Die Hitzewelle im August 2003 war dabei besonders durch ihre lange Andauer und die außergewöhnlich hohen Maximum- und Minimumtemperaturen gekennzeichnet. Die Lufttemperaturen waren im Juli 2015 nicht ganz so extrem wie in 2003, dafür sorgte die höhere Luftfeuchte tags wie nachts für vergleichbare thermische Belastungen. Zudem trat die Hitzewelle 2015 vergleichsweise früh im Jahr auf zu einem Zeitpunkt, an dem die Bevölkerung weniger an die Hitzebelastung angepasst war.

Um zukünftige Änderungen in der Intensität und Häufigkeit von Hitzewellen mit Hilfe von regionalen Klimasimulationen EURO-CORDEX, JACOBS et al. (2014) abzuschätzen, definieren wir eine Hitzewelle als eine Periode von mindestens drei aufeinanderfolgenden Tagen mit einem Tagesmittel des HUMIDX MASTERON und RICHARDSON (1979) über dem 95. Perzentil. Wir untersuchen die Änderung von Hitzewellen von 3 bis 10 Tagen Andauer für die Representative Concentrations Pathways (RCP) 4.5 und 8.5. In der nahen Zukunft (2021-2050) sind die Änderungen weitgehend unabhängig vom RCP. Eine deutliche Zunahme (Verdopplung bis Verdreifachung der Häufigkeiten pro Sommer) findet sich jedoch für alle Hitzewellen. In der fernen Zukunft (2070-2099) findet sich v.a. für RCP8.5 ein weiterer extremer Anstieg besonders bei den lang andauernden Hitzewellen. Ereignisse, vergleichbar zu der Hitzewelle von 2003 beispielsweise, könnten dann im Mittel einmal pro Jahr auftreten.

Literatur:

JACOB, D. et al., 2014: EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Reg. Environ. Chang.*, **14**(2), 563–578.

KOPPE, C und JENDRITZKY, G., 2005: Inclusion of short-term adaptation to thermal stresses in a heat load warning procedure. *Meteorol Z.*, **14**(2), 271–278.

MASTERTON, J.M. und RICHARDSON, F.A., 1979: HUMIDEX, A Method of Quantifying Human Discomfort Due to Excessive Heat and Humidity. CLI. Environment Canada, Atmospheric Environment.

Schlüsselwörter: Klimawandel, Hitzewelle, Mortalität, Deutschland

Habitatmodellierung mit bioklimatischen Prädiktoren: Beispiele für Krankheitsüberträger (Stechmücken, Gnitzen und Zecken)

Franz Rubel, Katharina Brugger, Melanie Walter

Climate Change and Infectious Diseases Group, Institut für Öffentliches Veterinärwesen, Veterinärmedizinische Universität Wien, Veterinärplatz 1, 1210 Wien (Österreich)

Die Präsentation gibt einen Überblick über die an der Veterinärmedizinischen Universität Wien in den letzten Jahren entwickelten Habitatmodelle. Dabei wird der Bogen von der klassischen Köppen-Geiger Klimaklassifikation, die als Spezialfall eines empirischen entwickelten Habitatmodells interpretiert werden kann, über das erste statistische Habitatmodell BIOCLIM bis zum am weitesten entwickelten Maximum-Entropie-Algorithmus MAXENT gespannt. Besondere Bedeutung kommt der räumlichen Skala und den verwendeten Eingangsdaten zu. Wie Klimaklassifikationen waren Habitatmodelle ursprünglich für globale oder kontinentalskalige Betrachtungen ausgelegt. Mit der Verfügbarkeit von gerasterten Klimadaten immer höherer Auflösung werden sowohl die Klimaklassifikationen RUBEL et al. (2017) als auch die Habitatmodelle für kleinere, zum Beispiel nationale Skalen, anwendbar. Auch werden an Stelle von Beobachtungen Daten aus Klimamodellen verwendet RUBEL und KOTTEK (2010). Damit kann die Habitateignung für Tier- und Pflanzenarten in die Zukunft projiziert werden. Dieses Vorgehen ist allgemein akzeptiert, wenn mit Hilfe von Klimaklassifikationen die Zukunftsprojektionen von Klimamodellen interpretiert werden. Im Falle von Habitatmodellen wird es aber kontrovers diskutiert, weshalb an der Veterinärmedizinischen Universität Wien auch Prozessmodelle entwickelt wurden. Diese werden hier aber nur kurz erwähnt.

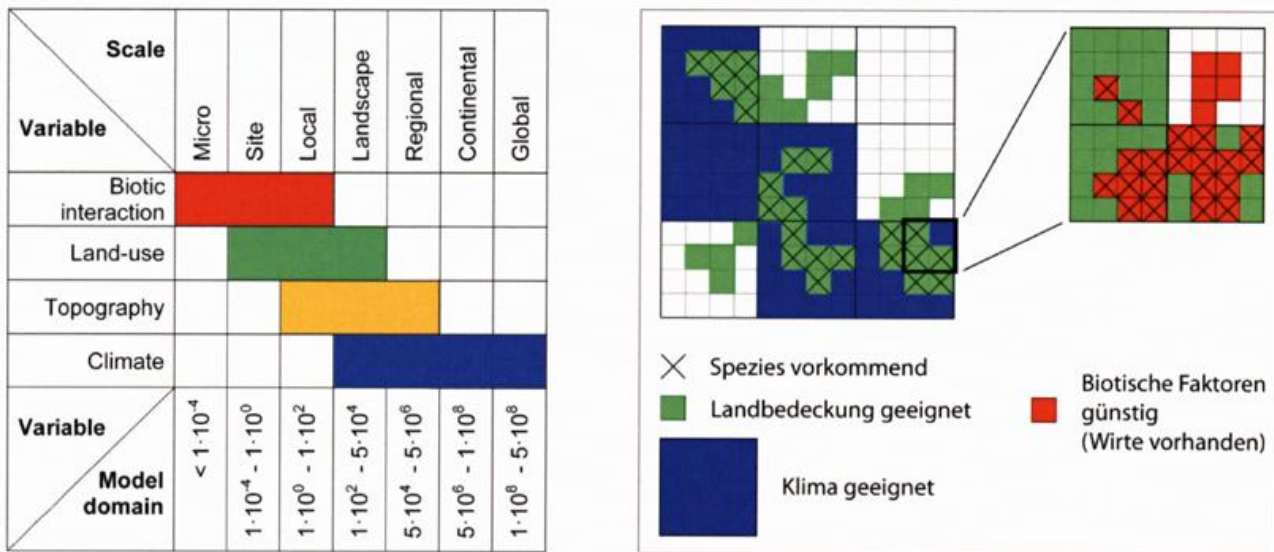


Abb. 1: Skalenabhängiger Einfluss der Prädiktoren

Kenntnisse über die gegenwärtige und zukünftig zu erwartende Verbreitung von Krankheiten übertragenden Stechmücken, Gnitzen und Zecken ist von fundamentaler Bedeutung für das öffentliche Gesundheitswesen. Im Sinne einer ‚One Health‘ Politik gilt dies sowohl für human- als auch veterinärmedizinisch relevante Vektoren - nicht zuletzt, weil viele der von ihnen übertragenen Infektionskrankheiten Zoonosen sind. Neben der Kartierung der Fundorte von Vektoren wie Buntzecken RUBEL et al. (2016) wurden in den letzten Jahren verschiedene Habitatmodelle zur Beschreibung der potentiellen Verbreitung von Arten entwickelt und angewandt. Diese sind besonders für Gebiete von Bedeutung, für welche keine oder nur wenige Beobachtungen vorliegen. Habitatmodelle sind statistische Modelle, die Zusammenhänge zwischen georeferenzierten Fundorten und verschiedenen Prädiktoren wie bioklimatischen Variablen, Topographie und Landnutzung herstellen, um die potentielle Verbreitung von Arten zu beschreiben. Als Beispiel kann die Verbreitung der Zecke *Dermacentor marginatus* in Deutschland genannt werden, wofür der bekannte BIOCLIM-Algorithmus angewandt wurde WALTER et al. (2016). Als Eingangsdaten für das Habitatmodell wurden gerasterte Klimadaten des DWDs verwendet.

Die Schafzecke *D. marginatus* wird für die Übertragung des Q-Fiebers auf den Menschen verantwortlich gemacht. In Deutschland werden regelmäßig Q-Fieber Ausbrüche gemeldet. Die Zecke gilt aber auch als Überträger der Tularämie (Hasenpest) und der Babesiose des Hundes. Neben der reinen Verbreitung einer Art, zumeist modelliert mit dem MAXENT-Algorithmus, können aber auch Karten der Zeckendichte erstellt werden. Die Deutschlandkarte der Dichte des Gemeinen Holzbockes (*Ixodes ricinus*), der Zecke, die als wichtigster Überträger der Frühsommer-Meningoenzephalitis und der Lyme-Borreliose gilt, ist ein Beispiel dafür BRUGGER et al. (2016). Diese Habitatmodelle basieren auf Generalisierten Linearen Modellen (GLMs), die neben der räumlichen Analyse auch zur Zeitreihenanalyse verwendet werden. Als Beispiel wird die klimaabhängige Dynamik der Stechmücken *Culex pipiens* und *Cx. restuans* LEBL et al. (2013) diskutiert. Diese Stechmücken übertragen zum Beispiel das West-Nil-Virus, das als Zoonose gilt und sowohl in den USA als auch in den Mittelmeerländern zu regelmäßigen Ausbrüchen führt. Betroffen sind neben Menschen vor allem Pferde, wobei das Virus im natürlichen Übertragungszyklus zwischen Stechmücken und Vögel zirkuliert. Zur Modellierung der Dynamik dieses Übertragungszyklus wurde ein mit Klimadaten angetriebenes Prozessmodell entwickelt LAPERRIERE et al. (2011).

Abschließend wird gezeigt, dass sich die Köppen-Geiger Klimaklassifikation, die ja die vorherrschende Vegetation (Buchen-, Eichenklima, etc.) abbildet, ebenfalls zur Klassifizierung von bestimmten Vektorvorkommen eignet. Nicht nur in Deutschland, sondern in ganz Mitteleuropa, hat die sogenannte Blauzungenkrankheit in den letzten Jahren hohe Kosten in der Tierseuchenbekämpfung verursacht. Betroffene Tierarten sind alle Klauentiere, besonders Rinder und Schafe. Überträger des Blauzungen-Virus sind die nur Millimeter großen Gnitzen. Den Gnitzenarten wird eine unterschiedliche Vektorkompetenz zugeordnet, wobei die Artenzusammensetzung mit den Klimazonen variiert BRUGGER et al. (2013).

Literatur:

- BRUGGER, K., RUBEL, F., 2013: Characterizing the species composition of European Culicoides vectors by means of the Köppen-Geiger climate classification. *Parasit Vectors* **6**:333.
- BRUGGER, K., BOEHNKE, D., PETNEY, T., DOBLER, G., PFEFFER, M., SILAGHI, C., SCHAUB, G.A., PINIOR, B., DAUTEL, H., KAHL, O., PFISTER, K., SÜSS, J., RUBEL, F., 2016: A density map of the tick-borne encephalitis and Lyme borreliosis vector *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae) for Germany. *J Med Entomol* **53**, 1292-1302.
- LAPERRIERE, V., BRUGGER, K., RUBEL, F., 2011: Simulation of the seasonal cycles of bird, equine and human West Nile virus cases. *Prev Vet Med* **98**, 99-110.
- LEBL, K., BRUGGER, K., RUBEL, F., 2013: Predicting *Culex pipiens/restuans* population dynamics by interval lagged weather data. *Parasit Vectors* **6**:129.
- RUBEL, F., KOTTEK, M., 2010: Observed and projected climate shifts 1901-2100 depicted by world maps of the Köppen-Geiger climate classification. *Meteorol Z* **19**, 135-141.
- RUBEL, F., BRUGGER, K., PFEFFER, M., CHITIMIA-DOBLER, L., DIDYK, Y.M., LEVERENZ, S., DAUTEL, H., KAHL, O., 2016: Geographical distribution of *Dermacentor marginatus* and *Dermacentor reticulatus* in Europe. *Ticks Tick Borne Dis* **7**, 224-233.
- RUBEL, F., BRUGGER, K., HASLINGER, K., AUER, I., 2017: The climate of the European Alps: Shift of very high resolution Köppen-Geiger climate zones 1800–2100. *Meteorol Z* **26**, 115-125.
- WALTER, M., BRUGGER, K., RUBEL, F., 2016: The ecological niche of *Dermacentor marginatus* in Germany. *Parasitol Res* **115**, 2165-2174.

Schlüsselwörter: Klimaänderung, Klimaklassifikation, Infektionskrankheiten, Vektoren

Mobiles tele-physiologisches Messsystem zum online Monitoring von Vitalparametern und Biosignalen – mobPhysioLab®

Werner A.¹, Fischer F.², Wittmann C.³, Tandon R.⁴, Scheuermann C.⁵, Hagner K.⁶

¹Zentrum für Luft- und Raumfahrtmedizin der Luftwaffe – FG I 1 - Flugphysiologisches Trainingszentrum

²SpaceBit GmbH, Eberswalde (Deutschland)

³Koralewski Industrie-Elektronik oHG, Hambühren (Deutschland)

⁴Wehrwissenschaftliches Institut für Werk- und Betriebsstoffe, GF 330, Smart Textiles, Erding (Deutschland)

⁵Technische Universität München, Institut für Informatik I 1, Garching b. München (Deutschland)

⁶Wehrwissenschaftliches Institut für Schutztechnologien - ABC-Schutz, GF 410, Munster (Deutschland)

Einleitung: In vielen Berufsgruppen sind Menschen extremen Belastungssituationen (bspw. Hitze-, Kälte-, Rauchbelastung, Lärm, großen Höhen, Beschleunigungen und starker Zeitdruck) ausgesetzt, die die physische Leistungsfähigkeit und die psychische Verfassung zum Teil stark beeinflussen. Gegebenenfalls können diese Einflüsse einen Ausfall der Arbeitnehmer hervorrufen oder sogar Unfälle, Verletzungen bis hin zum Tod verursachen. Zu diesen Berufsgruppen zählen insbesondere Rettungshelfer, Polizisten, Soldaten, Astronauten, Feuerwehrleute, Schwerstarbeiter in der Industrie oder Minenarbeiter, sowohl in der Tiefe als auch in der Höhe. Aufgrund der hohen Verantwortung in diesen Berufsfeldern stellt ein Ab- oder Ausfall der Einsatzfähigkeit ein hohes Risiko für die Personen selber und zudem auch für andere Beteiligte dar. Neben den personenspezifischen Faktoren stellen die aktuell herrschenden Umweltbedingungen eine weitere wichtige Komponente bei der Beurteilung von Belastungssituationen dar, welche in den allermeisten bisher durchgeführten Monitorings keine Berücksichtigung findet.

Stand der Technik: Bisherige Untersuchungen zu Belastungen von Personen werden vornehmlich in Laboren von Institutionen durchgeführt und die erhobenen physiologischen Daten daraufhin bewertet. Hierbei werden Belastungssituationen jedoch unter Idealbedingungen simuliert und die beeinflussenden Umweltfaktoren systematisch standardisiert bzw. möglichst einfach dargestellt. Die Daten werden unter vorgeschriebenen statischen Parametern ermittelt, können aber auf die natürliche, dynamische Situation nicht generell übertragen werden. In der unmittelbaren Umgebung des Menschen wirken weitere Einflüsse zahlreicher Parameter aus der Umwelt und beeinflussen zusätzlich Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit in erheblichem Ausmaß. Hierbei sind vor allem die Umweltparameter Temperatur, Sauerstoffmangel (Höhe), Wind, Strahlung, Niederschlag und Druckveränderungen zu nennen. Diese stellen wesentliche Größen dar, denn viele Menschen reagieren auf diese Umwelteinflüsse, die man als Befindlichkeitsstörungen bezeichnet (bspw. Bluthochdruck, Migräne, Gliederschmerzen, etc.). Gerade durch diese Einflüsse wird jedoch auch die Auswahl der entsprechenden physiologischen Parameter bestimmt und erfordert eine Anpassung des jeweiligen Settings. Ausgehend von der bekannten POLAR, mit der lediglich eine Herzfrequenzmessung (HF) möglich ist, ist dies in unterschiedlichen Umwelten nicht ausreichend. Datenaufzeichnung und -übertragung im Feld: Bisherige Datenübertragungen und Weiterleitungen erfolgen zumeist über kabelgebundene Systeme oder werden auf einer Speichereinheit gesichert und später ausgewertet. In Laboren kann dadurch eine Datenübertragung gewährleistet werden, weil sich die Personen zumeist nicht oder in einem begrenzten Raum bewegen. Die Übertragung von Daten im Gelände stellt bisher eine besondere Herausforderung dar. Mittels Bluetooth ist dies schon teilweise realisiert, so dass zumindest ein Datentransfer auf einer kleinen Wegstrecke hergestellt werden kann. Wenn jedoch ein Hindernis (Wand) die Datenübertragung stört, ist mit einem Datenabriss zu rechnen und das Online-Monitoring somit unmöglich. Andere Übertragungswege stellen die Funk- oder WLAN Systeme dar. Hierbei sind die Übertragungsraten jedoch das limitierende Moment, da nur einzelne Zahlenwerte, zumeist auch nur sehr wenige, übermittelt werden können. Die Darstellung eines ggf. erforderlichen Elektrokardiogramms (EKG) auf einem sekundären Monitor ist damit nicht möglich.

Fragestellung: Die Absicht dieses Ansatzes liegt in der *Online-Auswertung* der **dynamisch** im Feld **erhobenen** auf die jeweilige **Situation angepassten physiologischen Daten** im **Kontext** mit den **klimatischen Daten** und deren **Kombination** mit bereits in einer **individuellen Datenbank** existierenden Daten der jeweils gemonitorten Person, um daraus in der Belastungssituation ein **persönliches Profil** zur **Gewährleistung** der

Gesundheit und Sicherheit des eingesetzten Personals abzuleiten. Einer der wichtigsten Lösungsansätze soll dabei die sichere Datenübertragung über eine weite Strecke sein, damit auch mehrere Personen bspw. in einer Gruppe, die einen weiten Wirkungsgrad in ihrer Tätigkeit haben, sicher gemonitort und beurteilt werden können. Eine weitere Neuheit liegt in der Miniaturisierung der verwendeten Systeme und Auswerteeinheit, so dass die Einschränkungen der Personen in ihrer täglichen Arbeit so gering wie möglich gehalten werden. Zudem soll erreicht werden, dass das System und die Sensoren durch den Träger nahezu nicht gespürt werden (Smart Textiles), weil durch das Aufmerksam werden von „störenden“ Sensoren und zusätzliches Gewicht des Systems die physiologische und psychologische Belastung steigt und somit falsche Daten und Analysen produziert werden.

Methodik: Das mobPhysioLab® besteht aus einem Datenlogger (Master), der durch die Verbindung mit entsprechenden Satelliten, die die Sensoren steuern, die Flexibilität gewährleistet. Durch diese Vorgehensweise können umweltentsprechende Zusammenstellungen kreiert werden. Die Daten werden bisher auf einem Speichermedium abgelegt und können nachträglich ausgelesen und ausgewertet werden. Die bisherige Software lässt die synchronisierte Datendarstellung zu, was bei der Analyse von enormer Bedeutung ist. Weiterhin ist ein „Online-Monitoring“ mittels Bluetooth bereits möglich, welches aber durch Entfernungslimitation nur begrenzt einsetzbar ist. Ansätze in Richtung Übertragung der Daten per WLAN oder Funk wurden begonnen. Die Analyse der Daten über neuronale Netze -und hier speziell SOMs (self-organizing maps) eignen sich hervorragend zur kombinierten Auswertung unterschiedlicher Sensorarten und deren stark variierenden Daten, da sie unabhängig von den jeweiligen Datenformaten eingesetzt werden können. SOMs werden u.a. im Kontext der Systemanalyse und -vorhersage sowie der Bildauswertung untersucht und eingesetzt. Aufbauend auf eigenen Forschungsergebnissen wurde die Modellbasierte Systemanalyse und Simulation in ein neues Modell selbstorganisierender Karten zur Repräsentation von Wissen entwickelt, die Kodierung von Information mittels Aktivitätsmustern („Computing with Activities“) und in ersten Applikationen erfolgreich umgesetzt. Ausgangspunkt des „Computing with Activities“ ist, dass in dem aktivitätsbezogenen Gesamterregungsbild SOM auch bei einer geringen Neuronenanzahl alle situationsrelevanten Aspekte einer Szenerie gespeichert werden können und diese aus der Aktivitätsstruktur mittels eines nachgelagerten Feed-Forward-Netzes wieder auslesbar sind.

Es wurde begonnen das mobPhysioLab® bei Soldaten einzusetzen, und zwar bei der ABC-Abwehr, wo impermeable Anzüge sowohl in Hitze als auch in Kälte über einen langen Zeitraum getragen werden müssen. Zuletzt wurde das System bei einer Übung in Kanada PRECISE RESPONSE (2016) erneut in seinem derzeitigen Entwicklungsstand getestet.

Ergebnisse:

Nutzerakzeptanz: Um eine Aussage zur Nutzerakzeptanz treffen zu können, wurden die Probanden nach den Versuchen befragt. Die Fragen zielten insbesondere auf mögliche Einschränkungen oder Störungen durch die Messtechnik ab. Dieses war größtenteils nicht der Fall, das HealthLab® konnte ohne Probleme unter der Schutzbekleidung getragen werden. Lediglich das Platzieren des Doppelsensors am Kopf (bspw. unter der Bänderung der ABC-Schutzmaske) führte in einigen Fällen zu einem Druckgefühl. Durch geringfügige Veränderungen bei der Platzierung des Sensors konnten Besserungen erzielt werden, die das Messergebnis nicht beeinflussten. Das derzeit noch aufwändige Anlegen der Einzelteile (s.a. Abschn. 2.1) sollte in einem weiteren Schritt durch die Integration der Sensoren in ein Smart Textile deutlich vereinfacht werden. Dieser Schritt würde sich positiv auf die ohnehin schon hohe Nutzerakzeptanz auswirken. Das HealthLab® wäre in Form einer intelligenten Bekleidung von jedem Nutzer ohne fremde Hilfe anlegbar, das Festkleben der Sensoren mit medizinischem Pflaster auf der Haut und das teilweise schmerzhafte Ablösen würde entfallen. Datenaufzeichnung: Festgestellt werden kann nach dem Vorliegen der Rohdaten, dass die Datenerfassung zuverlässig und unterbrechungsfrei erfolgt. Damit ist eine wesentliche Voraussetzung für die Eignung der Monitoringtechnologie gegeben. Das Datenerfassungsintervall beträgt derzeit 2 s für alle ermittelten Parameter, somit wird eine erhebliche Datenmenge erzeugt. Diese könnte durch eine Erhöhung der Datenerfassungsintervalle deutlich reduziert werden. Hierfür ist eine detaillierte Auswertung der Daten sowie eine Differenzierung zwischen den verschiedenen Parametern erforderlich, da kurzfristige sprunghafte Anstiege bei einer Veränderung der Datenerfassungsintervalle nicht verloren gehen dürfen, um nicht die Aussagekraft der Daten zu reduzieren. Sprunghafte Veränderungen sind jedoch nicht bei jedem erfassten Parameter zu erwarten. Die einzelnen Parameter sollten getrennt betrachtet und ggf. mit unterschiedlichen Datenerfassungsintervallen erfasst werden.

Datenübertragung: Die Übertragung wurde telemedizinisch per Funk durchgeführt. Bisher konnten 5 Personen gleichzeitig gemonitort werden. Die Entfernung der Übertragung der 25 Parameter erfolgte mit einer 5-sekündigen Aktualisierung über bis zu 3000m. Somit konnte in einem großen Radius ein Monitoring sichergestellt werden, welches auch zum Führen des Personals durch die Einsatzleitung genutzt werden konnte.

Schlussfolgerungen: Mit Hilfe des modular aufgebauten HealthLab® kann ein zuverlässiges Monitoring von Probanden in Schutzbekleidung erfolgen. Die ersten Versuchsdurchläufe zeigen, dass eine zuverlässige und störungsfreie Datenerfassung erfolgt und es keine negativen Auswirkungen auf den Schutz gibt. Das Monitoringsystem kann unter der Schutzbekleidung getragen werden und wird von den Probanden während ihrer Tätigkeit nicht als störend oder belastend empfunden. Die Sensoren, die derzeit noch bei jedem Probanden aufwändig einzeln (größtenteils) mit medizinischem Pflaster appliziert werden müssen, könnten in einem weiteren Entwicklungsschritt für eine höhere Anwenderfreundlichkeit in ein Smart Textile integriert werden, sind aber auch in der vorliegenden Form ohne Einfluss auf das Befinden der Probanden. Das mobPhysioLab® kann bereits in der vorliegenden Form ohne Einschränkungen unter einer Schutzbekleidung verwendet werden. Durch die aufwändige Applikation ist jedoch zurzeit der Nutzerkreis stark eingeschränkt. Durch eine Erweiterung der Funktechnik ist künftig auch ein Echtzeitmonitoring der Probanden möglich. Die Probanden waren gegenüber der Verwendung der Monitoringtechnik positiv eingestellt. Durch gezielte Weiterentwicklungen könnte das System nutzer- und anwenderfreundlicher werden und damit rein von der technischen Seite betrachtet auch einem größeren Nutzerkreis zugänglich gemacht werden. Die Integration der Monitoringtechnik in ein Smart Textile wird im Rahmen einer Kooperation mit dem WIWeB bereits durchgeführt. Ein erstes Funktionsmuster ist seit Ende 2015 vorgestellt und wird verwendet. Die wesentliche Grundlage für eine Erweiterung des Nutzerkreises ist eine Weiterentwicklung der Auswertemöglichkeiten sowie das Erstellen personenbezogener, weil interindividuell stark schwankender Datenbasen. Umfangreiche Betrachtungen zum Datenschutz erfolgten im Rahmen eines EDA-Projektes. Neben dem Echtzeitmonitoring der Probanden werden Auswertelgorithmen benötigt, mit denen eine automatisierte Datenauswertung das individuelle Betrachten der Personen übernimmt und ggf. Warnungen erzeugt, wenn (inter- und intraindividuelle) Schwellenwerte erreicht werden. Auf der Grundlage solcher Auswertungen kann eine Vorhersage ermöglicht werden und beispielsweise beim Tragen einer impermeablen Schutzbekleidung deren Tragedauer an die individuelle Leistungsfähigkeit der Nutzer angepasst werden.

Literatur:

- FAHRENBERG, J., FRANCK, M., BAAS, U., JOST, E., 1995: Awareness of blood pressure: Introception or contextual judgement? *J.Psychosom.Res.*, **39**, 11-18.
- FAHRENBERG, J., HEGER, R., FOERSTER, F., MÜLLER, W., 1991: Differentielle Psychophysiologie von Befinden, Blutdruck und Herzfrequenz im Labor-Feld-Vergleich. *Zeitschr. f. diff. und diagn. Psychologie*, **12**, 1-25.
- FAHRENBERG, J., MYRTEK, M., 1994b: Ambulantes Monitoring. In Rösler, F. [Hrsg.]: Enzyklopädie der Psychologie: Bereich Psychophysiologie Band 1. Grundlagen und Methoden der Psychophysiologie. Göttingen: Hogrefe.
- JAIN, A., SCHMIDT, T., JOHNSON, D., MUTZ, G., 1994: Cardiovascular reactivity in the laboratory and in the field: Comparing different methods to assess reactivity in real life. *J. Psychophysiol.*, **8**, S 44.
- GUNGA, H.C., SANDSUND, M., REINERTSEN, R.E., SATTLER, F., KOCH, J., 2008: A non-invasive device to continuously determine heat strain in humans. *J Therm Biol* **33**(5), 297-307.
- MORAN, D., SHAPIRO, Y., EPSTEIN, Y., BURSTEIN, R., STROSCHEIN, L., PANDOLF, K., 1995: Validation and adjustments of the mathematical prediction model for human rectal temperature responses to outdoor environmental conditions. *Ergonomics*. **38**, 1011-1018.
- ARBIB, M., 2007: The Handbook of Brain Theory and Neural Networks, MIT.
- KOHONEN, T., 2001: Self-Organizing Maps, Springer Berlin.
- PRINCIPE, J., EULINA, N., GARAMI, S., 2002: Principles and Networks for Self-Organization in Space-Time, *Neural Networks*, **15**, 1069-1083.
- SCHULZ, R., 2004: Temporally Asymmetric Learning Supports Sequence Processing in Multi-Winner Self-Organizing Maps, *Neural Computation*; **16**, 535-561.
- LEONTITSIS, A., SANGOLE, A.P., 2005: Estimating an Optimal Neighborhood Size in the Spherical Self-

Organizing Feature Map, International Journal of Computational Intelligence, Vol. 2, Nr. 1, ISSN 1304-2386.
HARNEIT, S., 2008: Combination of Self-organizing Maps and Feedforward Nets inspired by Population Coding, Proc. of World Automation Congress WAC 2008, 7th International Symposium on Soft Computing for Industry (ISSCI), TSI Press, ISBN: 978-1-889335-38-4, Waikoloa, USA.
REUTER, M., TADJINE, H.H., 2005: Computing with Activities III: Chunking and Aspect Integration of Complex Situations by a New Kind of Kohonen Map with Whu-Structures (Whu-Soms), IFSA2005, Beijing, VRC.
REUTER, M., BOSTELMANN, S., 2005: Computing with Activities, WHU-Structures and a Quantisation Model of the Neural Nets, WSOM 2005, Paris, France.

http://www.nvidia.de/object/what_is_cuda_new_de.html)

<http://www.heise.de/newsticker/meldung/Nvidia-veroeffentlicht-finale-Version-von-CUDA-5-0-1728973.html>

http://www.nvidia.de/object/what_is_cuda_new_de.html

Schlüsselwörter: Tele-physiologisches Online Monitoring, mobPhysioLab, Neuronale Netze, Datenübertragung via GSM

1.2 Poster

Exotische Pollen in der Vorhersage

Karsten Brandt

Donnerwetter.de GmbH (Deutschland)

Donnerwetter.de erstellt seit Anfang der neunziger Jahre für Kunden und seit 1996 Onlinevorhersagen für den Pollenflug. Zur Erstellung der Prognosen werden hauptsächlich gewonnene phänologische Informationen mit meteorologischen Daten verknüpft. Schon 2015 wurden wir von einem Kunden auf "exotische" Pollenarten angesprochen, also auf Pollen nicht heimischer Arten (etwa die Japanische Zeder, Zypresse und Ölbaum), die sich in Deutschland zunehmend ausbreiten. Über Bau- und Gartenmärkte sind nach unserer Schätzung in den letzten 20 Jahren mehr als eine Million Japanische Zedern verkauft worden. Besonders in den letzten Jahren gab und gibt es einen regelrechten Modetrend zum Verkauf dieser exotischen Bäume. Es ist also nicht auszuschließen, dass der Pollenflug dieser Pflanze, die in Japan der Hauptverursacher für Heuschnupfen ist, auch in Deutschland ein nennenswertes Niveau erreichen kann.

