
BERICHTE ZUR
KLIMAFOLGENFORSCHUNG

2015

GESUND HEIT

- 05** FOCUS-I
Die städtische Wärmebelastung in Wien nimmt in den letzten Jahrzehnten zu, was zu gesundheitlichen Problemen der Bevölkerung führen kann. Das Projekt FOCUS-I liefert detaillierte Information über die Hitzebelastung in Wien und stellt somit eine Basis für die Entwicklung von Klimaanpassungsstrategien dar.
- 13** STOPHOT
Die Ausbildung von Wärmeinseln in Großstädten wird im Sommer häufiger: die hohen Temperaturen können sich negativ auf die Gesundheit, vor allem älterer Menschen, auswirken. STOPHOT analysiert unter anderem das Risikobewusstsein von älteren Menschen in Bezug auf Hitze, die gesundheitlichen Auswirkungen sowie Maßnahmen bei Hitze.
- 21** UVSkinRisk
Der UVB-Anteil der Sonnenstrahlung verursacht bei Überdosierung Sonnenbrand beziehungsweise erhöht langfristig das Hautkrebsrisiko. Das Projekt zeigt den Zusammenhang von UV-Strahlung und Gesundheit auf und identifiziert mögliche Risiken für die Bevölkerung sowie Grundlagendaten für Strategien zur Risikovermeidung.
- 27** ClimAllergy
Die Einwanderung von gebietsfremden Pflanzen wird durch die globale Erwärmung gefördert. In Österreich breiten sich auch Pflanzen mit erhöhtem Allergiepotezial weiter aus, was für PollenallergikerInnen von besonderer Bedeutung ist. Frühzeitige und gezielte Maßnahmensetzungen können (Krankheits-)Kosten deutlich reduzieren.
- 33** RAG Clim
Im Projekt RAG-Clim wurde ein Simulationsmodell entwickelt um die Ausbreitungsdynamik der Beifuß-Ambrosie (Ragweed) zu analysieren. Durch die Ausbreitung der Art wird die Pollenbelastung erhöht und die späte Blütezeit führt zu einer zweiten „Allergiesaison“ im Spätsommer.
- 40** Alle geförderten Projekte im Überblick

” Der Klimawandel ist mit seinen Auswirkungen vor unserer Haustüre angekommen. Da eine gewisse Temperaturerhöhung nicht zu verhindern sein wird, ist es wichtig, flankierend zur Transformation des Energie- und Mobilitätssystems eine Anpassung an den Klimawandel zu ermöglichen, um seine Folgen erträglich und beherrschbar zu machen. Mit dem Austrian Climate Research Programme geben wir dazu auch im Gesundheitssektor wesentliche Impulse.“

Ingmar Höbarth
Geschäftsführer

Vorwort

Mit einem Temperaturanstieg von +2°C seit 1880 ist Österreich besonders stark vom Klimawandel betroffen, wie über 240 WissenschaftlerInnen im Klimabericht 2014 dokumentierten.

Die Auswirkungen sind in praktisch allen Lebensbereichen zu finden. Vor allem den gesundheitlichen Aspekt nehmen wir besonders wahr, wenn wir die Auswirkungen des Klimawandels am eigenen Leib spüren – sei es durch längere Hitzeperioden oder durch indirekte Auswirkungen wie die verstärkte Ausbreitung allergener Pflanzen oder Krankheitserreger.

Im Gesundheitssektor sind wir aber nicht nur mit dem persönlichen Unwohlsein durch den Klimawandel konfrontiert, sondern auch mit daraus entstehenden Folgekosten im Gesundheitssystem.

Die Grundlagen für die notwendigen Maßnahmen werden durch das Förderprogramm „Austrian Climate Research Programme (ACRP)“ des Klima- und Energiefonds geschaffen. Seit 2007 wurden 145 Projekte gefördert, die die wissenschaftliche Basis für die nationalen Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel liefern.

Im Folgenden werden Ihnen ausgewählte Forschungsberichte zur Auswirkung des Klimawandels auf die Gesundheit vorgestellt. Die behandelten Fragestellungen bilden eine wichtige Grundlage für die notwendigen Schritte zur Klimawandelanpassung.

Eine anregende Lektüre wünscht Ihnen
Ihr Klima- und Energiefonds Team



Projektleitung

Dr. Maja Zuvela-Aloise

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG)



Gute Gründe für das Projekt

- Das Projekt liefert detaillierte Informationen über die Intensität, Häufigkeit und räumliche Verteilung der städtischen Hitzebelastung in Wien für das gegenwärtige und zukünftige Klima.
- Modellsimulationen mit modifizierter Landnutzung, wie z.B. Erhöhung von Grün- und Wasserflächen, ermöglichen die Quantifizierung der Wirksamkeit von unterschiedlichen Klimaanpassungsmaßnahmen.
- Die Projektergebnisse stellen die Basis für die Entwicklung der Klimaanpassungsstrategien und die Erfassung von Risikofaktoren relevant für die Stadtplanung, Gesundheits- und Tourismusorganisationen, Architektur, Bauwirtschaft und Energiesektor dar.

Future of Climatic Urban heat Stress Impacts

Adaption and mitigation of the climate change impact on urban heat stress based on model runs derived with an urban climate model

Die städtische Wärmebelastung in Wien zeigt einen deutlichen Anstieg in den vergangenen Jahrzehnten.

Dieser Anstieg ist sowohl durch regionale Klimaänderungen als auch durch Veränderungen in der städtischen Morphologie erklärbar. Die modifizierte Landschaftsstruktur in Städten mit dichter Bebauung und fehlende Vegetation führen zu klimatischen Besonderheiten, sogenannten urbanen Hitzeinseln (UHI), welche als Temperaturgradient zwischen Stadt und ruraler Umgebung charakterisiert sind.

Basierend auf zukünftigen Klimaprojektionen ist zu erwarten, dass sich die maximalen Lufttemperaturen

im Sommer in Süd- und Mitteleuropa bis Ende des 21. Jahrhunderts erhöhen werden. In den Städten wird dieser Trend noch deutlicher. Mögliche Erweiterungen des Stadtgebiets werden zusätzlich die städtische Wärmeinsel intensivieren. Aus diesem Grund können gesundheitliche Risiken im Zusammenhang mit extremer Hitze ein erhebliches Problem für die städtische Bevölkerung darstellen.

Strategien zur Anpassung an den Klimawandel sowie zur Minderung der städtischen Wärmebelastung sollten daher auch in der Stadtplanung entwickelt und umgesetzt werden.

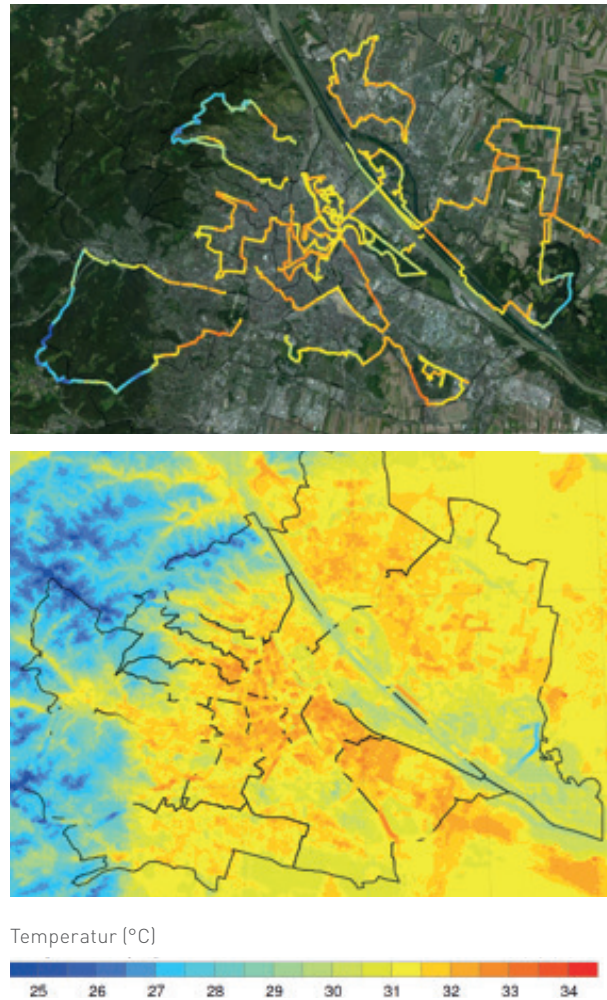


Abb. 1

Lufttemperaturverteilung in Wien am 7. Juli 2011
gemessen (oben) und simuliert mittels Stadtklimamodell (unten).

UHI – Urbane Hitzeinseln

Die Information über die thermische Belastung einer Stadt ist aufgrund verschiedener Aspekte von Bedeutung. Die städtische Wärmeinsel ist besonders in der Nacht ausgeprägt und kann sowohl positive (geringerer Heizbedarf im Winter), als auch negative (Schlafstörungen durch hohe Temperaturen) Auswirkungen haben. Hitzestress beeinflusst des Weiteren die Lebensqualität der Stadtbewohner und vermindert die Produktivität am Arbeitsplatz.

In den Sommermonaten führen hohe Lufttemperaturen in Kombination mit geringen Windgeschwindigkeiten aber auch zu einer Änderung der Schadstoffkonzentrationen und können schwerwiegende Gesundheitsprobleme bis hin zu exzessiver Mortalität mit sich bringen.

Länger andauernde Hitzewellen, die während der Sommerperiode auftreten, stellen hierbei eine besondere Gesundheitsgefahr sowohl für ältere als auch für sehr junge Menschen dar, z.B. durch Dehydrierung des Körpers. Die Befindlichkeit der Stadtbewohner wird negativ beeinflusst und Beschwerden können hervorgerufen werden. Das Zusammenspiel von extremen Temperaturen und erhöhter Konzentration des bodennahen Ozons führt folglich nicht nur zu einer Minderung des humanen Komforts, sondern erhöht auch das Risiko für Erkrankungen. Besonders wichtig für das menschliche Wohlbefinden ist hierbei die nächtliche Strahlungsabkühlung.

Die größten Gesundheitsprobleme treten bei langanhaltenden Hitzeperioden mit warmen und feuchten Nächten auf. Im Sommer 2003 forderte die große

Hitzewelle in Europa tausende zusätzliche Todesfälle in großstädtischen Ballungsräumen. Auch Wien war davon betroffen.

Aus stadtplanerischer Sicht ist somit die Information über die Intensität, Häufigkeit und räumliche Verteilung der Hitzebelastung von besonderer Bedeutung, um Anpassungsstrategien zu entwickeln und Minderungsmaßnahmen effizient umsetzen zu können. Die Information über den Hitzestress ist relevant bei der Planung der Ressourcen und Erfassung von Risikofaktoren in Gesundheits- und Tourismusorganisationen. Temperaturdaten und die Ausprägung des UHI Effekts spielen auch in der Architektur und Bauwirtschaft eine Rolle, um Energieverbrauch und Energieeffizienz für Heizung/Kühlung der Gebäude zu optimieren.

