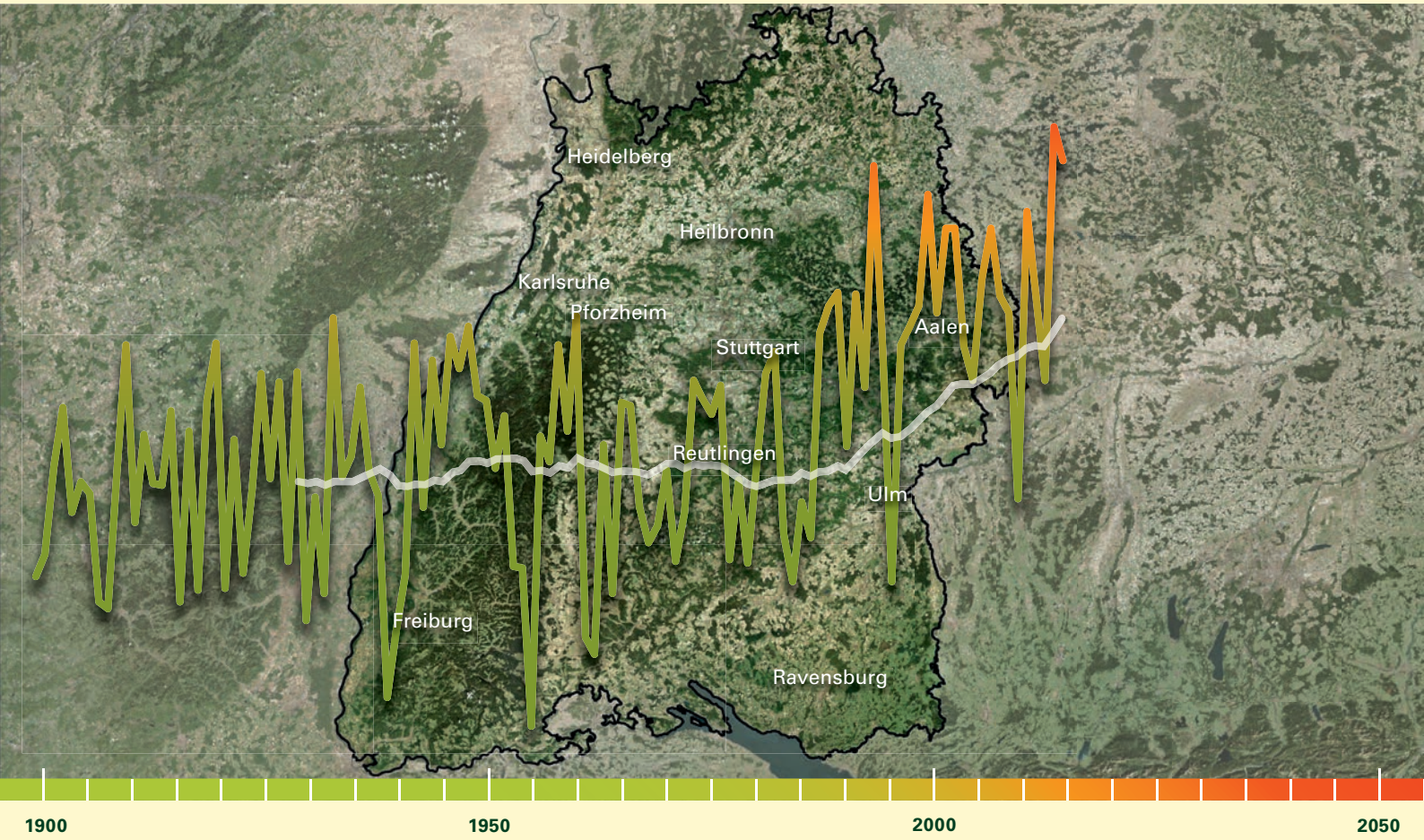


Klimawandel als Herausforderung

Risiken verringern, Chancen nutzen, handeln
Beiträge aus dem Programm KLIMOPASS

LUBW

Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

VORWORT

Die Folgen des globalen Klimawandels sind auch in Baden-Württemberg spürbar. So ist die Durchschnittstemperatur zwischen 1881 und 2015 um 1,3° C gestiegen. Der Klimawandel bringt viele Herausforderungen mit sich. Deshalb ist engagierter Klimaschutz so wichtig, um die Treibhausgase zu begrenzen. Gleichzeitig müssen wir uns auch an die unvermeidbaren Folgen des Klimawandels anpassen.

Das Klimaschutzgesetz von 2013 hat die beiden Säulen der Klimapolitik im Land verankert. Das Gesetz schreibt verbindliche Klimaschutzziele fest. Gegenüber dem Jahr 1990 sollen die Treibhausgasemissionen bis 2020 um 25 % und bis 2050 um 90 % reduziert werden. Das Integrierte Energie und Klimaschutzkonzept (IEKK) zeigt dabei den Weg auf, wie die ehrgeizigen Ziele erreicht werden können. Gleichzeitig wurde die Entwicklung einer Strategie zur Anpassung an die unvermeidbaren Folgen des Klimawandels im Klimaschutzgesetz verankert.

Die Auswirkungen des Klimawandels werden in Baden-Württemberg bereits seit den 1990er Jahren im Rahmen verschiedener Forschungsvorhaben beobachtet. Im Jahr 2011 wurde schließlich das Programm „Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg“ (KLIMOPASS) ins Leben gerufen. Aufgrund des großen Themenspektrums der Klimaanpassung wurde KLIMOPASS als ressortübergreifendes Programm angelegt. Neben praxisnaher Forschung zu den Auswirkungen des Klimawandels auf das Land war die Erprobung erster Anpassungsmaßnahmen ein weiterer Schwerpunkt des Programms.

Im Jahr 2016 wurde KLIMOPASS einer Evaluierung unterzogen, die die Grundlage für die Weiterentwicklung zu einem Förderprogramm bildete, das sich seitdem verstärkt mit der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen befasst.

Insgesamt wurden im Zeitraum von 2011 bis 2016 über 80 Projekte mit etwa 7,5 Millionen Euro unterstützt. Alle Projekte wurden von einem ressortübergreifenden Projektrat sowie externen Expertinnen und Experten bewertet und ausgewählt und von der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg LUBW fachlich betreut und begleitet. In dieser Broschüre werden die Ergebnisse ausgewählter Projekte dargestellt.

Franz Untersteller MdL
Minister für Umwelt, Klima
und Energiewirtschaft
des Landes Baden-Württemberg

VORWORT

Die LUBW (Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg) unterstützt seit mehr als acht Jahren die über 80 Projekte im Programm KLIMOPASS bei dessen Konzeption, Organisation und Koordination.

In KLIMOPASS wird der Klimawandel mit seinen Folgen untersucht. Darüber hinaus werden aber auch Möglichkeiten zur Anpassung in den Handlungsfeldern der Anpassungsstrategie des Landes erarbeitet. Mit den Projekten sollen anwendungsorientierte Fragestellungen bearbeitet werden, so dass die Ergebnisse helfen können, Anpassungsmaßnahmen zu entwickeln und auch umzusetzen. Beispielweise werden Fragen zur zukünftigen klimawandelgerechten Stadtplanung, zur Tierhaltung in der Landwirtschaft oder zur Vulnerabilität der Wirtschaft des Landes bearbeitet.

Bisher haben sich zahlreiche Partner aus Wissenschaft und Forschung beteiligt. Da sich der Klimawandel insbesondere auch auf der regionalen und lokalen Skala auswirkt und hier Anpassungsmaßnahmen direkt greifen können, spricht KLIMOPASS auch zunehmend die Akteurinnen und Akteure vor Ort an, insbesondere Kommunen.

Für jedes Förderjahr erstellte die LUBW thematische Ausschreibungen, in deren Rahmen Projektanträge gestellt werden konnten. Hierfür wurde der aktuelle Forschungsstand und Forschungsbedarf von ihr ausgewertet.

Zu den förderfähigen Themenfeldern zählten alle neun Handlungsfelder der Anpassungsstrategie. KLIMOPASS war somit sehr breit aufgestellt. Bei Bedarf wurden in Workshops mit Expertinnen und Experten aus Wissenschaft und Praxis spezielle Schwerpunktthemen benannt.