Aufgrund dieser Anfrage begannen wir an unseren zwei Beobachtungsstellen für Pollen am donnerwetter.de-Wetterpark am Weißen Stein (Eifel) sowie in Bonn nach exotischen Pollen zu suchen.

Mit Hilfe einer Pollenfalle, aber auch verschiedenen selbst entwickelten Sammlern, suchten wir 2016 und 2017 nach den Pollen. Wir können an beiden Messstationen nachweisen, dass es an trockenen Tagen zwischen Anfang März und Mai 2016 und im Frühjahr 2017 einen Pollenflug der Japanischen Zeder gegeben hat. Während Ambrosiapollen an beiden Stationen 2016/2017 nicht messbar auftraten, gab es an einigen wenigen Tagen Pollenflug der Japanischen Zeder. In diesem Jahr wurden durch uns Sichel-tannen, wie die Japanische Zeder alternativ genannt wird, bestimmte Zypressenarten und den frostresistenten Ölbaum an drei Standorten eingepflanzt. Wir werden alle Gehölze phänologisch beobachten, um zukünftig genaue Vorhersagen zu ermöglichen. Im Frühjahr 2017 haben wir die Japanische Zeder erstmalig in unseren Pollenflugprognosen berücksichtigt. Es fehlen allerdings noch genaue Angaben über die allergologische Relevanz dieser Pollen auf die europäische Bevölkerung sowie breite Pollenflugmessdaten. Ähnlich ist die Situation beim Ölbaum und zum Teil auch bei Zypressen. So bleibt letztendlich eine Aussage über die Relevanz dieser Pollen unvollständig.

Schlüsselwörter: Pollen, Pollenflug, exotische Pollen, Sichel-tanne, Beifuß, Ambrosia, Olivenpollen, Pollen- und Wettervorhersage

Abschätzung der Zeckendichte (*Ixodes ricinus*) anhand von bioklimatischen Variablen

Katharina Brugge¹, Franz Rubel

Climate Change and Infectious Diseases Group, Institut für Öffentliches Veterinärwesen, Veterinärmedizinische Universität Wien, Veterinärplatz 1, 1210 Wien (Österreich)

Seit Jahrzehnten stellen durch Zecken übertragene Krankheiten eine zunehmende Herausforderung für das Öffentliche Gesundheitswesen dar. Der in Deutschland flächendeckend vorkommende Gemeine Holzbock (*Ixodes ricinus*) ist einer der wichtigsten Überträger von veterinär- und humanrelevanten Pathogenen wie Borrelien, Rickettsien oder dem FSME-Virus.

Basierend auf Zecken, die im Rahmen des BWPLUS-Programmes des Landes Baden-Württemberg sowie im Projekt „Auswirkungen des Klimawandels auf das Vorkommen, die Aktivität und die Verbreitung der als Überträger von Krankheitserregern bedeutenden Schildzecken“ des deutschen Umweltbundesamtes gesammelt wurden, wurde ein erstes Konzept zur Kartierung von Zeckendichten entwickelt BOEHNKE et al. (2015). Darauf aufbauend wurde für zukünftige Risikoanalysen erstmals eine hochauflösende Deutschlandkarte für wirtsuchende Zecken erstellt BRUGGER et al. (2016). Die Karte deckt mit einer Auflösung von 30 Bogensekunden gesamt Deutschland und somit eine Fläche von 357,000 km² ab. Als Eingangsdaten standen monatliche Zeckendichten, die deutschlandweit an 69 Standorten zwischen 2006 und 2014 mittels der Flag-Methode gesammelt wurden, zur Verfügung. Die Dichte ist als die jährliche Zahl der Zecken, die monatlich auf einer Fläche von 100 m² geflaggt werden, definiert. Ein Negativ-Binomial-Regressionsmodell wurde entwickelt um die beobachteten Zeckendichten mittels bioklimatischen Variablen und der CORINE Landklassifikation auf die gesamte Fläche von Deutschland zu interpolieren. Die bioklimatische Variablen wurden dazu aus den monatlichen Temperatur- und Niederschlagsfeldern des DWD-Klimadatenzentrums abgeleitet FRICK et al. (2014). Die Karte wurde mittels Leave-One-Out-Kreuzvalidierung verifiziert.

Als Ergebnis wird die Zeckenkarte von Deutschland präsentiert, deren Genauigkeit mit einem RMS-Fehler von 126 Nymphen/100 m² angegeben werden kann. Das entspricht der Größenordnung der jährlichen Variation der Zeckendichte. Hohe Zeckendichten mit bis zu 1000 Zecken/100 m² sind vorwiegend in den großen Laubwäldern in den südlichen Bundesländern wie Bayern oder Baden-Württemberg, aber auch im nördlichen Brandenburg zu finden. Hingegen wurden niedrige Dichten vor allem in den höheren Lagen mit Nadelwäldern wie in den alpinen Regionen in Südbayern, dem Harzgebirge und dem Erzgebirge abgeschätzt. In Städten, wie München oder Berlin, sind meist nur niedrige bis moderate Dichten zu finden.

Literatur:

- BOEHNKE, D., BRUGGER, K., PFÄFFLE, M., SEBASTIAN, P., NORRA, S., PETNEY, T., OEHME, R., LITWIN, N., LEBL, K., RAITH, J., WALTER, M., GEBHARDT, R., RUBEL, F., 2015: Estimating *Ixodes ricinus* densities on the landscape scale. *Int J Health Geogr* **14**, 23.
- BRUGGER, K., BOEHNKE, D., PETNEY, T., DOBLER, G., PFEFFER, M., SILAGHI, C., SCHAUB, G.A., PINIOR, B., DAUTEL, H., KAHL, O., PFISTER, K., SÜSS, J., RUBEL, F., 2016: A density map of the tick-borne encephalitis and Lyme borreliosis vector *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae) for Germany. *J Med Entomol* **53**, 1292–1302.
- FRICK, C., STEINER, H., MAZURKIEWICZ, A., RIEDIGER, U., RAUTHE, M., REICH, T., GRATZKI, A., 2014: Central European high-resolution gridded daily data sets (HYRAS): Mean temperature and relative humidity. *Meteorol Z* **23**, 15–32.

Schlüsselwörter: Zecken, Klima, Bioklimatische Variablen, CORINE Landklassifikation

2 Agrarmeteorologie, Phänologie

2.1 Vorträge

Nitratbelastung im Grundwasser - Ein Beispiel für Politikberatung durch die Agrarmeteorologie des DWD

Udo Busch

Deutscher Wetterdienst, Abteilung Agrarmeteorologie, Frankfurter Straße 135, 63067 Offenbach am Main (Deutschland)

Einleitung

Das Thema Nitratbelastung im Grund- und Trinkwasser flammt immer wieder auf in der öffentlichen Diskussion. Aktuell wird der Preisanstieg des Trinkwassers durch intensive Aufbereitungsmethoden in den Medien diskutiert.

Nitrat macht das Trinkwasser teurer - dem kann man nicht widersprechen. Die Wasserwerke investieren schon heute etwa 5 ct pro Kubikmeter im Schnitt. Aber der Trend an den Meßstellen ist nicht eindeutig, bei einem Drittel steigt die Nitratbelastung, bei einem weiteren Drittel ist sie konstant und beim letzten Drittel sinkt die Nitratbelastung. Es gibt keinen eindeutigen bundesweiten Trend. Insgesamt ist heute weniger Nitrat im Grundwasser als vor 30 Jahren. Eine wichtige Rolle spielt hierbei aber auch der Niederschlag. Dort wo es viel regnet und es eine große Grundwasserneubildung gibt gehen die Nitratkonzentrationen nicht so schnell an die Grenzwerte heran wie in Regionen mit wenig Niederschlag. Eine Überdüngung in einer Region mit viel Niederschlag fällt also nicht so stark ins Gewicht wie in einem trockenen Gebiet. Das Ganze hat aber nicht nur finanzielle Nachteile für die Verbraucher, es hat vor allem ökologische Nachteile für Biotope vom Magerrasen bis zur Nordseeküste und zudem Auswirkungen auf die Gesundheit.

Nitratgehalte von etwa 25 Milligramm Nitrat pro Liter können noch als natürlich angesehen werden. Bei erhöhten Nitratgehalten im Trinkwasser sind in der Mehrzahl der Fälle landwirtschaftlich genutzte Flächen mit intensiver Düngung im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage vorhanden. Die Trinkwasserverordnung legt für Nitrat einen Grenzwert von 50 Milligramm pro Liter fest. Vom Nitrat selbst geht nur eine sehr geringe Gesundheitsgefährdung für den erwachsenen Menschen aus. Unter bestimmten Umständen (z. B. durch Bakterien im Mund oder Magen) kann Nitrat jedoch teilweise zu Nitrit umgewandelt werden. So kann es so insbesondere bei Säuglingen unter 3 Monaten zu „Blausucht“ führen.

Gesellschaftliche Diskussion und Paradigmenwechsel

Die Diskussion über die Nachhaltigkeit der modernen Landwirtschaft und die Auswirkungen auf Umwelt und Ökosysteme wird heute in Politik und Gesellschaft aber auch innerhalb der großen Berufsverbände der Landwirtschaft selbst geführt. Die gesellschaftlichen Ansprüche an den Agrarsektor haben sich gewandelt und sind vielfältiger und komplexer geworden, und der Paradigmenwechsel von einer eher an der Produktion ausgerichteten Agrarpolitik zu einer stärker an Umwelt- und Qualitätszielen orientierten Ausrichtung hat erheblichen Einfluss auf die Entwicklung in diesem Sektor. Die DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft) hat im Januar 2017 ein 10 Thesen Papier zur „Landwirtschaft 2030“ aufgestellt in dem es u.a. um die Sensibilisierung der Akteure im Umgang mit Dünge- und Pflanzenschutzmitteln geht.

Die sich in Gesellschaft, Politik und Wirtschaft ergebenden Änderungen im Hinblick auf die Agrarpolitik führen zu einem stetigen Anpassungsprozess auch im DWD. So ist auch die nachhaltige Landwirtschaft seit 2015 Teil der DWD Strategie.

Politikberatung

Die Durchführung von landwirtschaftlichen Maßnahmen zur Düngung ist u.a. in der Düngeverordnung (Dünge VO) sowie den Leitfäden der Bundesländer zur guten fachlichen Praxis geregelt. Diese mit dem Ziel Natur und Umwelt möglichst gering zu belasten und den Nitratgehalt im Trinkwasser möglichst niedrig zu halten.

Die Einzelheiten und Grenzwerte dieser Vorgaben sind der Gegenstand von fachlichen, politischen und gesellschaftlichen Diskussionen auf EU, Bundes- und Landesebene. Das Ergebnis des aktuellen Einigungsprozesses auch im Nachgang zur EU-Nitrat Klage ist in der neuen Düngeverordnung (Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen, gültig seit 02.06.2017) niedergeschrieben.

Die Abteilung Agrarmeteorologie unterstützt das BMEL und seinen nachgeordneten Bereich in der fachlichen Diskussion bei der Vorbereitung solcher Verordnungen. Gemeinsam mit dem nachgeordneten Bereich werden Projekte zum Pflanzenbau durchgeführt. Andere Projekte haben den Klimawandel und Einfluss auf die Landwirtschaft zum Thema. Das BMEL erwartet von uns Einschätzungen bei aktuellen Fragen zur Agrarmeteorologie und die zur Verfügung Stellung von Informationsmaterial zur weiteren ministeriellen Verwendung.

Ein Beispiel für die ministerielle Unterstützung ist die aktuelle Vorbereitung für ein operationelles Produkt zur Unterstützung der neuen Düngeverordnung. Die Verbreitungsplattform wird das DWD Onlineportal ISABEL (Informationssysteme für die Agrarmeteorologische Beratung der Landwirtschaft) sein, welches den Landwirten über die Länder zur Verfügung gestellt wird.

Das operationelle Produkt wird hochaufgelöste Informationen zur Bodenbeschaffenheit sowie Satellitendaten zur Schneebedeckung und Vegetationsentwicklung und zudem agrarmeteorologische Informationen aus der AMBER-Modellkette (AMBER Agrarmeteorologisches Beratungsmodul des DWD) enthalten. Mit Hilfe dieser Informationen wird in der höchstmöglichen Auflösung (ca. 1 km) bestimmt ob der Boden überschwemmt, wassergesättigt, gefroren oder schneebedeckt ist und ob er evtl. über den Tag noch auftauen kann oder die Gefahr einer Bodenverdichtung besteht. Das Ergebnis wird in Form einer Ampelgrafik (rot, gelb, grün) dargestellt.

Literatur:

BMEL: https://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Pflanzenbau/Ackerbau/_Texte

Schlüsselwörter: Politikberatung, Düngeverordnung, AMBER, nachhaltige Landwirtschaft

Ansätze zur agrarmeteorologischen Optimierung des Einsatzes von Pflanzenschutzmittel im konventionellen Pflanzenbau

Falk Böttcher¹, Martin Schmidt¹, Anja Zirnstein¹, Peter Albrecht², Birgit Veckenstedt², Jörg Weinhold³

¹Deutscher Wetterdienst, Abteilung Agrarmeteorologie, Dienstort Leipzig (Deutschland)

²A & W Fieldscreen GmbH, Klipphausen (Deutschland)

³RRS Landwirtschaftsbetrieb GbR, Riemsdorf (Deutschland)

Vor dem Hintergrund der EU-Rahmenrichtlinie 2009/128/EG (Richtlinie zur nachhaltigen Verwendung von Pestiziden) zur Reduzierung des Einsatzes von chemischen Pflanzenschutzmitteln (PSM) und der Einhaltung der EU-Wasserrahmenrichtlinie sowie Beobachtungen in der Praxis stellt sich die Frage, ob der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln auf der Basis agrarmeteorologischer Zusammenhänge optimiert werden kann. Die ist möglich, indem die Anwender den Herstellerangaben und den Vorschriften unter Beachtung der herrschenden agrarmeteorologischen Bedingungen folgen. Es gibt jedoch vielfach Anzeichen, dass die von den Herstellern gemachten Angaben zur Verwendung der Mittel sehr breite meteorologische Anwendungsfenster darstellen, innerhalb deren sich Optimierungen (bspw. Eingrenzung der Wirksamkeit in Abhängigkeit von den thermischen Verhältnissen oder Aufwandmengenreduzierungen in Abhängigkeit der Ausbringung bei bestimmten Luftfeuchtebedingungen bzw. zu bestimmten Zeiten) erreichen lassen. Letztlich muss in etlichen Fällen im Nachgang festgestellt werden, dass Fehlanwendungen von Pflanzenschutzmitteln einen nicht zielgerichteten Eintrag von Pflanzenschutzmitteln in die Umwelt darstellen, der vermeidbar gewesen wäre. Teilweise gab es diesbezüglich in früheren Jahrzehnten schon Arbeiten, die aber infolge der rasanten Entwicklung insbesondere im Bereich der PSM-Entwicklung als weitgehend überholt gelten dürfen.

Im Rahmen der europäischen Förderinitiative EIP-Agri haben sich der Deutsche Wetterdienst, Abteilung Agrarmeteorologie, die A & W Fieldscreen GmbH (A&W) und der RRS Landwirtschaftsbetrieb GbR (RRS) zusammen gefunden, um mittels mindestens dreijähriger Exaktversuche die Grundlagen schaffen, um agrarmeteorologische Beratungswerkzeuge für die landwirtschaftliche Praxis bereitzustellen, die es künftig erlauben, Pflanzenschutzmaßnahmen zielgenauer unter Anwendung agrarmeteorologischer Informationen durchzuführen.

Folgende Fragestellungen, deren Erfolg am Ertrag der untersuchten Fruchtart Winterweizen zu messen ist, werden dabei bearbeitet:

1. Anwendung von Wachstumsregulatoren bei unterschiedlichen Temperaturen
2. Fungizideinsatz bei unterschiedlichen Temperaturen
3. PSM Einsatz bei unterschiedlichen Luftfeuchten und Aufwandmengen

Die Versuche sind nach den üblichen Regeln für Exaktversuche im Feldversuchswesen unter randomisierter vierfacher Wiederholung inklusive einer Nullparzelle in jeder Wiederholung durchgeführt worden, so dass am Ende eines jeden Versuchsjahres 432 Parzellenergebnisse auszuwerten sind.

Im Vortrag werden die ersten Resultate präsentiert, die zeigen, dass eine zielgenauere, besser an agrarmeteorologischen Randbedingungen orientierte Pflanzenschutzapplikation möglich ist, jedoch sind sowohl die Wirkstoffgruppen der einzelnen Pflanzenschutzmittel als auch deren chemische Formulierungen in die Überlegungen einzubeziehen und die generelle Notwendigkeit der Behandlung vor dem Hintergrund geltender amtlich festgelegter Behandlungsschwellen abzuwägen ist.

Literatur:

DISSEMOND, A., 2011: Grundlagen des Pflanzenschutzes, S. 225-310, in: Lehrbuch des Pflanzenbaus, Band 2: Kulturpflanzen, N. Lütke Entrup und B.C. Schäfer (Hg.), 3. Auflage, Agro Concept, Bonn.

BOUMA, E., 2008: Wetter und Pflanzenschutz, Roodbont Verlag, Zutphen.

Schlüsselwörter: Agrarmeteorologie, Pflanzenschutz, Vermeidung von Fehleinträgen in die Umwelt

Klimawandel und Spätfrostschäden bei Süßkirschen in Deutschland

Frank-M. Chmielewski, Klaus-P. Götz, Katharina C. Weber, Susanne Moryson

Humboldt-Universität zu Berlin, Lebenswissenschaftliche Fakultät, Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Professur für Agrarklimatologie (Deutschland)

Spätfrost ist zweifelsfrei ein limitierender Faktor im Obstbau, der mit unregelmäßiger Häufigkeit zu Ertragsausfällen führt WYPYCH et al. (2016). Steigende Temperaturen im Frühjahr bewirken eine Zunahme des Wasser- und Abnahme des Saccharose-Gehalts in den Knospen GÖTZ et al. (2014), wodurch die Anfälligkeit für Frostschäden kontinuierlich zunimmt. Nach dem Öffnen der Knospen, können die Blüten nur noch kurzzeitige, leichte Fröste ohne nennenswerten Schaden überstehen.

In dieser Studie wurde das Risiko von Spätfrostschäden für Süßkirschen (*Prunus avium* L.) während der Blütezeit für historische und zukünftige Klimabedingungen an zwei verschiedenen Standorten im NO- (Berlin) und SW-Deutschlands (Geisenheim) untersucht. Hierzu wurde ein phänologisches Modell (sequentielles chilling/forcing Modell) genutzt, das auf der Grundlage phänologischer Beobachtungen in einer experimentellen Süßkirschplantage in Berlin-Dahlem entwickelt wurde (Sorte „Summit“). Das sortenspezifische Kältebedürfnis für „Summit“ wurde experimentell ermittelt und in dem Modellansatz berücksichtigt. Zudem wurde das Verhalten des Modells unter wärmeren klimatischen Bedingungen am Standort Berlin-Dahlem getestet CHMIELEWSKI und GÖTZ (2016).

Anschließend wurde es einer externen Validierung am Standort Geisenheim unterzogen (Daten der Süßkirschblüte, 1951-2015). Hierbei musste berücksichtigt werden, dass in Geisenheim Sorten angebaut wurden, die im Mittel früher blühen als die mittelspäte Sorte „Summit“ in Berlin. Um dieser Tatsache Rechnung zu tragen, wurden die sortenspezifischen Differenzen im Blühbeginn berücksichtigt, wobei die Differenz einer mittelspäten zu einer mittelfrühen Sorte „Kassins Frühe“ drei Tage und zu einer frühen Sorte „Souvenir des Charmes“, „Bigarreau Burlat“ fünf Tage beträgt. Abbildung 1 zeigt eine sehr gute Übereinstimmung zwischen dem beobachteten und berechneten Blühbeginn für Geisenheim.

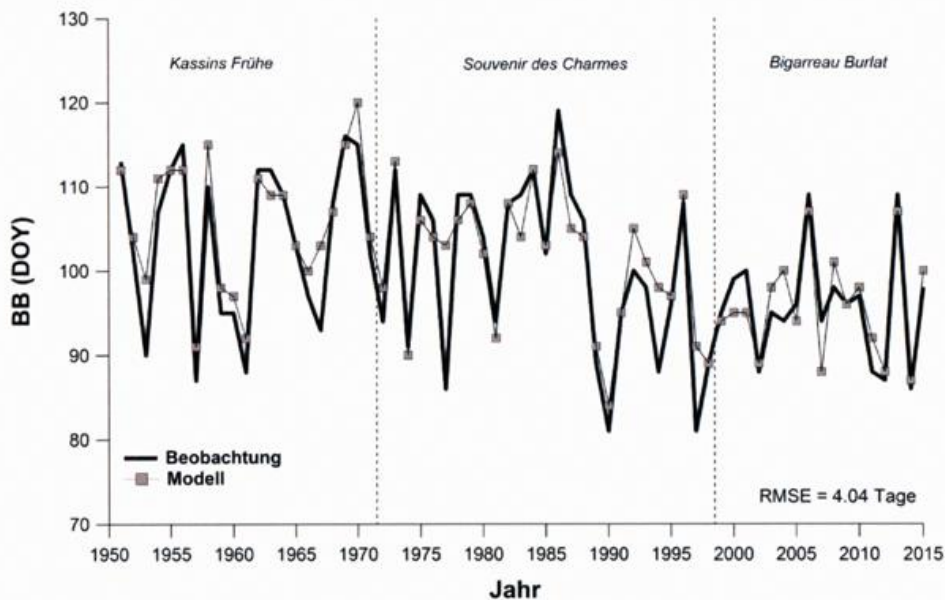


Abb.1: Beobachteter und berechneter Blühbeginn (BB) der Süßkirsche (mit Sortenkorrektur) am Standort Geisenheim, 1951-2015, Daten: DWD , DOY: Tag nach Jahresbeginn

Anschließend wurde auf der Basis des statistischen Regionalisierungsmodells WETTREG (Szenario RCP 8.5) die Häufigkeit von Frost während der Kirschblüte an beiden Standorten für historische (1971-2000) und zukünftige Klimabedingungen (2011-2100) berechnet. Aus diesen Daten wurde der endgültige Blütenschaden abgeleitet, der als Prozentsatz der geschädigten Blüten MATZNELLER et al. (2016) aufgrund einzelner oder mehrerer Frostereignisse während der Blüte definiert ist.

Die Ergebnisse zeigten, dass steigende Temperaturen in diesem Jahrhundert den Beginn der Kirschblüte bis zu 17 Tage an beiden Standorten verfrühen können (Abb. 2). Die Häufigkeit und Stärke des Frostes war durch eine hohe zeitliche und lokale Variabilität gekennzeichnet. Für beide Standorte wurde keine signifikante Erhöhung der Spätfrosthäufigkeit und des Frostschadens während der Blüte festgestellt. In Geisenheim nahmen die Frostschäden ab Mitte des 21. Jahrhunderts ab.

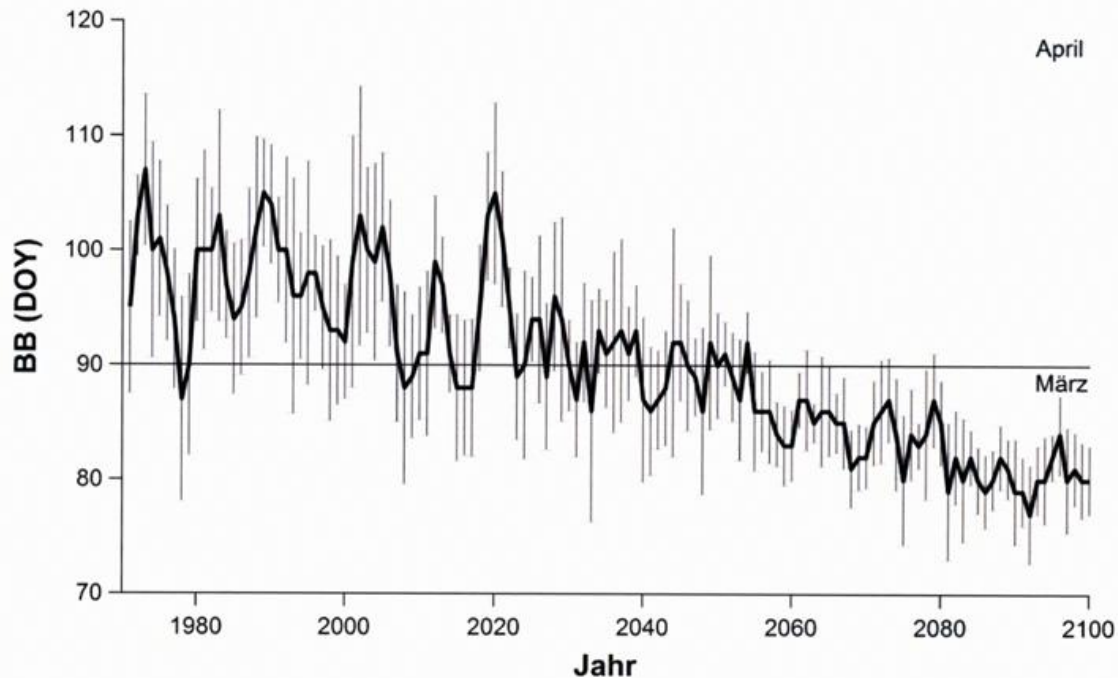


Abb. 2: Berechneter Blühbeginn (BB) der Süßkirsche am Standort Geisenheim, 1971-2100, WETTREG 2017, Szenario RCP 8.5. Die Fehlerbalken kennzeichnen die Variabilität der 10 ausgewerteten WETTREG-Läufe, DOY: Tag nach Jahresbeginn

Aus diesen Ergebnissen können wir schlussfolgern, dass der frühere Blühbeginn der Süßkirsche nicht unbedingt mit einem höheren Frostrisiko einhergehen muss. Der Grund hierfür ist, dass die Minimumtemperaturen (T_n), die heute im April (heutiger Blühzeitraum) beobachtet werden (1971-2000: Berlin-Dahlem T_n (April) = 4.4 °C, Geisenheim T_n (April) = 5.5 °C) in der Zukunft (2071-2100, RCP 8.5) bereits im März (künftiger Blühzeitraum) auftreten (Berlin-Dahlem T_n (März) = 4.2 °C, Geisenheim T_n (März) = 5.1 °C). Damit sind die thermischen Verhältnisse während der Kirschblüte nahezu unverändert. Es ist jedoch auch zu beachten, dass hohe Frostschäden in Einzeljahren auch künftig möglich sind.

Literatur:

CHMIELEWSKI, F.-M., GÖTZ, K.-P. 2016: Performance of models for the beginning of sweet cherry blossom under current and changed climate conditions. *Agricultural and Forest Meteorology* **218-219**, 85-91.

GÖTZ, K.-P., CHMIELEWSKI, F.-M., HOMANN, T., HUSCHEK, G., MATZNELLER, P., RAWEL, H.M. 2014: Seasonal changes of physiological parameters in sweet cherry (*Prunus avium* L.) buds. *Scientia Horticulturae* **172**, 183-190.

MATZNELLER P, GÖTZ KP, CHMIELEWSKI FM (2016): Spring frost vulnerability of sweet cherries under controlled conditions. *Int J Biometeorol* **60**(1), 123-130.

WYPYCH, A., USTRNUL, Z., SULIKOWSKA, A., CHMIELEWSKI, F.-M., BOCHENEK, B, 2016: Spatial and temporal variability of the frost-free season in Central Europe and its circulation background. *Int. J. Climatol.* **37**(8), 3340-3352.