Methode

Im Rahmen des FOCUS-I Projektes wurde das dynamische Stadtklimamodell MUKLIMO_3 des Deutschen Wetterdienstes verwendet, um die städtische Wärmebelastung in Wien zu analysieren, und mögliche Anpassungsstrategien zur Minderung der UHI qualitativ und quantitativ zu beschreiben. Das Modell simuliert den täglichen Zyklus von Temperatur, Wind und relativer Luftfeuchtigkeit innerhalb des Stadtgebietes. Als Eingangsdaten dienen Orographie und Landnutzung mit einer horizontalen Auflösung von 100m sowie vertikale Profile meteorologischer Parameter einer Referenzstation im Umland des Stadtgebietes. Hierbei werden Temperaturverläufe typischer Sommertage modelliert, sodass thermisch sensible Bereiche innerhalb der Stadt identifiziert werden können. Die Evaluierung des numerischen Modells erfolgte

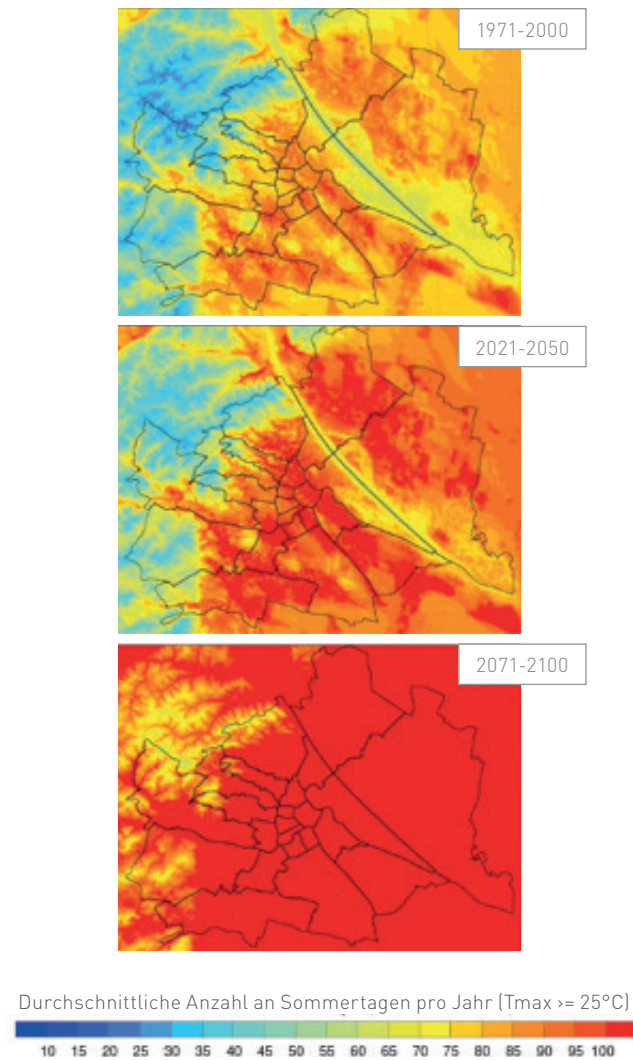


Abb. 2

Stadtklimatologische Simulationen der Anzahl der Sommertage pro Jahr ($T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$) für den Zeitraum 1971-2000 (oben), 2021-2050 (mitte) und 2071-2100 (unten), basierend auf Ergebnissen des REMO Regionalmodells für das IPCC Szenario A1B.

mit klimatologischen Zeitreihen von Messstationen im städtischen Gebiet sowie mit mobilen Messungen, die während einer Fahrrad-Messkampagne gesammelt wurden. [Abb. 1](#)

Sowohl Modell- als auch In-Situ-Messungen zeigen über dem Stadtgebiet starke Gradienten der Lufttemperatur, die der unterschiedlichen Landnutzung zugeschrieben werden können und teilweise auch topographisch bedingt sind.

Ein Ensemble zukünftiger Klimaprognosen für Wien wurde, basierend auf mehreren Modellen beziehungsweise mehreren Szenarien von verschiedenen regionalen Klimamodellen, berechnet. Die Ergebnisse zeigen eine Zunahme der mittleren jährlichen Anzahl der Sommertage in den nächsten Jahrzehnten. Für den Zeitraum 2021-2050 wird meist ein moderater Anstieg im Bereich von 0 bis 25 Tage erwartet im Vergleich zur Referenz-Simulation (1971-2000). Mit einem Anstieg von circa 20 bis 50 zusätzlichen Sommertagen pro Jahr kann für den Zeitraum 2071-2100 gerechnet werden. Diese Erkenntnisse sind jedoch mit großen Unsicherheiten behaftet. Ein Beispiel der Klimazukunftsszenarien für Wien ist in [Abb. 2](#) dargestellt.

Die ausgewerteten Trends folgen einem ähnlichen Verlauf wie bei früheren Klimastudien für Wien. Ensemble-Modellläufe umfassen grundsätzlich ein sehr breites Spektrum an möglichen zukünftigen Klimaszenarien, wobei große Abweichungen vor allem in der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts bestehen. Diese Unterschiede sind in der Verwendung verschiedener regionaler Klimadaten begründet, die als Antriebsdaten für Klimamodelle dienen. Darüber hinaus kann die modellierte Lösung eines regionalen Klimamodells

stark von der horizontalen Auflösung und Wahl der globalen Antriebsdaten abhängig sein. Neben Unsicherheiten in den globalen Antriebsdaten spielt aber auch die große zeitliche Variabilität des lokalen Klimas eine wesentliche Rolle. Die Unterschiede in den Ergebnissen verschiedener regionaler Klimäläufe sind hierbei oft größer als die zu erwartenden Klimatrends. Eine aussagekräftige Quantifizierung des zukünftigen Klimasignals auf lokaler Ebene stellt somit eine große Herausforderung dar.

Anpassungsmaßnahmen

Zur Reduzierung der Wärmebelastung für Menschen in urbanen Gebieten wurden verschiedene stadtplanerische Konzepte und Strategien entwickelt. Eine primäre Maßnahme in der Stadtplanung ist die Erhaltung bestehender Grünflächen beziehungsweise die sinnvolle Verknüpfung dieser mit neuen Bauvorhaben. Aufgrund des innerstädtischen Versiegelungsgrades und des reduzierten Raumangebots ist die Erschaffung neuer Parks sowie die Begrünung entlang von Verkehrswegen nur sehr eingeschränkt möglich. Ein weiteres Ziel in der Stadtplanung ist aber auch die Identifikation thermisch stark belasteter Zonen. In diesem Zusammenhang werden wirksame Maßnahmen ausgearbeitet, die sich mit der Frage beschäftigen, inwieweit eine Veränderung der vorhandenen Baustruktur eine Reduzierung der thermischen Belastung mit sich bringt.

MUKLIMO_3-Experimente im Hinblick auf städtebauliche Strategien lassen den Schluss zu, dass Anpassungsmaßnahmen im großen Umfang angewendet werden sollten, um eine deutliche Reduzierung

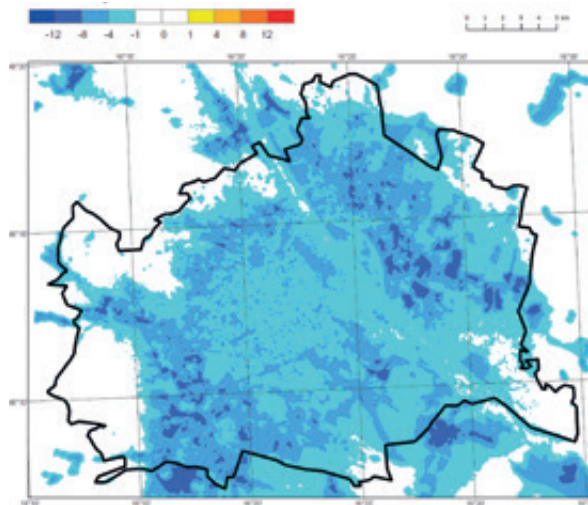
Landnutzungs-
kategorienMittlere Anzahl der
Sommertage

Abb. 3

Modifizierte Landnutzung (oben) und Änderung in mittlere Anzahl der Sommertage (unten) in Modellsimulationen mit reduziertem Anteil an Gebäuden (-10%), Versiegelungsgrad (-20%) und erhöhter Vegetation (+20%) bei lockerer und gemischter Bebauung, sowie Verkehrsflächen.

der Wärmebelastung innerhalb des Stadtgebietes zu erreichen. Jedoch kann eine gezielte sowie kombinierte Umsetzung von verschiedenen kleinräumigen Maßnahmen zu einer Verbesserung in einzelnen Stadtteilen beitragen. **Abb. 3** Eine wesentliche Abkühlung in thermisch stärker belasteten Gebieten der Stadt ist beispielsweise durch Entsiegelung, Vergrößerung der Grün- beziehungsweise Wasseranteile sowie Erhöhung der Albedo erreichbar. Somit könnten die Folgen der Klimaerwärmung für die Stadt teilweise oder gänzlich kompensiert werden.

Weiters haben Modellergebnisse gezeigt, dass gleiche Anpassungsmaßnahmen, angewendet in verschiedenen Stadtteilen, sich unterschiedlich stark auswirken. Dies ist in erster Linie auf die Topographie, vorherrschende atmosphärische Zirkulation und Lage des Stadtteils zurückzuführen. Benachbarte Blockbebauung beziehungsweise Grünlandschaften können darüber hinaus dämpfend oder verstärkend wirken. Sind beispielsweise Vegetationsflächen klein und über das Stadtgebiet stark fragmentiert, so ist im Allgemeinen die zu erwartende Temperaturänderung eher lokal begrenzt. Im Gegensatz dazu kann ein Cluster von kleineren Parks und Wasserflächen die positiven Effekte verstärken und eine mögliche Fernwirkung erhöhen.

Aufgrund der hochkomplexen Prozesse zwischen städtischer Bebauung und lokalem Klima, sollte im Rahmen von speziellen Studien die Wirksamkeit städtebaulicher Maßnahmen im Vorfeld eingehend untersucht werden. Die resultierenden Erkenntnisse stellen einen wichtigen Beitrag zum Verständnis hinsichtlich Veränderungen stadtklimatischer Verhältnisse dar und sollten in standardisierte Vorgaben der Bauplanung

miteinbezogen werden. Die Auswertung von Modellsimulationen bezüglich der Stadtentwicklung in Wien (Vergleich der Verteilung der historischen Landnutzung am Ende des 18. Jahrhunderts mit aktueller und zukünftiger Bebauung) verdeutlicht die schrittweise Verbreiterung und Intensivierung der UHI und unterstreicht sogleich die Notwendigkeit von gezielten Klimaanpassungsmaßnahmen, um eine nachhaltige und ausgewogene zukünftige Stadtentwicklung zu erreichen. Die Modellsimulationen können somit helfen, planungsrelevante Rahmenbedingungen zu definieren und Richtlinien zu entwickeln.

Maja Zwela-Aloise

Projektleitung



Assoz. Prof. DI Dr. **Arne Arnberger**

Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung

Beteiligte Institutionen



- Medizinische Universität, Zentrum für Public Health, Institut für Umwelthygiene, Wien
- Universität Wien, Institut für Soziologie, Wien
- Hochschule Fulda, Fachbereich Pflege und Gesundheit, Deutschland

Gute Gründe für das Projekt



- In Städten leidet die Bevölkerung während Hitzetagen unter den hohen Temperaturen. Eine erhöhte Sterblichkeit und Erkrankungshäufigkeit älterer Menschen durch Hitze wurde bereits in etlichen Studien nachgewiesen.
- STOPHOT war die erste umfassende Studie zu diesem Thema in Österreich, wobei u. a. das Risikobewusstsein von älteren Menschen in Bezug auf Hitze, die Auswirkungen auf ihre Gesundheit und ihre Strategien zur Verringerung der Hitzeexposition analysiert wurden.
- Um die Lebensbedingungen älterer Personen während Hitzeperioden in Wien zu verbessern, entwickelte STOPHOT nachhaltige Anpassungsmaßnahmen.