Der KLIMOPASS-Projektrat nahm die Aufgabe wahr, aus den vielen und fachlich teilweise sehr unterschiedlich gelagerten Projektanträgen geeignete KLIMOPASS-Projekte auszuwählen. Die LUBW organisierte das Verfahren zur Qualitätskontrolle dieser Anträge. Hierfür leitete sie ein Bewertungsverfahren mit externen Gutachterinnen und Gutachtern aus Praxis, Wissenschaft und Verwaltung und legte dem Projektrat die Ergebnisse vor. Die Entscheidung des Projektrats setzte die LUBW verwaltungstechnisch um und begleitete die laufenden Projekte fachlich, z. B. durch die Bereitstellung von Daten oder Unterstützung bei Projektveranstaltungen. Die Abschlussberichte der einzelnen Projekte wurden von ihr veröffentlicht und stehen im Publikationsdienst der LUBW zur Verfügung.

Nach über acht Jahren KLIMOPASS sollen die Projekte mit dieser Broschüre einem breiteren Publikum kurz und verständlich präsentiert werden. Aus der großen Bandbreite und Vielzahl der Themen haben wir einige Projekte ausgewählt und stellen Ihnen an dieser Stelle deren Ergebnisse in 24 Beiträgen vor. Für weitergehende Informationen möchte ich auf das Internetangebot der LUBW verweisen. Dort stehen die Berichte aller abgeschlossenen Projekte zur Verfügung.

E. Bell

Eva Bell
Präsidentin der Landesanstalt für
Umwelt Baden-Württemberg

INHALT

EINFÜHRUNG

Klimafolgenforschung in Baden-Württemberg 6
Leitplanken der zukünftigen Klimaänderungen 8
Anpassungsstrategie 10

KLIMAFOLGEN / MONITORING

Ein Klimamonitoring für die Modellregion Freiburg 12
Regionale Klimaänderungen und ihre Folgen 14
Klimaanpassung im Naturpark 16

GESUNDHEIT

Wie warnt man am besten vor großer Hitze? 18
Besonders gefährlich: Das Hitzerisiko bei älteren Menschen 20
Wärmeres Klima – unerwünschte Stechmücken 22

STADT- / REGIONALPLANUNG

Mit Mathematik zu einer nachhaltigen Stadt 24
Unsere Städte werden immer heißer – was tun? 26
Siedlungsverdichtung und Bauen im Zeichen der Klimaerwärmung 28
Abhilfe für Karlsruher Hitze-Hot-Spots 30
Wie anpassungsfähig ist eine Stadt? 32
Mit Grün gegen den Klimawandel 34
Begrünte Dächer – besseres Klima 36
Klimagerechte Landschaftsplanung: Das Beispiel Unteres Remstal 38

NATURSCHUTZ / BIODIVERSITÄT

Wie Flora und Fauna auf den Klimawandel reagieren 40

WASSERHAUSHALT

Gibt es künftig noch genug Trinkwasser? 42

Wie verwaltet man den Wassermangel? 44

WIRTSCHAFT

Wie verwundbar ist die Wirtschaft im Land? 46

LANDWIRTSCHAFT

Werden wir künftig mehr ernten? 48

Bodenwasser: Mal zu wenig, mal zu viel 50

Von Kirschen und Schweinen 52

FORSTWIRTSCHAFT

Wald und Klima: Ohne Bewusstseinswandel geht es nicht 54

Wie klimagestresste Wälder besser wachsen 56

Wald im Wandel 58

RESÜMEE UND WEITERENTWICKLUNG 60

PROJEKTÜBERSICHT 62

IMPRESSUM & BILDNACHWEIS 71

EINFÜHRUNG

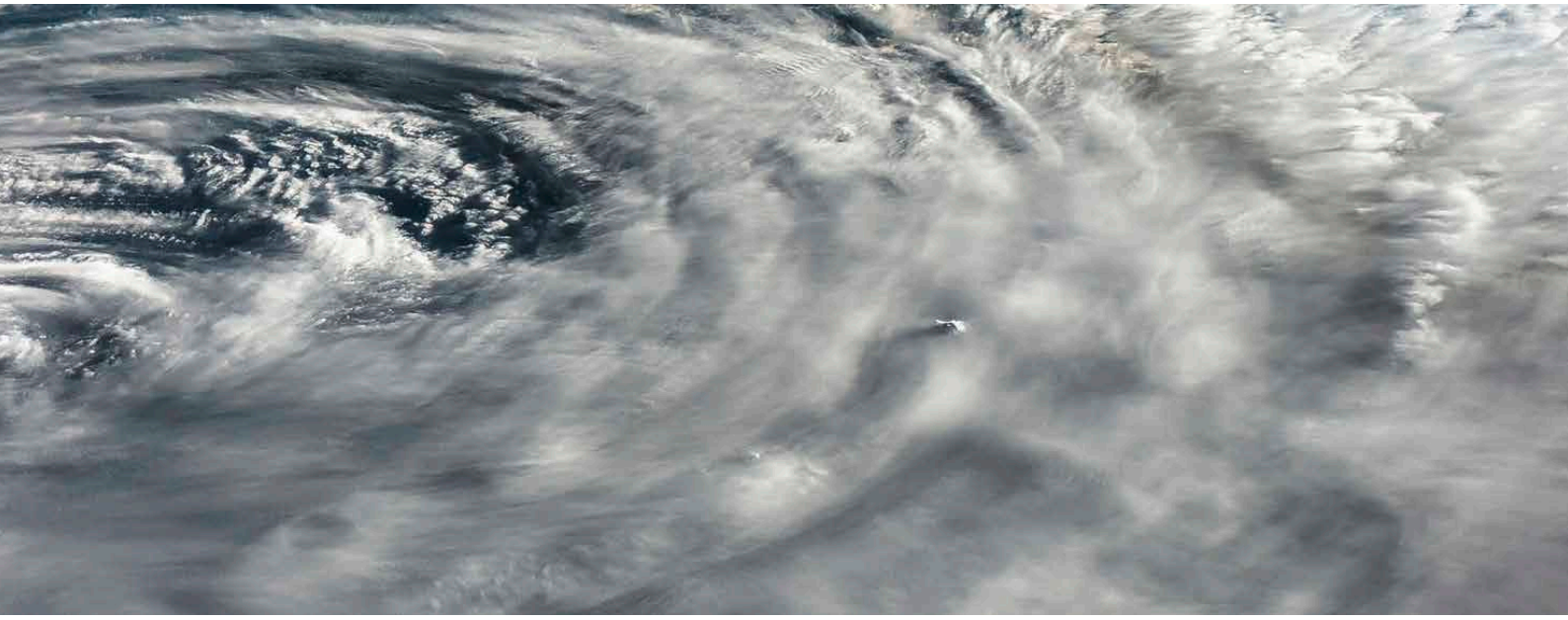
Klimafolgenforschung in Baden-Württemberg

Der Klimawandel bedeutet nicht nur neue Gefahren. Für einige Bereiche können sich auch Chancen ergeben. Doch welche Entwicklungen sind wahrscheinlich? Mögliche Antworten kann die Klimafolgenforschung geben.

Baden-Württemberg hat früh begonnen, die Folgen des Klimawandels zu erforschen. Das bislang letzte Glied in der Kette der programmatischen Klimafolgenforschung ist das Programm KLIMOPASS. Es steht für „Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg“. Am Beginn der Kette steht das Programm KLIWA „Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“. In KLIWA wird seit 1999 in Kooperation mit den Ländern Bayern und Rheinland-Pfalz sowie dem deutschen Wetterdienst gezielt der Wassersektor untersucht. Mit den folgenden Programmen KLARA (Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung) und „Herausforderung Klimawandel in Baden-Württemberg“ wurde der Blickwinkel auf weitere Handlungsfelder vergrößert. Hierzu zählen u. a. die menschliche Gesundheit, der Tourismus, die Land- und die Forstwirtschaft. Es wurde untersucht, welche klimatischen Änderungen zu erwarten sind und welche Verwundbarkeiten je Handlungsfeld eintreten können, beispielsweise die Zunahme an Hitzeereignissen. Für die menschliche Gesundheit bedeutet das die Verschärfung der thermischen Belastung. Eine besonders verletzliche Bevölkerungsgruppe sind die älteren Menschen, bei denen das Risiko hitzebedingter Todesfälle ansteigt.