Schlüsselwörter: Süßkirsche (*Prunus avium* L.), Spätfrost, Frosthäufigkeit, Frostschaden, phänologische Modelle, Klimawandel

Honigbienen und Klimawandel – Modellierung der Flugaktivität und räumliche Untersuchung in Hessen

Sophie Ch. Godow, Frank-M. Chmielewski

Humboldt-Universität zu Berlin, Lebenswissenschaftliche Fakultät, Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Professur für Agrarklimatologie (Deutschland)

Für die westliche Honigbiene (*Apis mellifera*) sind Witterungsbedingungen und Trachtverfügbarkeit, neben Faktoren wie züchterischer Eigenschaften und Gesundheit eines Volkes, ein zentraler Faktor für die Flugaktivität und damit auch für Bestäubungsleistung und Honigertrag POLATTO et al. (2014). Die Einflüsse der zentralen Wetterelemente Lufttemperatur, Globalstrahlung, Niederschlag und Windgeschwindigkeit sind hierbei gut erforscht und dokumentiert SZABO (1980). Gleichzeitig sind die Auswirkungen klimatischer Veränderungen der letzten Jahrzehnte auf die Pflanzenphänologie, insbesondere im Frühjahr, deutlich erkennbar: So betrug beispielsweise die Verfrühung des Blühbeginns relevanter Obstgehölze (Apfel, Süßkirsche, Sauerkirsche, Birne) in Deutschland seit 1961 im Mittel ca. 3 Tage pro Jahrzehnt.

Langzeit-Aktivitätszählungen von 7 Bienenvölkern an vier Standorten (Mayen, Würzburg, Berlin-Dahlem, Bad Schwartau) wurden verwendet, um das Modell „BIENE“ des DWD zu validieren und weiterzuentwickeln FRIESLAND (1998). Die alleinige Berücksichtigung des Wetterverlaufs im Modell lieferte kein zufriedenstellendes Ergebnis. Aus diesem Grund wurden phänologische Phasen relevanter Trachtpflanzen im Modell integriert, die für die Entwicklungsschritte des Bienenvolkes bedeutsam sind.

Neben der Bestäubung landwirtschaftlicher und obstbaulicher Kulturen (Raps, Obstgehölze), spielt besonders die Aufbautracht im Frühjahr (Hasel, Weide) und die Spättracht (Robinie, Linde) für die Imkerei eine große Rolle. Als relevant zeigten sich hierbei die phänologischen Stadien Blühbeginn Hasel (Beginn der Tracht) und Blühende Winterlinde (Ende der Massentracht). Im Hinblick auf die Bestäubungsleistung im Obstbau wurden weiterhin Stadien für den Beginn und das Ende der Obstblüte ausgewählt (Blühbeginn Süßkirsche, Blühende Apfel), um Veränderungen der Flugintensität in diesem Zeitraum erfassen zu können. Das verbesserte Modell berechnet die witterungsbedingten Schwankungen der Bienenaktivität gut (Abb. 1) und bietet zudem die Möglichkeit, Berechnungen zu Flugaktivität für heutige und auf der Basis von Klimaszenarien für veränderte klimatische Verhältnisse durchzuführen. Besonderes Augenmerk liegt hierbei auf der Frage, ob eine Synchronisation zwischen Bienenflug und Blütezeit bestehen bleibt und ob sich die für Bienen schwierige trachtfreie Zeit verlängert.

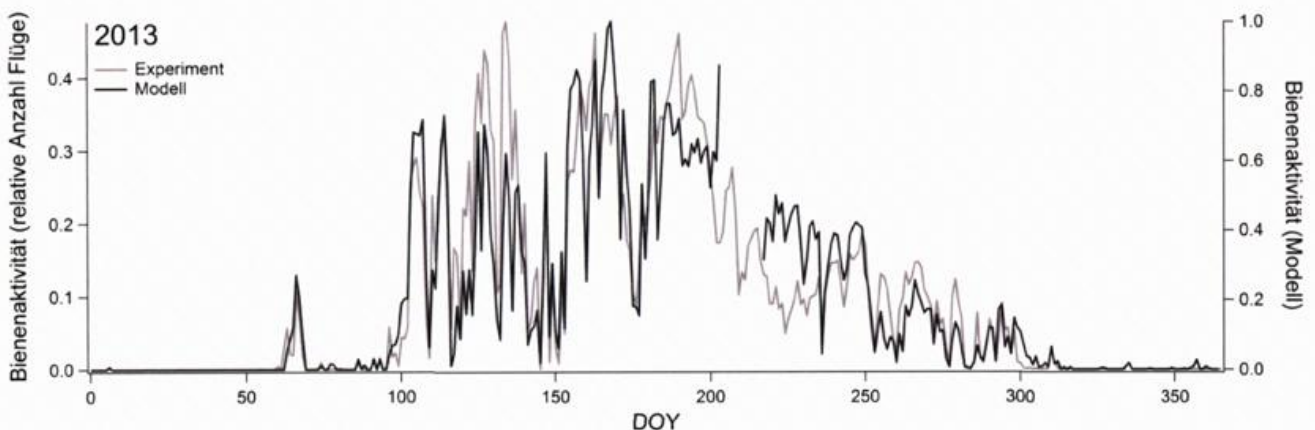


Abb.1: Experimentell ermittelte Bienenaktivitätsdaten (Würzburg, grau) und Ergebnisse des verbesserten Modells (schwarz) im Jahr 2013

Erste Ergebnisse zeigen einen Anstieg der potentiellen Flugaktivität in der Jahresgesamtsomme seit 1990, jedoch keine Veränderung der Gesamtaktivität während der Blütezeit (Blühbeginn Hasel bis Blühende Winterlinde an fünf Stationen in Hessen, Abb. 2). Dies deutet darauf hin, dass sich die Flugaktivität vor allem im Spätsommer und Herbst verstärkt. Untersuchungen zur Obstblüte stehen noch aus.

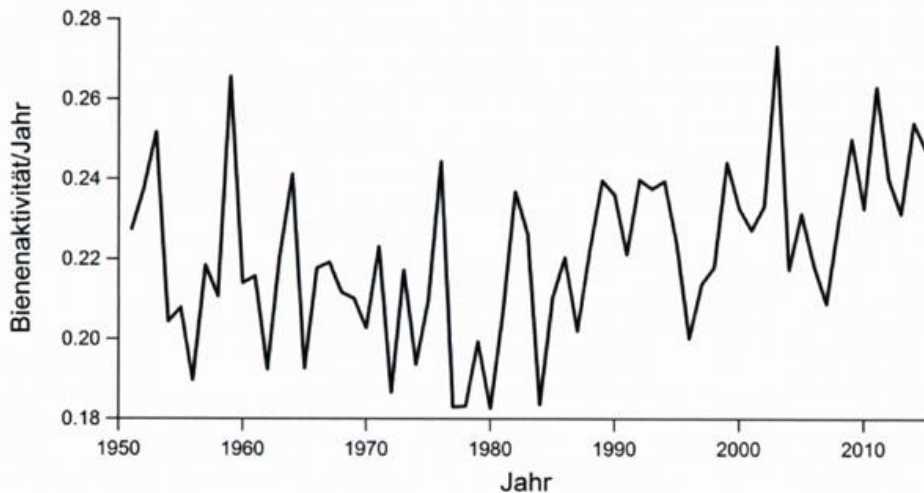


Abb.2: Verlauf der Gesamt-Bienenaktivität in der Blütezeit von 1951 bis 2015, Mittelwert aus fünf Stationen in Hessen

Weitere Untersuchungen werden zeigen, welchen Einfluss dies auf die Überwinterung der Biene und die imkerliche Arbeit hat und ob Trachtlücken durch neue Trachtquellen geschlossen werden können.

Literatur:

FRIESLAND, H., 1998: BIENE. Deutscher Wetterdienst, Agrarmeteorologische Forschung, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig (persönlicher Austausch). In: Blümel K, Chmielewski FM (2013) Klimawandel in Hessen – Chancen, Risiken und Kosten für den Obst- und Weinbau. Abschlussbericht, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG), 180 S.

POLATTO, L. P., CHAUD-NETTO, J., ALVES-JUNIOR, V. V., 2014: Influence of abiotic factors and floral resource availability on daily foraging activity of bees: Influence of abiotic and biotic factors on Bees. *Journal of Insect Behavior* 27(5), 555-692.

SZABO, T.I., 1980: Effect of weather factors on honeybee flight activity and colony weight gain. *Journal of Apicultural Research* 19(3), 164-171.

Schlüsselwörter: Apis mellifera, Phänologie, Trachtpflanzen, Bienenflugaktivität, Klimawandel

Online Beregnungsberatung für Gemüsebauern

Wolfgang Janssen

Deutscher Wetterdienst, Frankfurter Str. 135, 63067 Offenbach (Deutschland)

Seit einigen Jahren betreibt der Deutsche Wetterdienst (DWD) das Beregnungsberatungstool AgrowetterBeregnung welches in diesem Jahr inhaltlich verändert und noch mehr an die Bedürfnisse des Gemüsebaus angelehnt wurde.

In Anlehnung an die Geisenheimer Bewässerungssteuerung wird über die FAO Grasreferenzverdunstung in Kombination mit verschiedenen Multiplikationsfaktoren zu jedem Pflanzenstadium der momentane Wasserbedarf der Pflanzen berechnet. Für ca. 30 verschiedene Kulturen vorwiegend aus dem Gemüseanbau liegen solche Multiplikationsfaktoren für jedes Pflanzenstadium vor. Je nach Kultur gibt es drei bis fünf charakterisierende Pflanzenstadien, über die der Wasserbedarf der Pflanze beschrieben werden kann. Die wichtige FAO Referenzverdunstung wird von einer in der Nähe des Nutzers gelegenen DWD Wetterstation übernommen. Der Niederschlag ist leider eine meteorologische Größe, die stark räumlich variieren kann. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen wurde die Möglichkeit geschaffen mehrere unterschiedliche Niederschlagsstandorte zu definieren und seine persönlich gemessenen Niederschläge in das System einzupflegen.

Gemüsebauern nutzen in der Regel unterschiedliche Felder von unterschiedlicher Bodenqualität, die ebenfalls bekannt und in das System eingepflegt werden muss, um eine optimale Beregnungsberatung zu geben. Es können beliebig viele unterschiedliche Felder im System definiert werden, die lediglich über die dem Landwirt bekannte Bodenzahl charakterisiert werden müssen. Auf einem so definierten Feld können dann verschiedene Kulturen simuliert werden.

Wurde eine Beregnungsgabe getätigt, muss diese im System hinterlegt und bei nachfolgenden Berechnungen als zusätzliche Wasserquelle mitberücksichtigt werden. Über die jeweilige Durchwurzelungstiefe wird für jeden Tag seit Pflanzung eine Wasserbilanzierung vorgenommen und die Wasserquellen in Form von Niederschlag und Beregnungsgaben gegen die Wassersenken in Form von Verdunstung und Versickerung verrechnet. Fällt der Bodenwassergehalt unter einen frei wählbaren Wert und ist in den Folgetagen kein nennenswerter Niederschlag zu erwarten, so wird eine Beregnungsgabe empfohlen. Die Beregnungsgaben sind so ausgelegt, dass der Boden lediglich zu 90 % wieder aufgefüllt wird, damit für die Pflanze bestimmte Nährstoffe nicht ungenutzt in tiefere Bodenschichten bzw. ins Grundwasser versickern können.

Die überarbeitete Version der Beregnungsberatung trägt der Forderung Rechnung, dass möglichst viele Fälle mit unterschiedlichen Pflanzterminen auf unterschiedlichen Feldern gleichzeitig simuliert werden können. Außerdem wurde nun die jeweilige Durchwurzelungstiefe berücksichtigt, so dass am Anfang der Pflanzenentwicklung geringe Beregnungsgaben empfohlen werden.

Schlüsselwörter: Online Beregnungsberatung, Beregnung, Wasserbedarf FAO Referenzverdunstung über Gras, optimale Wassergabe

Das Spätfrostereignis im April 2017

Christina Koppe, Wolfgang Janssen, Hans-Helmut Schmitt

Deutscher Wetterdienst, Abteilung Agrarmeteorologie, Frankfurter Straße 135, 63067 Offenbach am Main (Deutschland)

In der 16. Kalenderwoche 2017 traten in Deutschland verbreitet Spätfröste auf, die gebietsweise mit Schäden an den sich gerade in der Blüte befindenden Obstgehölzen sowie Erdbeeren einhergingen. In Baden-Württemberg wurde das Frostereignis sogar zur „Naturkatastrophe“ erklärt. Spätfröste im April sind an sich nichts ungewöhnliches, das hohe Schadenspotential 2017 lässt sich durch das Zusammentreffen von mehreren Faktoren erklären:

1. Ungewöhnlich niedrige Tagestieftemperaturen:
In vielen Gebieten im Westen Deutschlands treten Tagestieftemperaturen wie sie 2017 in der Woche vom 17.-23. April aufgetreten waren, statistisch gesehen seltener als alle 10 Jahre, verbreitet sogar seltener als alle 20 Jahre auf.
2. Lange Andauer von Temperaturen unter 0°C:
Bei Spätfrostereignissen liegen die Nachttemperaturen normalerweise nur wenige Stunden unter dem Gefrierpunkt. In der Nacht vom 19. auf den 20.04.2017 dauerte der Luftfrost in Deutschland verbreitet 8 Stunden oder länger. Selbst Temperaturen unter -3°C, die besonders für die Blüte von Obstgehölzen kritisch sind, wurden vielerorts für 3 oder mehr Stunden unterschritten. In der Regel reichen 30 Minuten unterhalb dieser Schwelle aus, um die Blüten zu schädigen KOBEL (1954).
3. Hochreichende kalte Luftmasse:
Der Spätfrost in der 16. Kalenderwoche 2017 war nicht – wie üblicherweise um diese Jahreszeit – auf eine strahlungsbedingte Abkühlung zurück zu führen, die mit kalter Luft in Bodennähe und etwas wärmeren darüber liegenden Luftschichten einher geht, sondern durch eine hochreichende kalte Luftmasse gekennzeichnet. Das führte dazu, dass bestimmte Frostschutzmaßnahmen, wie die Verwirbelung der Luft durch Helikopter nicht wirken konnten. Zum Teil waren diese Maßnahmen sogar kontraproduktiv.
4. Früher Blühbeginn einiger Obstgehölze:
Im Süden und Westen Deutschlands folgten auf einen relativ kalten Januar zwei für die Jahreszeit zu warme Monate. Von Anfang Februar bis Mitte April waren die Temperaturen durchgängig wärmer als üblich, so dass die Blüte von vielen Obstgehölzen etwa 10 Tage früher beobachtet wurde als im Mittel der letzten 25 Jahre. Besonders die Süßkirsche, aber auch die Äpfel waren verbreitet schon in der Vollblüte als der Kälteeinbruch kam. Da die Frostempfindlichkeit ab Blühbeginn immer mehr zunimmt, waren die Gebiete mit früher Blüte und starken Frösten besonders stark von Schäden betroffen, wenn keine Frostschutzmaßnahmen ergriffen wurden.

Auch im Zuge einer weiter voranschreitenden Erwärmung ist es nicht auszuschließen, dass es zu Spätfrostereignissen in Mitteleuropa kommen wird. Gleichzeitig geht mit der Erwärmung eine Verfrühung der Vegetation einher, was dazu führt, dass die Fröste häufiger mit den empfindlichen Blühphasen der Pflanzen zusammen treffen.

Literatur:

KOBEL, F., 1954: Lehrbuch des Obstbaus auf physiologischer Grundlage, Springer-Verlag, Berlin, 348 S.

Schlüsselwörter: Spätfrost, Obstgehölze, Pflanzenentwicklung, Klimawandel

Wasser-, Energie- und Kohlenstoffflüsse in einer Ölpalmenplantage während des 2015-2016 ENSO Wetterphänomens: Ergebnisse aus mikroklimatischen Messungen und Simulationen mittels des „CLM-Palm“ Modells

Christian Stiegler¹, Ashehad Ashween Ali¹, Yuanchao Fan², Ana Meijide³, Tania June⁴, Alexander Knohl¹

¹Bioklimatologie, Universität Göttingen (Deutschland)

²Biogeochemistry, Uni Research Climate, Bergen (Norwegen)

³Department of Ecology, University of Granada (Spanien)

⁴Department of Geophysics and Meteorology, Bogor Agricultural University (Indonesien)

Das El Niño Southern Oscillation (ENSO) Wetterphänomen der Jahre 2015-2016 gilt als eines der stärksten der letzten 20 Jahre HAESLER & ZIESE (2016). In Südost-Asien, ENSO äußerte sich durch anhaltende Dürre, welche ausgedehnte Wald-, Busch- und Torfbrände begünstigte und weite Teile Indonesiens sowie der angrenzenden Nachbarstaaten für mehrere Wochen in dichten Rauch hüllte. Viele dieser Brände waren jedoch menschlichen Ursprungs KOPLITZ et al. (2016). Besonders in Indonesien sind große Areale tropischer Tiefländer mittlerweile agrarisch genutzt durch den Anbau von Ölpalmen in Form von Plantagen. Trotz einer steten Zunahme der Anbauflächen GUNARSO et al. (2013), VIJAY et al. (2016) sind mikroklimatische Messungen der Wasser-, Energie- und Kohlenstoffflüsse in solchen Plantagen jedoch rar. Die Auswirkungen extremer Wetterphänomene, wie z.B. ENSO, auf die Wasser-, Energie- und Kohlenstoffbilanz von Ölpalmenplantagen sind außerdem weitgehend unbekannt.

In dieser Studie werden mikroklimatische Messungen und das Landoberflächenmodell „CLM-Palm“ verwendet um die Auswirkungen der natürlichen und menschlichen Komponente (Dürre bzw. Rauchentwicklung) dieses 2015-2016 ENSO Wetterphänomens auf Wasser-, Energie- und CO₂-Flüsse in einer kommerziell bewirtschafteten Ölpalmenplantage zu quantifizieren. Das Untersuchungsgebiet befindet sich in der Provinz Jambi auf der Insel Sumatra (Indonesien). Kontinuierliche Messungen der turbulenten Wärmeströme und CO₂-Flüsse mittels Eddy Kovarianz, sowie weitere mikroklimatische Messungen werden in einer 2000 ha großen Plantage seit Juli 2013 durchgeführt MEIJIDE et al. (2017). Das Modell „CLM-Palm“ ist eine Weiterentwicklung des Community Land Models (CLM4.5) speziell für Wasser- Energie- und Kohlenstoffflüsse von Ölpalmen Fan (2016).

Die Dürreperiode kennzeichnet sich durch steigende Luft- und Bodentemperaturen sowie hohem atmosphärischem Wasserdampfsättigungsdefizit und einer Abnahme der Bodenfeuchte. Im selben Zeitraum liegt der Netto-Ökosystemaustausch bei ca. 2,1 g C m⁻² d⁻¹. Geringe Bewölkung, und damit verbunden hohe photosynthetisch aktive Strahlung, sorgen für einen kurzzeitigen Anstieg des Netto-Ökosystemaustauschs um bis zu 50 %. Mit zunehmender Rauchentwicklung und -dichte sinkt die Produktivität der Plantage jedoch drastisch und am Höhepunkt der Rauchentwicklung emittiert die Ölpalmpflanzung für ca. 1,5 Monate leicht mehr CO₂ als sie aufnimmt. Während der Dürre steigt der Anteil des sensiblen Wärmestroms auf Kosten des latenten Wärmestroms und das mittägliche Bowen-Verhältnis steigt mit zunehmender Trockenheit von 0.17 auf 0.40. Die starke Rauchentwicklung reduziert den sensiblen und latenten Wärmestrom um bis zu 45 % im Vergleich zur Vordürreperiode. Mit Hilfe des Modells „CLM-Palm“ werden auf der BIOMET-Tagung weitere Ergebnisse unterschiedlicher Dürre- und Rauchszenarien präsentiert.

Literatur:

FAN, Y., 2016: Modeling oil palm monoculture and its associated impacts on land-atmosphere carbon, water and energy fluxes in Indonesia. Dissertation, Göttingen, S. 175.

GUNARSO, P., HARTOYO, M.E., AGUS, F., KILLEEN, T.J., 2013: Oil palm and land use change in Indonesia, Malaysia and Papua New Guinea. Bericht, Reports from the Technical Panels of the 2nd Greenhouse Gas Working Group of the Roundtable on Sustainable Palm OIL (RSPO), Jakarta, S. 29-64.

HAESLER, S., ZIESE, M., 2016: El Niño 2015/16 und seine klimatischen Folgen im Vergleich zu 1982/83 und 1997/98. Bericht, Deutscher Wetterdienst, Abteilung Klimaüberwachung, Offenbach, S. 13.

KOPLITZ, S.N., MICKLEY, L.J., MARLIER, M.E., BUONOCORE, J.J., KIM, P.S., LIU, T., SULPRIZIO, M.P., DEFRIES, R.S., JACOB, D.J., SCHWARTZ, J., PONGSIRI, M., MYERS, S.S., 2016: Public health impacts of the severe haze in Equatorial Asia in September-October 2015: demonstration of a new framework for informing fire management strategies to reduce downwind smoke exposure. *Environmental Research Letters* 11(9), 094023, doi:10.1088/1748-9326/11/9/094023.

MEIJIDE, A., RÖLL, A., FAN, Y., HERBST, M., NIU, F., TIEDEMANN, F., JUNE, T., RAUF, A., HÖLSCHER, D., KNOHL, A., 2017: Controls of water and energy fluxes in oil palm plantations: Environmental variables and oil palm age. *Agricultural and Forest Meteorology* 239, 71-85, doi: 10.1016/j.agrformet.2017.02.034.

VIJAY, V., PIMM, S.L., JENKINS, C.N., SMITH, S.J., 2016: The impacts of oil palm on recent deforestation and biodiversity loss. *PLoS ONE* 11 (7), e0159668, doi: 10.1371/journal.pone.0159668.

Schlüsselwörter: Ölpalmenplantage, El Niño, Eddy Kovarianz, CLM-Palm, Dürre, Rauchentwicklung, Energieflüsse, CO₂-Flüsse

Regionale Trends der mittleren Lufttemperatur, thermischen Vegetationsperiode und Phänologie in Deutschland

Timm Waldau, Frank-M. Chmielewski

Humboldt-Universität zu Berlin, Lebenswissenschaftliche Fakultät, Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Professur für Agrarklimatologie (Deutschland)

Infolge des rezenten Klimawandels wurden weltweit Veränderungen der Lufttemperatur beobachtet HANSEN et al. (2010), wodurch es zu einer Verschiebung der Vegetationsperiode und verschiedener phänologischer Stadien kommt JEONG et al. (2011). Dabei variieren diese Temperaturänderungen nicht nur im Jahresverlauf, sondern auch zwischen den Regionen DEL RÍO et al. (2011).

In dieser Studie wurden für den Zeitraum 1951-2015 der Verlauf der mittleren Lufttemperatur, die Verschiebung der thermischen Vegetationsperiode und deren Auswirkung auf die Phänologie innerhalb Deutschlands untersucht. Die Berechnung der linearen Trends von Lufttemperatur, Vegetationsperiode und Phänologie erfolgte auf Grundlage des E-OBS-Datensatzes (v14.0) und den Beobachtungsreihen zur Phänologie des Deutschen Wetterdienstes. Alle Auswertungen wurden für ein Raster mit einer Auflösung von 0,25° vorgenommen.

Tab. 1: Mittlere Lufttemperatur (T) und Temperaturtrends (ΔT) für Deutschland, 1951-2015, s: Standardabweichung

Monat	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Jahr
T [°C]	0,01	0,56	3,9	7,97	12,5	15,65	17,49	16,99	13,43	9,04	4,35	1,26	8,6
s [°C]	2,54	2,87	2,04	1,56	1,39	1,16	1,64	1,3	1,32	1,46	1,57	2,14	0,81
ΔT [K 10a ⁻¹]	0,33 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,30[*]	0,32^{**}	0,27^{**}	0,14 ^{ns}	0,31^{**}	0,33^{***}	0,11 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,21[*]	0,19 ^{ns}	0,25^{***}
ΔT [K] 1951-2015	2,12	2,09	1,96	2,1	1,73	0,88	2,04	2,15	0,69	0,86	1,34	1,25	1,60

*P < 5 %, **P < 1 %, *** P < 0,1 % signifikant, ns nicht signifikant

Die mittlere Lufttemperatur für Deutschland im Zeitraum 1951-2015 betrug 8,6 °C mit einem durchschnittlichen Temperaturanstieg von 0,25 K 10a⁻¹ (P < 0,1 %). Neben dem Jahrestrend wurden auch signifikant positive Temperaturveränderungen für verschiedene Monate nachgewiesen (Tab. 1), wobei der stärkste Anstieg im August, der niedrigste im November beobachtet wurde. Des Weiteren wurde in allen meteorologischen Jahreszeiten eine Temperaturzunahme beobachtet. Hierbei fällt der Temperaturanstieg im Frühling (März-April-Mai) am stärksten aus (0,30 K 10a⁻¹). Unabhängig von der deutschlandweit sichtbaren Erwärmung, gibt es in allen Monaten regional signifikante Temperaturänderungen. Deutlich wird dies am Beispiel für den Monat Februar (Abb. 1), in dem für Gesamtdeutschland kein signifikanter Temperaturanstieg der Luft nachgewiesen, jedoch für den norddeutschen Raum eine statistisch gesicherte Erwärmung von 0,42 K 10a⁻¹ beobachtet wurde.

Die thermische Vegetationsperiode hat in Deutschland eine Länge von durchschnittlich 241 Tagen. Sie beginnt im Mittel am 18. März und endet am 15. November. Für den Beobachtungszeitraum 1951-2015 wurde eine Verfrühung des Vegetationsbeginns von -3,13 d 10a⁻¹ festgestellt, das Vegetationsende verspätet sich hingegen um 1,09 d 10a⁻¹. Insgesamt wurde für die gesamte Vegetationsperiode eine signifikante Verlängerung von 4,22 d 10a⁻¹ festgestellt. Ein regional stärkerer Trend des Vegetationsbeginns wurde im norddeutschen Raum gefunden. Signifikante Veränderungen des Vegetationsendes wurden nur für vereinzelte Rasterzellen in Südwestdeutschland berechnet.

Analog zur Entwicklung der Lufttemperatur und der thermischen Vegetationsperiode kommt es auch bei den phänologischen Frühjahrsstadien zu einem signifikant zeitigeren Auftreten. Beispielsweise verfrüht sich der mittlere Beginn der Blattentfaltung der Hänge-Birke (*Betula pendula*) um -2,01 Tage pro Dekade. Auch hier gibt es einen regional deutlichen Unterschied zwischen Nord- und Süddeutschland (Abb. 2). Für den Norden Deutschlands wurde ein stärkerer Trend mit -2,21 d 10a⁻¹ beobachtet, für den Süden eine schwächere Verfrühung des phänologischen Stadiums von lediglich -1,71 d 10a⁻¹.

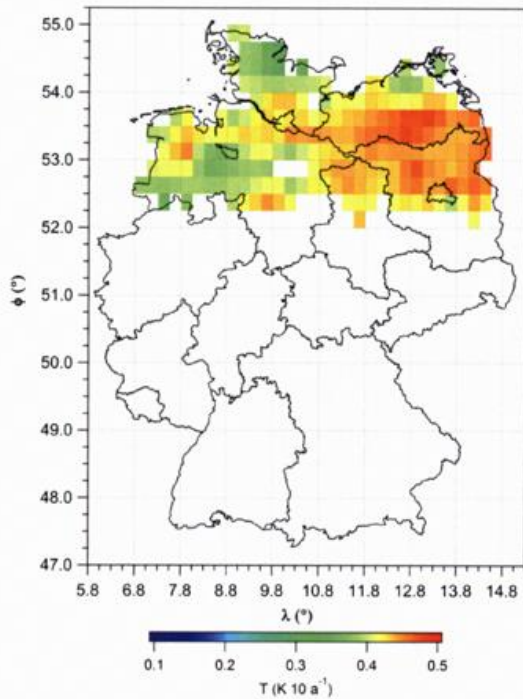


Abb. 1: Signifikante Änderungen der Lufttemperatur in Deutschland, 1951-2015

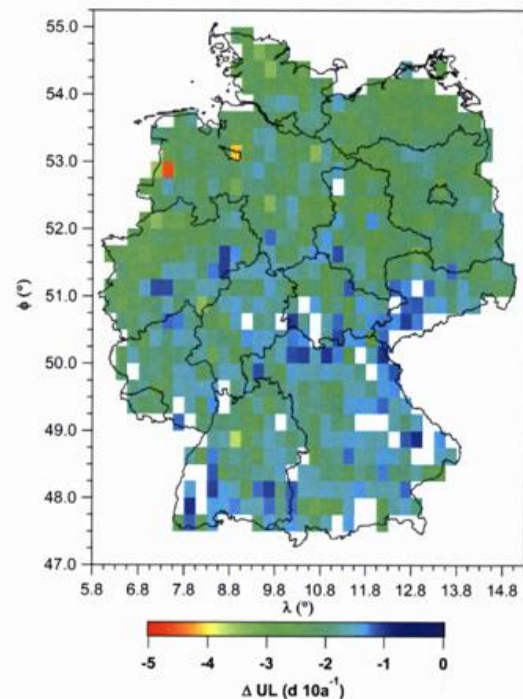


Abb. 2: Trends in der Blattform der Hänge-Birke in Deutschland, 1951-2015

In dem Vortrag wird der Zusammenhang zwischen Änderungen der Lufttemperatur, der thermischen Vegetationsperiode und den Veränderungen phänologischer Stadien im gesamtdeutschen und regionalen Maßstab an mehreren Beispielen gezeigt.

Literatur:

DEL RÍO, S., HERRERO, L., PINTO-GOMES, C., PENAS, A., 2011: Spatial analysis of mean temperature trends in Spain over the period 1961–2006. *Global and Planetary Change*, **78**(1-2), 65-75.

HANSEN, J., RUEDY, R., SATO, M., LO, K., 2010: Global surface temperature change. *Rev. Geophys.*, **48**(4), 644.

JEONG, S.-J., HO, C.H., GIM, H.J., BROWN, M. E., 2011: Phenology shifts at start vs. end of growing season in temperate vegetation over the Northern Hemisphere for the period 1982-2008. *Global Change Biology*, **17**(7), 2385-2399.