<http://stophot.boku.ac.at>

STOPHOT

Cool towns for the elderly

Entwicklung von Maßnahmen zum Schutz der älteren städtischen Bevölkerung vor sommerlicher Hitze

Hintergrund

In größeren Städten kommt es im Sommer häufig zur **Ausbildung von Wärmeinseln**. In den letzten Jahren hat sich diese Situation in Wien durch die Zunahme der Häufigkeit der Hitzetage sowie der Dauer der Hitzeperioden verschärft. So gab es in Wien zwischen 1961 und 1990 durchschnittlich 9,6 Hitzetage pro Jahr, im Vergleich dazu stieg die Zahl auf 15,2 Hitzetage pro Jahr im Zeitraum von 1981 bis 2010 (ZAMG 2012). **Diese hohen Temperaturen können sich negativ auf die Gesundheit der Bevölkerung auswirken – insbesondere ältere Menschen sind davon betroffen.**

Eine erhöhte Mortalität (Sterblichkeit) und Morbidität (Erkrankungshäufigkeit) älterer Menschen durch Hitze wurde bereits in etlichen Studien sowohl in mehreren US-Städten, als auch in einigen europäischen Städten wie beispielsweise London, Paris, Rom

und Berlin nachgewiesen. Die enorme gesundheitliche Dimension von Hitzeperioden zeigte die extreme Hitzewelle, die West- und Südeuropa im Sommer 2003 heimsuchte und europaweit zu 70.000 hitzebedingten Todesfällen führte (Robine, 2008). Das Problem wird sich in Zukunft noch verstärken. Als Folge des Klimawandels muss weltweit damit gerechnet werden, dass die Anzahl und Dauer der Hitzeperioden steigen wird (IPCC, 2013). Zusätzlich nehmen die Anzahl älterer Personen sowie der Anteil jener Personen, die in schlechten Wohnverhältnissen leben, zu. Vorrangiges Ziel von STOPHOT war daher die Entwicklung von nachhaltigen Anpassungsstrategien auf individueller, organisatorischer und gesellschaftlicher Ebene, um die Lebensbedingungen älterer Personen (>65 Jahre) während Hitzeperioden in Wien zu verbessern.

Abb. 1

Hitzeperioden führen vor allem bei älteren Menschen zu gesundheitlichen Problemen.

Methode

Eine Recherche von internationalen Best-Practice-Beispielen hinsichtlich der Reduktion der Hitzeexposition im städtischen Freiraum sowie im Wohnraum bildete die Grundlage für die Ableitung von ersten Maßnahmen. In einem nächsten Schritt wurde eine quantitative Befragung von älteren Menschen (über 65 Jahre) in definierten Studiengemeinden in Wien durchgeführt. Die Gebiete wurden anhand der folgenden Indikatoren ausgewählt: Lage inner- und außerhalb von Wärmeinseln, unterschiedlicher Grünflächenanteil und unterschiedliche sozio-ökonomische Bevölkerungsstrukturen.

Die Stichprobe umfasste privat lebende Personen (Stichprobengröße n=401), BewohnerInnen von Pensionistenwohnheimen (n=200) sowie eine Kontrollgruppe (privat lebend, 18 bis 55 Jahre alt, n=300). Weiters wurden Stakeholder aus den Bereichen Gesundheitswesen, Planung, Grünraum etc. mittels Tiefeninterviews zum Thema „Hitze und Ältere“ befragt (n=15). Expertenbasierte Analysen ermöglichten Diskrepanzen zwischen dem tatsächlichen Verhalten von älteren Menschen und dem, aus gesundheitlicher Sicht empfohlenen Verhalten, zu identifizieren.

Um die Präferenzen für und die Akzeptanz von entwickelten Anpassungsstrategien zu erheben, wurde eine weitere Befragung durchgeführt. Zielgruppe waren ältere Menschen, die in Wärmeinseln leben (persönliche Befragung, n=200). Besonderer Fokus lag auf der Beantwortung der Frage, welche Parkanlagen Ältere aufsuchen würden, wenn es heiß ist. Operationalisiert wurde dies mit Hilfe eines Wahlexperiments anhand von bildlichen Darstellungen verschiedener urbaner Grünanlagen.

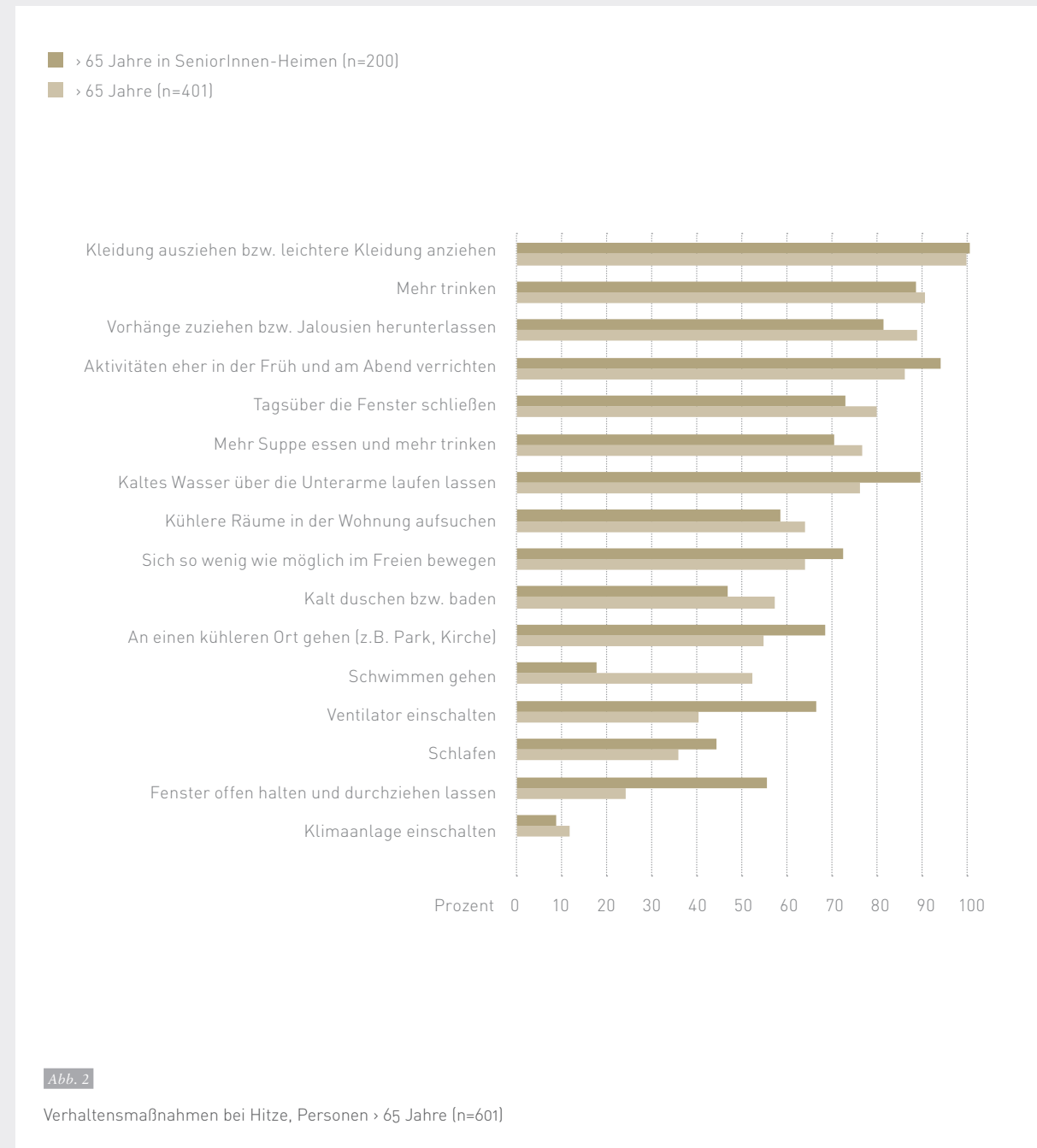
Die Vorstellung der Projektergebnisse erfolgte im Rahmen zweier World Cafés, zu denen alle relevanten Stakeholder aus Wien eingeladen waren. Aufbauend auf den Ergebnissen wurden gemeinsam nachhaltige Anpassungsmaßnahmen diskutiert und entwickelt.

Ergebnisse aus den Tiefeninterviews

Die Ergebnisse zeigen, dass das Thema „Hitze in der Stadt und ältere Menschen“ unterschiedlich wahrgenommen wird. Die meisten ExpertInnen haben sich zwar schon mit dem Thema Hitze und Klimawandel auseinandergesetzt, mit der Problematik „Hitze und ältere Menschen“ hat sich jedoch der Großteil nicht beschäftigt. Die meisten Stakeholder fühlten sich auch nicht für dieses Thema verantwortlich, stattdessen wurden vielfach andere Akteure als Zuständige genannt. Obwohl die Stakeholder zahlreiche Hitze-Anpassungsmaßnahmen nennen konnten, wurden nur **wenige Maßnahmen, die spezifisch auf ältere Menschen zugeschnitten sind, bisher in Wien umgesetzt.**

Ergebnisse der Befragungen

Die Hälfte der Zielgruppe (privat lebende ältere Personen) und zwei Drittel der Pensionistenwohnheim-BewohnerInnen waren der Meinung, dass es heute mehr heiße Tage, Nächte und längere Hitzeperioden gibt als noch vor zehn Jahren. Dementsprechend nahm auch die Mehrheit den Klimawandel als ernstes Problem mit eventuell katastrophalen Folgen wahr. Die meisten der privat lebenden älteren Personen meinte aber auch, dass der Klimawandel sie selber nicht mehr betreffen wird.



Die häufigsten Effekte von Hitze auf das körperliche Wohlbefinden sind sowohl bei älteren als auch bei jüngeren Personen Müdigkeit, Schlafprobleme und Glücksgefühle. Die beiden Gruppen unterschieden sich dabei kaum in der Symptomatik, Jüngere fühlen sich bei Hitze aber insgesamt besser.

Es konnten vier Reaktionstypen auf Hitze identifiziert werden:

- Die Wärmeliebenden (24% der privat lebenden Personen), bei ihnen überwiegen die positiven Reaktionen auf die Hitze die negativen Effekte.
- Die Hitze-Resistenten (22%), sie spüren weder positive noch negative Effekte von Hitze.
- Die Hitze-Belasteten (39%), sie nennen durchschnittlich drei Hitzestress-Symptome.
- Die Risikogruppe (16%), die durchschnittlich acht Hitzestress-Symptome angibt.

Im Vergleich zu den anderen Gruppen verfügt die Risikogruppe durchschnittlich über signifikant geringere Bildungsabschlüsse, ein geringeres Einkommen, einen niedrigeren ehemaligen Berufsstatus, lebt eher in sozialstrukturell benachteiligten Wohngebieten und weist einen schlechteren Gesundheitszustand auf.

Die Top-5-Maßnahmen bei Hitze, die SeniorInnen und jüngere Personen nannten, waren: leichtere Kleidung anziehen/Kleidung ausziehen, mehr trinken, Vorhänge zuziehen, Aktivitäten früh/abends, tagsüber die Fenster schließen. Das nicht empfehlenswerte Verhalten „den ganzen Tag das Fenster offen halten und durchziehen lassen“ ist aber noch immer weit verbreitet: So wird diese Maßnahme von 24% der Zielgruppe und verstärkt noch von den BewohnerIn-

nen von Pensionistenwohnhäusern (55%) als Mittel gegen Hitzestress eingesetzt. [Abb. 2](#)

Im Gegensatz zu den körperbezogenen Strategien hängen Indoor- und Outdoor-Strategien mit der Anzahl der Hitzestress-Symptome/Hitzebeschwerden zusammen: Je mehr Beschwerden eine Person bei Hitze spürt, desto mehr Indoor-Maßnahmen setzt sie; je weniger Beschwerden sie angibt, desto mehr Outdoor-Maßnahmen wendet sie an. Insgesamt bleibt der Großteil der Befragten bei Hitze in ihrer Wohnung (70% der BewohnerInnen von SeniorInnen- und Pflegeheimen, 66% der privat lebenden SeniorInnen).

Bei der zweiten Befragung gaben rund 80% der Befragten an, dass sie die Temperaturen in ihrer Wohnung während einer Hitzewelle als extrem heiß, sehr heiß oder heiß empfinden. Obwohl alle Personen, die bei der zweiten Befragung teilnahmen, in einer Wärmeinsel leben, hatte nur lediglich die Hälfte das Gefühl, in einem besonders heißen Stadtteil von Wien zu wohnen. Allerdings empfanden BewohnerInnen von sozioökonomisch weniger privilegierten Bezirken (5., 15., 16. Bez.) die Temperaturen in ihren Wohnungen als heißer und nannten eine höhere Anzahl an Hitzebeschwerden.