WISSENSLÜCKEN SCHLIESSEN

Die Folgen des Klimawandels sind mittlerweile vielfach gut einschätzbar. Umso stärker rücken



Fragen nach geeigneten Anpassungsmaßnahmen und ihrer Umsetzung in den Vordergrund. KLIMOPASS wurde ins Leben gerufen, um genau an dieser Stelle anzusetzen. Es sollen anwendungsorientierte Fragestellungen bearbeitet werden, die helfen, gezielt Anpassungsmaßnahmen zu entwickeln und pilothaft umzusetzen. Dementsprechend beschäftigen sich die Projekte beispielsweise damit, wie und wo sich unsere Städte aufheizen und was dagegen getan werden kann. Aber auch wie effektiv vor Hitze gewarnt werden kann, ist ein Thema. Möglich ist auch die Analyse positiver Effekte, zum Beispiel auf den landwirtschaftlichen Ertrag. Auch bei der Entwicklung und pilothaften Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen können Akteurinnen und Akteure unterstützt werden.

81 PROJEKTE VON 2011 - 2016

Zwischen 2011 und 2016 wurden 81 Projekte bewilligt, die sich zehn Handlungsfeldern zuordnen lassen. Häufig weisen KLIMOPASS-Projekte Querbezüge auf und können deshalb mehreren Handlungsfeldern zugeordnet werden. Im Auftrag des Umweltministeriums organisiert und koordiniert die LUBW das Programm und begleitet die einzelnen Projekte fachlich. Die Förderentscheidung trifft ein interministerieller Projektrat. Vorangestellt ist ein Bewertungsverfahren, das die Qualität der Projektanträge prüft. Das Ministerium stellt jährlich ein Förderbudget von rund einer Million Euro zur Verfügung. Im Durchschnitt konnte damit bisher fast die Hälfte der beantragten Projekte gefördert werden.

EINMALIGES FÖRDERKONZEPT UND POSITIVER AUSBLICK

Die thematische Vielfalt und kontinuierliche Fördermöglichkeit lassen KLIMOPASS auf Länderebene als bislang einmalig erscheinen. Die hohe Zahl von insgesamt 174 Anträgen unterstreicht sowohl den bestehenden Forschungsbedarf als auch die Bedeutung des Themas Klimaanpassung im Land. Das Ministerium hat daher beschlossen, KLIMOPASS ab dem Jahr 2018 eine Förderrichtlinie zu geben. Mit der Richtlinie wird das Programm verfestigt und stärker auf die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen ausgerichtet. Weiterhin soll aber auch bedarfsorientiert eine Begleitforschung erfolgen.

EINFÜHRUNG

Leitplanken der zukünftigen Klimaänderungen

PROJEKT
Zukünftige Klimaentwicklung in Baden-Württemberg

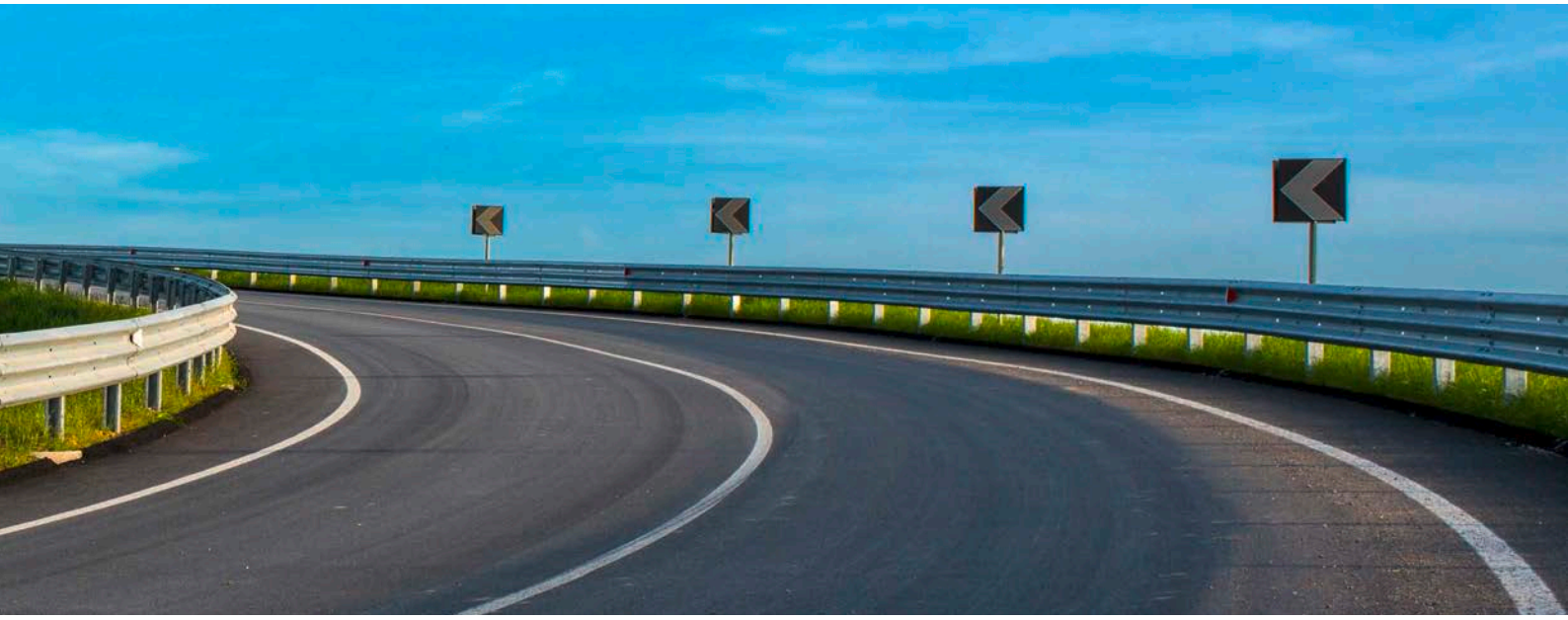
LUBW Berichts-ID 201308021

Klimaforscherinnen und -forscher nutzen viele unterschiedliche Klimamodelle, um das Klima der Zukunft zu berechnen. Jedes Modell besitzt Stärken und Schwächen bei der Simulation des komplexen Klimasystems. Deswegen werden in der Klimaforschung mittlerweile mehrere Modelle in einem „Ensemble“ eingesetzt, um möglichst solide Informationen über das Klima der Zukunft zu erhalten.

In einem Forschungsprojekt hat die LUBW 29 Simulationen regionaler Klimamodelle für einen nahen Zukunftszeitraum bis 2050 und für einen fernen Zukunftszeitraum bis 2100 ausgewertet. Für insgesamt 28 Klimakennzahlen, wie die Jahresmitteltemperatur, die Anzahl der Frosttage, die Anzahl der Sommertage, die Jahresniederschlagssumme und die Anzahl der Tage mit Starkniederschlag, wurde die Entwicklung für die Zukunft untersucht. Durch den Einsatz vieler Modelle wird die Bandbreite aufgezeigt, innerhalb der die klimatische Entwicklung wahrscheinlich verlaufen wird. Diese Bandbreite stellt die Leitplanken der zukünftigen Klimaveränderungen in Baden-Württemberg dar.