Schlüsselwörter: Trends, Lufttemperatur, thermische Vegetationsperiode, phänologische Stadien, Deutschland

Agrarmeteorologisches Dürre Monitoring des DWD

Klaus-Peter Wittich, Marco Liedtke

Deutscher Wetterdienst (DWD), Zentrum für Agrarmeteorologische Forschung, 38116 Braunschweig (Deutschland)

Infolge des Klimawandels wird mit einer Zunahme sommerlicher Dürren gerechnet, die sich defizitär auf die Bodenfeuchte bzw. auf die Wasserversorgung der Vegetation, die Sickerung und Grundwasserneubildung sowie auf den Wasserstand der Flüsse und Seen auswirken. Dürren betreffenden land- bzw. forstwirtschaftlichen, den hydrologischen und den sozio-ökonomischen Bereich gleichermaßen. Entsprechend differenziert ist der sektorenspezifische Informationsbedarf und entsprechend umfangreich das Spektrum der Dürredefinitionen.

Hauptaufgabe des DWD ist, den atmosphärischen Zustand zu überwachen und vor wetterbedingten Risiken zu warnen. Aus diesem Grund berechnet der DWD mehrere Dürremaße, die auf (hydro-meteorologischen) Daten der bodengebundenen Messnetze beruhen.

Als implementierte Verfahren zur Abschätzung der Dürregefahr nutzt der DWD bisher die Niederschlagsanomalie bzw. - als deren statistisches Äquivalent - den Standardized Precipitation Index (SPI), ferner die klimatische Wasserbilanz bzw. den Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) sowie die Bodenfeuchte bzw. den Standardized Soil Moisture Index (SSMI). Während sich die genannten Indizes auf eine ca. 30-tägige und längere Zeitskala beziehen, wird die kurzzeitige (d.h. 5-tägige) Skala durch den Flash Drought Indikator abgebildet.

Nationaler Bedarf am Dürre Monitoring ist insofern vorhanden, als Landwirte sich auf den DWD und dessen Einschätzungen der klimatischen Situation berufen können, um Ausgleichszahlungen für witterungsbedingte Ertragsverluste zu beantragen. Zudem erweitern Wasserbehörden im Rahmen ihrer Anpassungsstrategien an den Klimawandel den bisher vorrangig auf den Hochwasserschutz gerichteten Fokus um das Niedrigwassermanagement.

Der Vortrag gibt Auskunft über den gegenwärtigen Stand des agrarmeteorologischen Monitoring Systems und geht unter anderem auf sich aufbauende Wasserdefizite ein, die in den längeren Zeitskalen deutlicher zutage treten können als in den kürzeren. Das hat durchaus Konsequenzen für die Landwirtschaft: Denn infolge langfristig zu geringer Niederschläge können die Beregnungsbrunnen unternormale Wasserstände aufweisen, was sich auf Volumendurchfluss und Flächenleistung der Anlage und damit auf die Bemessung ausreichender Beregnungsintensitäten während ertragssensibler Trockenphasen auswirkt.

Schlüsselwörter: Dürre-Monitoring, Dürre-Indizes (SPI, SPEI, SSMI, Flash Drought Indikator), Bodenfeuchte

2.2 Poster

Influence of changing precipitation patterns on chemical weed management in autumn

Michael Eickermann¹, Christoph Emmerling², Jürgen Junk¹

¹Institute of Science and Technology, L-4422 Belvaux (Luxembourg)

²University of Trier, Department of Soil Science, D-54290 Trier (Germany)

For an economically successful harvest, herbicide applications are still common in many agricultural crops with well-known impact on the water-quality. Based on regular ground and surface water-analysis, high levels of contamination by transformation products of respective herbicide compounds have been found in Luxembourg. Especially soil active herbicides like Metazachlor can threaten the quality of our water resources. In Luxembourg oilseed rape, wheat and barley is sown from September until October, accompanied by a chemical weed control with Metazachlor, depending on the meteorological conditions EICKERMANN et al. (2016). Suitable conditions for the application of soil active herbicides are single rain events. Success weed management can be reduced, if the application is done under drought stress. Also repeated light rain events followed by dry spells can hamper the effectiveness of these herbicides, because they tend to bind tightly to the soil particles. In the framework of a multisite long-term field experiment (EFFO) weed monitoring, plants, soils and earthworm observations as well as corresponding meteorological measurements were conducted. GOERGEN et al. (2013) already showed changes in future precipitation patterns based on ENSEMBLES data sets driven by the A1B emission scenario. We used in our current study multi-model ensembles from the EURO-CORDEX experiments (spatial resolution ~12.5 km; transient projections until 2100) to assess the future meteorological conditions for Luxembourg. Two different Representative Concentration Pathways (RCP2.6 and RCP8.5), covering the time span from 2005 until 2100 were analysed. The multi-model ensemble approach allows for the quantification of the uncertainties and also to assess the differences between the two emission scenarios. The air temperature evolution for the two different RCPs is given in Figure 1.

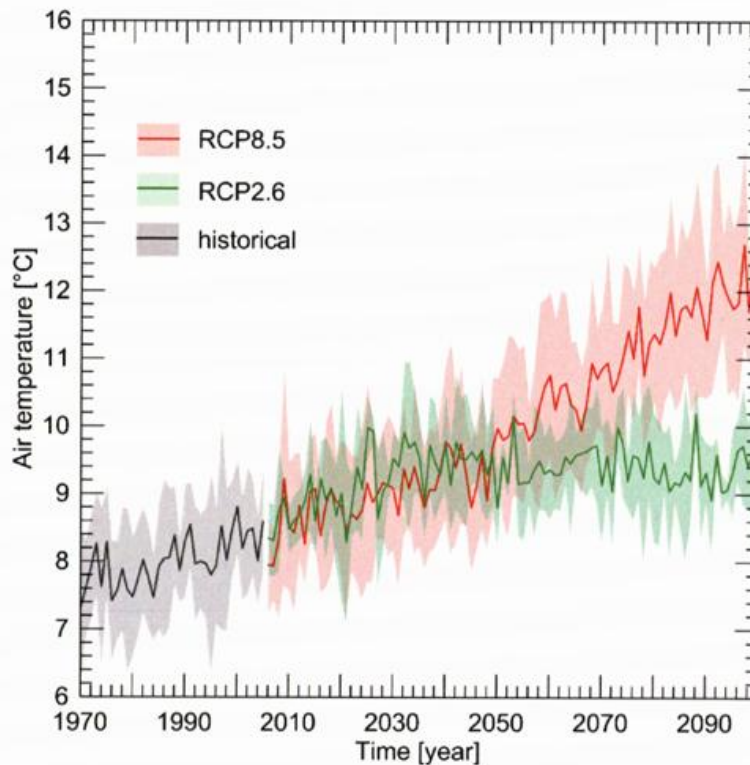


Fig. 1: Yearly mean air temperatures for Luxembourg derived from a multi-model ensemble of the EURO-CORDEX project for the historical (1971-2005) and the future time span (2006-2100). Projections based on the RCP2.6 and RCP8.5 emission scenarios. Historical: N = 9, RCP2.6: N = 4, RCP8.5: N = 12

Statistically significant trends towards higher air temperatures, +1.6 K for September (+5.3 K far future) and +1.3 K for October (+4.3 K), were predicted for the near future compared to the reference period. Precipitation simultaneously decreased by 9.4 mm (September) and 5.0 mm (October) for the near future and -49 mm (September) and -10 mm (October) in the far future. Beside the monthly values also decades were analysed for the two future time periods. For all decades of September and October the number of days with precipitation decreased for the projected near and far future (Figure 2).

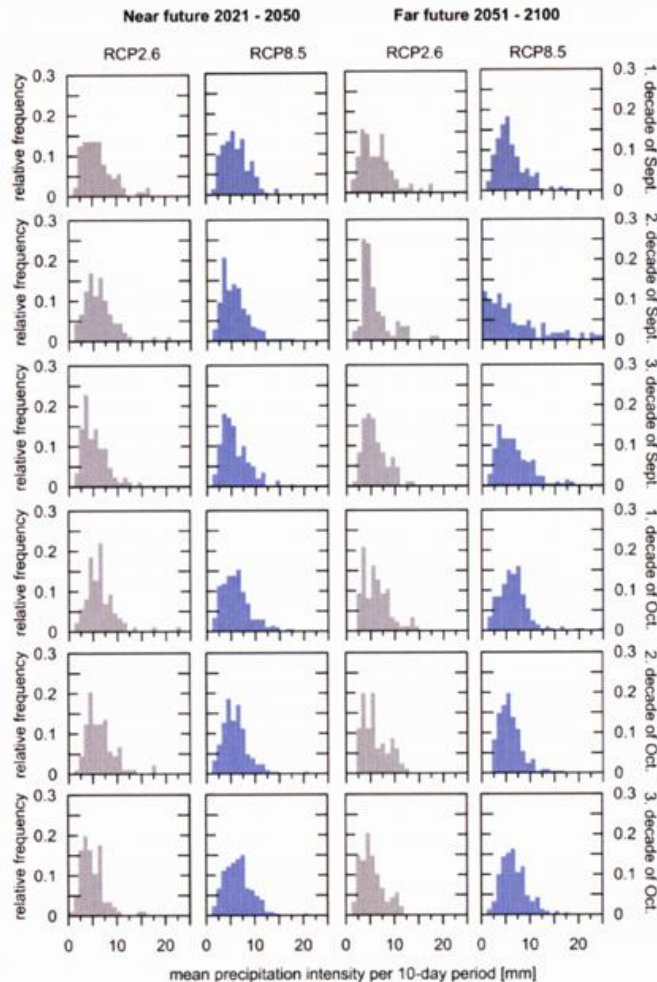


Fig. 2: Relative frequency distributions for the precipitation intensity for six 10-day time slices in September and October. Results are given for the near and far future based on multi model ensemble CORDEX projections. Precipitation intensity is defined as accumulated precipitation divided by the number of days with precipitation (>1 mm).

Changes in meteorological variables such as air temperature and precipitation did already induce transformations in weed societies (composition, late-emerging etc.) of arable ecosystems in Europe EICKERMANN et al. (2016). Therefore, adaptations of agronomic practices as well as effective weed control strategies must be developed to maintain crop yield.

References:

EICKERMANN, M., FIEDLER, M., RONELLENFITSCH, F. K., GALLÉ, T., MAJERUS, A., JUNK, J., 2016: Reducing pesticides in oilseed rape production – A multisite long-term field experiment in Luxembourg. *IOBC-WPRS Bulletin* **116**, 13-14.
 GOERGEN, K., BEERSMA, J., HOFFMANN, L., JUNK, J., 2013: ENSEMBLES-based assessment of regional climate effects in Luxembourg and their impact on vegetation. *Climatic Change* **119**(3), 761-773.

Keywords: climate change, CORDEX, herbicides, RCP2.6, RCP8.5, weed management

Climate Change and Agriculture: Impact Assessment for Luxembourg based on multi-model EURO-CORDEX simulations

Jürgen Junk¹, Klaus Gørgen², Carmelo Rapisarda³, Michael Eickermann¹

¹Institute of Science and Technology, L-4422 Belvaux (Luxembourg)

²Centre for High-Performance Scientific Computing in Terrestrial Systems, D-52428 Jülich, (Germany)

³University of Catania, Dipartimento di Agricoltura, Alimentazione e Ambiente, I-95123 Catania (Italy)

The agricultural sector is directly affected by changes in air temperature, precipitation and climate extremes but also contributes to climate change by emissions of anthropogenic greenhouse gases and land use changes GOERGEN et al. (2013). To assess the expected impacts for Luxembourg, we analysed different climate change indices (Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI/CRD; KARL et al. (1999)) – relevant for the agricultural sector – based on the EURO-CORDEX climate projections. A multi model ensemble of transient projections, driven by the RCP2.6 (three ensemble members) and RCP8.5 (seven ensemble members) emissions pathways (RCP = Representative Concentration Pathways), were retrieved from the data archive. The daily data of mean air temperature and precipitation sums have a spatial resolution of 0.11° (~12.5 km). Spatial mean values for a 3 x 3 grid box – centred over Luxembourg – were calculated and used as input data for the calculation of the selected climate change indices.

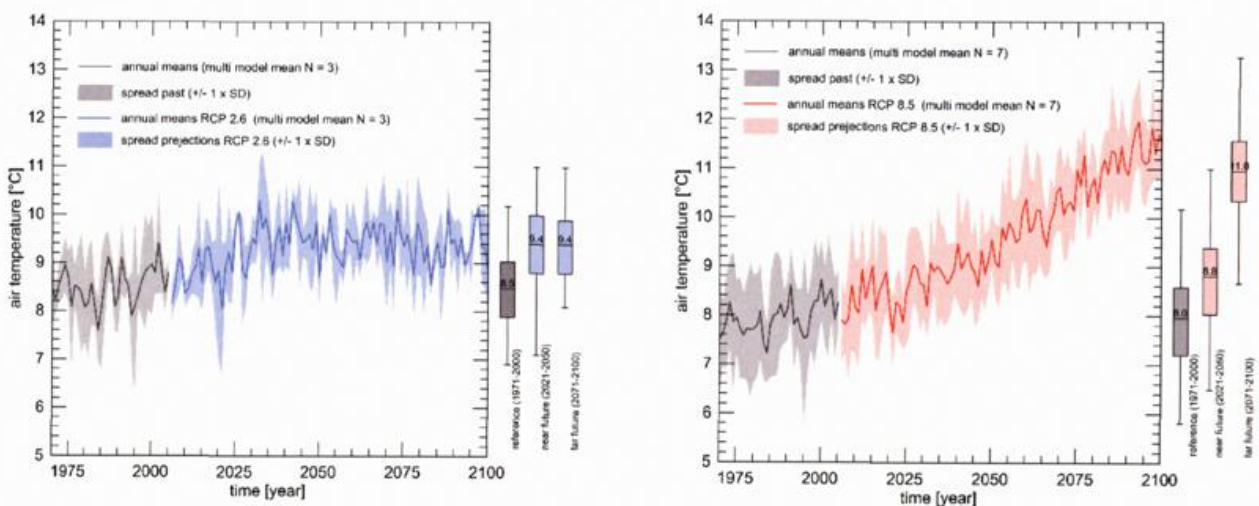


Fig. 1: Time series of annual mean air temperature for Luxembourg based on EURO-CORDEX regional climate change projections for the RCP2.6 (left) and RCP8.5 (right); multi model bandwidth = 1 x standard deviation; period 1971 until 2100.

For the impact assessment, we chose the following set of indices: growing season length (GSL), maximum length of dry spells (CDD), and the maximum length of wet spells (CWD). In addition, we calculated the temperature sums within the GSL (base temperature = 5 °C) and the ratio between those sums and the duration of the GSL.

For each of the ensemble members, 30-year time spans were analysed; the reference period from 1971 until 2000, the near future 2021 until 2050, and the far future 2071 until 2100. Figure 1 shows the projected changes in the annual air temperature for both RCPs. For the CDD (days with precipitation <1 mm) no statistical significant differences between the reference period and the two future periods could be detected for both RCPs (Mann-Whitney Rank Sum Test; $P < 0.05$). While for the RCP2.6 a slight decrease from 16 days to 14 in the near and 15 in the far future could be observed, the maximum length of dry spells remained constant for all three periods (15 days). The changes in the maximum duration of wet spells (precipitation >1 mm) were analysed in the same way. Although the differences were only small e.g. from 18 days in the reference period of the RCP2.6 to 14 days in the near and 15 days in the far future, these differences were statistical significant ($P < 0.02$).

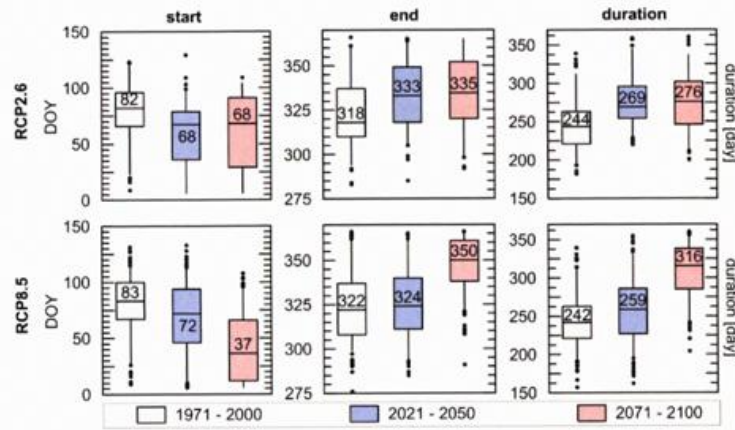


Fig. 2: Boxplots of the start and end (shown as DOY = day of year) as well as the duration in days of the vegetation period for the RCP2.6 (3 ensemble member) and the RCP8.5 (7 ensemble member) and three 30-year time slices.

We defined the vegetation period according to the ETCCD/CRD definition with a threshold of 5.0 °C for the daily mean air temperature that must be exceeded for at least six consecutive days. This marks the beginning of the vegetation period. The same number of days below 5.0 °C marks the end of the vegetation period. Figure 2 illustrates the results for the start, the end and the duration of the vegetation period. On the average, an earlier onset and a later end of the vegetation period was projected for both RCPs. The trends were more pronounced for the RCP8.5 pathway. All differences between the reference period and the two future time spans were statistically significant.

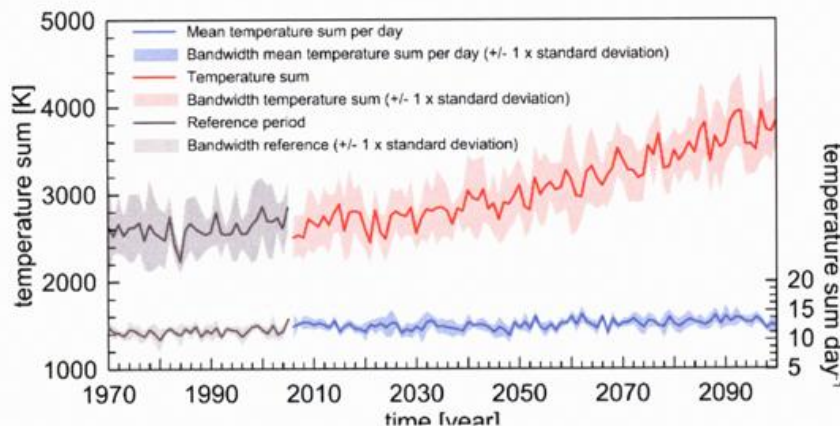


Fig. 3: Annual values of temperature sum within the vegetation period (left axis) and well temperature sum divided by the length of the vegetation period (right axis) based on the RCP8.5 pathway,

The accumulated temperature sums (base temperature 5 °C) within the vegetation period can be used as an indicator for the available energy for the growth of the plants during the vegetation period GRIGORIEVA et al. (2010) and showed a continuous increase (Figure 3 red line). In contrast to this positive trend, the ratios between the temperature sums and the corresponding length of each vegetation period showed no trend for the RCP8.5 data (Figure 3 blue line).

References:

- KARL, T.R., N. NICHOLLS, A. GHAZI, 1999: CLIVAR/GCOS/WMO workshop on indices and indicators for climate extremes: Workshop summary. *Climatic Change* **42**, 3-7.
- GOERGEN, K., BEERSMA, J., HOFFMANN, L., JUNK, J., 2013: ENSEMBLES-based assessment of regional climate effects in Luxembourg and their impact on vegetation. *Climatic Change* **119**(3), 761-773.
- GRIGORIEVA E.A, MATZARAKIS, A, DE FREITAS, C.R., 2010: Analysis of growing degree-days as a climate impact indicator in a region with extreme annual air temperature amplitude. *Climate Research* **42**, 143-154.

Keywords: climate change, CORDEX, RCP2.6, RCP8.5, agriculture, growing season length, trends

Phänologische Veränderungen in der INTERKLIM-Region

Falk Böttcher², Stefan Zimmer¹, Lenka Hajkova³

¹Universität Leipzig, Institut für Meteorologie

²Deutscher Wetterdienst, Abteilung Agrarmeteorologie, Dienstort Leipzig

³Český hydrometeorologický ústav, Usti nad Labem

Das sächsisch-böhmische Grenzgebiet wurde im Rahmen des Projektes INTERKLIM sehr differenziert im Hinblick auf die Änderung der klimatischen Bedingungen untersucht. Die Region ist einer starken Veränderung klimatologischer und phänologischer Größen ausgesetzt. Betrachtet man den Vergleich der Perioden 1990 bis 2010, beziehungsweise 1961 bis 1990, erhöhte sich die Mitteltemperatur von einem Ausgangswert bei 7,5°C um 0,7°C. Während im Winter ein relativ schwaches Änderungssignal resultiert, fällt dieses im Frühling und Sommer am stärksten aus. Besonders das Vogtland, das Nordböhmische Flachland und das Oberlausitzer Heideland weisen die größten Differenzen zum Ausgangszustand auf. Gleichmaßen wird eine Zunahme der jährlichen Anzahl an Sonnenstunden verzeichnet. Etwa 100 h müssen zum Mittel der ersten Periode addiert werden. Im vorgestellten Poster werden die nach Ende des Projektes INTERKLIM für die Projektregion bearbeiteten Änderungen der phänologischen Entwicklung dargestellt. Die klimatischen Trends finden sich in der Phänologie wieder. Die meisten Phasen treten im Jahresverlauf früher auf und verlängern somit die Vegetationsperiode. Sowohl für sämtliche Naturraumgruppen Sachsens als auch für das tschechische Projektgebiet konnten negative Anstiege in Bezug auf den Phasenbeginn ermittelt werden. Besonders erwähnenswert sind als Beispiele der stärksten Änderung Haselstrauch, die Sal-Weide und der Schwarze Holunder. Der Antrieb für die Änderungen im Frühjahr ist maßgeblich die Witterung in den Monaten Januar bis März. Durch den konstanten Temperaturanstieg werden Grenztemperaturen eher erreicht. Im Allgemeinen erscheinen die Änderungssignale im Frühjahr und Sommer bei den Pflanzen weitaus stärker, als im Herbst. Dies ist konsistent mit den klimatischen Beobachtungen der Temperatur. Das Heidekraut und die Blattverfärbung der Stieleiche haben nahezu für sämtliche Stationen einen nicht signifikant negativen oder sogar schwach positiven Trend erkennen lassen. Eine höhere Bodenfeuchte beziehungsweise eine ausreichende und langanhaltende Wasserversorgung kann den Fortschritt der Pflanzenentwicklung bremsen, wohingegen große Trockenheit eine beschleunigende Wirkung hat. Letzterer Zustand setzt Pflanzen dem Druck aus, zur Arterhaltung schneller die Früchte zu produzieren. Somit das von der INTERKLIM-Studie erfasste Niederschlagsprofil zur der analysierten Phasenverschiebung beitragen. Dieser Effekt tritt jedoch nur lokal begrenzt auf. Die Fruchtreife des Schwarzen Holunders entwickelt sich unabhängig der vorherrschenden Bodenfeuchteverhältnisse. Dies bestätigt die von F. Schnelle (1955) aufgestellte Theorie, dass der Wasserhaushalt des Bodens nur schwach den zeitlichen Phasenverlauf variiert. Vielmehr trägt sicher auch die gestiegene Anzahl an Sonnenstunden zur Phasenverfrühung bei. Die Zunahme von 100h im Jahr, kann das Wachstum der Pflanzen beschleunigen, indem mehr Energie zur Bildung von organischem Material zur Verfügung steht. Die sich wandelnden Umweltbedingungen spiegeln sich weiterhin in einer leichten Verlängerung der Vegetationsperiode wider. Der Start der Wachstumssaison fällt, verknüpft mit der Blüte der Sal-Weide, auf einen früheren Tag im Jahresverlauf. Der Abschluss des Vegetationszyklus hingegen verschiebt sich kaum, sodass den Gewächsen im Mittel eine weitere Spanne zur Verfügung steht.

Die Pflanzen und deren verschiedene Entwicklungsphasen erweisen sich auch in der INTERKLIM-Region als sensible Anzeiger für Umweltveränderungen. Das sächsisch-tschechische Grenzgebiet folgt eindeutig den globalen Umstrukturierungen des Klimas. Da das Gebiet aus sehr vielfältigen Oberflächenstrukturen und Höhenstufen besteht, werden aufgrund deren Sensibilität ebenfalls unterschiedlich starke Reaktionen deutlich. Dennoch zeigt die Grundtendenz in Richtung einer Erwärmung im Bereich der Klimatologie und in einer Phasenverschiebung der Phänologie zu früheren Eintrittsterminen.

Literatur:

FESKE, N.; LIPPERT, S.-A.; SCHÖDER, L. (2015) ÜBERBLICK ÜBER DIE KLIMATISCHE ENTWICKLUNG IN DER DEUTSCH-TSCHECHISCHEN GRENZREGION (VORLÄUFIGE ERGEBNISSE DER AUSWERTUNGEN AUS DEM PROJEKT INTERKLIM), LfULG Sachsen

Keywords: Klimawandel, Phänologie

3 Forstmeteorologie

3.1 Vorträge

Zunahme der Netto-Kohlenstoffaufnahme in Waldgebieten

Thomas Foken¹, Wolfgang Babel^{1,2}, J. William Munger³, Tiia Grönholm⁴, Timo Vesela⁴, Alexander Knohl⁵

¹Bayreuther Zentrum für Ökologie und Umweltforschung (BayCEER), Universität Bayreuth, Bayreuth (Deutschland)

²Mikrometeorologie Gruppe, Universität Bayreuth, Bayreuth (Deutschland)

³School of Engineering and Applied Science, Harvard University, Cambridge MA (USA)

⁴Department of Physics, University of Helsinki, Helsinki (Finnland)

⁵Abteilung Bioklimatologie, Universität Göttingen, Göttingen (Deutschland)

Seit etwa fünf Jahren wird in der Literatur berichtet, dass die Netto-Kohlenstoffaufnahme von Wäldern in den letzten 20 Jahren zugenommen hat. Als Ursachen wurden die Zunahme der Kohlendioxidkonzentration in den letzten 20 Jahren um ca. 10 % KEENAN et al. (2013), die Verlängerung der phänologischen Phasen speziell im Frühjahr KEENAN et al. (2014) und die Temperaturzunahme um fast 1 Grad diskutiert. Derartige Zunahmen wurden auch für die im Vortrag näher untersuchten Flächen „Harvard Forest“ (MA, USA, Eiche-Ahorn-Tannen-Mischwald), „Hyttiälä“ (Finnland, boreale Kiefer) und „Waldstein-Weidenbrunnen“ (Deutschland, Fichte, BABEL et al. (2017) festgestellt. Bei allen drei Messflächen zeigt die Zunahme der Netto-Aufnahme jedoch Sprünge, die durch die genannten Faktoren nicht erklärt werden können. Im Vortrag werden weitere Einflussfaktoren diskutiert, die vorrangig auf die Struktur des Bestandes abzielen. Struktur verändernde Faktoren sind dabei Schädlingsbefall und Windbruch, was sich auf die Dynamik des turbulenten Austausches auswirkt. Beim ohnehin heterogenen borealen Wald hat die Messhöhe durch den veränderlichen Footprint eine ausschlaggebende Bedeutung. In diesem Zusammenhang wird der Einfluss von Waldkanten und Änderungen in der kleinräumigen Bestandsstruktur diskutiert und durch Modellungen untermauert KANANI-SÜHRING et al. (2017). Demgegenüber zeigt ein geschlossener Altbestand, „Hainich“ (Deutschland, Buche), wahrscheinlich bedingt durch sein Alter eine Abnahme der Netto-Kohlenstoffaufnahme. Abschließend werden Vorschläge unterbreitet, welche Größen erfasst werden müssen, um Trends in der Netto-Kohlenstoffaufnahme zuverlässig bewerten zu können.

Literatur:

BABEL, W., J. LÜERS, J. HÜBNER, C. REBMANN, B. WICHURA, C.K. THOMAS, A. SERAFIMOVICH, T. FOKEN, 2017: Long-term carbon and water vapour fluxes. In: T. FOKEN (Editor), Energy and Matter Fluxes of a Spruce Forest Ecosystem, *Ecological Studies*, Vol. 229. Springer, Cham, pp. 73-96. doi: 10.1007/978-3-319-49389-3_4.

KEENAN, T.F., D.Y. HOLLINGER, G. BOHRER, D. DRAGONI, J.W. MUNGER, H.P. SCHMID, A.D. RICHARDSON, 2013: Increase in forest water-use efficiency as atmospheric carbon dioxide concentrations rise. *Nature* 499(7458), 324-327. doi: 10.1038/nature12291.

KEENAN, T.F., J. GRAY, M.A. FRIEDL, M. TOOMEY, G. BOHRER, D.Y. HOLLINGER, J.W. MUNGER, J. O'KEEFE, H.P. SCHMID, I.S. WING, B. YANG, A.D. RICHARDSON, 2014: Net carbon uptake has increased through warming-induced changes in temperate forest phenology. *Nature Clim. Change* 4(7), 598-604. doi: 10.1038/nclimate2253.

KANANI-SÜHRING, F., E. FALGE, L. VOß, S. RAASCH, 2017: Complexity of flow structures and turbulent transport in heterogeneously forested landscapes: LES study of the Waldstein site. In: T. FOKEN (Editor), Energy and Matter Fluxes of a Spruce Forest Ecosystem, *Ecological Studies*, Vol. 229. Springer, Cham, pp. 415-436. doi: 10.1007/978-3-319-49389-3_17.