Die von den Befragten am meisten bevorzugte Maßnahme gegen hohe Temperaturen war das Vorhandensein von „Schatten“ in öffentlichen Freiräumen (z.B. schattige Sitzgelegenheiten auf Plätzen oder Gehwegen in der Stadt; schattige Bereiche in Parks). Die Ergebnisse des Wahlexperiments bestätigten, dass ein Baumbestand sowohl im Grünraum als auch auf dem Weg dorthin für ältere Menschen sehr wichtig ist.

		Zeithorizont
Körperbezogen	Viel und regelmäßig trinken: Generell sollte während einer Hitzeperiode die Flüssigkeitsaufnahme gesteigert werden. Elektrolyte, die aufgrund vermehrten Schwitzens verloren gehen, müssen ersetzt werden. Zur Elektrolytkorrektur bieten sich z.B.: lauwarme Brühe, Elektrolytgetränke und -konzentrate oder mit Mineralwasser aufgespritzte Fruchtsäfte an. Alkoholische, stark gezuckerte und koffeinhaltige Getränke sollten vermieden werden.	Individuelle Maßnahmen sollten sofort umgesetzt werden.
	Bei den Mahlzeiten sollte man darauf achten, dass man kleine Portionen einer Speise isst, nichts Heißes und nichts Kaltes.	
	Leichte, weit geschnittene Kleidung anziehen. Baumwolle, Leinen und Mikrofaser sind besonders atmungsaktiv.	
	Während des Schlafens sollte man sich nur mit einem leichten Tuch bedecken.	
	Lauwarm duschen bzw. baden, kaltes Wasser über die Unterarme laufen lassen bzw. kalte Umschläge machen	
Indoor	Wohnräume kühl halten: Vorhänge zuziehen bzw. Jalousien herunterlassen - exponierte Fenster- und Türflächen sollten während des Tages konsequent verschattet werden, wobei außenliegende Abschattung effektiver ist; Ventilator einschalten. Jedoch muss darauf geachtet werden, dass Ventilatoren die Wärmeabgabe an die Luft erleichtern und durch stärkeres Schwitzen ein erhöhter Flüssigkeitsbedarf besteht	Individuelle Maßnahmen sollten sofort umgesetzt werden.
	Nachts bzw. während der frühen Morgenstunden ausgiebig lüften (Nachtlüftung), tagsüber die Fenster geschlossen halten.	
	Wenn möglich, kühlere Räume in der Wohnung aufsuchen. Bspw. empfiehlt es sich bei besonderer Wärmebelastung statt im Schlafzimmer in einem kühleren Raum zu schlafen.	
	Aktivitäten (z.B. Hausarbeit) hauptsächlich in der Früh und am Abend verrichten.	
Outdoor	Bei sehr hohen Außentemperaturen so wenig wie möglich im Freien bewegen, Aktivitäten hauptsächlich in der Früh und am Abend verrichten (z.B. Einkäufe).	Individuelle Maßnahmen sollten sofort umgesetzt werden.
	Beim Aufenthalt im Freien leichte Kopfbedeckung tragen, Sonnenschirme nutzen, Sonnencreme verwenden.	
	Es empfiehlt sich der Aufenthalt an schattigen, kühlen Orten (z.B. schattige Parkanlagen), wenn möglich mit Zugang zu Wasser.	
	Es empfiehlt sich der Aufenthalt an kühlen, klimatisierten Orten (z.B. in Kaufhäusern, Kirchen). Kirchen sollten auch am Nachmittag geöffnet haben.	

Abb. 3

Auszug aus den diskutierten Maßnahmen der Kategorie "individuelle Maßnahmen"

Es werden jene Parktypen bevorzugt, die einen flächendeckenden Baumbestand und Wasserelemente (Teich, Brunnen) aufweisen. Präferiert werden außerdem kurze schattige Wege zum Grünraum und eine kühlere Umgebungstemperatur im Grünraum als zu Hause.

Aufbauend auf den Projekt-Ergebnissen wurden im Rahmen zweier Stakeholder-Workshops nachhaltige Anpassungsmaßnahmen zur Reduktion der Vulnerabilität von älteren Menschen in Wärmeinseln diskutiert.

Die Maßnahmen wurden in folgende Kategorien eingeteilt:

- individuelle Maßnahmen Abb. 3
- Information/Bewusstseinsbildung
- Stadtplanung/Freiraum
- Gebäude/öffentliche Verkehrsmittel und
- „Sonstiges“

Schlussfolgerung

Die Zunahme von Hitzeperioden, bedingt durch den Klimawandel, stellt eine zentrale Herausforderung für erfolgreiches Altern in Städten dar. Die Ergebnisse der Studie STOPHOT zeigen, dass Hitze ein Problem für viele ältere Menschen in Wien darstellt. Ersichtlich wird auch, dass das Risiko für diese Altersgruppe dabei sozial und räumlich ungleich verteilt ist.

Ältere Menschen, die sich nicht effektiv an Hitze anpassen können, sind doppelt gefährdet: erstens hinsichtlich des Krankheitsrisikos, das bei Älteren während einer Hitzewelle signifikant erhöht ist; zweitens aber auch hinsichtlich der sozialen Teilhabe. Jene Personen, die stark unter der Hitze leiden, ziehen sich eher aus dem öffentlichen Raum in ihre Wohnungen zurück. Dieses Verhalten erschwert Sozialkontakte, verringert die Sichtbarkeit älterer Menschen im öffentlichen Raum und kann in weiterer Folge zu sozialer Isolation und Einsamkeit im Alter führen.

Arne Arnberger



Projektleitung

Dr. Stana Simic

Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Meteorologie (BOKU-Met)



Beteiligte Institutionen

- Medizinische Universität Wien, Institut für Umwelthygiene
- Leibniz Universität Hannover, Institut für Meteorologie und Klimatologie, Deutschland



Gute Gründe für das Projekt

- Ein verbessertes Verständnis der UV-Strahlung in der Vergangenheit und in der Zukunft in Bezug auf Szenarien des globalen Klimawandels.
- Bestimmung der tatsächlichen UV-Exposition der Menschen durch Verwendung eines dreidimensionalen Modells. Dadurch wird die komplexe Geometrie des menschlichen Körpers und somit eine reale Strahlungsempfängerfläche simuliert.
- Zusammenhang UV-Strahlung und Gesundheit der Menschen in Gegenwart und Zukunft, um die Risiken von Vitamin D-Mangel und Hautkrebs gegeneinander abzuwiegen.

UVSkinRisk

Gesundheitsrisiko Hautkrebs durch UV-Strahlung
im Kontext eines wandelnden Klimas

Der UVB-Anteil der Sonnenstrahlung verursacht bei Überdosierung als Akutreaktion den Sonnenbrand, oder als chronischen Effekt eine Erhöhung des Hautkrebsrisikos. Aber auch eine unzureichende UV-Exposition der Haut ist mit gesundheitlichen Risiken verbunden: **Neunzig Prozent des vom menschlichen Organismus benötigten Vitamin D muss in der Haut unter Einwirkung von UVB-Strahlung gebildet werden.**

Wenn diese natürliche Quelle der Vitamin D-Versorgung nicht ausreichend genutzt wird, resultiert daraus ein Vitamin D-Mangel, der mit einem erhöhten Risiko für eine Vielzahl von Erkrankungen einhergeht. Die Frage nach der richtigen UV-Exposition, um die Risiken von Vitamin D-Mangel und Hautkrebs gegeneinander abzuwiegen, stellt eine große aktuelle Herausforderung für die Wissenschaft dar.

Basierend auf Rekonstruktionen vergangener Zeitreihen und zukünftiger Trends der biologisch wirksamen UV-Strahlung wurden im Projekt *UVSkinRisk* mögliche Risiken für die Bevölkerung identifiziert und Grundlagendaten für Strategien zur Risikovermeidung geschaffen.

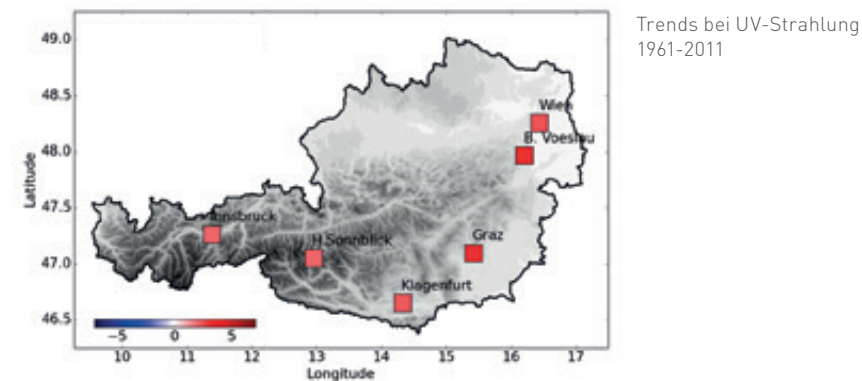


Abb. 1

Langzeitänderung der erythemwirksamen UV-Strahlung an verschiedenen Standorten in Österreich. Hochsignifikante Trends von 1961 bis 2011 um +2.1% bis +3.3% pro Dekade. Für die Rekonstruktion der UV-Strahlung wurden Langzeitmessungen der Sonnenscheindauer als Proxy verwendet.

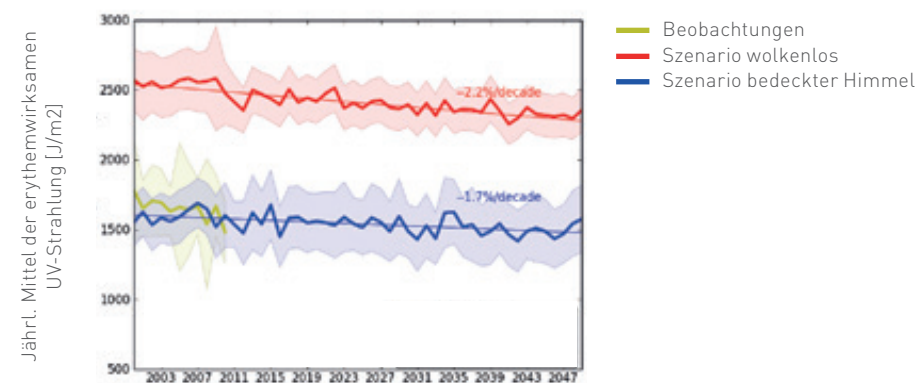


Abb. 2

Über das Jahr gemittelte Szenarios der erythemwirksamen UV-Strahlung berechnet für den Fall des wolkenlosen (rot) und bedeckten Himmels (blau).

Das Ergebnis wurde für alle Stationen in Österreich gemittelt (alle Werte liegen innerhalb des schattierten Bereiches). Für den Zeitraum 2000-2049 wird eine Abnahme um -2.1% bis -3.3% pro Dekade beobachtet.

Methode

Zur Bestimmung tatsächlicher Expositionen wurde ein Modell für die spektrale UV-Radianz entwickelt. Szenarien zukünftiger Belastungen wurden für Szenarien der wesentlichsten Einflussfaktoren berechnet. Um auf Risikogruppen eingehen zu können, wurde eine Telefonumfrage bezüglich der Wahrnehmung durch UV-Strahlung bedingter Gesundheitsrisiken sowie des individuellen Risikoverhaltens durchgeführt. Diese Ergebnisse, sowie die Auswirkungen langfristiger Änderungen der UV-Strahlung auf die Häufigkeit von Hautkrebskrankungen, wurden statistisch untersucht. Um einen Überblick über die Hautkrebsgefährdung zu geben, wurden klinische Daten, langfristige UV-Strahlung und Umfrageergebnisse für das gesamte Bundesgebiet erstellt und wirtschaftliche Konsequenzen für das österreichische Gesundheitssystem aufgrund bereits bestehender und zukünftiger Gesundheitsrisiken diskutiert.