IN JEDEM FALL

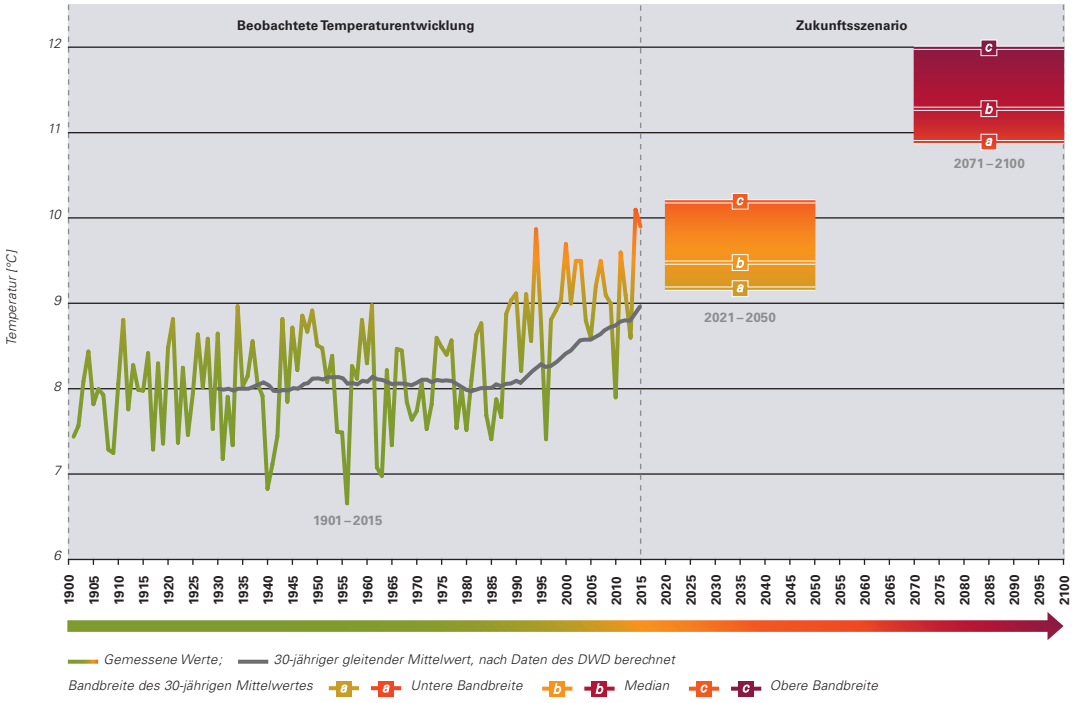
Je nach untersuchtem Klimaelement variieren die Ergebnisse unterschiedlich stark, aber mit großer Sicherheit zeigen alle Modelle eine deutliche Wärmezunahme für die Zukunft. Die Jahresmitteltemperatur in Baden-Württemberg könnte demnach von heute 8,4 °C in der nahen Zukunft (2021 – 2050) um 0,8 °C bis 1,7 °C und



in der fernen Zukunft (2071 – 2100) um 2,5 °C bis 3,6 °C ansteigen.

Anschaulicher wird es, wenn die Zunahme der Sommertage mit mindestens 25 °C betrachtet wird. Heute werden landesweit durchschnittlich 30 Tage gezählt. Für die nahe Zukunft muss im Landesschnitt mit zusätzlichen 4 bis 18 Tagen und in der fernen Zukunft mit 20 bis 44 Tagen gerechnet werden.

Belastender für Mensch und Natur könnte die Entwicklung der Heißen Tage mit mindestens 30 °C sein. Diese steigen möglicherweise von heute landesweit durchschnittlich vier Tagen in der nahen Zukunft um einen bis neun Tage an. Bis 2100 wird von einem Anstieg zwischen fünf bis 28 zusätzlichen Tagen ausgegangen. Die Änderungen werden in den einzelnen Landesregionen jedoch unterschiedlich stark ausfallen. Der Oberrheingraben und der Rhein-Neckar-Raum werden wohl auch weiterhin die wärmsten Regionen des Landes bleiben.



Entwicklung der Durchschnittstemperatur in Baden-Württemberg bis 2015 und Bandbreite der möglichen zukünftigen Entwicklung bis 2100 (Quelle LUBW)

AUF DEN PUNKT

- *Für solide Informationen werden mehrere Klimamodelle in „Ensembles" eingesetzt.*
- *Die Auswertung eines Ensembles mit 29 Simulationen bestätigt die weitere Erwärmung in Baden-Württemberg.*
- *Bis Ende des Jahrhunderts ist im Landesschnitt ein Anstieg der Durchschnittstemperatur um 3,6°C auf 12°C möglich.*
- *Die Anzahl der Sommertage wird deutlich ansteigen und kann sich bis zum Ende des Jahrhunderts verdoppeln.*

EINFÜHRUNG

Anpassungsstrategie

Mit dem Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg hat der Landesgesetzgeber auch der Anpassung an den Klimawandel einen gesetzlichen Rahmen gegeben. Die unvermeidbaren Auswirkungen sollen im Rahmen einer landesweiten Strategie durch vorsorgende Anpassungsmaßnahmen begrenzt werden.

DER WEG ZUR ANPASSUNGS-STRATEGIE

Im Juli 2015 hat die Landesregierung eine Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Baden-Württemberg verabschiedet, die sich mit den neun Handlungsfeldern Wald und Forstwirtschaft, Landwirtschaft, Boden, Naturschutz, Wasserhaushalt, Tourismus, Gesundheit, Stadt- und Raumplanung sowie Wirtschaft und Energiewirtschaft befasst. Damit werden zahlreiche Bereiche des menschlichen Handelns und unserer Umwelt angesprochen, die durch den Klimawandel beeinflusst werden. Aufgrund dieser breiten Betroffenheit soll mit der Strategie ein gesamtgesellschaftlicher Anpassungsprozess angestoßen werden.

Überflutete Straße mit Warnschild

Von Beginn an wurden Betroffene aus den verschiedenen Handlungsbereichen in die Erstellung der Strategie eingebunden. In einem ersten Schritt wurde gemeinsam mit den zuständigen Ressorts sowie Fachgutachterinnen und -gutachtern die klimainduzierte Verwundbarkeit (Vulnerabilität) der Handlungsbereiche aufgezeigt. Dabei standen Fragen im Mittelpunkt wie: Welche Auswirkungen hat Hitze auf ältere Menschen? Wie müssen die Städte der Zukunft aussehen? Welche Bäume müssen heute gepflanzt werden, die auch noch in 100 Jahren wachsen können? Wie werden sich Extremwetterereignisse entwickeln und welche Vorkehrungen könnten getroffen werden? Weiter wurden Anpassungsziele erarbeitet und Maßnahmenvorschläge auf einem Kongress diskutiert.

Die wichtigsten Ergebnisse dieses Prozesses sind in der „Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Baden-Württemberg“ zusammengefasst. Für jedes Handlungsfeld werden die Auswirkungen des Klimawandels dargestellt und bis zu zehn Maßnahmenempfehlungen gegeben.

UMSETZUNG

In den kommenden Jahren gilt es nun, die Anpassungsstrategie mit Leben zu füllen. Die Umsetzung liegt dabei häufig nicht nur im direkten Handlungsbereich des Landes, sondern auch auf kommunaler und regionaler Ebene. Daneben gibt es Anpassungsmaßnahmen, die von privaten Akteurinnen und Akteuren umgesetzt werden müssen, die aber vielfach durch staatliche Maßnahmen begleitet und unterstützt werden können. Das Land möchte durch Ausweisung verschiedener Handlungsschwerpunkte die verschiedenen Akteurinnen und Akteure zur Anpassung zusammenbringen. Dazu zählen die Bewusstseinsbildung und die Sensibilisierung von Betroffenen. KLIMOPASS konnte dank des anwendungsbetonten Charakters des Programms eine wichtige Brücke von der Wissenschaft zur Praxis schlagen. Ein weiterer wichtiger Baustein ist das Monitoring zur Anpassungsstrategie, das mit einem ersten Bericht im Jahr 2017 und danach alle drei Jahre erfolgt. Es soll helfen, die Klimafolgen auf das Land darzustellen und möglichst zeitnah erfolgreiche und weniger erfolgreiche Ansätze in der modellhaften Anpassung an den Klimawandel zu identifizieren. Nicht zuletzt wird auch weiterhin ein Schwerpunkt sein, die jeweiligen Akteurinnen und Akteure durch die Bereitstellung von Informationen oder Fortbildungen zu sensibilisieren.