Schlüsselwörter: Klimaänderungen, Netto-Kohlenstoffaufnahme, Wälder, Bestandsstruktur, Heterogenitäten

3.2 Poster

Meteorologische Effekte eines breiten Waldstreifens in Messdaten und Modellsimulationen

Astrid Ziemann, Markus Hehn

Technische Universität Dresden, Professur für Meteorologie, PF 1117, 01735 Tharandt (Deutschland)

Breite Waldstreifen beeinflussen signifikant den Energieaustausch zwischen Atmosphäre und Unterlage und damit das Mikroklima eines Gebietes. Ein verändertes Strömungs- und Temperaturfeld wirkt sich z.B. auf die Frostgefährdung landwirtschaftlicher Kulturen oder den Lärmschutz in der Nähe von Waldgebieten aus. Für die Beratung zu einer zielführenden Nutzung oder Neuanpflanzung von Waldstreifen sind deren meteorologische Effekte im Vergleich zu Graslandschaften sowie die Reichweite des Einflussgebietes zu quantifizieren. Dabei spielen die Vegetationsart, -dichte und -höhe sowie die meteorologischen Randbedingungen, z.B. Windrichtung und -geschwindigkeit, eine Hauptrolle.

Für meteorologische Profilmessungen stand ein Waldgebiet (Längenausdehnung in NW-SE-Richtung ca. 200 m, ca. 390 m ü. NN) in der Nähe von Langhennersdorf bei Freiberg/Sachsen zur Verfügung (siehe auch ZIEMANN et al. (2016); HEHN et al. (2016)). In einer Entfernung von ca. 33 m (Südseite) bzw. 16 m (Nordseite) wurden auf beiden Seiten eines ca. 14 m hohen Fichtenbestandes Messungen mit insgesamt sieben Ultraschallanemometern verteilt auf zwei Maststationen für jeweils drei Wochen im Oktober 2014 bzw. im März 2015 durchgeführt. Die 10-Hz-Messungen erfolgten an beiden Masten zeitsynchronisiert und mit baugleichen YOUNG-81000V-Ultraschallanemometern, die vor ihrem Mast-Einsatz durch mehrtägige Vergleichsmessungen aufeinander abgeglichen wurden. Auf diese Weise liegen konsistente Profile der drei Windkomponenten und der Schalltemperatur auf beiden Seiten des 200 m breiten Waldstreifens vor.

Während der Herbstmessungen 2014 war der Waldstreifen auf der Nordseite von einer ausgedehnten Ackerfläche mit Einsaat umgeben. Hier wurden die Wind- und Temperaturmessungen in 1 m und 3 m Höhe durchgeführt. Im Süden schloss sich ein abgeerntetes Feld an, das in einer Entfernung von ca. 50 m von der Waldkante in ein Maisfeld überging. Auf dieser Seite fanden die Messungen an einem 30-m-hohen Teleskopmast statt. Die Messungen im Frühjahr 2015 wurden zu Beginn der Vegetationsperiode und der landwirtschaftlichen Feldarbeiten durchgeführt. Neben leicht geänderten Umgebungsbedingungen in den betrachteten Jahreszeiten beeinflussten vor allem die unterschiedlichen Wetterlagen die meteorologischen Messungen in Abhängigkeit von der Lage des Waldstreifens zur Windrichtung.

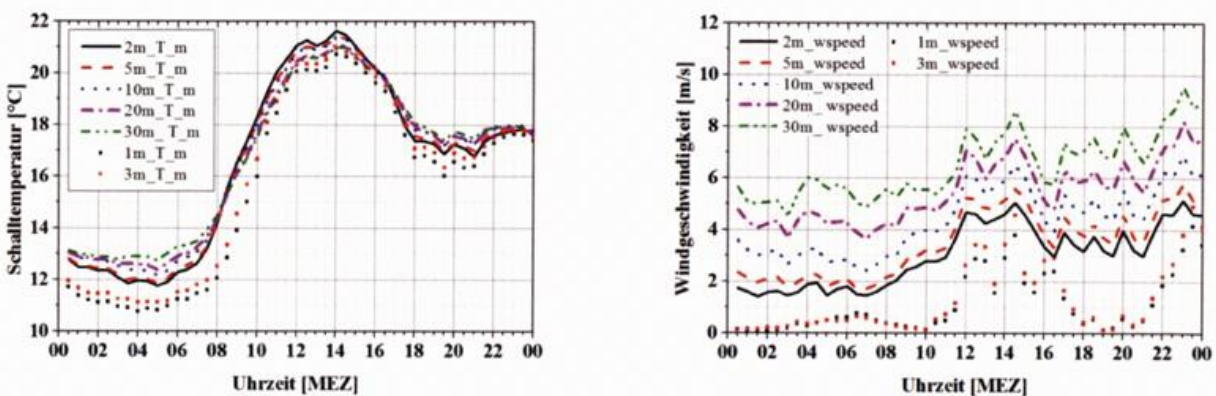


Abb. 1: Tagesgänge meteorologischer Größen am 19.10.2014 in verschiedenen Höhen über Grund am 30-m-Mast (Linien) und am 3-m-Mast (Punkte).

Während der Herbstmessungen traten vor allem südliche bis südwestliche Windrichtungen auf. Der 30-m-Mast befand sich dabei im Luv, der 3-m-Mast im Lee des Waldgebietes. Diese Windrichtungen führten im Lee zur Ausbildung einer bodennahen Inversion, die teilweise den gesamten Tag erhalten blieb (siehe Abbildung 1, ZIEMANN et al. (2016)).

Die vertikalen Gradienten der meteorologischen Größen sind am 3-m-Mast häufig maximal, aufgrund der bodennahen ersten Messhöhe (1 m) im Vergleich zum 30-m-Mast (2 m) und bei geringen Windgeschwindigkeitswerten (Leewirkung). Die Frühjahrmessungen waren durch zahlreiche Ost- und Nordwindsituationen gekennzeichnet. Dementsprechend traten auch Situationen auf, bei denen der 30-m-Mast im Lee lag. Besonders ausgeprägt waren in dieser Messperiode die Tagesgänge des vertikalen Temperaturgradienten. Weitere Ergebnisse der Messkampagnen werden auf dem Poster präsentiert.

Um die Messergebnisse zu verallgemeinern und die Reichweite des meteorologischen Einflusses eines 200 m breiten Waldstreifens zu bestimmen, wurden Modellsimulationen mit der zweidimensionalen, nicht-hydrostatischen Version des gekoppelten Atmosphären-Vegetationsmodells HIRVAC (High Resolution Vegetation Atmosphere Coupler) durchgeführt. Eine Besonderheit des eingesetzten Grenzschichtmodells besteht in der vertikal hoch aufgelösten und instationären Simulation des Einflusses von realistischen Vegetationsbeständen auf das Mikroklima. Die zweidimensionale Modellvariante ermöglicht die differenzierte Betrachtung von Transportprozessen unter Berücksichtigung von räumlichen Inhomogenitäten der Vegetation, die im Modell mittels Pflanzenflächendichteverteilungen nachgebildet wird. Dabei wurden verschiedene Vegetationsarten eines an den Rändern gestuften, 200 m breiten Waldgebietes betrachtet (Barth et al., 2014). Die Simulationen wurden für ausgewählte Tage im Jahr (15.01., 15.04., 15.07., 15.10.) sowie verschiedene Anströmungsgeschwindigkeiten durchgeführt. Ein Beispiel für die Auswirkungen eines Laubwaldstreifens auf das Wind- und Temperaturfeld ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Reichweite dieses Einflusses wird auf dem Poster diskutiert.

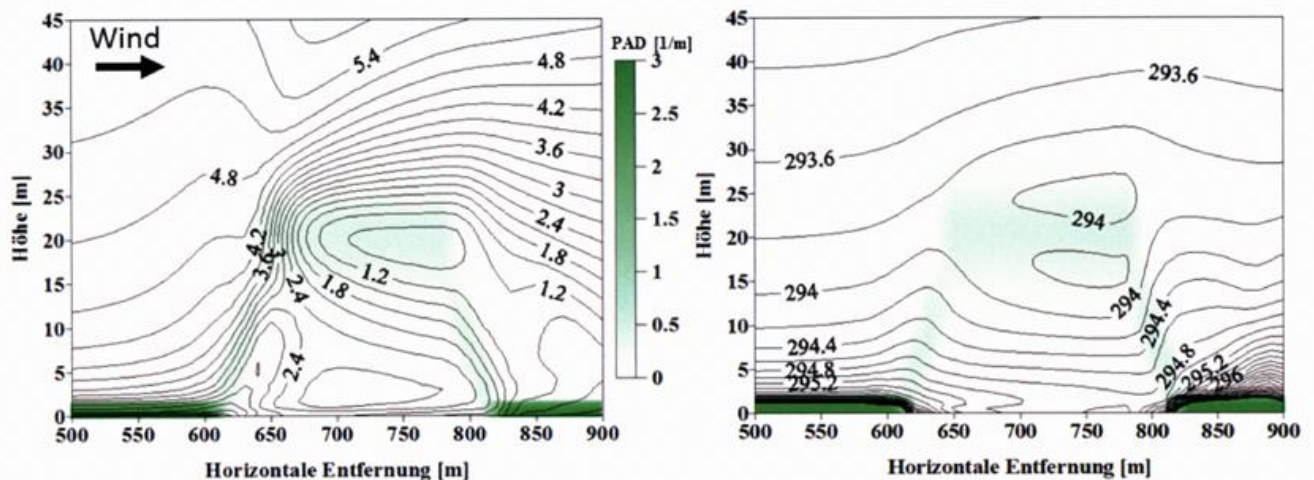


Abb. 2: Simulationsergebnisse mit HIRVAC am 15.07. um 12 Uhr Ortszeit: 2-D Verteilung der horizontalen Windgeschwindigkeit in m/s (links) und der Lufttemperatur in K (rechts) in und um einen Laubwaldstreifen innerhalb einer Grasfläche (überhöht dargestellt), Farbskala Pflanzenflächendichte PAD in 1/m.

Literatur:

BARTH, M., ZIEMANN, A., BERNHOFER, C., 2014: Akustische Abschirmwirkung von Wäldern - Vegetationsabhängige Abschirmwirkung von Wäldern – Simulationen mit einem akustisch-meteorologischen Modell, *Schriftenreihe des LfULG*, Heft **33/2014**,

Internet: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/23277/documents/31636>.

ZIEMANN, A., EDERER, H.-J., STÜBER, C., HEHN, M., BERNHOFER, C., 2016: Schalldämpfung durch Wald - Vegetationsabhängige Abschirmwirkung von Wäldern – Messtechnische Verifizierung eines akustisch-meteorologischen Modells Teil 1, *Schriftenreihe des LfULG*, Heft **16/2016**,

Internet: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/26829>.

HEHN, M., ZIEMANN, A., EDERER, H.-J., STÜBER, C., BERNHOFER, C., 2016: Schalldämpfung durch Wald - Vegetationsabhängige Abschirmwirkung von Wäldern – Messtechnische Verifizierung eines akustisch-meteorologischen Modells – Ergänzende Datenaufbereitung Teil 2, *Schriftenreihe des LfULG*, Heft **17/2016**,

Internet: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/26830>.

Schlüsselwörter: Forstmeteorologie, Waldstreifen, Mikrometeorologie, Profilmessung, Grenzschichtmodellierung

4 Stadtklimatologie und Tourismus

4.1 Vorträge

Projekt MOSAIK: Modellbasierte Stadtplanung und Anwendung im Klimawandel - Entwicklung des neuen Stadtklimamodells PALM-4U

Farah Kanani-Sühring¹, Björn Maronga¹, Günter Groß¹, Siegfried Raasch¹, und (in alphabetischer Reihenfolge genannt) Sabine Banzhaf², Björn Büter³, Thomas Esch⁴, Renate Forke⁵, Dominik Fröhlich⁶, Tobias Gronemeier⁷, Wieke Heldens⁴, Tobias Lang⁷, Eckhard Kadasch⁸, Basit Khar⁵, Halim Maamari⁹, Andreas Matzarakis⁶, Matthias Mauder⁵, Gregor Meusel³, Matthias Pallasch⁹, Dirk Pavlik³, Jens Pfafferott⁷, Emmanuele Russo², Mohamed Salim¹⁰, Martijn Schaap², Christoph Schneider¹⁰, Michael Schrempf⁷, Sebastian Schubert¹⁰, Gunther Seckmeyer⁴, Heiko Sieker⁹, Matthias Sühring¹, Kristina Trusilova⁸, Robert von Tils¹, Simon Ward¹, Julian Zeidler⁴

¹Institut für Meteorologie und Klimatologie, Leibniz Universität Hannover (Deutschland)

²Institut für Meteorologie, Freie Universität Berlin (Deutschland)

³GEO-NET Umweltconsulting GmbH (Deutschland)

⁴Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (Deutschland)

⁵Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Karlsruher Institut für Technologie (Deutschland)

⁶Zentrum für Medizin-Meteorologische Forschung Freiburg, Deutscher Wetterdienst (Deutschland)

⁷Hochschule Offenburg (Deutschland)

⁸Klima- und Umweltberatung, Deutscher Wetterdienst (Deutschland)

⁹Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH (Deutschland)

¹⁰Geographisches Institut, Humboldt-Universität zu Berlin (Deutschland)

Die Gesundheit und das Wohlbefinden des Menschen im Stadtplanungsprozess zu berücksichtigen gewinnt in Zeiten des rasanten Wachstums von Großstädten immer mehr an Bedeutung. Zu den Faktoren, die sowohl positiv als auch negativ auf den Menschen wirken können, zählen u.a. thermischer Komfort, Luftqualität, Belüftung und UV Exposition. All diese Faktoren sollten bei einer zukunftsorientierten Stadtentwicklung in die Planungsprozesse einbezogen werden. Zur Evaluation dieser Faktoren kommen üblicherweise Stadtklimamodelle zum Einsatz, welche den Effekt bestimmter städtebaulicher Maßnahmen – wie z.B. den Bau neuer Gebäude oder die Begrünung von Dächern oder ganzen Stadtteilen – auf diese Faktoren prognostizieren.

Das zentrale Ziel des Projekts MOSAIKA - gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 01LP1601^A als Forschung für Nachhaltige Entwicklung (FONA; www.fona.de), und eingebettet in das Programm „Stadtklima im Wandel“ ([UC]²: Urban Climate Under Change)^B - ist die Entwicklung eines frei verfügbaren, nutzerfreundlichen und hocheffizienten Stadtklimamodells, das die Simulation großer Städte auf gebäudeauflösender Skala ermöglicht. Die Basis des neuen Modells bildet das hochparallelisierte Large-Eddy Simulationsmodell PALM MARONGA et al. (2015), welches bereits viele Anforderungen an ein modernes Stadtklimamodelle nach neuestem Stand der Technik erfüllt. Das Endprodukt mit dem Namen PALM-4U wird u.a. folgende neue Bestandteile und Merkmale enthalten:

- Nutzerfreundliche Anwendbarkeit mittels webbasierter graphischer Nutzeroberfläche
- Effiziente Lauffähigkeit sowohl auf Multikernworkstations als auch auf Massivparallelrechnern
- Flexible Turbulenzschemata zur wahlweisen Rechnung von turbulenzauflösenden und -nichtauflösenden Simulationen (Optimierung der Rechenzeit)
- Modellnesting zur Kopplung von PALM-4U mit Wetter- und Klimamodellen, sowie zur internen Einbettung feinaufgelöster Stadtquartiere in das grob aufgelöste größere Stadtgebiet (Zoomfunktion; Optimierung der Rechenzeit)
- Energiebilanzlöser für ein breites Spektrum von Oberflächen (Straßen, Gebäudefasaden, Grünflächen, etc.), inklusive Bodenwassermodell
- Innenraumklima- und Energiebedarfsmodell

- Luftchemiemodul für turbulenzauflösende und -nichtauflösende Simulationen, inklusive Gasphasen- und Aerosolchemie, Parametrisierung von Photolyse und Depositionsprozessen
- Multiagentensystem zur Berechnung individueller thermischer Belastung und UV-Exposition

Im Rahmen dieser Tagung wird das neue Stadtklimamodell PALM-4U sowie erste Simulationsergebnisse für eine ausgewählte deutsche Großstadt vorgestellt.

Literatur:

MARONGA, B., GRYSCHKA, M., HEINZE, R., HOFFMANN, F., KANANI-SÜHRING, F., KECK, M., KETELSEN, K., LETZEL, M.O., SÜHRING, 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. *Geosci Model Dev* **8**, 2515-2551.

Schlüsselwörter: MOSAIK, PALM-4U, Stadtklima, Stadtplanung

Die Kohlenstoffsенke urbanen Grüns – Ergebnisse aus modellgestützten Analysen und Messungen

Uta Moderow, Valeri Goldberg, Richard Hoffmann, Christian Bernhofer

Technische Universität Dresden (Deutschland)

Der Nutzen von urbanem Grün im Hinblick auf den projizierten Klimawandel wird vor allem in dessen Potential zur Mitigation von klimatischen Extremen gesehen. Neben dieser Ökosystemdienstleistung ist die Funktion des urbanen Grüns als langfristige Kohlenstoffsенke in den letzten zwei Jahrzehnten zunehmend in den Fokus des Interesses gerückt. Die abiotischen Bedingungen für urbanes Grün unterscheiden sich in vielen Aspekten von denen in einer ländlichen Umgebung (z.B. klimatische Bedingungen, Belastung der Luft und des Bodens; PERCIVAL (2016)). Um die daraus resultierenden Kohlenstoffsенkenkapazitäten abzuschätzen, kommen in den publizierten Arbeiten verschiedene Methoden zum Einsatz (Eddy-Kovarianz, Abschätzung der oberirdischen Biomasse über allometrische Funktionen, modellgestützte Simulation, Analyse von Bohrkernen; z.B. ROWN-TREE und NOWAK (1991); MCHALE et al. (2009); KORDOWSKI und KUTTLER (2010); DAHLHAUSEN und RÖTZER (2014)).

In der vorliegenden Arbeit werden zum einen der Einfluss geänderter atmosphärischer Bedingungen (Strahlung, Wind, relative Feuchte, Kohlendioxidgehalt der Luft, Lufttemperatur) in der Stadt auf die Kohlenstoffsенke modellgestützt untersucht. Dieser Ansatz wurde u.a. von BERNSTEIN (2014) verfolgt. In diesem Beitrag werden zwei Modelle (Grenzschichtmodell und SVAT-Modell) auf einen Wirtschaftswald und eine Wirtschaftswiese angewandt. Zum anderen werden Zuwachsmessungen für zwei städtische Flächen in Leipzig mit unterschiedlichen Böden ausgewertet. Gegenüber der hier betrachteten modellgestützten Simulation spiegelt sich in ermittelten Zuwächsen die Gesamtheit aller urbanen Einflussgrößen wieder (z.B. urban beeinflusste Böden). Die Ergebnisse der modellgestützten Simulationen zeigen, dass die Kohlenstoffsенke von urbanem Grün nicht zwangsläufig negativ von städtischen atmosphärischen Bedingungen beeinflusst sein muss. Weiterhin können sich die städtischen Bedingungen in verschiedenen Jahren unterschiedlich auswirken.

Der ermittelte laufende Zuwachs auf den zwei städtischen Flächen in Leipzig ist vergleichbar forstlichen Flächen in der Stadtnähe von Leipzig MEP PLAN (2015). Unterschiede zwischen den beiden Flächen werden mit den unterschiedlichen Bodenverhältnissen, dem unterschiedlichen Alter der Bäume sowie den entsprechenden Standorthistorien konnotiert.

Insgesamt lassen die Ergebnisse die Schlussfolgerung zu, dass unter abiotischen atmosphärischen Bedingungen, welche städtischen Bedingungen angenähert sind, die Kohlenstofffestlegung nicht a priori geringer sein muss als unter ländlichen Bedingungen. Es kann daher nicht allgemein davon ausgegangen werden, dass die Kohlenstoffsенkenkapazität von urbanem Grün in der Stadt grundsätzlich kleiner ist als für ländliche Bedingungen. Vielmehr ist eine hohe Variabilität entsprechend den vielfältigen räumlichen Bedingungen und den damit verbundenen abiotischen Einflüssen in der Stadt zu erwarten MOSER et al. (2017).

Literatur:

- BERNSTEIN, C., 2014: CO₂-Senkenkapazität von städtischem Grün. BSc-Arbeit am Lehrstuhl für Meteorologie, Institut für Hydrologie und Meteorologie, TU Dresden, 41 S.
- DAHLHAUSEN, J., RÖTZER, T., 2014: Zuwachstrends von Linden (*Tilia cordata*) in Berlin in Abhängigkeit von Stadtklima und Umweltbedingungen. 8. BIOMET-Tagung, Mensch-Pflanze-Atmosphäre im 21. Jahrhundert (Tagungsband) *Tharandter Klimaprotokolle*, **20**, 134-136.
- KORDOWSKI, K., KUTTLER, W., 2010: Carbon dioxide fluxes over an urban park area. *Atmospheric Environ* **44**, 2722-2730.
- MCHALE, M., BURKE, I., LEFSKY, M., PEPPER, P., MCPHERSON, E., 2009: Urban forest biomass estimates: Is it important to use allometric relationships developed specifically for urban trees? *U Ecosyst* **12**, 95–113.
- MEP PLAN, 2015: Zuwachsermittlung an Bäumen der Stadt Leipzig. Ergebnisbericht Werkvertrag. MEP Plan GmbH Gesellschaft für Naturschutz, Forst- und Umweltplanung, Dresden.
- MOSER, A., RAHMAN, M.A., PRETZSCH, H., PAULEIT, S., AND RÖTZER, T., 2017: Inter- and intrannual

growth patterns of urban small-leaved lime (*Tilia cordata* mill.) at two public squares with contrasting micro-climatic conditions. *Int J Biometeorol* **61**, 1095–1107.

PERCIVAL, G. C., 2017: Abiotic stress. In: Ferrini, F., Konijnendijk van den Bosch, C. C., Fini, A. (Hrsg): *Routledge handbook of urban forestry*, Routledge, London and New York, S. 237-250.

ROWNTREE, R.A., NOWAK, D.J., 1991: Quantifying the role of urban forests in removing atmospheric carbon dioxide. *J of Arboriculture* **17**, 269-275.

Schlüsselwörter: Baumwachstum, Kohlenstoffsенke, Stadtbäume, urbanes Grün, Zuwachs

Einfluss des Standortsklimas auf den Wachstumsverlauf von Linde und Robinie in München

Astrid Moser¹, Mohammad A. Rahman², Hans Pretzsch¹, Stephan Pauleit², Thomas Rötzer¹

¹Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, Technische Universität München, Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2, 85354 Freising (Deutschland)

²Lehrstuhl für Strategie und Management der Landschaftsentwicklung, Technische Universität München, Emil-Ramann-Str. 6, 85354 Freising (Deutschland)

Der Lebensraum Stadt stellt eine große Herausforderung für das Wachstum von Bäumen dar. Kleine Pflanzgruben haben eine geringe Wasser-, Nährstoff- und Wurzelraumverfügbarkeit MORGENROTH & BUCHAN (2009), der städtische Wärmeinseleffekt OKE (1982) und die Bebauungsdichte bedingen hohe Temperaturen AKBARI et al. (2001). Durch den Klimawandel mit meist veränderten Niederschlagsmustern und höheren Temperaturen IPCC (2013); MEEHL et al. (2007) werden diese negativen Wachstumseinflüsse wahrscheinlich noch verstärkt, weshalb in Zukunft viele Stadtbaumarten Vitalitäts- und Wachstumseinbußen zeigen werden GILL et al. (2013). Gegenwärtig leiden bereits einige heimische Arten (z. B. Kastanien, Linden) an Trockenstress, eingebrachten Schädlingen und hohen Temperaturen TUBBY & WEBBER (2010). Wie Bäume auf das Wuchsklima der Stadt reagieren, hängt jedoch von den spezifischen klimatischen Gegebenheiten (Versiegelung, Lichteinfall, Konkurrenz) am Standort und von artspezifischen Wachstumsmustern ab. So unterscheiden sich Wuchsräume in der Stadt erheblich: Während Bäume an Plätzen zumeist höheren Strahlungs- und Temperaturwerten ausgesetzt sind, zeigen Straßenbäume oft schattenangepasstes Wachstum KJELGREN & CLARK (1992); MOSER et al. (2015). Daneben verfügen Bäume über Mechanismen zur Abwehr von Trockenstress, die sich je nach Baumart, Holzanatomie und Aufbau des leitenden Gewebes unterscheiden.

In der vorliegenden Studie wurden zwei physiologisch unterschiedlichen Arten im Hinblick auf Wachstum und Reaktion auf Trockenstress untersucht: Während die Winterlinde (*Tilia cordata* Mill.) eine zerstreut-porige, anisohydrische Art ist, wird die Robinie (*Robinia pseudoacacia* L.) als ring-porige, isohydrische Art eingestuft. Isohydrische Arten reagieren auf Trockenstress mit einer Verringerung der stomatären Leitfähigkeit zur Reduzierung von Wasserverlust. Dies kann jedoch bei lang anhaltender Trockenheit zu einem „Verhungern“ der Bäume durch fehlendes CO₂ führen. Nach der Trockenperiode kann aber eine schnelle Wiederaufnahme des normalen Stoffwechsels initiiert werden. Anisohydrische Arten besitzen dagegen eine hohe stomatäre Leitfähigkeit auch bei geringen Wasserverfügbarkeiten und können bei Wassermangel weiter Photosynthese betreiben. Aufgrund der geöffneten Stomata werden große Mengen an Wasser verdunstet, was zu späteren Wachstumseinbußen führen kann KLEIN (2014); MOSER et al. (2016). Im Rahmen dieser Studie wurde mit elektronischen Dendrometern das Stammwachstum der zwei Baumarten in München in hoher zeitlicher Auflösung im Jahr 2016 gemessen. Mit am Standort aufgenommenen Klimaparametern (u. a. Lufttemperatur, Niederschlag, Dampfdruckdefizit, Strahlung), Bodenvariablen (Temperatur und Feuchtigkeit) sowie Messungen zum Wasserfluss und zur Transpiration der Bäume konnten die Zusammenhänge und Wechselwirkungen von Klima, Wasserhaushalt und Baumwachstum analysiert werden. Darüber hinaus wurde retrospektiv das Zuwachsverhalten in vergangenen Jahren, insbesondere in Trockenperioden, untersucht.

Beide Arten zeigten 2016 - beginnend mit dem Blattaustrieb - ein starkes Wachstum (Abbildung 1). Speziell für die Robinien wurden hohe Zuwächse beobachtet, die während der Trockenperiode im Spätsommer aufgrund von Wassermangel zu einer geringeren stomatären Leitfähigkeit und zu einem Schrumpfen des Stammdurchmessers geführt haben. Eine bessere Wasserversorgung im Anschluss an diese Phase führte zu einem Erholen der Zellen und damit zu einem besseren Wasserstatus (Quellen des Stammes). Die Winterlinden wiesen dagegen nach dem anfänglichen Zuwachs mit dem Blattaustrieb einen konstanten Stammdurchmesser auf. Auch die gefundenen Korrelationen des maximalen täglichen Stammdurchmessers der einzelnen Arten mit den gemessenen Klimaparametern zeigen artspezifische Muster. Mit Ausnahme der Bodenfeuchte waren alle Klimavariablen positiv mit dem Stammdurchmesser korreliert, wobei zumeist stärkere Korrelationen für die Robinien gefunden wurden. Zusätzlich wurde die Wassernutzungseffizienz (Biomasse/Transpiration) beider Arten bestimmt, wobei Robinien eine höhere Wassernutzungseffizienz aufwiesen (8,1 g/l für Robinie und 1,3 g/l für Winterlinde). Eine dendrochronologische Analyse stellt die Zuwachsgänge der Arten dar. (Abbildung 2). Insgesamt sind die Robinien jünger,

beide Arten zeigten jedoch eine sprunghafte Chronologie, mit starkem Zuwachs gefolgt von starken Einbrüchen. In den letzten Jahren (2010-2016) war das Wachstum der Robinien höher, mit Ausnahme der Jahre 2011, 2015 und 2013. Insgesamt konnte in Trockenperioden eine ähnliche Resistenz (d. h. die Widerstandsfähigkeit während einer Trockenheit) für beide Arten, aber eine bessere Erholungsfähigkeit und Resilienz (Wachstum nach der Trockenheit im Vergleich zu vor der Trockenheit) für die Robinien gefunden werden (Indexwerte nach LLORET et al. (2011)).