Das Ausmaß verfügbarer Messungen der UV-Strahlung in Österreich ist für langfristige Untersuchungen zu kurz und musste durch rekonstruierte Zeitreihen ergänzt werden. Die Rekonstruktionen erfolgten unter Verwendung meteorologischer Messdaten (u.a. Sonnenscheindauer, Aerosole, Bodenreflektivität) und von Strahlungstransfermodellen. Die seit Mitte der 1970er Jahre beobachtete Abnahme des stratosphärischen Ozons bewirkte eine signifikante Zunahme der erythemwirksamen UV-Strahlung von bis zu +6.9% pro Dekade im Zeitraum 1977-1995. Für die Zeitperiode ab 1995 sind aus den rekonstruierten Zeitreihen trotz der beobachteten Erholung der Ozonschicht keine Abwärtstrends zu erkennen. Somit variieren die Änderungen der gesundheitsrelevanten UV-Strahlung

für die gesamte Zeitperiode von 1961 bis 2011 von +2.1% bis +3.3% pro Dekade für einzelne Stationen in Österreich, wie die [Abb.1](#) zeigt.

Dies wird auch durch die Analyse der Messungen spektraler UV-Strahlung am Hohen Sonnblick bestätigt: Während der Periode 1997-2011 wurden hochsignifikante Zunahmen der UV Strahlung im Bereich von +9% bis +12% pro Dekade registriert, die hauptsächlich auf Veränderungen des Gesamtbedeckungsgrades und abnehmender aerosol-optischer Dicke an dieser hochalpinen Station zurückzuführen sind.

Betrachtet man die saisonale Änderung der UV-Strahlung für den gesamten Zeitraum 1961-2011, so zeichnen sich die höchsten Trends in den Frühling- sowie in den Hochsommermonaten, hauptsächlich wegen hoher Sensitivität dieser Größe gegenüber den Änderungen in im stratosphärischen Ozon und in der Bedeckung.

Um die zukünftige Entwicklung der gesundheitsrelevanten UV-Strahlung zu erfassen, wurden Zukunftsszenarien bis 2049 berechnet. Dazu wurde die globale Strahlung aus regionalen Klimamodellen sowie Szenarien des Gesamtzons aus Klima-Chemie-Modell E39/C verwendet. Die Gesamtzonszenarien gehen von einer Erholung in der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts aus. Ein repräsentatives Ergebnis, nämlich die Abnahme der UV-Strahlung von ca. 2% pro Dekade, zeigt die [Abb. 2](#).

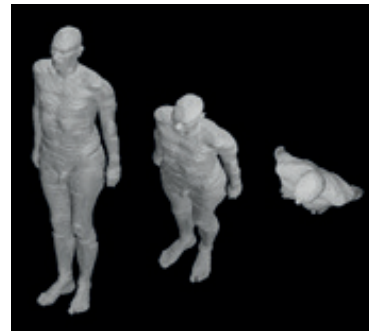


Abb. 3a

Modellmensch gesehen unter einem Zenitwinkel von 60°, 30° und 0°, die Vorderseite ist jeweils um 30° azimuthal gedreht.

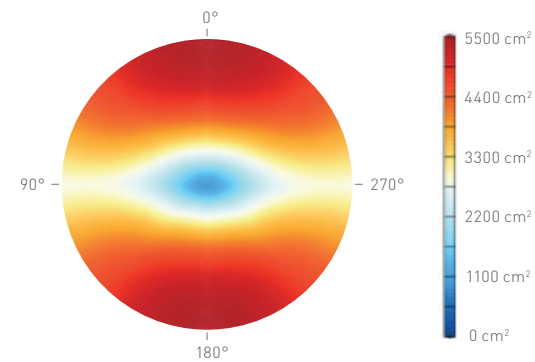


Abb. 3b

Darstellung der ermittelten Projektionsflächen für einen stehenden, unbedeckten Modellmensch in Abhängigkeit des Azimut- und Zenitwinkels.

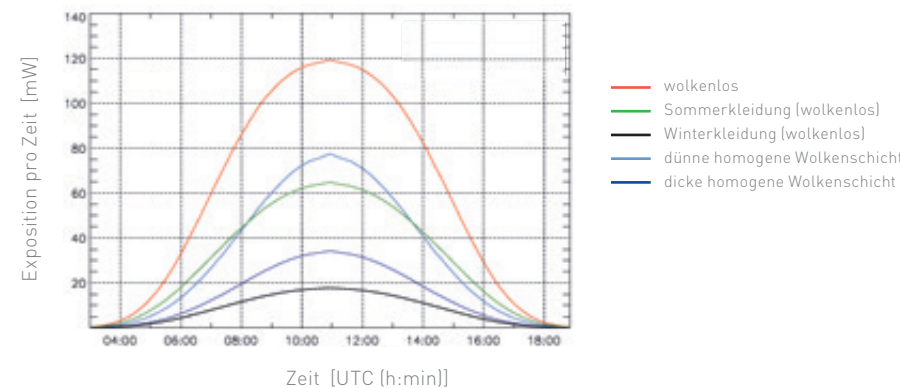


Abb. 4

Tagesgang der erythemgewichteten Exposition berechnet für unterschiedliche Wolkenbedingungen und Kleidung am 21. Juni in Groß-Enzersdorf unter Berücksichtigung der Körpergeometrie.

Dargestellt werden Expositionen unter wolkenlosen Bedingungen (rot) und homogener Wolkenschicht (blau, lila) sowie für Sommer- und Winterbekleidung unter wolkenlosem Himmel (grün, schwarz).

UV-Exposition der Menschen

Um genauer über die tatsächliche Exposition der Menschen und des damit einhergehenden Hautkrebsrisikos Aufschluss zu erhalten, wurde ein dreidimensionales Modell eines Menschen herangezogen. [Abb. 3](#) Dadurch wird die komplexe Geometrie des menschlichen Körpers und somit die reale Strahlungsempfängerfläche simuliert.

Ein Ergebnis dieser Berechnungen zeigt, dass sich der Großteil der Exposition eines aufrecht stehenden, unbedeckten Menschen durch den diffusen Anteil der Strahlung ergibt, sodass die Exposition nahezu unabhängig von der Körperorientierung zur Sonne ist. Des Weiteren zeigt sich, dass es für einen Menschen mit realistischer Bekleidung zu Beginn des Winters (21. Dezember bei Sonnenhöchststand, bewölkt) in Zentraleuropa nicht möglich ist, ausreichend Vitamin D zu produzieren, selbst wenn die Exposition auf den Zeitraum von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang ausgeweitet würde. Wie sich erythemwirksame Exposition in Abhängigkeit von atmosphärischen Bedingungen, Bekleidung und Tageszeit ändert, zeigt die [Abb. 4](#). Diese wurde für 21. Juni, Groß-Enzersdorf berechnet. Die Exposition wurde für eine Bedeckung des Körpers, die in Europa der typischen Sommerbekleidung entspricht, unter wolkenlosen Bedingungen auf etwa 50% des maximalen Wertes reduziert. Wird die typisch winterliche Bekleidung gewählt, wird die Exposition beim maximalen Sonnenstand auf etwa 15% reduziert. Zum Vergleich zeigt [Abb. 4](#) die Reduktion der Exposition durch eine dicke und eine dünne geschlossene Wolkendecke für das Modell Mensch ohne Bekleidung.

Hautkrebsrisiko

Um einen Überblick über die Hautkrebsgefährdung zu geben, wurden klinische Daten, langfristige UV-Strahlung und Umfrageergebnisse für das gesamte Bundesgebiet herangezogen und wirtschaftliche Konsequenzen für das österreichische Gesundheitssystem aufgrund bereits bestehender und zukünftiger Gesundheitsrisiken diskutiert. Ein deutlicher Trend zu höherem Melanomrisiko in geographisch höher gelegenen Bezirken in Österreich wurde gefunden. Andererseits sinkt die Melanomsterblichkeit im Gegensatz dazu. Die Hintergründe sind noch nicht vollständig geklärt. Möglicherweise liegen diese aber in einer besseren Vitamin D-Versorgung in größeren Höhenlagen.



Projektleitung

Dr. Swen Follak

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (AGES)
Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion



Beteiligte Institutionen

- Umweltbundesamt Ges.m.b.H, Wien
- Institut für Naturschutzforschung und Ökologie GmbH, Wien
- Technische Universität Wien, Wien
- Universität Wien, Wien



Gute Gründe für das Projekt

- Die Zahl der Funde der allergenen Neophyten Einjähriger Beifuß und Rispenkraut sind seit Mitte des 20. Jahrhunderts in Mittel- und Osteuropa deutlich angestiegen. Das Dreispaltige Traubenkraut breitete sich deutlich langsamer aus. In Österreich sind die Arten bis heute jedoch nur selten zu beobachten.
- Für alle drei untersuchten Arten besteht ein hohes Invasionsrisiko unter den gegenwärtigen Klimabedingungen in Österreich, welches sich vor allem für den Einjährigen Beifuß und das Rispenkraut in Zukunft deutlich vergrößert.
- Vorbeugen ist besser als Heilen – durch eine möglichst frühzeitige, proaktive und gezielte Maßnahmensetzung können zukünftige [Krankheits-]Kosten deutlich reduziert werden.

ClimAllergy

Ausbreitung und Management gebietsfremder Pflanzenarten mit hohem Allergiepotezial

Die Einwanderung und Ausbreitung von wärme-liebenden Neophyten, das heißt von gebietsfremden Pflanzenarten, wird durch die globale Erwärmung gefördert. Dazu gehören auch Pflanzenarten mit einem starken Allergiepotezial, die sich in Mittel- und Osteuropa – und damit auch in Österreich – immer weiter ausbreiten. Für PollenallergikerInnen sind diese Arten von besonderer Bedeutung. In Österreich werden bereits jährlich ca. 90 Millionen Euro für die Behandlung von Allergie- und Asthmabeschwerden ausgegeben, die durch den invasiven Neophyten Ambrosia (*Ambrosia artemisiifolia*) ausgelöst werden.

Kenntnisse zur aktuellen Verbreitung sowie über eine zukünftige Ausbreitung gebietsfremder, allergener Pflanzenarten stellen daher eine wichtige Grundlage dar, um frühzeitig entsprechende Anpassungsmaßnahmen setzen zu können.

Abb. 1

Das Dreispaltige Traubenkraut ist eine einjährige krautige Pflanze mit einem traubenförmigen Blütenstand und stammt ursprünglich aus Nordamerika, nördlich des Ohio River. (© Swen Follak)

Der Einjähriger Beifuß ist eine einjährige krautige Pflanze und stammt ursprünglich aus Ostasien. (© Pavol Eliáš)

Das Rispenkraut ist einjährige krautige Pflanze mit in der Größe variablen ei- bis herzförmigen Blättern und zahlreichen Ähren oder Doppelähren. Die Art stammt ursprünglich aus den Präriegebieten Nordamerikas. (© S. Follak)

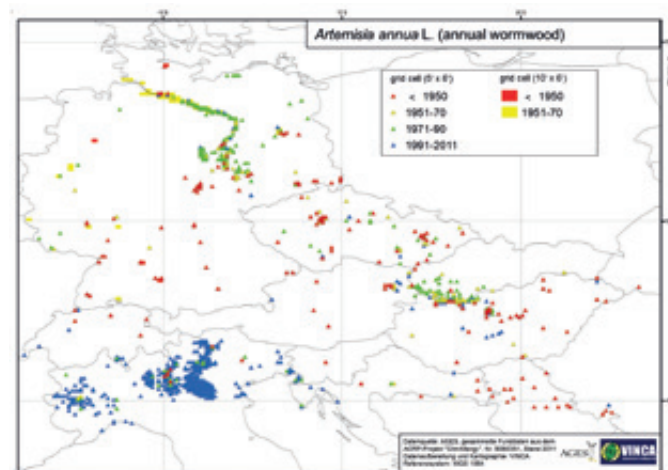


Abb. 2

Verbreitungskarte des Einjährigen Beifuß in Mittel- und Osteuropa für den Zeitraum vor 1950 (rote Dreiecke), 1951 bis 1970 (gelb), 1971 bis 1990 (grün) und 1991 bis 2011 (blau). Interessant sind die starke Verbreitung der Art entlang der Elbe in Deutschland und die großen Vorkommen in Norditalien.