KLIMAFOLGEN/
MONITORING

Ein Klimamonitoring für die Modellregion Freiburg

Ohne Anpassungsmaßnahmen wird der Klimawandel nicht zu bewältigen sein. Um aber den Erfolg solcher Maßnahmen beurteilen und gegebenenfalls nachjustieren zu können, bedarf es eines gezielten Monitorings. Wie das aussehen kann, zeigt ein Projekt am Beispiel der Modellregion Freiburg.

PROJEKT 1
Entwicklung eines Konzepts zum Monitoring von Klimafolgen und Anpassungsmaßnahmen anhand eines Modellraums in Baden-Württemberg

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Professur für Landespflege

LUBW Berichts-ID U13-W03-N12

PROJEKT 2
Etablierung eines regionalspezifischen Monitorings von Klimafolgen und Anpassungsmaßnahmen im Modellraum Freiburg/Dreisamtal

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Professur für Landespflege

LUBW Berichts-ID U13-W03-N13

WARUM REGIONALE ANPASSUNGSSTRATEGIEN?

Der Klimawandel betrifft die verschiedenen Regionen Deutschlands in unterschiedlichem Maße. Entsprechend müssen Anpassungsmaßnahmen an die veränderten klimatischen Bedingungen auf regionale Erfordernisse zugeschnitten werden. Baden-Württemberg stellt einen sehr vielfältigen Lebensraum dar. Daher ist eine an die jeweilige Region angepasste Strategie erforderlich, die aus Bausteinen mit Maßnahmen unterschiedlicher Priorität besteht. Diese flexible Strategie muss zudem nachjustiert, also an künftige ökologische, ökonomische und soziale Entwicklungen angepasst werden können, die im Zuge des sich dynamisch entwickelnden Klimawandels zu erwarten sind. Eine wichtige Voraussetzung hierfür ist die kontinuierliche Erfassung klimarelevanter Indikatoren sowie ein Prüf- und Kontrollsystem für die vorgenommenen Anpassungsmaßnahmen.

Anpassungsindikator Wasserhaushalt: Stand Ausbau des technischen Hochwasserschutzes

EIN VIELFÄLTIGER MODELLRAUM

Wie ein solches Monitoring aussehen könnte, hat eine Arbeitsgruppe der Universität Freiburg untersucht: „Entwicklung eines Konzepts zum Monitoring von Klimafolgen und Anpassungsmaßnahmen anhand eines Modellraums in Baden-Württemberg“ hieß das Initialprojekt, dem sich ein Folgeprojekt zur Etablierung dieses regionalspezifischen Monitorings im Modellraum Freiburg/Dreisamtal anschloss. Die ausgewählte Region reicht vom Gipfel des Feldbergs entlang des Flusses Dreisam bis zur Rheinaue und repräsentiert eine Vielzahl landschaftlich und klimatisch unterschiedlicher Lebensräume. Diese sind einerseits aus Sicht des Naturschutzes und des Tourismus wertvoll, andererseits werden sie wirtschaftlich in vielfältiger Weise genutzt.

Die wichtigste Basis für die Entwicklung des Monitoringsystems waren Experteninterviews vor allem mit Vertreterinnen und Vertretern der zuständigen Fachbehörden im Regierungspräsidium Freiburg, in der Stadt Freiburg sowie in den Landratsämtern der Landkreise Breisgau-Hochschwarzwald und Emmendingen. Darüber hinaus gab es Gespräche mit dem Staatlichen Weinbauinstitut, der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt sowie der Schutzgemeinschaft Libellen.

GUTES INDIKATORSYSTEM

Neun Handlungsfelder haben die Autorinnen und Autoren der Studie bearbeitet, wozu Wasserhaushalt, Land- und Forstwirtschaft ebenso zählen wie Naturschutz und Biodiversität, aber auch innerstädtische Grünflächen, Gesundheit, Bevölkerung und Arbeitsschutz sowie der Tourismus. Von einer Vielzahl möglicher Indikatoren wurden bereits 72 in das regionalbezogene Monitoringsystem integriert. 36 Indikatoren wurden bisher verworfen, 184 werden noch geprüft. Dabei gibt es sowohl Einflussindikatoren, die klimawandelbedingte Veränderungen aufzeigen, als auch Anpassungsindikatoren, mit denen sich die Wirkungen von Anpassungsmaßnahmen des jeweiligen Sektors beschreiben lassen.

Im Gesundheitssektor gelten beispielsweise die Anzahl der Heißen Tage, der Tropennächte sowie der Tage mit schwüler Hitze als Einflussfaktoren. Auch Fallzahlen hitzeinduzierter Erkrankungen oder gar Todesfälle gehören dazu. Anpassungsindikatoren sind in diesem Sektor etwa das Funktionieren von Hitze-Frühwarnsystemen oder von baulichen Maßnahmen zur Hitzeminderung in öffentlichen Gebäuden. Teilweise bestanden im Untersuchungsgebiet bereits solche Systeme. So gibt es beispielsweise in der Forstwirtschaft ein institutionalisiertes, intensives Monitoring, zu dem auch die Waldzustandsberichte gehören. Im Gesundheitswesen werden dagegen viele Daten erhoben, diese sind allerdings noch nicht in wünschenswerter Weise räumlich miteinander verknüpft. Im Bereich Wasserhaushalt gilt die Errichtung von Hochwasserschutzmaßnahmen als Pflicht der Kommune. Als Anpassungsindikator im Rahmen eines Monitorings werden solche Maßnahmen häufig nicht erfasst.

Das in Freiburg erarbeitete Monitoringsystem dürfte sich im Hinblick auf das methodische Vorgehen mit entsprechenden Anpassungen und gegebenenfalls weiteren Indikatoren gut auf andere Kommunen übertragen lassen. Die Erfahrungen und Ergebnisse aus der Erarbeitung dieses Projekts flossen in den ersten Monitoringbericht zum Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg Teil 1 „Klimafolgen und Anpassung“ 2017 ein.

AUF DEN PUNKT

- *Das Fortschreiten des Klimawandels sowie der Erfolg von Klimaanpassungsmaßnahmen sollten im Zuge eines regionalen Monitoringsystems überwacht werden.*
- *Ein solches System ist auch erforderlich, um gegebenenfalls bei den Maßnahmen nachjustieren zu können.*
- *Das in der Modellregion Freiburg erarbeitete Indikatorsystem mit Einfluss- und Anpassungsindikatoren stellt eine gute Basis für das Monitoring dar.*
- *Die Erkenntnisse lassen sich mit Anpassungen auch auf andere Regionen übertragen.*

KLIMAFOLGEN/
MONITORING

Regionale Klimaänderungen und ihre Folgen

Wenn man Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel planen und durchführen will, muss man wissen, welches Klima künftig auf die betreffende Region und ihre Bewohnerinnen und Bewohner zukommt. Einen solchen Blick in die Zukunft ermöglichen Simulationen mit numerischen Klimamodellen.

PROJEKT

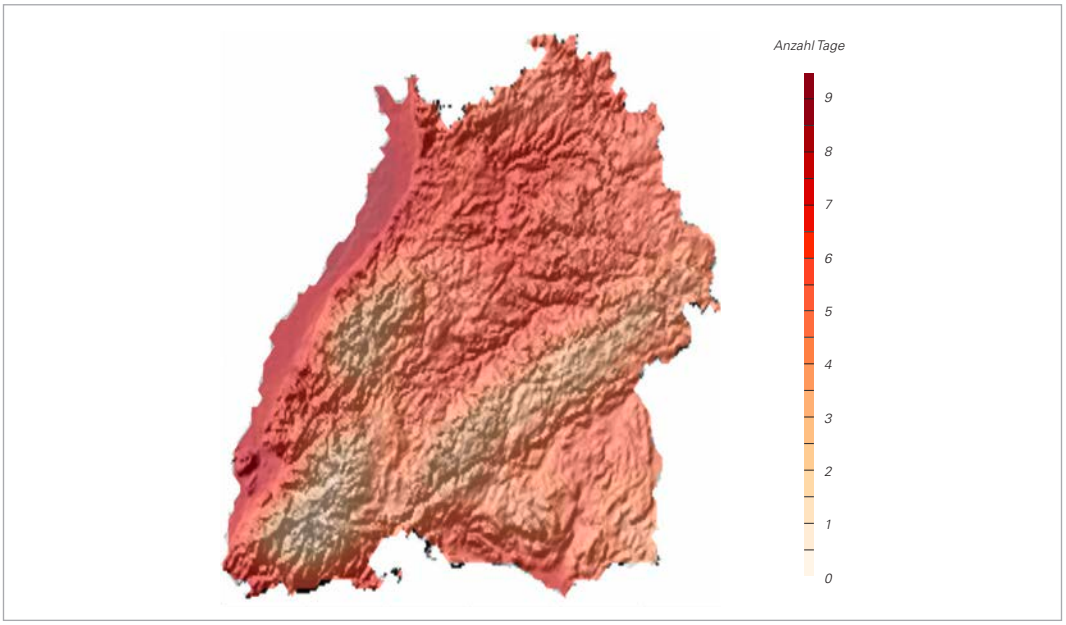
Ensembles hoch aufgelöster regionaler Klimasimulationen zur Analyse regionaler Klimaänderungen in Baden-Württemberg und ihre Auswirkungen