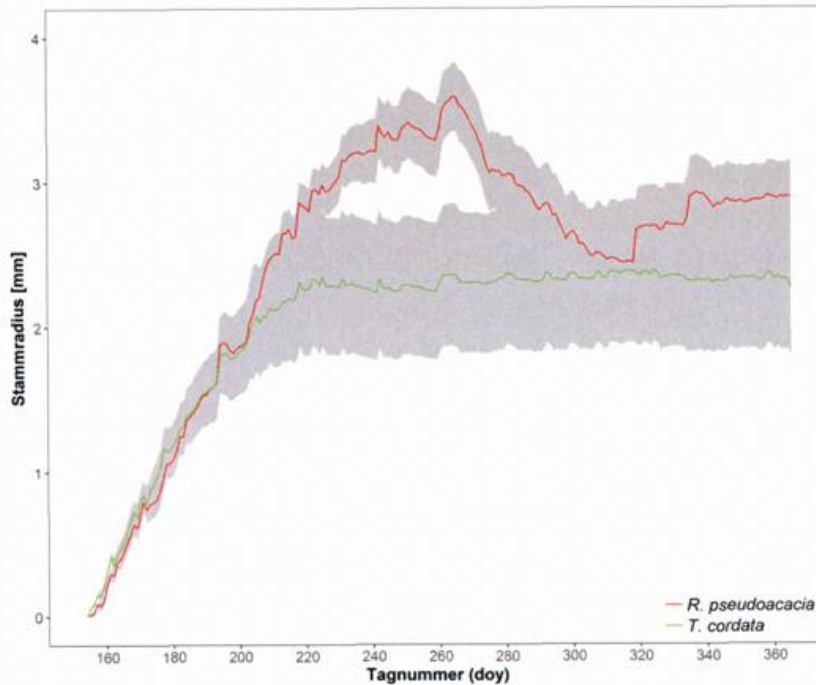


Abb. 1: Stammradiusveränderungen von Robinie und Winterlinde in München in 2016

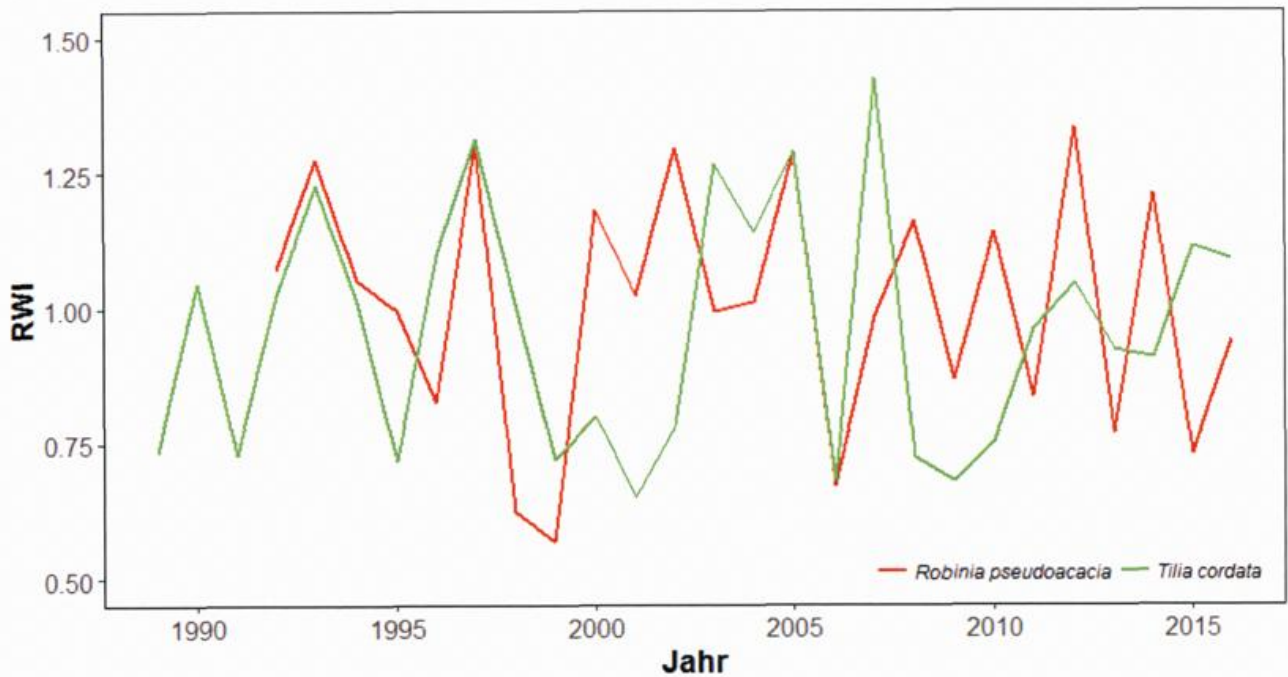


Abb. 2: Jahrringindex (RWI) von Robinien (rot) und Winterlinden (grün) von 1988 bis 2016 in München

Schlussfolgerungen

Die vorliegende Studie zeigt, wie sehr das Wachstum zweier physiologisch unterschiedlichen Baumarten von den individuellen Arteigenschaften und den vorherrschenden mikro-klimatischen Einflüssen am Wuchsort beeinflusst ist. Robinien sind in ihrem Wachstum stark von der Wasserverfügbarkeit abhängig, zeigten jedoch eine schnelle Erholung und Widerstandsfähigkeit. Das Wachstum von Winterlinden in München war geringer als das der Robinien, und wird nicht so stark von den Umgebungsbedingungen beeinflusst. Auf lange Sicht kann der hohe Wasserverbrauch der Linden jedoch zu Wachstums- und Vitalitätseinbußen führen.

Literatur:

- AKBARI, H., POMERANTZ, M., TAHA, H., 2001: Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Sol Energy* **70**, 295-310. doi:10.1016/S0038-092X(00)00089-X
- GILL, S.E., RAHMAN, M.A., HANDLEY, J.F., ENNOS, A.R., 2013: Modelling water stress to urban amenity grass in Manchester UK under climate change and its potential impacts in reducing urban cooling. *Urban For Urban Greening* **12**, 350–358.
- IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. IPCC Working Group I Contribution to AR5.
- KJELGREN, R.K., CLARK, J.R., 1992: Microclimates and Tree Growth in Tree Urban Spaces. *J Environ Hort* **10**, 139-145.
- KLEIN, T., 2014: The variability of stomatal sensitivity to leaf water potential across tree species indicates a continuum between isohydric and anisohydric behaviours. *Funct Ecol* **28**, 1313–1320. doi:10.1111/1365-2435.12289
- LLORET, F., KEELING, E.G., SALA, A., 2011: Components of tree resilience: effects of successive low-growth episodes in old ponderosa pine forests. *Oikos* **120**, 1909–1920.
- MEEHI, G.A., STOCKER, T.F., COLLINS, W.D., P., F., GAYE, A.T., GREGORY, J., KITO, A., KNUTTI, R., MURPHY, J., NODA, A., 2007: Global climate projections. IPCC Fourth Assessment Report: *Climate Change 2007*, 747-845.
- MORGENROTH, J., BUCHAN, G.D., 2009: Soil moisture and aeration beneath pervious and impervious pavements. *Arboric Urban For* **35**, 135–141.
- MOSER, A., RAHMAN, M.A., PRETZSCH, H., PAULEIT, S., RÖTZER, T., 2016: Inter- and intraannual growth patterns of urban small-leaved lime (*Tilia cordata* mill.) at two public squares with contrasting microclimatic conditions. *Int J Biometeorol* **61**, 1095-1107. doi:10.1007/s00484-016-1290-0.
- MOSER, A., RÖTZER, T., PAULEIT, S., PRETZSCH, H., 2015: Structure and ecosystem services of small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.) and black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in urban environments. *Urban For Urban Greening* **14**, 1110-1121. doi:10.1016/j.ufug.2015.10.005.
- OKE, T., 1982: The energetic basis of the urban heat island. *Q J R Meteorol Soc* **108**, 1–24.
- TUBBY, K.V., WEBBER, J.F., 2010: Pests and diseases threatening urban trees under a changing climate. *Forestry* **83**, 451-459.

Schlüsselwörter: Trockenstress, Transpiration, Stadtbäume, Winterlinden, Robinien

Klimatische Exposition von Urbaniten

Ronald Queck, Valeri Goldberg

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

Vor dem Hintergrund des projizierten Klimawandels und zunehmender Schadstoffkonzentrationen in Großstädten ist es notwendig robuste Methoden zur Prognose der Belastung von Großstadtbewohnern zu entwickeln, die auch zukünftige städtebauliche Änderungen berücksichtigen können. 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 zu bestimmen und diese Ergebnisse mit Berechnungen numerischer Modelle zu vergleichen. Im Fokus stehen dabei klimatische Extreme, die vor allem während autochthoner Wetterlagen in Großstädten auftreten. Zu diesem Zweck wurden im Januar 2017 in Hamburg stationäre Messungen und im August 2017 in Berlin mobile Messungen durchgeführt.

Die in der Sommer-Messkampagne 2017 eingesetzten mobilen Plattformen (Rucksack und Fahrrad) ermöglichen eine direkte Bestimmung der individuellen Exposition und repräsentieren Lebensräume in hoher räumlicher Auflösung KUTTLER und DÜTEMEYER (2003). Neben Wind, Feuchte und Temperatur wurde für eine physikalisch fundierte Analyse die kurzwellige und langwellige 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 Fahrradrouten im Hochsommer vorgenommen.

Die in der BMBF Fördermaßnahme zu entwickelnden Methoden und Werkzeuge für die Stadtplanung basieren hauptsächlich auf numerischen Simulationen des mikroskaligen Klimas mit dem urban climate model PALM-4U (<https://palm.muk.uni-hannover.de/mosaik/wiki>). Die Validierung, bzw. der Vergleich der numerischen Simulationen mit den mobilen Messungen ist nicht trivial, da diese sich sowohl hinsichtlich der Betrachtungssysteme, als auch der räumlichen und zeitlichen Auflösung unterscheiden BRITTER und SCHATZMANN (2007). Das Konzept zur Datenanalyse wird am Beispiel des mikroskaligen Modells ENVI-met BRUSE und FLEER (1998) getestet 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., DÜTEMEYER, 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**.

Schlüsselwörter: Stadtklima, Exposition, thermische Belastung, mobile Messungen

Microclimatic thermal benefits through urban greenspaces – Role of tree species and growth conditions

Mohammad A Rahman¹, Astrid Moser², Thomas Rötzer², Stephan Pauleit¹

¹Chair for Strategic Landscape Planning and Management, School of Life Sciences, Weißenstephan, Technische Universität München, Emil-Ramann-Str. 6, 85354 Freising (Germany)

²Chair for Forest Growth and Yield Science, School of Life Sciences, Weißenstephan, Technische Universität München, Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2, 85354 Freising (Germany)

Urbanization is strongly changing our landscapes and altering the physical processes to make our cities warmer. Greening cities and particularly planting trees seems to be one of the most effective options to mitigate those problems. However, due to the high heterogeneity of the urban environment, considerable uncertainty still exists at microscales concerning the magnitude, pattern and the process of microclimatic regulation through greening. We continuously measured within and outside canopy air and surface temperature, and sap flow of two physiologically contrasting tree species - *Tilia cordata* and *Robinia pseudoacacia* at different street canyons in Munich, Germany along with the bio-meteorological and edaphic variables over the summers of 2015 and 2016. Results showed that tree shading can cool surfaces by 8-24 °C and reduce radiant temperatures by 5-7 °C thus improving human comfort (Rahman et al. under review). Moreover, within canopy air temperature reduction (AT) can peak up to 3-4 °C (Fig. 1) and underneath up to 1-2 °C depending on the soil moisture since the AT coupled well with water flux over spatial and temporal scales RAHMAN et al. (2017a).

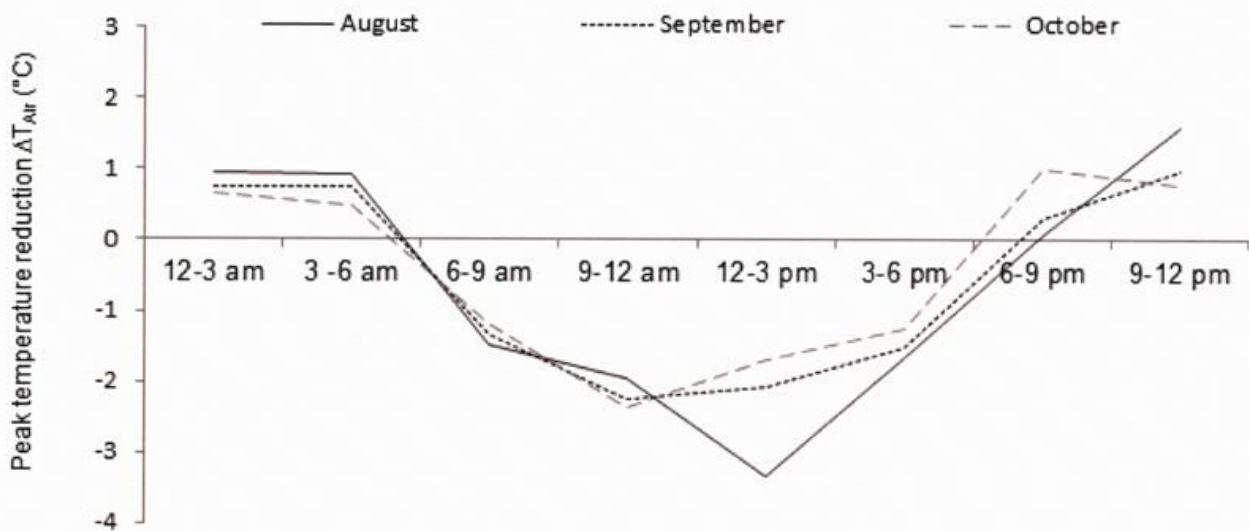


Fig. 1: Daily course of within canopy temperature reductions ΔT_{Air} (centre - rest 3 positions) over the summer, 2015 at different time of the day RAHMAN et al. (2017a)

These findings have direct implications for the radiation energy balance of urban micro-climates. *T. cordata* trees grown at an open square within grass lawns (OGS) showed a 30% higher tree transpiration (E) at mid-day compared to the trees grown at a circular completely paved square (CPS), hence higher transpiration induced an air cooling effect (2.3 kW/tree at OGS compared to 1.9 kW/tree at CPS) (Fig. 2) RAHMAN et al. (2017b). This implies that urban areas with tree plantings in open green squares will increase boundary layer cooling much faster compared to those planted in narrow paved squares. Additionally, we found a significant vertical gradient of air temperature from tree canopy to the ground level RAHMAN et al. (in prep). The magnitude of cooling or warming from the canopy to the ground was significantly related to the tree species and on the paving of

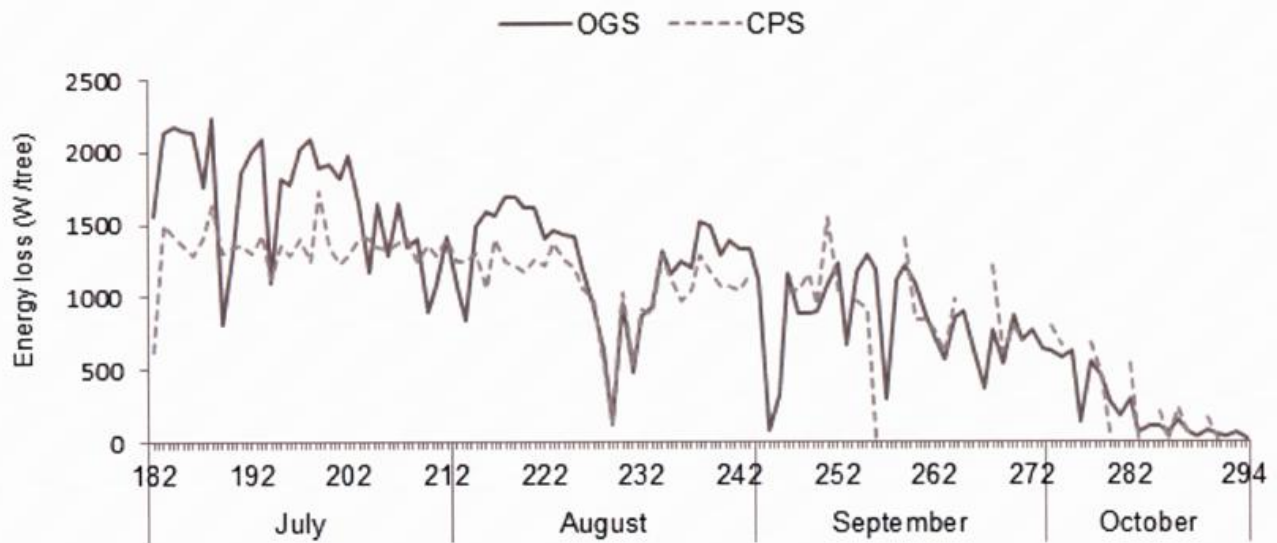


Fig. 2: Average energy loss per tree over the whole day at two sites: OGS (Open square within grass lawns) and CPS (circular completely paved square) during July, August, September and October, 2015 RAHMAN et al. (2017b)

surfaces. With higher leaf area index and growth rate, the diffuse porous species *T. cordata* showed almost three times higher E compared to the ring porous species *R. pseudoacacia*. Surprisingly the air temperature at 1.5 m height from the ground was significantly cooler under *R. pseudoacacia* than under *T. cordata* trees (RAHMAN et al., under review). This was mainly due to the sensible heat flux exchange from the much exploited soil under the *T. cordata* trees compared to the almost moisture saturated soil under *R. pseudoacacia* trees. The study greatly improved our knowledge of the biophysical control of the whole tree transpiration hence cooling in the urban environment to be used in climate models and optimizing the human thermal comfort at outdoor urban environment.

References:

- RAHMAN, M.A., MOSER, A., RÖTZER, T., PAULEIT, S., 2017a. Within canopy temperature differences and cooling ability of *Tilia cordata* trees grown in urban conditions. *Building and Environment*, **114**: 118-128.
- RAHMAN, M.A., MOSER, A., RÖTZER, T., PAULEIT, S., 2017b. Microclimatic differences and their influence on transpirational cooling of *Tilia cordata* in two contrasting street canyons in Munich, Germany. *Agricultural and Forest Meteorology*, **232**: 443-456.
- RAHMAN, M.A., MOSER, A., RÖTZER, T., PAULEIT, S.: Below-canopy surface and air cooling effect of two contrasting tree species in urban street conditions, under review.
- RAHMAN, M.A., MOSER, A., RÖTZER, T., BRAEHLER, A., PAULEIT, S.: Vertical air cooling under the shade of two contrasting urban street tree species, in prep.

Keywords: Urban heat island; microclimatic regulation; air cooling; surface cooling; energy balance; tree transpiration; vertical gradient of air temperature; sensible heat

Wachstum und Umweltleistungen von Stadtbäumen unter veränderten Klimaverhältnissen – eine Simulationsstudie für süddeutsche Großstädte

Thomas Rötzer, Hans Pretzsch, Astrid Moser

Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, Technische Universität München, Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2, 85354 Freising (Deutschland))

Angesichts des Klimawandels ist die Reaktion von Stadtbäumen auf eine sich rasch ändernde Umwelt von hoher Relevanz für künftige Grünplanungen. Als wesentlicher Bestandteil der städtischen Freiräume können Stadtbäume das Klima eines Standorts positiv beeinflussen. Ihre Kronen spenden Schatten, die Blätter verdunsten Wasser und kühlen so die Luft. Bäume fixieren Kohlendioxid, geben Sauerstoff ab und können den Wasserabfluss reduzieren. Die Höhe dieser Umweltleistungen ist jedoch vom Baum selbst wie auch von der Umgebung, d.h. vor allem von den kleinklimatischen Bedingungen (Grad der Versiegelung, Strahlungssumme, etc.) abhängig.

Neben dem Wachstum sind vor allem die Funktionen und Leistungen von Stadtbäumen in letzter Zeit in den Fokus der Forschung wie auch der öffentlichen Aufmerksamkeit gerückt. Sie können wie folgt zusammengefasst werden nach MOSER et al. (2017):

- Bereitstellung von Holz und Biomasse
- Kohlendioxidfixierung und Sauerstofffreisetzung
- Abkühlungsleistung durch Verdunstung und Beschattung
- Niederschlagsabflussminderung
- Windschutz
- Lärminderung
- Erhöhung der Lebensqualität, Erholungsfunktion, Ästhetik
- Verbesserung der Luftqualität, Feinstaubausfilterung
- Erhöhung der Biodiversität durch Schaffung von Lebensräumen für Tiere und Pflanzen

Die Quantifizierung der einzelnen Funktionen und Umweltleistungen in Abhängigkeit der Umgebungsbedingungen sowie in Bezug auf Baumart, Baumstruktur und Baumalter und deren Einfluss auf das Standortsklima, ist jedoch noch weitgehend ungeklärt.

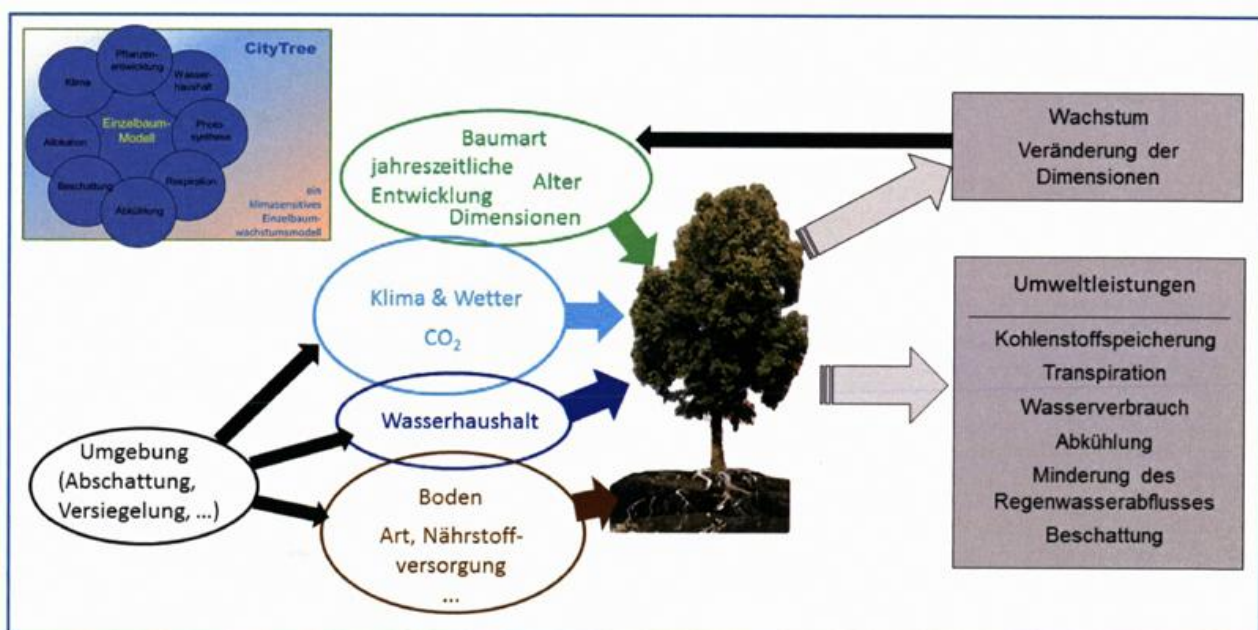


Abb. 1: Schema des ökophysiologischen Einzelbaumwachstumsmodells CityTree

Anhand von Modellen, die auf physikalischen, chemischen und biologischen Prozessen beruhen, kann das Wachstum einer Pflanzenart anhand ihrer Standortsbedingungen und ihrer Dimension berechnet werden. Solche ökophysiologischen oder prozess-orientierten Wachstumsmodelle existieren jedoch bisher lediglich für Waldbestände FONTES et al. (2010), WATT and KIRSCHBAUM (2011). Modelle für Stadtbäume fehlen dagegen weitgehend oder können nicht für Mitteleuropa angewendet werden. Denn Modelle wie z.B. iTree beruhen auf empirischen Annahmen z.B. MCHALE et al. (2009), MCPHERSON & PEPER (2012), YANG et al. (2015), ZHENG (2003), deren Übertragbarkeit auf andere Regionen und Baumarten schwierig ist. Für deutsche Städte existieren Ansätze zur Modellierung der Kohlenstoffspeicherung von Stadtbäumen VONDERACH (2010), oder empirische Modellierungsansätze MOSER et al. (2015).

Anhand des neu entwickelten prozess-orientierten Modells CityTree können das Wachstum und die Umweltleistungen von Einzelbäumen in ihrem städtischen Umfeld simuliert werden (Abb.1). Das Modell ist modular aufgebaut und beinhaltet die Berechnung der Photosynthese HAXELTINE and PRENTICE (1996), des Wasserhaushalts RÖTZER et al. (2004) und des Wachstums im Jahresablauf sowie die Berechnung von Umweltleistungen (z.B. Abkühlungsleistung durch Transpiration, Schattenspende). Neben Ergebnissen zur Modelvalidierung werden erste Simulationsläufe von ausgewählten Baumarten für süddeutsche Großstädte unter gegebenen und möglichen künftigen Klimabedingungen gezeigt (Abb. 2) und diskutiert.

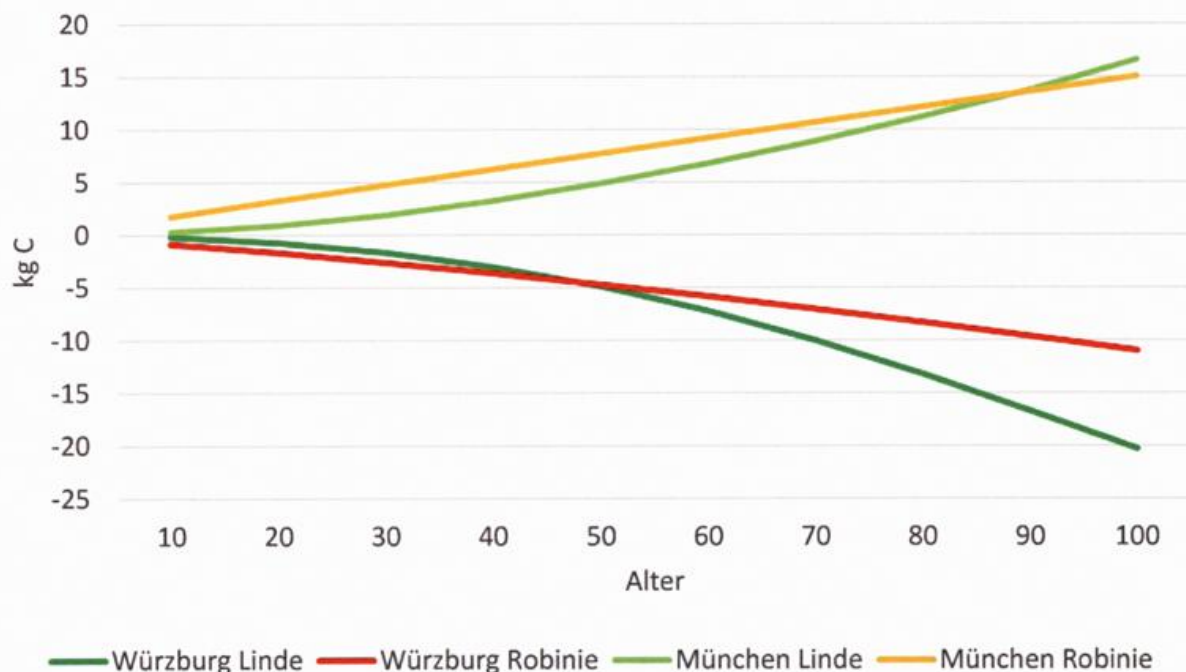


Abb. 2: Veränderung des Wachstums (Kohlenstoffspeicherung pro Baum) von Linde und Robinie in zwei Städten Süddeutschlands unter veränderten Klimabedingungen (Szenarium A1B 2071-2100; WettReg vs. 1985-2014)

Literatur:

FONTES, L., BONTEMPS, J.D., BUGMANN, H., VAN OIJEN, M, GRACIA, C., KRAMER, K., LINDNER, M., RÖTZER, T., SKOVSGAARD, J.P., 2010: Models for supporting forest management in a changing environment. *Forest Systems* **19**, 8-29.
HAXELTINE A, PRENTICE I.C., 1996: A general model for the light use efficiency of primary production by terrestrial ecosystems. *Funct. Ecol.* **10**, 551-561.
MCHALE, M.R., BURKE, I.C., LEFSKY, M.A., PEPER, P.J., MCPHERSON, E.G., 2009: Urban forest biomass estimates: is it important to use allometric relationships developed specifically for urban trees? *Urban Ecosystems* **12**, 95-113.
MCPHERSON, E.G., PEPER, P.J., 2012: Urban tree growth modeling. *Arbore & Urban For* **38**, 172-180.
MOSER, A., RÖTZER, T., PAULEIT, S., PRETZSCH, H., 2015: Structure and ecosystem services of small-

- leaved lime (*Tilia cordata* Mill.) and black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in urban environments. *Urban Forestry & Urban Greening*, **14**(4), 1110-1121.
- MOSER, A., RÖTZER, T., PAULEIT, S., PRETZSCH, H., 2017: Stadtbäume: Wachstum, Funktionen und Leistungen – Risiken und Forschungsperspektiven. (AFJZ, unter Review).
- RÖTZER, T., DITTMAR, C., ELLING, W., 2004: A model for site specific estimation of the actual soil water content and the evapotranspiration in forest ecosystems. *J. Environmental Hydrology* **12**/7, 1-14.
- VONDERACH, C., 2010: Terrestrial Laser Scanning for Estimating Urban Tree Volume and Carbon Content, Karlsruhe Institute of Technology, Institute for Geography and Geoecology, unveröff., 110 S.
- WATT, M.S., KIRSCHBAUM, M.U.F., 2011: Moving beyond simple linear allometric relationships between tree height and diameter. *Ecological Modelling* **222**, 3910-3916.
- YANG, J., PEDLAR, J.H., MCKENNEY, D.W., WEERSINK, A.J., 2015: The development of universal response functions to facilitate climate smart regeneration of black spruce and white pine in Ontario, Canada. *Forest Ecology and Management* **339**, 34–43.
- ZHENG, B., 2003: Aboveground biomass partitioning and leaf development of Chinese subtropical trees following pruning. *Forest Ecology and Management* **173**, 135-144.