Ziele des Projekts

In diesem Projekt ClimAllergy wurde von drei ausgewählten gebietsfremden Pflanzenarten mit hohem Allergiepotezial die Ausbreitungsgeschichte sowie die Arealodynamik unter Berücksichtigung des Klimawandels dargestellt.

Dabei handelt es sich um

- das Dreispaltige Traubenkraut (*Ambrosia trifida*),
- den Einjährigen Beifuß (*Artemisia annua*) und
- das Rispenkraut (*Iva xanthiifolia*).

Zurzeit ist jedoch über die Ausbreitungsdynamik dieser Arten sowie über ihre potenziellen Auswirkungen auf die Gesundheit nur wenig bekannt. In einem weiteren Schritt wurden effektive und kostengünstige Maßnahmen zur Eindämmung und Kontrolle erarbeitet sowie die Kosten und Nutzen dieser Maßnahmen analysiert.

Die drei Arten

Alle drei Arten sind nicht heimisch in Österreich. Das Dreispaltige Traubenkraut und das Rispenkraut stammen ursprünglich aus Nordamerika und der Einjährige Beifuß aus Ostasien. (Abb. 1) Die ausgewählten Pflanzenarten haben ein sehr hohes allergenes Potenzial und sind Verursacher von Asthma, Heuschnupfen und Dermatitis. Darüber hinaus kommen das Dreispaltige Traubenkraut und das Rispenkraut auch als Unkraut auf landwirtschaftlichen Flächen vor. Alle drei Arten kommen in einigen angrenzenden europäischen Nachbarländern vor und verbreiten sich dort stetig (z.B. Ungarn, Italien). Es

kann angenommen werden, dass die sich ändernden klimatischen Bedingungen die Ausbreitung der drei Arten – auch in Österreich – weiter fördern.

Selten, aber hohes Invasionsrisiko in Mitteleuropa und Österreich

Die aktuelle Verbreitung und die räumlich-zeitliche Ausbreitungsdynamik der drei Arten wurde auf der Grundlage von floristischen Datenbanken, nationalen Kartierungsprojekten und Herbarien, der floristischen Literatur und länderübergreifenden ExpertInnenbefragungen erhoben und kartografisch dargestellt. Die räumliche Auflösung der Funddaten folgt dem Quadrantenraster der floristischen Kartierungen (5x3 geografische Minuten, ca. 33 km²). Dabei wurden neben Österreich auch Funde in den Nachbarländern (Deutschland, Tschechien, Slowakei, Norditalien, Mittel- und Ostkroatien, Slowenien, Schweiz, Serbien, Ungarn) in die Studie mit einbezogen. Anhand einer Habitatmodellierung wurde die Ausbreitung der drei Arten unter heutigen klimatischen Bedingungen sowie unter zukünftigen Klimabedingungen für unterschiedliche Klimawandelszenarien abgebildet. Der gewählte Prognosezeitraum war 2020 und 2050. Es wurden vier globale Klimamodelle (CGCM2, EchAM5, HadCM3, HadGEM1) und drei Emissionsszenarien (moderate [B2] und stärkere [A1, A2] prognostizierte Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur) herangezogen.

Es wurden von den drei Arten insgesamt 3200 Funde von ihrem Erstauftreten im 19. Jahrhundert bis zum Jahr 2011 erfasst, wobei die meisten Funde (> 1800) vom Einjährigen Beifuß stammen (Abb. 2), gefolgt vom

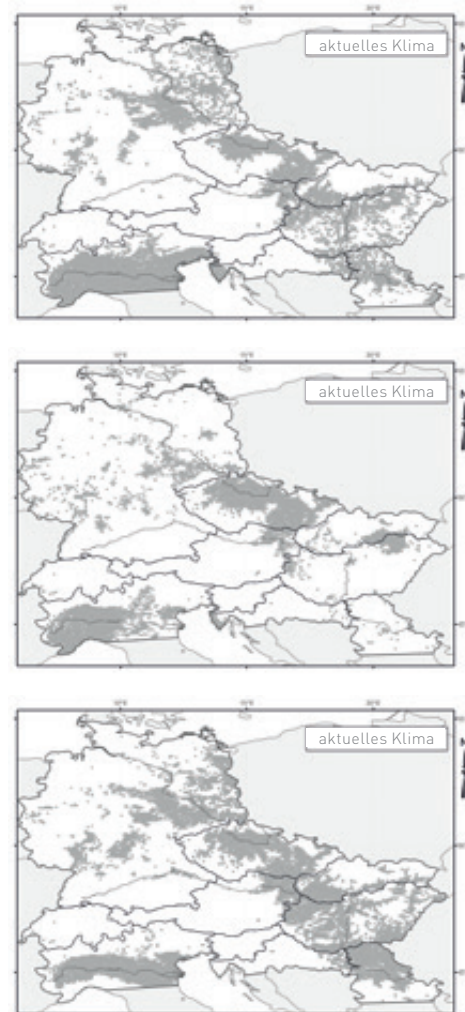


Abb. 3

Potenziell geeignetes Areal für die untersuchten Arten unter gegenwärtigem Klima in Mittel- und Osteuropa: der Einjährige Beifuß (oben), das Dreispaltige Traubenkraut (Mitte) und das Rispenkraut (unten).

Rispenkraut und dem Dreispaltigen Traubenkraut. Alle drei Arten traten zunächst selten auf, erst ab Mitte des 20. Jahrhunderts stiegen die Neufunde des Einjährigen Beifußes und des Rispenkrautes deutlich an, während die Ausbreitung des Dreispaltigen Traubenkrautes bisher deutlich langsamer verlief. Die drei untersuchten Arten treten gegenwärtig nur selten in Österreich auf und stellen daher keine akute Gefahr für die Gesundheit (und Landwirtschaft) dar. **Es besteht jedoch für alle drei Arten ein hohes Invasionsrisiko unter den gegenwärtigen Klimabedingungen.**

Abb. 3

Invasions-Hotspots unter gegenwärtigen Klimabedingungen liegen vor allem in Norditalien und in Gebieten mit kontinentalem und wärmerem Klima, wobei in Österreich insbesondere das östliche Donautiefland und das Wiener Becken für eine Besiedelung mit den drei Arten geeignet sind. In Österreich sind unter gegenwärtigen Klimabedingungen 7,85 %, 10,53 % bzw. 12,75 % der Fläche für das Dreispaltige Traubenkraut, den Einjährigen Beifuß und das Rispenkraut geeignet. Insbesondere für den Einjährigen Beifuß und das Rispenkraut wird dieses Invasionsrisiko durch den Klimawandel zusätzlich verschärft (das geeignete Areal steigt um nahezu das Dreifache an bis 2050 in Mitteleuropa), während das Invasionsrisiko des Dreispaltigen Traubenkrautes eher gleichbleibt oder gar abnimmt.

Kosten einer weiteren Ausbreitung und Maßnahmen zur Eindämmung

Eine wesentliche Frage für eine gezielte Maßnahmensetzung und ein vorsorgliches Management ist die Abwägung zwischen den entstehenden Kosten und dem Nutzeffekt. Die Nutzeffekte entstehen durch die Differenz der Maßnahmenkosten und der Kosten, die durch die Invasion der untersuchten gebietsfremden Pflanzenarten entstehen würden, wie Behandlungskosten und Ertragsverluste in der Landwirtschaft. Es wurden dafür zwei Maßnahmenzenarien miteinander verglichen: „keine Bekämpfung“, also eine ungehinderte Ausbreitung, und „vollständige Bekämpfung“, d.h. Ausrottung auftretender Populationen in Österreich. Darüber hinaus wurde die Pollenbelastung für die Bevölkerung mit zwei unterschiedlichen Klimawandelszenarien („konservativ“ [CGCM2 B2] vs. „worst case“ [HadCM3 A1]) sowie zwei Ausbreitungsmodellen („realistisch“ vs. „maximal“) simuliert.

Die Ergebnisse zeigen, dass sogar für das „konservative“ Szenario (moderater Klimawandel, geringe Behandlungskosten und Ertragsverluste) Nutzeffekte im Ausmaß von 96,4 € Mio. bis 34,5 € Mio. prognostiziert werden. Für das Worst-Case-Szenario liegen die berechneten Nutzeffekte zwischen 2.747,7 € Mio. und 884,4 € Mio. Bei einem Vergleich der drei Arten würde die Bekämpfung des Einjährigen Beifußes den größten Nutzeffekt bringen. Für alle drei Arten gilt jedoch, dass die Vermeidung der Erkrankungen einen wesentlich bedeutenderen Beitrag am Nutzeffekt hat, als die Vermeidung der Ertragsverluste. Insbesondere die Bekämpfung des Einjährigen Beifußes und des Rispenkrautes sollte frühzeitig stattfinden, um einen möglichst hohen Nutzeffekt zu erzielen.

Allergene (invasive) Neophyten – was ist zu tun?

- Eine wesentliche Voraussetzung für ein effektives Management stellt die Erfassung und Darstellung der räumlich-zeitlichen Verbreitung invasiver, allergener Pflanzenarten dar. Auch wenn dies oft sehr zeitaufwendig erscheint und viele Datenlücken bestehen, ermöglicht diese Grundlage die Untersuchung der Ausbreitungsgeschichte und -dynamik und Prognosen für eine weitere Verbreitung.
- Eine Habitatmodellierung ist ein wichtiges Werkzeug für Evaluierung und Beobachtung potenzieller Verbreitungsmöglichkeiten unter heutigen und zukünftigen klimatischen Bedingungen.
- Es wird empfohlen, insbesondere folgende wichtige Maßnahmen und erste Schritte in eine Managementstrategie aufzunehmen: rasche Bekämpfung bzw. Eindämmung vorhandener Populationen, GIS-Datenbank zur Dokumentation der Verbreitung sowie die Einrichtung einer Koordinierungsstelle für unterschiedliche Stakeholder, Gemeinden, Medien oder die allgemeine Öffentlichkeit.
- Kosten-Nutzen-Analysen sind ein gutes Werkzeug, um die Auswirkungen und Kosten der Verbreitung von Pflanzenarten mit hohem Allergiepotezial aufzuzeigen. Auch wenn in der Kosten-Nutzen-Analyse im Projekt ClimAllergy vereinfachende Annahmen getroffen wurden, zeigen die Ergebnisse doch eindeutig, dass eine möglichst frühzeitige, proaktive und gezielte Maßnahmensetzung notwendig ist, um eine weitere Verbreitung der Arten zu verhindern („an ounce of prevention is worth a pound of cure“).

Sven Follak



Projektleitung

Dr. Stefan Dullinger

V.I.N.C.A – Institut für Naturschutzforschung und Ökologie GmbH, Wien



Beteiligte Institutionen

- Umweltbundesamt GmbH, Wien



Gute Gründe für das Projekt

- Die Beifuß-Ambrosie (Ragweed) ist eine hochallergene einjährige Pflanze aus Nordamerika, die seit einigen Jahrzehnten in ganz Mitteleuropa in Ausbreitung begriffen ist und bereits heute in Österreich jährliche Gesundheitskosten in Millionenhöhe verursacht. Es besteht der Verdacht, dass die Ausbreitung der hochallergenen Pflanze mit der Klimaerwärmung in Zusammenhang steht.
- Effizientes Management und, wenn möglich, Eindämmung der weiteren Ausbreitung und damit die Reduktion potentieller Behandlungs- und Folgekosten, setzt eine bessere Kenntnis der Ausbreitungsursachen und des Ausbreitungsverlaufs voraus.
- Die Entwicklung von computerbasierten Methoden zur Rekonstruktion und, in weiterer Folge, zur Prognose der Ausbreitungsdynamik von invasiven Pflanzen ist unter Bedingungen des Klimawandels eine über den Modellfall Ragweed hinaus relevante Aufgabe.

RAG-Clim

Climate effects on the recent range expansion of ragweed in Central Europe

Bedeutsamkeit der Invasion der Beifuß-Ambrosie in Mitteleuropa

Die Beifuß-Ambrosie [Abb. 1](#), auch genannt Beifußblättriges Traubenkraut oder Ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) ist eine ursprünglich aus Nordamerika stammende, einjährige Pflanze aus der Familie der Korbblütler. Infolge (unbeabsichtigter) menschlicher Verschleppung ist die Art mittlerweile auf allen Kontinenten zu finden. In Mitteleuropa gilt sie seit dem 20. Jahrhundert als Teil der etablierten, also selbständig überlebensfähigen Flora.