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Meteorologie und Klimaforschung

LUBW Berichts-ID U41-W03-N13

ENSEMBLES BRINGEN EINE HÖHERE SICHERHEIT

Die Entwicklung des Klimas hängt von vielen Faktoren ab. Zu diesen Faktoren gehören in jüngster Zeit vor allem die von den Menschen verursachten Treibhausgas-Emissionen. Deren Entwicklung wiederum hängt von der demographischen, politischen und wirtschaftlichen Entwicklung ab, welche nur innerhalb gewisser plausibler Grenzen und auf dem derzeitigen Wissensstand abschätzbar ist und als Ergebnis sogenannte Klimaszenarien liefert. Daneben gibt es noch weitere, durch den Charakter des Klimasystems bedingte zufällige Faktoren, welche die Entwicklung des Klimas beeinflussen. Um diese Bandbreite möglicher Klimaentwicklungen zu erfassen, reicht eine Simulation nicht aus, vielmehr muss eine ganze Reihe von Simulationen durchgeführt werden (ein sogenanntes Ensemble von Simulationen, siehe Beitrag „Leitplanken der zukünftigen Klimaänderungen“). Damit werden Aussagen über die Wahrscheinlichkeit einer vorausgesagten Klimaänderung möglich: Je größer die Ensemblekonsistenz, also die Übereinstimmung der einzelnen Ensemblemitglieder ist, desto sicherer ist die Aussage. Als Faustregel gilt, dass man bei einer Ensemblekonsistenz von über 50 Prozent von einer „wahrscheinlichen Änderung“ sprechen kann.



Änderung der mittleren Anzahl von Heißen Tagen pro Jahr (Tagesmaximaltemperatur >= 30°C) zwischen 1971-2000 und 2021-2050 (Quelle: Karlsruher Institut für Technologie)

KLIMASIMULATIONEN FÜR BADEN-WÜRTTEMBERG

Für das Projekt „Ensembles hoch aufgelöster regionaler Klimasimulationen zur Analyse regionaler Klimaänderungen in Baden-Württemberg und ihre Auswirkungen“ hat das Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK-TRO) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) ein Ensemble von zwölf Simulationen mit der sehr hohen räumlichen Auflösung von 7 km, zugeschnitten auf unsere Region, berechnet. Verwendet wurde das regionale Klimamodell COSMO-CLM, das ein Modell für die Atmosphäre mit einem Boden-Vegetationsmodell kombiniert. Simuliert wurde die nahe Zukunft, also die Zeit zwischen 2021 und 2050. Um die Qualität der Simulationen einschätzen zu können, und um einen Vergleich für künftige Klimaentwicklung zu haben, wurde zusätzlich die jüngere Vergangenheit, d. h. der Zeitraum von 1971 bis 2000 gerechnet.

WÄRMER UND MEHR STARKREGEN

Die regional differenzierten Simulationen zeigen, dass im Land in naher Zukunft sowohl die mittleren Jahrestemperaturen als auch die minimalen und maximalen Tagestemperaturen steigen werden. Für das gesamte Bundesland kann es, jahreszeitlich variierend, zwischen etwa 0,5 und 1,5 °C wärmer werden – wobei die stärkste Zunahme im Spätsommer, Herbst und Winter stattfindet. Dazu passend zeigen die Szenarien mehr heiße und weniger kalte Extreme. Im Sommer und im Frühherbst wird den Berechnungen zufolge die solare Einstrahlung – eine Kombination aus diffuser und direkter Strahlung – zunehmen und in der Zeit von Dezember bis Mai abnehmen. Die Niederschläge werden im Sommer leicht abnehmen, im Winter aber stärker zunehmen, so dass über das ganze Jahr gesehen eine leichte Zunahme zu erwarten ist. Ähnliches gilt auch für die klimatische Wasserbilanz. Insgesamt zeichnen sich aber bei Mittelwerten von Parametern wie Niederschlag, Bodenfeuchte und Windgeschwindigkeit keine großen Änderungen ab. Änderungen finden sich dagegen bei extremen Niederschlägen, die in naher Zukunft deutlich häufiger werden können, und auch die Kombination aus heißen und trockenen Extremwetterperioden wird den Menschen verstärkt zu schaffen machen.

AUF DEN PUNKT

- *In Klimaszenarien werden auf Grundlage von Annahmen zur künftigen Entwicklung der Treibhausgaskonzentration mögliche klimatische Zustände für die Zukunft mit Klimamodellen berechnet. Bei Ensemble-Berechnungen wird eine Reihe von Simulationen durchgeführt, um die Bandbreite der möglichen Klimaänderungen zu erfassen.*
- *Die Qualität der Simulationen wird durch den Vergleich mit den Klimabeobachtungen der jüngeren Vergangenheit (1971–2000) überprüft.*
- *Für Baden-Württemberg steht nun ein Ensemble von Klimasimulationen mit einer räumlichen Auflösung von 7 Kilometern für die beiden Zeiträume 1971–2000 und 2021–2050 zur Verfügung.*
- *Die Simulationen zeigen für die nahe Zukunft (2021–2050) Zunahmen der Jahresmitteltemperaturen sowie der Tagesmaxima und -minima der Temperatur.*
- *Deutlich häufiger werden extreme Niederschläge sowie, vor allem in tieferen Lagen, die Kombination aus heißen und trockenen Extremwetterperioden auftreten.*

KLIMAFOLGEN/
MONITORING

Klimaanpassung im Naturpark

PROJEKT
Landschaft im Klimawandel – Anpassungsstrategie für den Naturpark Südschwarzwald

Naturpark Südschwarzwald e.V.

LUBW Berichts-ID U83-W03-N24

Ein Naturpark lebt vom Miteinander von Natur und wirtschaftendem Mensch, der diese Landschaft geprägt hat. Sollen solche Regionen auch in Zeiten des Klimawandels erhalten werden und touristisch attraktiv bleiben, sind Anpassungsmaßnahmen an die sich ändernden Lebensbedingungen unerlässlich.

REIZVOLLE LANDSCHAFT

Rund 400 000 Hektar Fläche umfasst der Naturpark Südschwarzwald und ist damit einer der größten Schutzflächen dieser Art in Deutschland. Sicher ist, dass sich durch den Klimawandel auch in dieser Region die Bedingungen für Land- und Forstwirtschaft sowie Naturschutz und Tourismus ändern werden. Was aber kann man tun, um trotz der sich bereits abzeichnenden Veränderungen diese strukturreiche Landschaft mit Wald, extensiv genutzten Weideflächen und Mähwiesen zu erhalten?

Darüber hat sich ein Team aus Forscherinnen und Forschern in enger Zusammenarbeit mit dem Naturpark Südschwarzwald und sechs land- und forstwirtschaftlichen Betrieben Gedanken gemacht. Erklärtes Ziel war, „Erkenntnisse aus den Handlungsfeldern Boden, Naturschutz, Wald, Landwirtschaft auf den Naturraum und die dortigen land- und forstwirtschaftlichen Betriebe zu übertragen“ (Projektbericht, S. 2) – und darauf aufbauend, eine integrierte Klimaanpassungsstrategie für den Naturpark zu entwickeln.