Schlüsselwörter: Linde, Robinie, Ökophysiologisches Modell, Transpiration, Kohlenstofffixierung, Niederschlagsabfluss

Der Einfluss von Trockenheitstoleranz auf die mikroklimatisch wirksamen Ökosystemleistungen von Straßenbaumarten und -sorten

Laura Stratopoulos¹, Swantje Duthweiler¹, Stephan Pauleit²

¹Pflanzenverwendung, Fakultät Landschaftsarchitektur, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (Deutschland)

²Lehrstuhl für Strategie und Management der Landschaftsentwicklung, Technische Universität München (Deutschland)

Vorteile, die Menschen von urbanen Ökosystemen beziehen, erfahren eine zunehmende Wertschätzung und werden unter dem Begriff Ökosystemleistungen untersucht. Die Regulation des städtischen Mikroklimas ist eine dieser Leistungen; gemeint ist das Potenzial von Vegetation und insbesondere Bäumen, Hitzebelastungen durch Evapotranspiration und Verschattung zu verringern siehe z.B. ARMSON (2012); GILLNER et al. (2015). Gleichzeitig stellt der Klimawandel aber auch erhöhte Anforderungen an die Trockenheitstoleranz von Stadtbäumen – insbesondere am Extremstandort Straße ROLOFF (2013). Aktuell werden daher intensiv neue, z. T. gebietsfremde Arten und Sorten getestet, denen man eine erhöhte Trockenheitstoleranz zuschreibt. Die sie zu hierzu befähigenden Eigenschaften (z. B. erhöhte stomatäre Regulation der Wasserverluste) können jedoch eine geringere Biomasseproduktion CHAPIN et al. (1993) und einen eingeschränkten Wasserverbrauch implizieren LÖSCH (2001). Im Hinblick auf die künftige Baumartenwahl für den Standort Straße wird folglich der Frage nachgegangen, ob sich Trockenheitstoleranz negativ auf die mikroklimatisch wirksamen Ökosystemleistungen auswirken kann, welche von der Biomasseproduktion und der Verdunstung abhängen.

Vorgelegt werden die Ergebnisse einer zweijährigen (2016 und 2017) Messkampagne in der städtischen Baumschule München-Laim, bei der Wassernutzung und Wassernutzungseffizienz, Blattflächenindex und -dichte und das Stammdickenwachstum von sechs häufigen Straßenbaumarten und -sorten gemessen wurden, denen aufgrund ihrer Herkunft aus kontrastierenden Habitaten unterschiedliche Grade der Trockenheitstoleranz zugeschrieben werden: *Acer platanoides*, *Carpinus betulus* 'Fastigiata' und *Tilia cordata* 'Greenspire' wurden verglichen mit *Acer campestre*, *Ostrya carpinifolia* und *Tilia tomentosa* 'Brabant', wobei die letzteren in ihren Habitaten häufiger Wassermangel ausgesetzt sind.

Bei den Arten und Sorten aus trockeneren Habitaten wurden im ersten Versuchsjahr 1,24-fach höhere Maximalwerte des täglichen Xylemflusses, bis zu sieben-fach höhere Wachstumsraten und – in Folge beider ersteren – eine höhere Wassernutzungseffizienz ermittelt. Standardisiert auf die Blattfläche waren ihre mittleren Transpirationsmengen jedoch niedriger (0,21 und 0,31 kg H₂O m⁻² Tag⁻¹). Darüber hinaus zeigte sich bei den Arten und Sorten aus trockeneren Habitaten eine höhere Flexibilität im Wasserverbrauch in Reaktion auf sich verändernde Wetterbedingungen mit deutlich eingeschränkter Transpiration im trockenen Spätsommer, aber einer umso höheren Kapazität für Wachstum und Transpiration unter günstigeren Bedingungen im Früh- und Hochsommer. Die vorläufigen Ergebnisse zeigten, dass Trockenheitstoleranz zu Lasten der mikroklimatisch wirksamen Ökosystemleistungen gehen kann, wobei die Kronengröße und die Menge der transpirierenden Blattfläche nach wie vor die wichtigsten Einflussgrößen für Unterschiede zwischen Arten und Sorten hinsichtlich ihres Wasserverbrauches sind. Im zweiten Versuchsjahr (2017) werden die beobachteten Tendenzen umfangreicher über eine gesamte Vegetationsperiode untersucht; selbst gebaute Regenausschlusskonstruktionen sollen dabei helfen, starken Trockenstress unabhängig von der Wetterlage bei 50% der Individuen zu induzieren. Von diesem Versuch erwartet werden wichtige Erkenntnisse zum Verhalten der einzelnen Arten und Sorten unter starker Trockenheit und somit einer potenziell künftigen Wuchssituation im Straßenraum, die durch den Klimawandel hervorgerufen werden kann.

Literatur:

ARMSON, D., 2012: The Effect of Trees and Grass on the Thermal and Hydrological Performance of an Urban Area. University of Manchester, Doktorarbeit.

CHAPIN III, F.S., AUTUMN, K., PUGNAIRE, F., 1993: Evolution of Suites and Traits in Response to Environmental Stress. *The American Naturalist* **142**, 78–92.

GILLNER, S., VOGT, J., THARANG, A., DETTMANN, S., ROLOFF, A., 2015: Role of street trees in mitigating effects of heat and drought at highly sealed urban sites. *Landscape and Urban Planning* **143**, 33–42.

LÖSCH, R., 2003: Wasserhaushalt der Pflanzen. Wiebelsheim.

ROLOFF, A.R., 2013: Stadt- und Straßenbäume der Zukunft – welche Arten sind geeignet? In Roloff, A.R., Thiel, D.T., Weiß, H.W. (eds.) Aktuelle Fragen der Stadtbaumplanung, -pflege und -verwendung. *Forstwissenschaftliche Beiträge Tharandt Beiheft*. **14**, 173–187.

Schlüsselwörter: Klimawandel, Kühlwirkung, Stadtbäume, Trockenheitstoleranz, Wassernutzungseffizienz, Xylemfluss

Einfluss von Bäumen, Fassaden- und Dachbegrünung auf die Hitzebelastung in Innenräumen – mikroskaliges numerisches Experiment

Robert von Tils

Institut für Meteorologie und Klimatologie, Leibniz Universität Hannover (Deutschland)

In Industrieländern verbringen Menschen im Durchschnitt die meiste Zeit in Innenräumen. Während des Sommers sind sie in Deutschland zu 79 % und in Nordamerika zu 90 % ihrer Zeit drinnen KRAUSE et al. (1998) und LEECH et al. (2000). Aus diesem Grund ist es besonders wichtig in Innenräumen für ein akzeptables Klima zu sorgen, dies geschieht auch in Deutschland mit steigender Tendenz mittels Klimaanlage POUT et al. (2009).

Urbane Begrünung kann einen positiven Effekt auf das lokale Klima haben, insbesondere im Sommer, wenn dadurch Temperaturmaxima geringer ausfallen GILL et al. (2007) und KUTTLER (2011). Die Effekte von solchen Grünelementen können mit dreidimensionalen mikroskaligen meteorologischen Modellen untersucht werden, zum Beispiel ENVI-met BRUSE et al. (1998) oder ASMUS GROSS (2012). Fassaden-, Dachbegrünung und Bäume haben auch einen Effekt auf das Innenraumklima und können beispielsweise die Temperatur und Hitzebelastung im Sommer verringern HOEPPE (1991) und CALCERANO et al. (2016).

Das Modell ASMUS simuliert neben der dreidimensionalen Wind- und Temperaturverteilung die Oberflächentemperaturen in einem Stadtviertel und des Weiteren auch den Einfluss auf die Temperaturen im Innenraum und wieviel Energie eine ideale Klimaanlage zur Aufrechterhaltung einer bestimmten Temperatur aufwenden muss. Simulationsergebnisse des Modells für den Innenraum wurden für ausgewählte Wetterszenarien mit Labormessdaten verglichen und verschiedene Begrünungsszenarien simuliert. Es zeigt sich für ein Beispielgebäude, dass Gebäudebegrünung an einem Sommertag dafür sorgen kann, dass bis zu 16 % weniger Energie zum Kühlen aufgewendet werden muss und beschattende Bäume sogar die Hitzebelastung in Innenräumen um 34 % reduzieren VON TILS (2017).

In dieser Studie wird mittels Daten von Testreferenzjahren für mittlere und extreme Witterungsverhältnisse eine mehrmonatige Sommerperiode mikroskalig in einem ideellen Stadtviertel simuliert und der Einfluss von Bäumen, sowie Fassaden- und Dachbegrünung auf die Innenraumtemperaturen und die Hitzebelastung für ein Beispielgebäude untersucht. Indem realistische Witterungsperioden als Modellantrieb genutzt werden und die mikroskalige urbane Situation vom Modell berücksichtigt wird kann z.B. der Einfluss von trockeneren Witterungsperioden auf die Verdunstung und damit Wirkung der Gebäudebegrünung und die Wärmespeicherfähigkeit und Dämmung von Gebäuden besser untersucht werden.

Literatur:

- KRAUSE, C., SCHULZ, C., 1998: Aufenthaltszeiten der deutschen Bevölkerung im Innenraum, im Freien, im Straßenverkehr, *Umweltmed. Forsch. Praxis* **3**, 249 pp.
- LEECH, J. A., BURNETT, R., NELSON, W., AARON, S. D., RAIZENNE, M., 2000: Outdoor air pollutant epidemiologic studies, *American Journal of Respiration and Critical Care Medicine* **161**(3), A308.
- POUT, C., Hitchin, E. R., 2009: Future environmental impacts of room air-conditioners in Europe, *Build. Res. Inf.* **37**, 358-368.
- GILL, S. E., HANDLEY, J. F., ENNOS, A. R., PAULEIT, S., 2007: Adapting cities for climate change: The role of green infrastructure, *Building Environ.* **33**, 115-133.
- KUTTLER, W., 2011: Climate change in urban areas, Part 1, Effects, *Environmental Science Europe (ESEU)* – Springer open 1-12.
- BRUSE, M., FLEER, H., 1998: Simulating surface-plant-air interactions inside urban environment with a tree dimensional numerical model, *Environ. Modell. Softw.* **13**, 374-384.
- GROSS, G., 2012: Effects of different vegetation on temperature in an urban building environment. Micro-scale numerical experiments, *Meteorologische Zeitschrift* **21**, 399-412.
- HOEPPE, P., 1991: Improving Indoor Thermal Comfort by Changing Outdoor Conditions, *Energy and Building* **15-16**, 743-747.

CALCERANO, F., MARTINELLI, L., 2016: Numerical optimization through dynamic simulation of the position of trees around a stand-alone building to reduce cooling energy consumption, *Energy and Buildings* **112**, 234-243.

VON TILS, R., 2017: Effect of trees and greening of buildings on the indoor heating and cooling load – micro-scale numerical experiment, *Journal of Heat Island Institute Internationale* (accepted).

Schlüsselwörter: Innenraumklima, Bäume, Fassadenbegrünung, Dachbegrünung

Jahreszeitliche Unterschiede im Blattflächenindex von Stadtbäumen als Grundlage zur Bewertung ihrer klimaregulierenden Leistungen

Teresa Zölch¹, Astrid Moser², Stephan Pauleit¹, Thomas Rötzer²

¹Technische Universität München, Lehrstuhl für Strategie und Management der Landschaftsentwicklung (Deutschland)

²Technische Universität München, Lehrstuhl für Waldwachstumskunde (Deutschland)

Für die Anpassung von urbanen Räumen an die Auswirkungen des zukünftigen Klimawandels können Stadtbäume eine wirksame Maßnahme sein. Durch ihre Verschattungs- und Verdunstungsleistungen wirken sie regulierend auf das urbane Mikroklima und vermindern so ein Überhitzen des Außenraums während Hitzeereignissen, v.a. während strahlungsintensiver und austauscharmer Wetterlagen im Sommer. Der positive Beitrag von Stadtbäumen zur Klimaregulation im Sommer wird bereits von vielen Studien belegt e.g. HALL et al. (2012); RAHMAN et al. (2017); ZÖLCH et al. (2016), dennoch gibt es bisher wenig Informationen zur Regulationsleistung von Stadtbäumen in den anderen Jahreszeiten KONARSKA et al. (2014); SJÖMAN et al. (2016). Für die Darstellung und Modellierung der Leistungen von Bäumen in Frühjahr, Herbst und Winter sind jedoch Daten zur Belaubung verschiedener Baumarten und den daraus folgenden Unterschieden im Blattflächenindex nötig. Der Blattflächenindex ist einer der wichtigsten Parameter zur Quantifizierung von Verschattungs- und Verdunstungsleistungen.

Diese Studie trägt zur Schließung dieser Wissenslücke bei, indem sie den Blattflächenindex für zwei häufige Stadtbaumarten – *Tilia cordata* Mill. und *Robinia pseudoacacia* L. – jeweils im belaubten und unbelaubten Zustand erfasst. Dazu werden hemisphärische Fotografien von ca. 400 Stadtbäumen an verschiedenen Standorten (Straße, Platz, Park) in München und Würzburg aus dem Sommer- und aus dem Winterhalbjahr ausgewertet und verglichen (Abb. 1). Für die Auswertung wird das Programm WinSCANOPY herangezogen vgl. MOSER et al. (2015). Die Ergebnisse zeigen die Unterschiede zwischen den beiden Baumarten, den verschiedenen Standorten und v.a. den beiden Belaubungszuständen auf. Sie können so als Inputdaten für Mikroklimasimulationen zur Quantifizierung der regulierenden Ökosystemleistungen von Stadtbäumen eingesetzt werden und verbessern die verfügbare Datengrundlage zum Zustand von Stadtbäumen.



Abb. 1: Hemisphärische Fotografie einer *Robinia pseudoacacia* L. in Würzburg, links im belaubten Zustand und rechts im unbelaubten Zustand

Literatur:

- HALL, J. M., HANDLEY, J. F., & ENNOS, A. R., 2012: The potential of tree planting to climate-proof high density residential areas in Manchester, UK. *Landscape and Urban Planning*, **104**(3–4), 410-417. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.11.015>
- KONARSKA, J., LINDBERG, F., LARSSON, A., THORSSON, S., & HOLMER, B., 2014: Transmissivity of solar radiation through crowns of single urban trees—application for outdoor thermal comfort modelling. *Theoretical and Applied Climatology*, **117**(3), 363-376. doi: [10.1007/s00704-013-1000-3](https://doi.org/10.1007/s00704-013-1000-3)
- MOSER, A., RÖTZER, T., PAULEIT, S., & PRETZSCH, H., 2015: Structure and ecosystem services of small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.) and black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in urban environments. *Urban Forestry & Urban Greening*, **14**(4), 1110-1121. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2015.10.005>
- RAHMAN, M. A., MOSER, A., RÖTZER, T., & PAULEIT, S., 2017: Microclimatic differences and their influence on transpirational cooling of *Tilia cordata* in two contrasting street canyons in Munich, Germany. *Agricultural and Forest Meteorology*, **232**, 443-456. doi: <http://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.10.006>
- SJÖMAN, J. D., HIRONS, A., & SJÖMAN, H., 2016: Branch Area Index of Solitary Trees: Understanding Its Significance in Regulating Ecosystem Services. *Journal of Environmental Quality*, **45**(1), 175-187. doi: [10.2134/jeq2015.02.0069](https://doi.org/10.2134/jeq2015.02.0069)
- ZÖLCH, T., MADERSPACHER, J., WAMSLER, C., & PAULEIT, S., 2016: Using green infrastructure for urban climate-proofing: An evaluation of heat mitigation measures at the micro-scale. *Urban Forestry & Urban Greening*, **20**, 305-316. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2016.09.011>

Schlüsselwörter: Mikroklimamodellierung, regulierende Ökosystemleistungen, urbane Klimaanpassung

4.2 Poster

Klimadaten auf Quartiersebene als Grundlage für die hitzeresiliente Stadtentwicklung in Dresden und Erfurt

Valeri Goldberg, Astrid Ziemann, Christian Bernhofer

Technische Universität Dresden, Professur für Meteorologie, PF 1117, 01735 Tharandt (Deutschland)

Steigende Wärmebelastung ist eine der markantesten Wirkungen des Klimawandels, v.a in Großstädten IPCC (2012) und stark verdichteten Stadtquartieren. Dabei nimmt die lokalklimatische Wirkung urbaner Freiräume mit der zunehmenden Andauer von Hitzeperioden immer stärker ab, mit zum Teil erheblichen negativen Auswirkungen auf die Lebensqualität der Bewohner/innen in besonders hitzebelasteten Quartieren 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.

In einem geplanten Verbundprojekt soll diese Problemstellung von Wissenschaftlern und kommunalen Vertretern in den Städten Dresden und Erfurt bearbeitet werden. Die Projektbearbeitung wird dabei in enger Kooperation mit kommunalen Wohnungsunternehmen, den kommunalen Stadtwerken und privaten Energieunternehmen erfolgen.

Die Aufgabe des Teilprojektes der TU Dresden besteht darin, ein quartiersbezogenes Downscaling regionaler Klimaprojektionsdaten für Dresden und Erfurt auf Basis von empirischen Beziehungen zwischen Stadtstrukturparametern und Klimagrößen durchzuführen. Dazu werden Daten des dynamischen Regionalmodells Cosmo-CLM (Deutscher Wetterdienst) bzw. regionalisierte Stationsdaten (REKIS) in den Zeitscheiben für Gegenwart (1981-2010, Antrieb mit Reanalysedaten ERA-interim) und die Zukunft (2021-50, IPCC-Klimaprojektion RCP8.5) für Dresden und Erfurt aufbereitet. Auf Basis dieser Daten werden rasterbasierte mittlere und extreme Referenz-Sommer für Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft für die betrachteten Quartiere und das Umland abgeleitet, die als Input für die Anwendungen im Verbundprojekt zur Verfügung stehen.

Über statistische Ansätze, basierend auf erprobten Literaturansätzen sowie mit mikroskaligen Modellrechnungen (ENVI-met, SOLWEIG) wird der Stadteffekt in den Klimadaten berücksichtigt. Zunächst werden die Daten mit einem stadt-spezifischen Wärmeinsel-Wert beaufschlagt. Zusätzlich werden quartiers-spezifische Modifikationen des Wärmeinsel-Wertes abgeleitet, abhängig von der Topographie sowie der aktuellen und zukünftigen Verteilung von Stadtstrukturparametern (z.B. Sky View Faktor, Gebäudehöhe, Straßenbreite, Versiegelungsgrad).

Für die Bewertung der Auswirkung geänderter Stadtplanungsansätze (z.B. Verdichtung, Änderung Grünflächenanteil) auf die bioklimatischen Bedingungen wird die thermische Exposition der Quartiersbewohner unter sommerlichen Hitzebedingungen mittels Indizes (PET, UTCI) unter Nutzung der mikroskaligen Modelle bestimmt. Die Simulationsdaten werden mit Messungen überprüft und stehen für Anwender im öffentlichen und sonstigen nicht-kommerziellen Bereich frei zur Verfügung.

Als Ergebnis des Teilprojektes der TUD steht eine anwendungsorientierte, räumlich differenzierte Klimadatenbasis für Stadtplanung und Quartiersmanagement (regional bis kleinräumig) in Dresden und Erfurt zur Verfügung. Die entwickelten statistischen Ansätze ermöglichen eine Anwendung des modularen Downscaling-Verfahrens auf Quartiere und Städte mit ähnlichen klimatischen und raumstrukturellen Eigenschaften. Das gilt auch für urbane Strukturen in wesentlich größeren Städten oder in kleineren Gemeinden, die daher auch weitere potentielle Anwender sind.

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

Literatur:

IPCC (2012): Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. *A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA: 582 pp.

Schlüsselwörter: Klimaanpassung, Hitzewirkung, Stadtteilklima, Klimaresilienz

5 Klimarisiken, Klimaschutz und Anpassung

5.1 Vorträge

Soziologische Aspekte der Wettersteuerung

Manfried Heinrich

TÜV Nord e.V. Hamburg (Deutschland)

In seinem Buch „Summa Technologiae“ hat LEM (1976) festgestellt, dass den soziologischen Entwicklungen technologische vorausgehen. Ein Beispiel dafür ist die Überwindung der Kleinstaaterei in Deutschland durch die Entwicklung der Eisenbahn. Nur selten denken Schöpfer neuer Technologien über deren Auswirkungen nach. Aber wir Meteorologen müssen das. Die fortschreitende Erderwärmung erzwingt technischen Maßnahmen zur Abwendung klimabedingter Schäden: Das Abschatten von solarer Einstrahlung kommt aus zwei Gründen nicht in Frage: 1. Manipulationen am oberen Rand der Atmosphäre sind nicht reversibel. 2. Jede Reduzierung der Einstrahlung setzt in linearer Abhängigkeit die Produktion von Biomasse durch Photosynthese herab und verschärft den Hunger in der Welt. Es muss eine prinzipiell anderer Weg beschritten werden: Zurzeit läuft der Transport von Wärme aus dem tropischen Bereich in die nördlichen Breiten in einem chaotischen System ab. Als einziger Ausweg wetterbedingte Katastrophen zu lindern oder zu vermeiden bleibt nur, dieses System zu ordnen. Selbstverständlich können dabei politische Grenzen nicht berücksichtigt werden. Außerdem darf die Verteilung von z. B. Niederschlag nur von objektiver Bedürftigkeit bestimmt werden. Der Weg dahin ist in doppelter Hinsicht steinig: 1. Die meteorologische Forschung muss ein Konzept zur Steuerung des Wetters liefern. Hierzu wird ein Ansatz skizziert. 2. Auf der politischen Ebene muss eine weltumspannende Institution geschaffen werden, die das Wetter nach objektiven Kriterien steuert. Letzteres ist sicherlich der schwierigere Teil und wird nicht ohne Konflikte ablaufen. Aber die Geschichte hat gezeigt, dass der Zusammenschluss zu größeren Einheiten letztlich die Lebensbedingungen aller verbessert. Es ist klar, dass eine globale Wettersteuerung den Höhepunkt aber auch den Abschluss der meteorologischen Forschung einleitet. Aber wir sollten bereit sein, unser Arbeitsgebiet dem Überleben der Menschheit zu opfern.

Literatur:

LEM, S., 1976: Summa technologiae. Insel Verlag, Frankfurt Main, ISBN 978-3458050216.

HEINRICH, M., 2017: Das Wetter wird gesteuert. BOOKS on DEMAND, ISBN 978-3743135635.

Schlüsselwörter: climate change, warming, geoengineering, meteorology, ethik, social life

Urbane Ökologie und Biodiversität: Ein Konzept zur Förderung der Beurteilungs- und Handlungskompetenz von Schüler/-innen in Bezug auf Klimawandelfolgen und nachhaltige Anpassungsstrategien

Lena Neumann¹, Alexander Siegmund^{1, 2}

¹Research Group for Earth Observation (rgeo) - Abteilung für Geographie, Pädagogische Hochschule Heidelberg (Deutschland)

²Heidelberg Center for the Environment (HCE) & Geographisches Institut, Universität Heidelberg (Deutschland)

Der Klimawandel stellt momentan eine der größten ökologischen und sozialen Herausforderungen dar. Insbesondere Städte, in denen 2015 72,4% der Bevölkerung der EU lebten (EUROPÄISCHE KOMMISSION (2015)), sind wegen ihrer exponierten Lage vom Klimawandel betroffen. Da die Temperatur in urbanen Gebieten aufgrund des städtischen Wärmeinseleffekts um bis zu 4 °C höher ist als im ruralen Umland, wirkt sich der im Zuge des Klimawandels erwartete Temperaturanstieg hier besonders stark aus. Folgen der erhöhten Temperatur sind bspw. hitzebedingte Gesundheitsrisiken sowie eine Verschiebung der phänologischen Phasen der Stadtvegetation. Die Auswirkungen der mit dem Klimawandel einhergehenden Zunahme von Extremwetterereignissen wie Starkniederschlägen und Dürren sind ebenfalls in dicht besiedelten Gebieten besonders deutlich zu spüren. Aufgrund der Vielzahl versiegelter Flächen im urbanen Raum kommt es bei Starkniederschlägen häufig zu Hochwasser, da das Wasser nicht in die Erde sickern kann. Während Dürrephasen wiederum führt die geringe Wasserspeicherkapazität städtischer Flächen zum Austrocknen der urbanen Vegetation, wenn diese nicht künstlich bewässert wird (BBSR (2015)).

Bereits heute zeichnen sich viele der genannten Folgen des Klimawandels ab und sind nicht mehr umkehrbar. Als Konsequenz nimmt neben der Mitigation zunehmend auch die Adaption einen größeren Stellenwert in der wissenschaftlichen Forschungsdebatte ein. Da der Klimawandel sich regional unterschiedlich auswirkt, werden derzeit auf kleinräumiger Ebene individualisierte Anpassungsstrategien entwickelt. Für die Umsetzung verschiedenster Anpassungsmaßnahmen ist jedoch das wissenschaftliche Know How alleine nicht ausreichend, sondern auch eine breite Akzeptanz der Maßnahmen in der Bevölkerung notwendig. Deshalb müssen Wege gefunden werden den wissenschaftlichen Diskurs dergestalt aufzubereiten, dass er für verschiedenste Bevölkerungsgruppen zugänglich ist. Eine besondere Bedeutung kommt dabei Jugendlichen als Akteuren von morgen zu. Das DBU geförderte Umweltbildungsprojekt „Klimawandel findet Stadt“ zielt darauf ab, die Beurteilungs- und Handlungskompetenz von Jugendlichen in Bezug auf Klimawandelfolgen und nachhaltige Anpassungsmaßnahmen in Städten auszubauen. An den Standorten Bochum, Trier und Heidelberg werden in diesem Verbundprojekt Module zu den Themen Gesundheit und Risikoprävention, Stadtklima und -planung sowie Stadtökologie und -biodiversität entwickelt.

Innerhalb der Lernmodule wird der Ansatz des forschenden Lernens verfolgt, der darauf abzielt, die selbstständig gewonnenen Erkenntnisse der Jugendlichen für außenstehende Interessierte zugänglich zu machen. Die Vernetzung verschiedener Akteure wird auch in der Modulentwicklung berücksichtigt, in die Schulen, verschiedene Stadtämter und weitere Institutionen involviert sind. Die Module werden in einem methodisch-didaktischen Dreiklang aus Beobachtungs-/Erfahrungsraum (Lebensumfeld Stadt), Experimentierraum (schulischer und außerschulischer Lehr-Lern-Ort) und Handlungsraum (Raum zur gesellschaftlichen und individuellen Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen) entwickelt (siehe Abb.1). Der Erfahrungsraum umfasst eine Arbeitsexkursion ins urbane Umfeld und dient der Generierung von Forschungsfragen und der Hypothesenbildung. Die Erkenntnisgewinnung erfolgt u. a. durch Kartierungen, Messungen verschiedener abiotischer Parameter und gesteuerte Beobachtungen und trägt somit zur Weiterentwicklung der Methodenkompetenz der Schüler/-innen bei. Im Schülerlabor überprüfen die Schüler/-innen an Hand von Experimenten und Modellen die von ihnen im Realraum aufgestellten Hypothesen. Anschließend beurteilen sie die Auswirkungen der untersuchten Klimawandelfolgen und setzen sich mit der Wirksamkeit und Nachhaltigkeit verschiedener Anpassungsstrategien auseinander. Im Handlungsraum setzen die Schüler/-innen konkrete Anpassungsmaßnahmen um oder kommunizieren ihre gewonnenen Erkenntnisse unterschiedlichen Zielgruppen.

Da das Handeln im Realraum realisiert wird, können aus dem Handlungsraum heraus erneut Fragestellungen entstehen, denen wiederum im Laborraum nachgegangen werden kann.

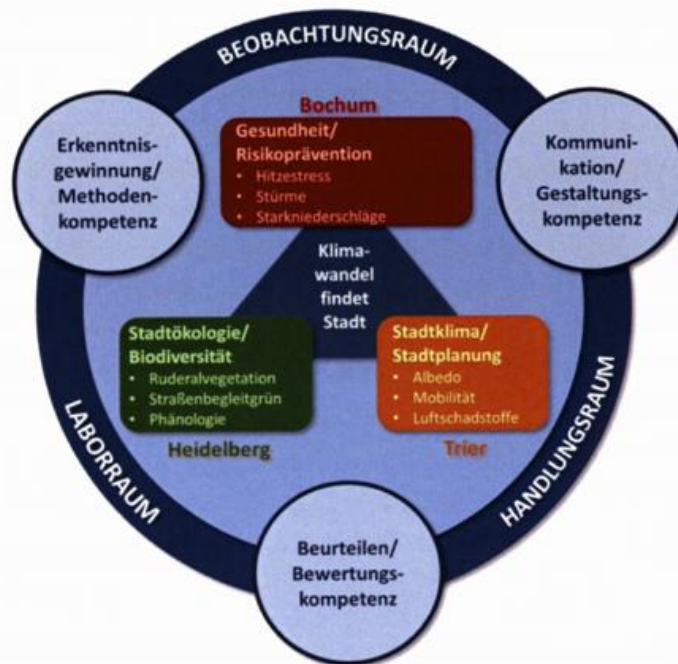


Abb. 1: : Gesamtkonzept des Projekts Klimawandel findet Stadt - Methodisch-didaktischer Dreiklang der Lernmodule

Am Standort Heidelberg werden die Themen Stadtökologie und -biodiversität in drei Modulen zu Ruderalflächen, Straßenbegleitgrün und Phänologie fokussiert. Das BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (2006) prognostiziert einen Rückgang von 5-30 % aller in Deutschland heimischen Tier- und Pflanzenarten, wenn die Temperatur bis zur Jahrhundertwende um weitere 2 °C steigt. Ein Verlust an Biodiversität führt wiederum zu einem weniger stabilen Ökosystem, das vulnerabel für Extremwetterereignisse und Schädlingsbefall ist. Im Lernmodul zur Ruderalvegetation setzen sich die Schüler/-innen mit dem Zusammenhang von Biodiversitätsverlust und Klimawandel auseinander und bewerten das Potential verschiedener städtischer Ruderalflächen zum Erhalt der Artenvielfalt sowie als kühlende Ausgleichsflächen innerhalb urbaner Gebiete. Der allgemeine Temperaturanstieg und längere Trockenperioden im Sommer führen vielerorts zum Trockenstress beim herkömmlichen Straßenbegleitgrün, wenn dieses in den Sommermonaten nicht intensiv künstlich bewässert wird. Insbesondere Stadtbäume beeinflussen ihrerseits wiederum das urbane Mikroklima und können den Klimawandel und seine Folgen abmildern indem sie Schatten spenden, durch Transpiration die Lufttemperatur senken und CO₂ speichern. Im Modul vergleichen die Schüler/-innen verschiedene Stadtbepflanzungen im Hinblick auf Klimaeignung und Nachhaltigkeit, entwickeln selbst ein Konzept zur Gestaltung eines städtischen Grünstreifens und setzen dieses um. Ein Umdenken in der Gestaltung städtischer Grünanlagen ist auch in Bezug auf die Verschiebung der phänologischen Phasen nötig. Aufgrund der Klimaerwärmung treibt die Vegetation früher im Jahr aus, kann aber durch regional auftretende Spätfroste erheblichen Schaden erleiden. Die Schüler/-Innen messen den Einfluss verschiedener abiotischer Faktoren auf die phänologischen Phasen und untersuchen die Auswirkung unterschiedlicher Baumaterialien auf das Pflanzenwachstum. Unter Einbezug ihrer Erkenntnisse planen sie ein klimaangepasstes Beet und realisieren dieses, sofern vorhanden, im Schulgarten.