Im Gegensatz zu vielen anderen eingeschleppten Arten hat die Ausbreitung der Beifuß-Ambrosie kaum naturschutzrelevante Bedeutung, ihr Pollen zählt jedoch zu den weltweit stärksten Pollenallergenen. **Durch die Ausbreitung der Art wird die Pollenbelastung in Mitteleuropa nicht nur insgesamt markant erhöht, ihre späte Blütezeit führt auch zu einer zweiten „Allergiesaison“ im Spätsommer.** Man schätzt dass der volkswirtschaftliche Schaden der Beifuß-Ambrosie durch die Kosten medizinischer Behandlungen und entsprechenden Krankenstände, in einem geringeren Ausmaß auch durch landwirtschaftliche Einbußen schon heute in Österreich annähernd einen dreistelligen Millionenbetrag ausmacht.

Abb. 1

links: Massenaufreten der Beifuß-Ambrosie an einem Ackerflächenrand
rechts: Beifuß-Ambrosie in Blüte

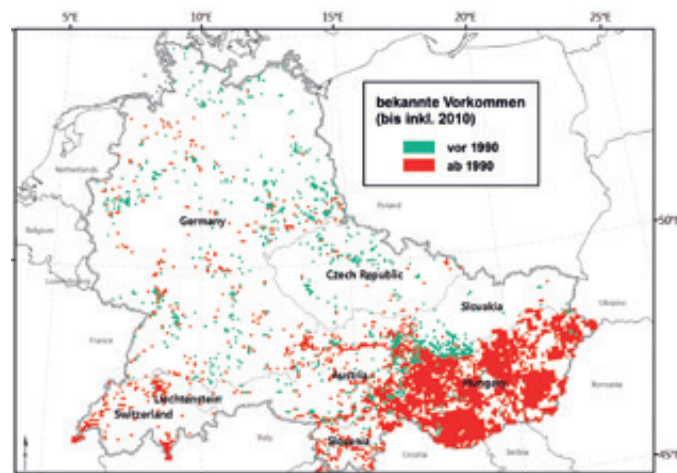


Abb. 2

Die Ausbreitung der Beifuß-Ambrosie in Mitteleuropa (Österreich, Deutschland, Liechtenstein, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Tschechische Republik und Ungarn). Seit ca. 1990 hat die Ausbreitungsdynamik deutlich an Momentum gewonnen.

Historische Ausbreitungsdynamik

Die ersten dokumentierten Vorkommen der Beifuß-Ambrosie in Mitteleuropa stammen bereits aus dem 19. Jahrhundert, aber erst seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde die Art so häufig, dass sie eine relevante Belastung für Mensch und Umwelt darstellt. Seit ca. 1990 hat sich die Ausbreitungsdynamik in Mitteleuropa noch einmal beschleunigt: sowohl das Verbreitungsgebiet als auch die lokalen Bestandsdichten begannen rasch anzusteigen.

Abb. 2

Insbesondere im Flachland und in von Menschen geschaffenen bzw. gestörten Habitaten wie Strassenrändern oder Ackerflächen kann sich die Art gut etablieren. Rasch wachsende Populationen mit enger Bindung an menschliche Siedlungsräume führten zu entsprechend verstärkter Allergiebelastung.

Mögliche Gründe der rezenten Invasionszunahme und Projektziel

Die Gründe dieser bemerkenswerten Ausbreitungsbeschleunigung in den letzten Jahrzehnten sind nicht vollständig geklärt. Da die Art jedoch ein sommerwarmes, nicht zu trockenes Klima bevorzugt und gegen Früh- und Spätfröste empfindlich ist, wird ein Zusammenhang mit den rezenten Klimatrends in Mitteleuropa vermutet.

Als alternative Hypothesen müssen jedoch auch i) veränderte Landnutzungsmuster, ii) effizientere Verbreitung der Samen durch menschliche Aktivitäten (intensiver Handel und Warentransport auf nationaler

wie internationaler Ebene), oder auch iii) intrinsische Prozesse der Populationsdynamik (zeitverzögertes Erreichen einer gewissen Mindest-Populationsdichte vor dem Einsetzen einer exponentiellen Wachstumsphase) in Betracht gezogen werden.

In unserem Projekt untersuchten wir den historischen Verlauf der Ambrosien-Ausbreitung in Mitteleuropa und den Einfluss dieser möglichen Faktoren, mit besonderem Augenmerk auf der möglichen Bedeutung des rezenten Klimatrends als Katalysator der jüngsten Ausbreitungswelle.

Invasionshistorie

Wir sammelten historische wie rezente Verbreitungsdaten der Beifuß-Ambrosie für Österreich und die Nachbarländer Deutschland, Liechtenstein, Schweiz, Slowakei, Slowenien, die Tschechische Republik und Ungarn. Diese Datenserie erlaubte eine Rekonstruktion des kompletten mitteleuropäischen Ausbreitungsverlaufes. Wir kompilierten weiters Daten zur räumlichen Verteilung und zeitlichen Veränderung von verschiedenen klimatischen Parametern (jährliche und monatliche Temperaturmittel und Temperatur-extreme, Niederschlagssummen), von anthropogenen Landnutzungsmustern sowie von Infrastrukturnetzwerken (Straßen und Bahnlinien), die als Hauptwege der Ausbreitung über größere Distanzen gelten. Aus diesen Datenreihen lässt sich z.B. für die jährliche Durchschnittstemperatur und damit korrelierte Temperaturkennwerte gegen Ende des 20. Jahrhunderts ein markanter Anstieg beobachten.

Abb. 3

Jährliche Temperatur [°C]

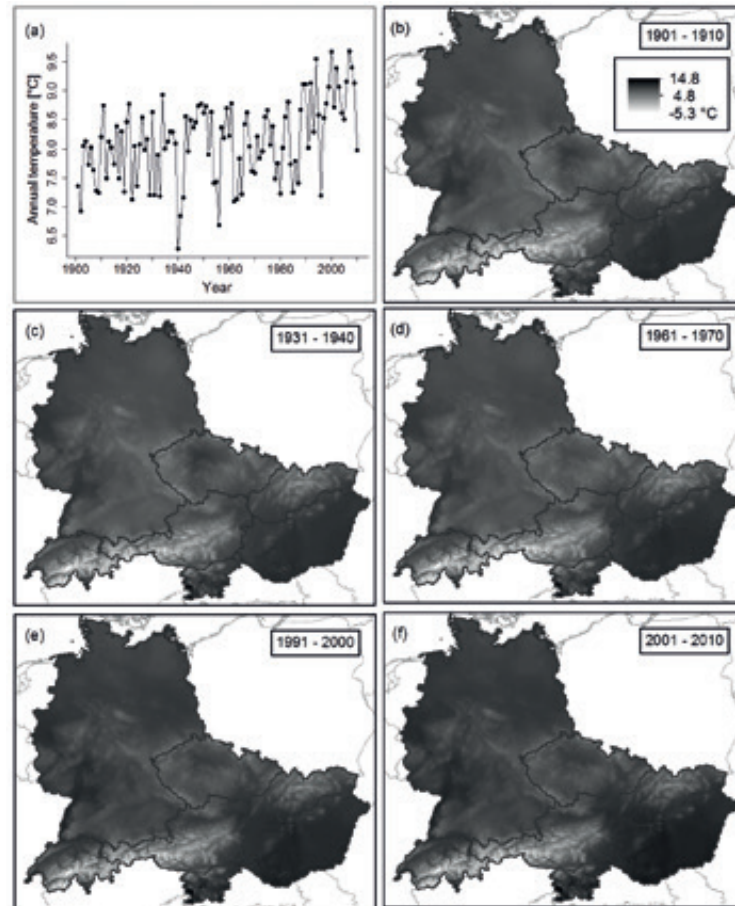


Abb. 3

Räumlich-zeitlicher Temperaturtrend in Mitteleuropa ab dem 20. Jahrhundert. Der deutliche Anstieg der jährlichen Durchschnittstemperaturen gegen Ende des 20. Jahrhunderts korreliert mit der beschleunigten Ausbreitung der Beifuß-Ambrosie.

Analysen

Mit Hilfe eines selbstentwickelten Simulationsmodells wurde anschließend der Einfluss verschiedener Faktoren und ihrer Wechselwirkungen auf die Ausbreitungsdynamik analysiert.

Abb. 4

Unser Modell verknüpft Aspekte der spezifischen Biologie der Art mit natürlichen wie auch vom Menschen beeinflussten oder geschaffenen Umweltbedingungen und versucht weiters verschiedene Ausbreitungsmechanismen (unbeabsichtigte menschliche Verschleppung, Ausbreitung durch andere Vektoren wie Wind) zu integrieren. Für jedes Simulationsjahr (1900 – 2010) und jedes von der Ambrosie zu diesem Zeitpunkt noch nicht besiedelte Teilgebiet der Untersuchung (ganz Mitteleuropa wurde in ein regelmäßiges Raster von Teilgebieten á ca. 35 km² unterteilt) liefert das Modell die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Etablierung der Ambrosie. Diese Wahrscheinlichkeit berechnet sich aus dem „Invasionsdruck“, den die bereits besiedelten auf die unbesiedelten Gebiete ausüben, eine Kombination aus der Größe der Populationen in den besiedelten Gebieten und ihrer räumlichen Nähe zu den unbesiedelten Gebieten, und der Umwelt-, insbesondere der klimatischen Eignung der unbesiedelten Gebiete im entsprechenden Jahr. Das Modell berücksichtigt weiters, dass unser Wissen über die Verbreitung der Art zu einem bestimmten Zeitpunkt unvollständig sein kann. Die Beifuß-Ambrosie mag in Wirklichkeit also eine bereits deutlich grössere Verbreitung aufweisen als durch die bekannten Funde dokumentiert ist. Weiters können lokale Erstetablierungen zeitlich auch deutlich vor dem ersten Fund stattgefunden haben.

Ergebnisse

Wir konnten zeigen, dass sowohl die rezente mitteleuropäische Verbreitung wie auch der historische räumlich-zeitliche Ausbreitungsverlauf maßgeblich vom Klima und seiner Entwicklung in den letzten Jahrzehnten beeinflusst wurden. Am stärksten von der Invasion betroffen sind die Tieflagen östlich der Alpen und somit das östliche und nord-östliche Österreich, Ungarn, und Slowenien. Bedeutsame Vorkommen existieren jedoch auch außerhalb dieser Kernregion, etwa in föhngeprägten Alpentälern oder in lokalen klimatischen „Hot-Spots“.

Unsere Modellierungen ergaben, dass Temperatur der mit Abstand wichtigste Umweltfaktor für die Erklärung des Invasionsmusters ist. Die wärmsten Regionen innerhalb des Untersuchungsgebietes wurden am häufigsten und frühesten kolonisiert, in ihnen haben sich die größten Populationen entwickelt.

Die Invasion ist sowohl selbsttragend wie auch selbstverstärkend, da etablierte Populationen in besiedelten Kernregionen einen kontinuierlichen Invasionsdruck auf die noch nicht besiedelte Nachbarschaft ausüben. Die räumliche Ausbreitung findet primär durch diffusionsartige, radiale Expansion statt, wird aber offensichtlich von gelegentlicher Verschleppung über weitere Distanzen unterstützt: Neue Invasionsherde haben sich immer wieder in einiger Entfernung von bekannten Vorkommen etabliert.

Unsere Modellierung suggeriert, dass die verfügbaren Daten über die Verbreitung der Beifuß-Ambrosie die tatsächliche Ausbreitung räumlich lückenhaft und zeitlich verzögert widerspiegeln.