Teil der Untersuchung: Höfe mit Mutterkuhhaltung auf 1.000 m Meereshöhe

DAS GEFÄHRDUNGSPOTENZIAL BEWERTEN

Um die Folgen des Klimawandels bewerten zu können, muss man eine ganze Reihe von Faktoren heranziehen. Dazu zählen typische klimatische Parameter wie Durchschnittstemperatur, Spät- und Frühfrostgefahr, Heiße Tage, Starkregen und Dürreperioden. Aber auch Faktoren wie Bewirtschaftungsweise, Ertrag, Produktqualität und die Risiken durch Schädlinge wie Pilze, Insekten und andere Schaderreger, sind zu berücksichtigen. Hinzu kommen der Standort – Höhe, Hangneigung, Beschaffenheit und Speicherfähigkeit der Böden – sowie die mit der Lage verbundenen klimatischen Grundbedingungen. Damit ergeben sich für die einzelnen Betriebe ganz individuelle Bewertungen. So sind zum Beispiel im Zuge des Klimawandels bei einem Waldgebiet ein zunehmender Hitze- und Trockenstress für Fichtenbestände im Hochsommer und ein damit verbundener erhöhter Befallsdruck, durch Schadinsekten zu erwarten. Bei Grünlandflächen zeichnen sich dagegen neben negativen Folgen auch durchaus positive Effekte ab: So wird die Produktivität durch höhere Temperaturen und eine längere Vegetationszeit zunehmen. Andererseits wird der Befallsdruck durch Mäuse und Pilze, z. B. Schneeschimmel wachsen, was sich negativ auf Ertrag und Qualität auswirken wird, genauso wie Trockenheit im Sommer und mehr Nässe im Winter.

WIE BEDROHT SIND DIE BETRIEBE?

Der außergewöhnlich trockene Sommer im Untersuchungszeitraum 2015 hat auch die land- und forstwirtschaftlichen Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter für die Folgen des Klimawandels sensibilisiert. Und das nicht ganz zu unrecht: Über alle Betriebe und Nutzungsarten hinweg zeigt sich für vier von sechs Betrieben eine stärkere Gefährdungstendenz. Die größten Gefahren durch Hitzestress, Sonnenbrand, erhöhtem Schädlingsdruck und anderen Folgen der Klimaerwärmung ergaben sich dabei für den Beeren- und Obstbau. Auch beim Getreideanbau – außer beim Dinkel – sowie beim Waldbau – Risikofaktor Fichte – wurden Gefährdungspotenziale festgestellt. Demgegenüber könnten Ackerflächen und Wiesen von verlängerten Vegetationsperioden und höheren Temperaturen profitieren.

Auch wenn zu bedenken ist, dass die Studie nur 431 Hektar (0,1 Prozent) der Naturparkfläche abdeckt, so dürfte sie doch Signalwirkung für den gesamten Naturpark Südschwarzwald haben. Da die Land- und Forstwirtschaft in dieser Kultur- und Naturregion eine prägende Wirkung hat, ist es wichtig, sie zu erhalten – und damit auch die Ertragskraft der Betriebe. Daher geben die Autorinnen und Autoren der Studie zu bedenken, dass auch in einem Naturpark ertragssteigernde Bewirtschaftungsformen wichtig werden können. Dazu zählen das Experimentieren mit neuen Arten und Sorten, wie mit dem Rhabarberanbau beispielhaft demonstriert werden konnte. Auch die Bewässerung von Wiesen sowie eine partielle Umnutzung von Flächen können eine wichtige Rolle in der Zukunft spielen. Ihre Schlussfolgerung: „In dem Bestreben, die Betriebe vor dem Hintergrund des Klimawandels zu stärken, sollte eine wichtige Komponente der Anpassungsstrategie des Naturparks Südschwarzwald an den Klimawandel liegen“ (Projektbericht, S. 80).

AUF DEN PUNKT

- *Der Klimawandel wird auch für den Naturpark Südschwarzwald deutliche Folgen haben.*
- *Für die land- und forstwirtschaftlichen Betriebe ist zumeist eine moderate, in Einzelfällen stärkere Gefährdung zu erkennen. Teilweise gibt es auch Verbesserungen.*
- *Eine gute Ertragskraft der Betriebe ist eine wesentliche Voraussetzung, um die typische Naturlandschaft Südschwarzwald zu erhalten.*
- *Mögliche ertragssteigernde (Klimaanpassungs-)Maßnahmen sind der Anbau neuer Sorten und Arten und die Bewässerung.*

GESUNDHEIT

Wie warnt man am besten vor großer Hitze?

PROJEKT
Optimierung der Hitzewarnung in Stuttgart (HITWIS)

Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Abteilung Stadtklimatologie

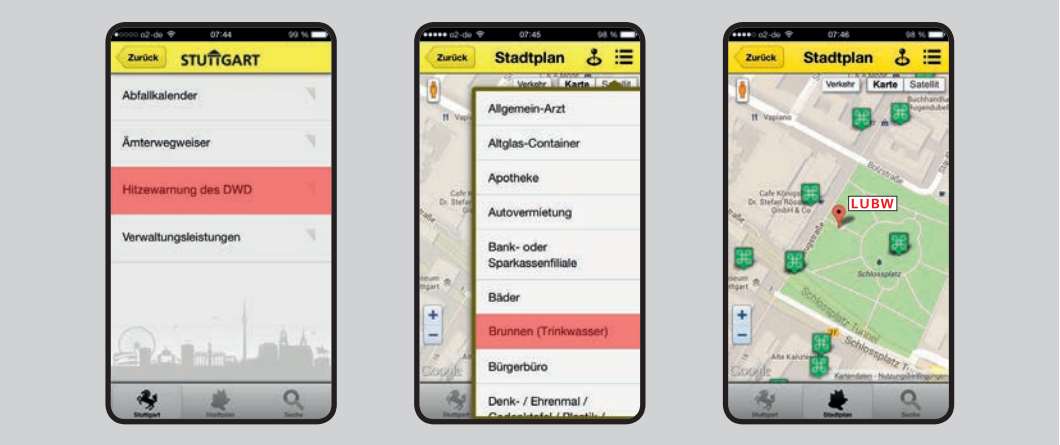
LUBW Berichts-ID U50-W03-N11

Durch die Kessellage ist Stuttgart sehr windarm. Zusammen mit der dichten Bebauung führt dies im Sommer häufig zu großer Hitzebelastung. Die Landeshauptstadt machte sich deshalb schon früh Gedanken, wie man die Bevölkerung am besten vor einer drohenden Hitzewelle warnen kann. Doch dazu muss man die Menschen auch auf den richtigen Wegen erreichen.

DER HITZESOMMER 2003 UND DIE FOLGEN

Die große Hitzewelle im Jahr 2003 hat auch in Stuttgart zu einem Umdenken geführt: Bei rechtzeitiger Warnung und geeigneten Gegenmaßnahmen hätte es damals vermutlich weniger Hitzetote gegeben. In der Folge entwickelte die Landeshauptstadt als eine der ersten Städte ein Klimawandel-Anpassungskonzept. Besonders wichtig dabei: die Bevölkerung rechtzeitig zu warnen, wenn extrem heiße Tage drohen. Mit dem Projekt „Optimierung der Hitzewarnung in Stuttgart (HITWIS)“ hat die Abteilung Stadtklimatologie des städtischen Umweltamtes

Hitzeflyer Stuttgart mit Gesundheitstipps und Verhaltenshinweisen bei Hitze (Quelle: Landeshauptstadt Stuttgart)



Smartphone-App zur Hitzewarnung in Stuttgart (Quelle: Landeshauptstadt Stuttgart)

das bereits bestehende Konzept überprüft und Verbesserungen angeregt.

WIE ERREICHT MAN DIE MENSCHEN?