Die Ausführungen zeigen, dass Stadtökologie und -biodiversität einerseits vom Klimawandel beeinflusst werden, sich ihrerseits aber auch primär und sekundär auf das Stadtklima auswirken. In der Präsentation soll nach einer knappen fachwissenschaftlichen Einführung der Dreiklang der verschiedenen Räume als Möglichkeit der Klimakommunikation beschrieben und an Hand von Modulbeispielen zur Stadtökologie und Biodiversität konkretisiert werden.

Literatur:

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), 2015: Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung. Bonn.

Bundesamt für Naturschutz (BfN), 2006: Biologische Vielfalt und Klimawandel – Gefahren, Chancen, Handlungsoptionen. Online verfügbar unter: <https://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/skript148.pdf> (Stand:29.07.2017)

Europäische Kommission, 2015: Statistiken über europäische Städte. Online verfügbar unter: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Statistics_on_European_cities/de (Stand: 26.07.2017).

Schlüsselwörter: Regionaler Klimawandel, Klimawandelanpassung, Adaption, Stadtklima, Städtische Wärmeinsel, Ökologie, Biodiversität, Ruderalvegetation, Straßenbegleitgrün, Phänologie

Erste Erfahrungen mit einem schwimmenden Eddy Kovarianz Messsystem im Projekt „Treibhausgasemissionen aus Talsperren (TregaTa)“

U. Spank¹, M. Hehn¹, P. S. Keller², M. Koschorreck² und C. Bernhofer¹

¹Technische Universität Dresden, Institut für Hydrologie und Meteorologie, Professur für Meteorologie (Deutschland)

²Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ, Department Seenforschung (Deutschland)

Die von Binnengewässern emittierten Mengen an Kohlenstoffdioxid (CO₂) und Methan (CH₄) sind wichtige aber bislang nur unzureichend berücksichtigte Komponenten in der globalen Treibhausgas (engl. greenhouse gas, GHG) - Bilanz. Talsperren sind dabei auf Grund der verstärkten Sedimentation von organischen Material besondere „Hot Spots“ der GHG-Freisetzung BASTVIKEN et al. (2011); RAYMOND et al. (2013), DEEMER et al. (2016). Die GHG-Emissionen sind dabei zeitlich und räumlich äußerst variabel. Gegenwärtig weiß man recht wenig über die tatsächlichen Emissionen von Talsperren in der gemäßigten Klimazone und die ablaufenden Prozesse werden nur unvollständig verstanden. In unserem kürzlich gestarteten biometeorologischen Projekt TregaTa wollen wir die GHG-Emissionen von zwei deutschen Talsperren - der mesotrophen Rappbode-Talsperre im Harz und der eutrophen Talsperre Bautzen in der Lausitz - durch eine Kombination aus mikrometeorologischen und im Wasserkörper installierter hydro-chemischer Messsysteme untersuchen. Zentraler Forschungsschwerpunkt ist dabei der Aufbau eines Grundverständnisses über die Steuerungsmechanismen der CO₂- und CH₄-Freisetzung und im Besonderen das Verstehen von Einflüssen durch Wasserstands Änderungen, Trophie und meteorologischen Größen. Gleichzeitig sind Messung und Bilanzierung des Energieaustauschs zwischen Atmosphäre und Wasseroberfläche und somit die exakte Quantifizierung der Evapotranspiration zentraler Bestandteil des Projekts. Unser Projekt platziert sich somit in die Schnittstelle zwischen Limnologie, Hydrologie und Mikrometeorologie. Schwerpunkt des meteorologischen Arbeitspakets ist der operationelle Betrieb eines schwimmendes Eddy-Kovarianz- (engl. eddy covariance, EC) Messsystems zur Messung des CH₄- und CO₂-Austauschs sowie des latenten (entspricht dem Energieäquivalent der Evapotranspiration) und fühlbaren Wärmefluss sowie die gleichzeitige kontinuierliche Messung aller Strahlungsbilanzkomponenten und der klassischen meteorologischen Größen (wie Lufttemperatur, Luftfeuchte und Niederschlag) im Footprint der EC-Messung. Es werden die bis dato gewonnenen Messdaten vorgestellt und diskutiert. Es soll ein Eindruck über die speziellen Herausforderungen beim Betrieb einer schwimmenden Messplattform vermittelt werden. So werden u.a. die besonderen Probleme und Lösungsansätze der mikrometeorologischen Messungen über Wasserflächen (z.B. die notwendigen Anpassungen im Messdesign und im EC-Post-Processing) erläutert und diskutiert.

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.

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.

Schlüsselwörter: Eddy Kovarianz, Evapotranspiration, Methan- und Kohlendioxid- Flussmessung, Mikrometeorologische Messungen über Wasseroberflächen, schwimmende Messstation, Stoff- und Energieaustausch

Die Signalstationen der Deutschen Seewarte Hamburg, eine Datenquelle für die Untersuchung von Klimatrends und Extremereignissen an den Küsten von Nord- und Ostsee

Birger Tinz¹, Frauke Feser², Hans von Storch³

¹Deutscher Wetterdienst, Maritime Klimaüberwachung, Hamburg (Deutschland)

²Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Institut für Küstenforschung, Geesthacht (Deutschland)

³Universität Hamburg, Exzellenzcluster CLISAP, Hamburg (Deutschland)

Ein lange Zeit nicht beachtetes Archiv mit Wetteraufzeichnungen, die Daten der Signalstationen der Deutschen Seewarte Hamburg, wird seit einigen Jahren beim Deutschen Wetterdienst digitalisiert (www.dwd.de/DE/leistungen/signalstationen/signalstationen.html). Die Signalstationen (auch Sturmwarnstellen genannt) wurden an den Küsten von Nord- und Ostsee errichtet, um Windwarnungen der Deutschen Seewarte an die Seeschifffahrt und die Küstenbevölkerung zu übermitteln. Unter anderem für die Verifikation dieser Warnungen wurden im Zeitraum 1877-1999 mindestens dreimal täglich Wetteraufzeichnungen durchgeführt und am Monatsende an die Deutsche Seewarte gesandt. Die Daten gingen nicht in die Wetteranalyse ein. Sie wurden bisher auch nicht weiter ausgewertet und stellen damit ein zusätzliches und unabhängiges Archiv mit Wetteraufzeichnungen dar.

Erste Analysen der Daten zeigen, dass die Daten der Signalstationen für die Untersuchung von Sturmfluten an den Küsten von Nord- und Ostsee geeignet sind RÖHRBEIN und GÜTTNER(2015), WAGNER et al. (2016). Die Windbeobachtungen der Signalstationen verdichten das bisher bekannte Messnetz sowohl räumlich als auch zeitlich. Dies wird deutlich bei der Analyse der Sturmfluten in der Deutschen Bucht vom 12. März 1906 sowie am 31. Januar 1913 in der südlichen Ostsee (Abb. 1).

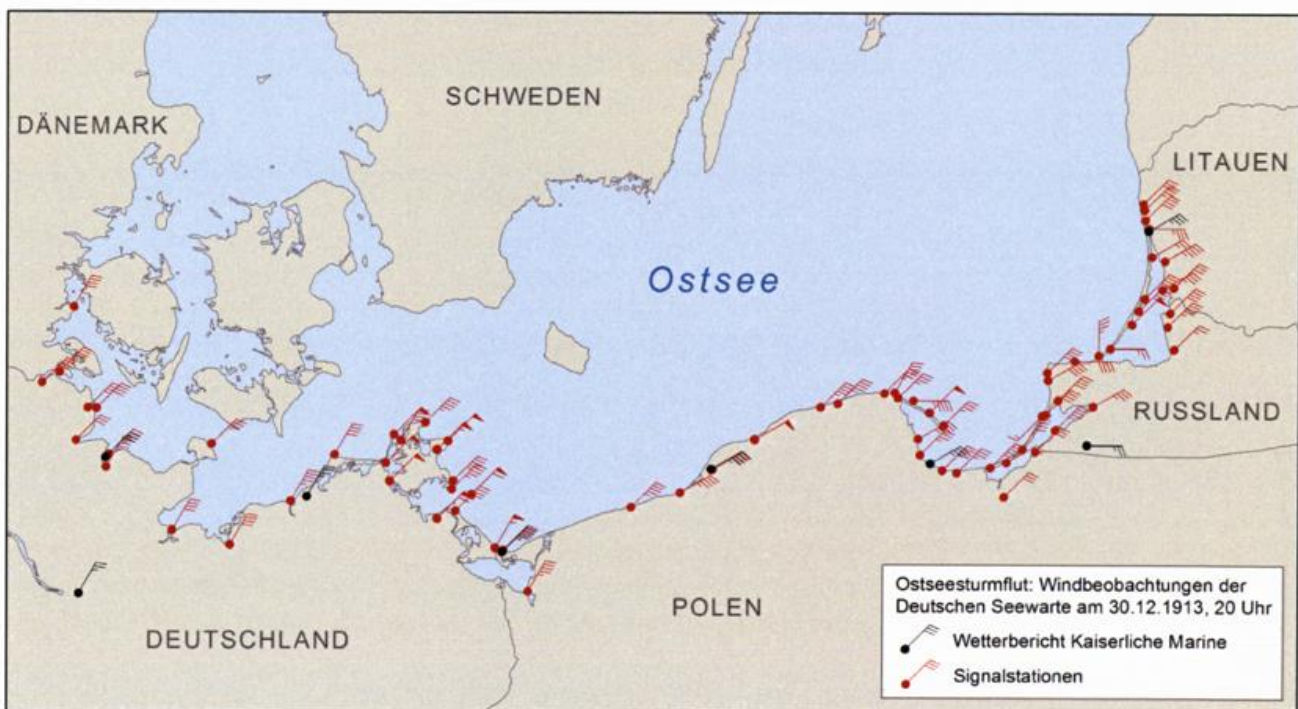


Abb. 1: Windmeldungen der Wetterstation der Deutschen Seewarte von 30.12.1913 20 MEZ und zusätzliche Wettermeldungen von 73 Signalstationen (aus RÖHRBEIN und GÜTTNER 2015)

Eine weitere Anwendung der Daten besteht in der Analyse der Langzeitentwicklung von Windrichtung und -stärke. Die Winddaten der Signalstationen beruhen im gesamten Zeitraum 1877-1999 auf Schätzungen nach der Beaufortskala. Somit sind sie von der Methode her in sich homogen, während lange Windzeitreihen von Wetterstationen auf verschiedenen Methoden beruhen sowie durch Wechsel der Vorschriften oft inhomogen

sind LINDENBERG et al. (2012). Die langen und weitgehend vollständigen Zeitreihen von Travemünde und Schleimünde zeigen ausgeprägte multidekadische Schwankungen (Abb. 2), ähnlich wie dies beim geostrophischen Wind festgestellt wurde SCHMIDT und VON STORCH (1993), DWD (2017).

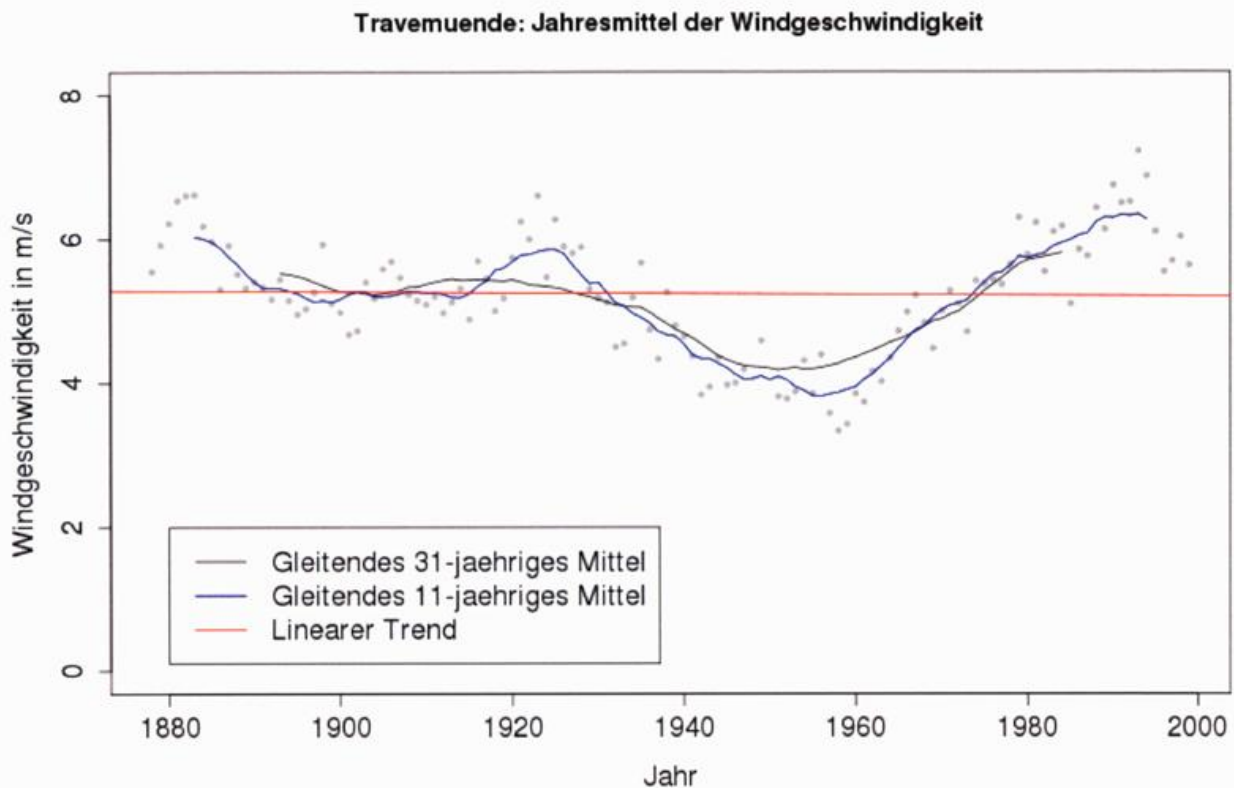


Abb. 2: Jahresmittel der Windgeschwindigkeit (graue Punkte), Gesamttrend (rote Linie) und 11- (blaue Linie) sowie 31-jährige Mittel (schwarze Linie) an der Signalstation Travemünde 1877-1999

Literatur:

DWD 2017: Nationaler Klimareport 2016. Klima – Gestern, heute und in der Zukunft. Eigenverlag des Deutschen Wetterdienstes. 40 S.
 LINDENBERG, J., MENGELKAMP, H.-T., ROSENHAGEN, G., 2012: Representativity of near surface wind measurements from coastal stations at the German Bight. *Meteor. Z.*, **21**, 99-106.
 RÖHRBEIN, D., GÜTTNER, S., 2015: Untersuchung der Ostsee-Silvestersturmflut 1913 mit neu digitalisierten Klimadaten. *Der Wetterlotse* **2/2015**, DWD-Eigenverlag, 17-22.
 SCHMIDT, H., VON STORCH, H., 1993: German Bight storms analyzed. *Nature* **365**, 791.
 WAGNER, D., TINZ, B., VON STORCH, H., 2016: Newly Digitized Historical Climate Data of the German Bight and the Southern Baltic Sea Coast. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* **33**, 2735-2741.

Schlüsselwörter: Signalstation, Deutsche Seewarte Hamburg, Wind, Sturmflut

5.2 Poster

Usutu-Virus bedingtes Vogelsterben in Mitteleuropa: Sind Habitatmodelle geeignet, um Ausbrüche für zukünftige Klimaszenarien vorherzusagen?

Melanie Walter, Katharina Brugger, Franz Rubel

Climate Change and Infectious Diseases Group, Institut für Öffentliches Veterinärwesen, Veterinärmedizinische Universität Wien, Veterinärplatz 1, 1210 Wien (Österreich)

Seit 2001 wird in Mitteleuropa, besonders im Großraum Wien und im Rhein-Main Gebiet, immer wieder Massensterben von Singvögel beobachtet. Diese sind auf Infektionen mit dem Usutu-Virus zurückzuführen. Der Übertragungszyklus des aus den Tropen stammenden Usutu-Virus von Stechmücken auf Vögel wurde erstmals von RUBEL et al. (2008) quantifiziert. Er wird maßgeblich vom Klima bestimmt. Im Zuge der globalen Erwärmung ist in Mitteleuropa mit häufigeren Krankheitsausbrüchen, die zu einem endemischen Vorkommen des Usutu-Virus führen, zu rechnen BRUGGER und RUBEL (2009). Hier werden Habitatmodelle nicht zur Analyse von Pflanzen, Tierarten oder Krankheitsüberträgern WALTER et al. (2016) sondern zur Modellierung der Verbreitung von Krankheitsfällen verwendet.

Es wird der Frage nachgegangen, ob Habitat Modelle (Species Distribution Models) geeignet sind, das räumliche Auftreten des Vogelsterbens anhand von bioklimatischen Variablen abzubilden. Dazu wurden sechs klimatologische Habitat-Modelle getestet. Als Beispiel wurde das Massensterben von Vögeln aufgrund des Usutu-Virus in Mitteleuropa verwendet. Beginnend mit dem ersten Ausbruch 2001 im Großraum Wien, ist in den folgenden Jahren auch in anderen europäischen Großstädten ein vermehrtes Vogelsterben beobachtet worden. Um die Frage zu klären, ob klimatologische Habitatmodelle geeignet sind tote Vögel in nicht untersuchten Gebieten vorherzusagen, wurde im ersten Schritt ein Datensatz mit georeferenzierten Fundorten von Nachweisen des Usutu-Virus in verendeten europäischen Singvögeln erstellt. Dieser Datensatz wurde anschließend in einen Kalibrierungsdatensatz mit Nachweisen vor 2011 und einen Evaluierungsdatensatz mit Nachweisen nach 2011 geteilt. Getestet wurden die Habitatmodelle BIOCLIM, DOMAIN, MAXENT, GLM, Boosted Regression Trees und Random Forests.

Die Ergebnisse der unterschiedlichen Modelle sind in Form von Europakarten der klimatologischen Habitateignung für positive Usutu-Virus Nachweise in Vögeln dargestellt. Die Vorhersagekraft der Modelle auf neue Regionen, wurde mit Hilfe verschiedener Kennzahlen, wie der Area Under the Curve (AUC) und der True Skill Statistic (TSS) evaluiert.

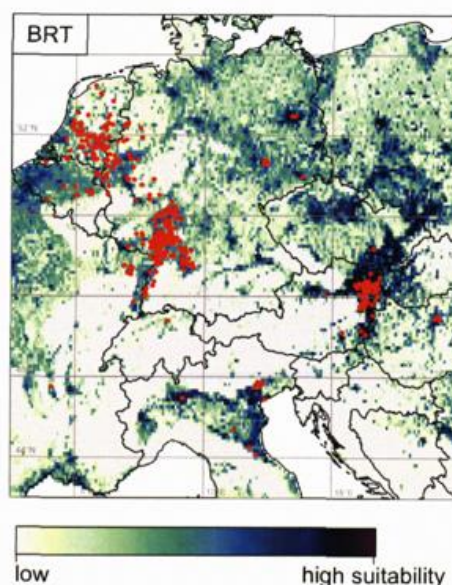


Abb. 1: Klimatologische Habitateignung von Usutu-Virus bedingten Vogelsterben in Mitteleuropa (Boosted Regression Trees). Rote Punkte zeigen tatsächliche Usutu-Virus Nachweise in Vögeln.

Literatur:

BRUGGER, K., RUBEL, F., 2009: Simulation of climate-change scenarios to explain Usutu-virus dynamics in Austria. *Prev Vet Med* **88**, 24-31.

RUBEL, F., BRUGGER, K., HANTEL, M., CHVALA-MANNSBERGER, S., BAKONYI, T., WEISSEN-BÖCK, H., NOWOTNY, N., 2008: Explaining Usutu virus dynamics in Austria: Model development and calibration. *Prev Vet Med* **85**, 166-186.

WALTER, M., BRUGGER, K., RUBEL, F., 2016: The ecological niche of *Dermacentor marginatus* in Germany. *Parasitol Res* **115**(6), 2165-2174.

WALTER, M., BRUGGER, K., RUBEL, F., 2017: Usutu-virus induced mass mortalities of songbirds in Central Europe: Are habitat models suitable to predict dead birds in unsampled areas? in preparation.

Schlüsselwörter: Tropische Infektionskrankheiten, Verbreitungskarten, Worldclim

Liste der Moderatoren und Vortragenden

	Seite
Brandt, Karsten Donnerwetter.de GmbH (Deutschland) mertens@donnerwetter.de	13, 31
Böttcher, Falk DWD (Deutschland) falk.boettcher@dwd.de	14, 35, 51
Brugger, Katharina Veterinärmedizinische Universität Wien (Österreich) katharina.brugger@vetmeduni.ac.at	25, 32, 83
Busch, Udo DWD (Deutschland) udo.busch@dwd.de	33
Chmielewski, Frank-M. Humboldt-Universität zu Berlin, Agrarklimatologie (Deutschland) chmielew@agr.ar.hu-berlin.de	36, 38, 44
Eickermann, Michael Luxembourg Institute of Science and Technology (Luxemburg) michael.eickermann@list.lu	47, 49
Foken, Thomas Universität Bayreuth (Deutschland) thomas.foken@uni-bayreuth.de	52
Fröhlich, Dominik DWD (Deutschland) dominik.froehlich@dwd.de	16, 55
Godow, Sophie Ch. Humboldt-Universität zu Berlin, Agrarklimatologie (Deutschland) sophie.godow@agr.ar.hu-berlin.de	38
Goldberg, Valeri TU Dresden, Meteorologie (Deutschland) valeri.goldberg@tu-dresden.de	57, 62, 74
Heinrich, Manfred TÜV Nord e.V. Hamburg (Deutschland) manfriedheinrich@aol.com	76
Horak, Johannes University of Innsbruck (Österreich)	19
Janssen, Wolfgang DWD (Deutschland) wolfgang.janssen@dwd.de	40, 41

	Seite
Junk, Jürgen Luxembourg Institute of Science and Technology (Luxemburg) juergen.junk@list.lu	47, 49
Kanani-Sühring, Farah Institut für Meteorologie und Klimatologie, Leibniz Universität Hannover (Deutschland) kanani@muk.uni-hannover.de	55
Koppe, Christina DWD (Deutschland) christina.koppe@dwd.de	41
Laschewski, Gudrun DWD (Deutschland) gudrun.laschewski@dwd.de	21, 22, 24
Lee, Hyunjung Stuttgart, Abt. Stadtklimatologie (Deutschland) hyunjung.lee@stuttgart.de	20
Matzarakis, Andreas Zentrum für Medizin-Meteorologische Forschung, DWD (Deutschland) andreas.matzarakis@dwd.de	16, 22, 24, 55
Mikovet, Christian University of Veterinary Medicine (Österreich)	23
Moderow, Uta Technische Universität Dresden (Deutschland) uta.moderow@tu-dresden.de	57
Moser, Astrid Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, TU München (Deutschland) astrid.moser@lrz.tum.de	59, 63, 65, 72
Muthers, Stefan DWD, Zentrum für Medizin-Meteorologische Forschung, (Deutschland)	22, 24
Neumann, Lena Pädagogische Hochschule Heidelberg, Geographie (Deutschland) lena.neumann@ph-heidelberg.de	77
Queck, Ronald Technische Universität Dresden (Deutschland) ronald.queck@tu-dresden.de	62
Rahman, Mohammad A. Technische Universität München (Deutschland) ma.rahman@tum.de	59, 63

	Seite
Rötzer, Thomas Forest Growth and Yield Science, TU München (Deutschland) thomas.roetzer@lrz.tu-muenchen.de	59, 63, 65, 72
Rubel, Franz Veterinärmedizinische Universität Wien (Österreich) franz.rubel@vetmeduni.ac.at	14, 25, 32, 83
Schauberger, Günther Veterinärmedizinische Universität Wien (Österreich) Gunther.schauberger@vetmeduni.ac.at	19, 23
Spank, Uwe Technische Universität Dresden (Deutschland) uwe.spank@tu-dresden.de	80
Stiegler, Christian Bioklimatologie, Georg-August-Universität Göttingen (Deutschland) christian.stiegler@biologie.uni-goettingen.de	42
Stratopoulos, Laura Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (Deutschland) laura.stratopoulos@hswt.de	68
von Tils, Robert Leibniz Universität Hannover (Deutschland) vontils@muk.uni-hannover.de	55, 70
Tinz, Birger DWD, Maritime Klimaüberwachung (Deutschland) birger.tinz@dwd.de	81
Waldau, Timm Humboldt-Universität zu Berlin, Agrarklimatologie (Deutschland) timm.waldau@agrar-hu-berlin.de	44
Walter, Melanie Veterinärmedizinische Universität Wien (Österreich) melanie.walter@vetmeduni.ac.at	25, 83
Werner, Andreas Zentrum für Luft und Raumfahrtmedizin der Luftwaffe (Deutschland) Andreas4werner@bundeswehr.org	27
Wittich, Klaus-Peter Deutscher Wetterdienst/ZAMF Braunschweig (Deutschland) klaus-peter@dwd.de	46
Ziemann, Astrid TU Dresden, Meteorologie (Deutschland) astrid.ziemann@tu-dresden.de	53, 74

Zölch, Teresa
TU München (Deutschland)
teresa.zoelch@tum.de

Annalen der Meteorologie

- Nr. 51 7th International Verification Methods Workshop : 03.-11. May 2017 in Berlin, Germany ; Programme and Abstracts
- Nr. 50 Der globale Klimawandel - im Spiegel der wissenschaftlichen Veröffentlichungen : Meilensteine der Publikationsgeschichte zum anthropogenen Treibhauseffekt seit 1824; Ausstellungskatalog 30.01. - 28.04.2017 in der Deutschen Meteorologischen Bibliothek. 2017
- Nr. 49 10. Annaberger Klimatage 2016 : 11. - 12. Mai 2016 in Annaberg-Buchholz; Tagungsband mit Beiträgen anlässlich der Gründung der Wetterwarte Fichtelberg vor 100 Jahren. 2016
- Nr. 48 Phenology 2015: Third International Conference on Phenology, 5.-8. October 2015, Kusadasi (Turkey), Programme and Abstracts. 2015
- Nr. 47 METTOOLS IX: Programm, Übersicht, Kurzbeiträge. Tagung des Fachausschusses Umweltmeteorologie FAU MET der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft DMG e.V. vom 17. bis 19. März 2015 in Offenbach (Main). 2015
- Nr. 46 Goethes weiteres Erbe : 200 Jahre Klimastation Jena (Beiträge des Jubiläumskolloquiums „200 Jahre Klimamessstation Jena“. 2013
- Nr. 45 125 Jahre Wetterstation Geisenheim 1884 - 2009 (Jubiläumsband mit Beiträgen aus der agrarmeteorologischen Forschung und Beratung). 2009
- Nr. 44 Programme & Extended Abstracts, 30th International Conference on Alpine Meteorology : 11 - 15 May 2009, Badnerhalle, Rastatt, Germany. 2009
- Nr. 43 125 Jahre Deutsche Meteorologische Gesellschaft : Festveranstaltung am 7. November 2008 in Hamburg. 2008
- Nr. 42 50 Jahre Überwachung der Radioaktivität in der Atmosphäre durch den Deutschen Wetterdienst : Festveranstaltung am 8. - 9. Juni 2005, Langen, Deutschland. 2006
- Nr. 41 17th International Congress of Biometeorology - ICB 2005. 2005
- Nr. 40 SIRWEC 2004 - 12th International Road Weather Conference, Bingen. 2004, CD-ROM
- Nr. 39 4. Fachtagung BIOMET (19. - 20. April 1999 in München) des Fachausschusses BIOMET der DMG gemeinsam mit der Gesellschaft zur Förderung Medizin-Meteorologischer Forschung e. V. 1999
- Nr. 38 Herbstschule Radarmeteorologie 1998 vom 2. bis 6. November in Oberpfaffenhofen. 1998
- Nr. 37 Deutsche Meteorologen-Tagung vom 14. bis 18. September 1998 in Leipzig, Band 1 und 2. 1998

Gesamtliste der „Annalen der Meteorologie“ unter www.dwd.de/bibliothek.

6



Deutscher Wetterdienst

Fachinformationsdienst und Deutsche Meteorologische Bibliothek
Frankfurter Straße 135
63067 Offenbach