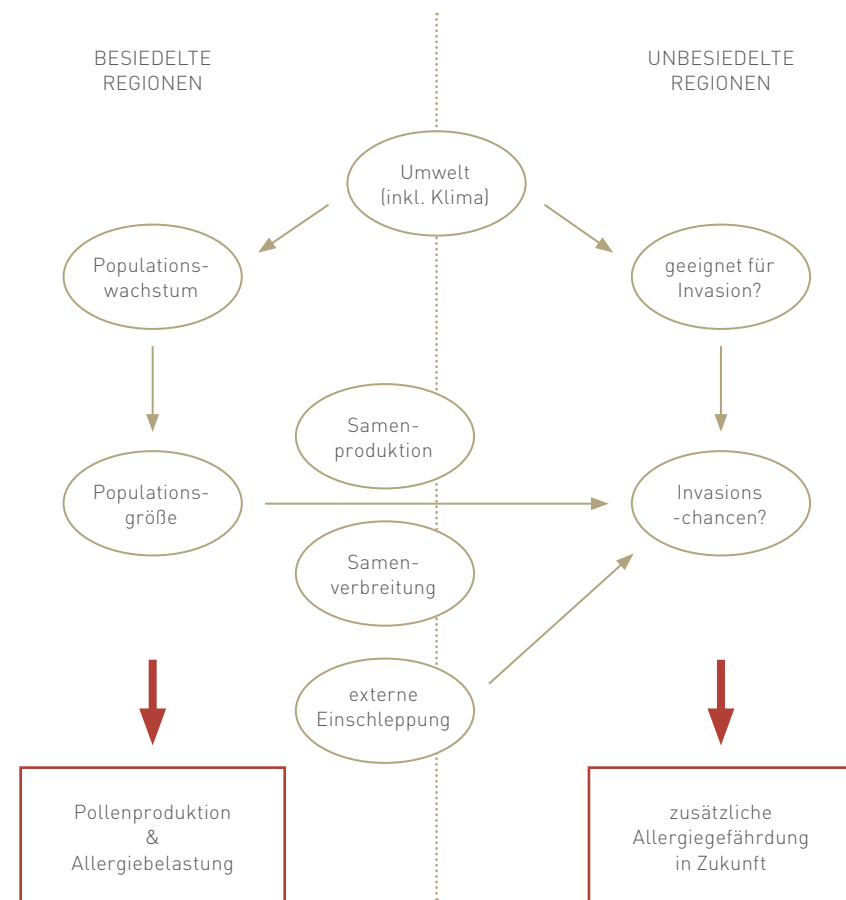


Abb. 4

Schematische Darstellung des Modells zur Analyse der wichtigsten Faktoren für die Ausbreitung der Beifuß-Ambrosie. Klima, und hier vorwiegend höhere Temperatur, ist am engsten mit der Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen initialen Invasion und mit der anschließend erreichten Bestandsdichte – und damit letztendlich mit der Pollenbelastung der Bevölkerung – korreliert.

Wir schätzen, dass die von der Art heute tatsächlich besiedelte Fläche ungefähr doppelt so groß wie das durch Daten dokumentierte Verbreitungsgebiet ist.

Obwohl die Beifuß-Ambrosie aufgrund ihrer sozio-ökonomischen Bedeutung zuletzt viel Aufmerksamkeit auf sich gezogen hat, scheinen erhebliche Verzögerungen zwischen dem Zeitpunkt der Neuetablierung einer Population und ihrer Dokumentation noch immer die Regel darzustellen. Dies erschwert sowohl Bekämpfungsmaßnahmen wie auch die Abschätzung des realisierten Allergierisikos auf feinerer räumlicher Skala.

Ausblick für das 21. Jahrhundert

Die Invasion der Beifuß-Ambrosie wird von verschiedenen Faktoren ko-determiniert, das Klima spielt aber ohne Zweifel eine wesentliche Rolle. Die rezente Klimaentwicklung hat die historische Ausbreitung der Beifuß-Ambrosie begünstigt. Die prognostizierten Klimaszenarien für das 21. Jahrhundert mit kontinuierlich steigenden Durchschnittstemperaturen werden die Ausbreitung der Art weiter fördern, indem sie sowohl neuen besiedelbaren Raum erschließen (z.B. die montane Stufe der Alpen) als auch das Wachstum der Populationen in den schon besiedelten Gebieten beschleunigen. Dementsprechend ist im weiteren Verlauf des 21. Jahrhunderts mit einer weiter steigenden Pollenbelastung und damit assoziierten Kosten zu rechnen.

Stefan Dullinger

Alle geförderten Projekte im Überblick

FOCUS-I

Projektleitung	Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
Kontakt	Dr. Maja Zuvela-Aloise (maja.zuvela-aloise@zamg.ac.at)
Förderprogramm	Klima- und Energiefonds, Austrian Climate Research Programme, 2. Ausschreibung
Dauer	Juni 2011 - Mai 2013
Budget	€ 146.558,00
Fördersumme	€ 141.206,00

STOPHOT

Projektleitung	Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung
Kontakt	Assoz. Prof. DI Dr. Arne Arnberger (arne.arnberger@boku.ac.at)
Partner	Medizinische Universität Wien, Zentrum für Public Health, Institut für Umwelthygiene; Universität Wien, Institut für Soziologie; Hochschule Fulda, Fachbereich Pflege und Gesundheit, Deutschland
Förderprogramm	Klima- und Energiefonds, Austrian Climate Research Programme, 3. Ausschreibung
Dauer	01.04.2011 - 30.09.2014
Budget	€ 231.003,00
Fördersumme	€ 231.003,00

UVSkinRisk

Projektleitung	Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Meteorologie (BOKU-Met)
Kontakt	Dr. Stana Simic (stana.simic@boku.ac.at)
Partner	Medizinische Universität Wien, Institut für Umwelthygiene; Leibnitz Universität Hannover, Institut für Meteorologie und Klimatologie, Deutschland
Förderprogramm	Klima- und Energiefonds, Austrian Climate Research Programme, 2. Ausschreibung
Dauer	01.03.2011-31.08.2013
Budget	€ 218.275,00
Fördersumme	€ 218.275,00

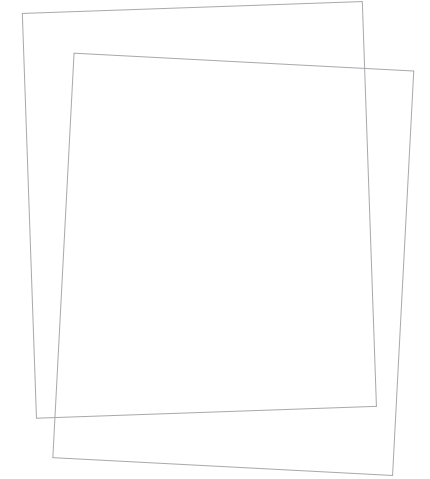
ClimAllergy

Projektleitung	Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (AGES), Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion
Kontakt	Dr. Swen Follak (swen.follak@ages.at)
Partner	Institut für Naturschutzforschung und Ökologie GmbH, Wien; Technische Universität Wien; Universität Wien; Umweltbundesamt Ges.m.b.H, Wien
Förderprogramm	Klima- und Energiefonds, Austrian Climate Research Programme, 2. Ausschreibung
Dauer	Januar 2011 bis August 2013
Budget	€ 104.610,00
Fördersumme	€ 104.610,00

RAG Clim

Projektleitung	V.I.N.C.A - Institut für Naturschutzforschung und Ökologie GmbH, Wien
Kontakt	Dr. Stefan Dullinger (stefan.dullinger@univie.ac.at)
Partner	Umweltbundesamt GmbH, Wien
Förderprogramm	Klima- und Energiefonds, Austrian Climate Research Programme, 3. Ausschreibung
Dauer	1.7.2011 - 31.10.2013
Budget	€ 188.506,00
Fördersumme	€ 181.645,00

Bei Interesse an den bisherigen
Themenfeldern, kontaktieren Sie bitte:
bettina.zak@klimafonds.gv.at
Online können Sie die Schriftenreihe unter
folgendem Link nachlesen:
<http://klimafonds.gv.at/service/>



Bisherige Ausgaben von „ACRP in essence“

Landwirtschaft

CLIMSOIL

Der Einfluss des Klimawandels auf Bodentemperaturen und diesbezügliche Risiken für die Landwirtschaft

ADA AgroDroughtAustria

Trockenheitsmonitoringssystem für die Landwirtschaft Österreichs

ACC AustrianCarbonCalculator

Modell zur Erstellung von Prognosen in der Bodenkohlenstoff-Entwicklung

VitisClim

Einfluss des Klimawandels auf den Weinbau, am Beispiel von Flavescence Dorée

FarmCLIM

Verbesserung der Klimaeffizienz landwirtschaftlicher Verfahren durch bessere N-Ausnutzung und Minderung der Treibhausgasemissionen

FOODSECURITY

Klimawandelbedingte Risiken für die Ernährungssicherheit in Österreich

Forstwirtschaft

Private Forest Adapt

Verstehen und steuern des Zuganges von Kleinstwaldbesitzern zu den Herausforderungen des Klimawandels

FIRIA

Waldbrandgefahr in Österreich unter den Vorzeichen des Klimawandels

AdaptTree

Die Bedeutung epigenetischer Variation für die natürliche Anpassung von Bäumen an den Klimawandel

Disturbance

Modellierung von Störungsereignissen durch Wind und Borkenkäfer im österreichischen Wald

Douglas

Chancen und Risiken für den Douglasienanbau in Österreich

CAFEE

Eine integrative Analyse von Klima- und Politikauswirkungen auf Ökosystemdienstleistungen, Biodiversität und die regionale Wirtschaft

Biodiversität

Leben im Eisschrank

Unterkühlte Blockhalden in den Alpen als schützenswerte Rückzugslebensräume einer kälteangepassten Kleintierfauna

RADICAL

Risikoanalyse von direkten und indirekten Klimaeffekten auf österreichische Voralpenseen

SPEC-ADAPT

Klimawandelbedingte Migration von Tier- und Pflanzenarten, Schutzgebietsnetzwerke und mögliche Adaptationsstrategien

BIO_CLIC

Das Potential der Ufervegetation zur Minderung von Effekten des Klimawandels auf biologische Lebensgemeinschaften kleiner bis mittelgroßer Fließgewässer

CCN-Adapt

Anpassung an kombinierte Effekte von Klimawandel und Stickstoffeinträgen auf die Biodiversität

Wirtschaft

COIN

Erforschung der wirtschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels auf Österreich

adapt2to4

Klimabedingte Schäden an der Verkehrsinfrastruktur und flexible Anpassungsentscheidungen

ASSET

Finanzpolitischer Maßnahmen zur Treibhausgasreduktion im Straßenverkehr

SOS

Untersuchung der indirekten Effekte der Klimawandelauswirkungen, beispielsweise durch Importabhängigkeiten

TRAFO-LABOUR

Über die Rolle von Gewerkschaften in der Klimapolitik

STEP

Alternative Antriebstechnologien können die Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors senken. Für eine rasche Entwicklung braucht es gezielte Politik

Impressum

Medieninhaber

Klima- und Energiefonds

Gumpendorfer Straße 5/22, 1060 Wien

Tel: +43 1 585 03 90, Fax: +43 1 585 03 90-11

office@klimafonds.gv.at

Für den Inhalt verantwortlich

Die AutorInnen tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieser Broschüre. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider. Weder der Klima- und Energiefonds noch das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft sind für die Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

Druck

Druckerei Gugler (www.gugler.at)

Bei der mit Ökostrom durchgeführten Produktion wurden die Anforderungen des Österreichischen Umweltzeichens erfüllt. Sämtliche während des Herstellungsprozesses anfallenden Emissionen wurden im Sinne einer klimaneutralen Druckproduktion neutralisiert.

Gestaltung

Studio Deluxe (www.studiodeluxe.at)

Verlags- und Herstellungsort

Wien

Wir haben diese Broschüre mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt und die Daten überprüft. Rundungs-, Satz- oder Druckfehler können wir dennoch nicht ausschließen.

www.klimafonds.gv.at





MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWERTES
ÖSTERREICH

AUSTRIAN CLIMATE RESEARCH PROGRAMME

in ESSENCE