Eine Umfrage der Stadtklimatologinnen und -klimatologen ergab, dass Krankenhäuser und Seniorenheime auf Hitzewellen inzwischen recht gut vorbereitet sind. Hingegen gibt es im Schulbereich keine allgemeinen Richtlinien. Besonders problematisch ist dies für ältere alleinstehende Menschen: Sie sind nur schwer zu erreichen, stellen aber eine besondere Risikogruppe dar, die zudem wegen der demographischen Entwicklung noch größer werden wird. Auf diesem Gebiet, so ergab das Projekt, sollte in Zukunft mehr getan werden, etwa ein Hitzetelefon für alleinstehende Seniorinnen und Senioren organisieren und betreuen. Zudem sind gut bestehende Wärmesysteme wie das Hitzewarnsystem des Deutschen Wetterdienstes in der Bevölkerung noch nicht genügend bekannt.

INFORMATION AUF ALLEN KANÄLEN

Gedruckte Flyer und Infobroschüren sind ein bewährtes Mittel, Menschen auf Gefahren und Zusammenhänge aufmerksam zu machen. Vor allem im Hinblick auf die Risikogruppe der – größtenteils nicht internetaffinen – Älteren wird dieses Kommunikationsmittel auch in Zukunft unerlässlich sein. Andere Bevölkerungsgruppen lassen sich mit CityCards erreichen, die kurze Hitze-Informationen liefern und beispielsweise in Restaurants und Bars ausliegen. Auf elektronischem Wege liefert die Hitze-Homepage im Internet (www.stuttgart.de/hitze) aktuelle Informationen. Social Media wie Facebook, Instagram und Twitter wie auch lokal angepasste Hitze-Apps für Smartphones erreichen immer mehr Menschen. Wichtig ist auch das große Display am Pragsattel, einer der am stärksten befahrenen Kreuzungen in Stuttgart, das alle Autofahrerinnen und Autofahrer auf gefährliche Hitzetemperaturen aufmerksam macht.

OHNE KOMPETENZ-NETZWERK GEHT ES NICHT

Eine wichtige Voraussetzung, dass dies alles auch umgesetzt wird und Hitzewarnungen rechtzeitig an die Bevölkerung ergehen, ist der Aufbau eines zunächst kommunalen Kompetenzteams und dann eines Netzwerkes „Hitze“. Dazu gehören kommunale und externe Institutionen, wie etwa der Deutsche Wetterdienst, aber auch Pflegedienste und Stadtteilorganisationen. Allerdings ergab die Untersuchung, dass die Umsetzung manch einer wünschenswerten, aber komplexen Maßnahme, gar nicht so einfach ist, weil sich die Zusammenarbeit verschiedener Institutionen schwierig gestaltet. Gleichwohl lohnt sich der Aufwand: Schließlich geht es um Menschenleben. Stuttgart jedenfalls ist gewillt, dies zu tun – und hat aus den bisher gewonnenen Erkenntnissen eine Liste mit Empfehlungen für andere Städte zusammengestellt. Besonders wichtig dabei sei, so die Autorinnen und Autoren der Studie, „Hitzeinformationen und Hitzewarnungen zielgruppenspezifisch weiterzugeben“ (Projektbericht, S. 6).

AUF DEN PUNKT

- *Zielgruppenspezifische Hitzewarnungen auf unterschiedlichen Medienkanälen erreichen viele Menschen.*
- *Schwierig erreichbar sind insbesondere ältere alleinstehende Menschen.*
- *Ein kommunales Kompetenzteam sowie ein Netzwerk „Hitze“ sind wichtige Voraussetzungen für*

GESUNDHEIT

Besonders gefährlich: Das Hitzerisiko bei älteren Menschen

PROJEKT
Risiken von Raumtemperatur bei Hitze für ältere Menschen in Stuttgart

Robert-Bosch-Gesellschaft für medizinische Forschung mbH

LUBW Berichts-ID U50-W03-N13

Die Menschen werden immer älter, mögliche Hitzeperioden wegen der Klimaerwärmung häufiger. Umso wichtiger wird es, dass ältere Menschen zum Beispiel auch in Einrichtungen des Betreuten Wohnens bei Hitze optimal versorgt werden. Aber wie lässt sich das erreichen?

VIER TEILPROJEKTE

Klar, bei heißem Wetter zieht man sich luftig an. Und man trinkt viel. Aber machen das ältere Menschen auch tatsächlich? Dieser Frage ging eine Arbeitsgruppe der Robert-Bosch-Gesellschaft für medizinische Forschung, die am Stuttgarter Robert-Bosch-Krankenhaus tätig ist, nach. Um die individuellen Risikofaktoren bei Hitze herauszufinden, konnten im Sommer 2015 rund 80 Menschen mit einem Durchschnittsalter von 81 Jahren, die in insgesamt zehn Einrichtungen des Betreuten Wohnens leben, für das Projekt gewonnen werden. Sie wurden nach ihrem Verhalten bei Hitze befragt und in ein medizinisches Untersuchungsprogramm aufgenommen. Darüber hinaus sollte das Projekt „Risiken von Raumtemperatur bei Hitze für ältere Menschen in Stuttgart“ weitere Erkenntnisse liefern: Wie kann man Seniorenheime klimatisch besser bauen und ausrüsten? Was können die Einrichtungen bei Hitze tun? Und wie hilfreich sind Kühlwesten?

BELASTENDE HITZE

Das Fazit der Studie ist eindeutig: „Insgesamt ist festzustellen, dass die zwei Hitzewellen im Juli

und August 2015 die befragten Bewohner des Betreuten Wohnens in Stuttgart sehr belastet haben“ (Projektbericht, S. 41). Offenkundig ist, dass neben direkten gesundheitlichen Beschwerden die älteren Menschen körperlich weniger aktiv sind und die „soziale Teilhabe“ deutlich abnimmt. Schwächere Personen, die durch eine geringere Gehgeschwindigkeit identifiziert werden können, sind hier besonders betroffen (siehe Grafik). Abgeschlagenheit und Antriebslosigkeit – das waren häufige Beschwerden. Trotz der Hitze empfand nicht einmal die Hälfte der Befragten mehr Durst. Und nur etwa ein Drittel nannte vermehrtes Trinken als Maßnahme gegen Hitze. Umso wichtiger ist es, dass Angehörige und Betreuungspersonal immer wieder darauf hinweisen, doch bei Hitze mehr zu trinken. Dabei können Trinkprotokolle hilfreich sein, um die tatsächlich getrunkene Flüssigkeitsmenge zu dokumentieren.

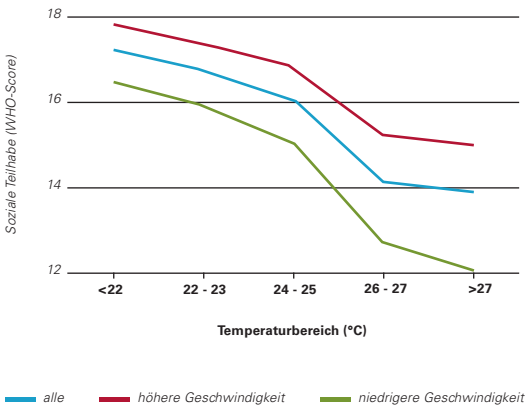
Weiterhin hat die Studie ergeben, dass schwächere Personen bei Hitze schwerer von einem Stuhl aufstehen können und mehr Mühe haben, das Gleichgewicht zu halten – womit gerade auch bei Hitze die Sturzgefahr wächst. Interessant ist, dass der Blutdruck mit zunehmenden Temperaturen sinkt. Dies stellt aber in vielen Fällen keine Belastung dar. Dabei hat die Studie gezeigt, dass Blutdruck regulierende Medikamente generell zur Stabilisierung des Blutdrucks auch bei Hitze beitragen. Eine Anpassung der Medikation bei Hitze wird nach Möglichkeit empfohlen.

WAS DIE SENIORENHEIME TUN KÖNNEN

Inzwischen dürften die meisten Einrichtungen dank der Warnungen des Deutschen Wetterdienstes sowie kommunaler Institutionen wissen, wenn eine Hitzewelle im Anmarsch ist. Doch die Konsequenzen lassen offenbar noch oft zu wünschen übrig: „Zusammenfassend ist zu vermuten, dass im Betreuten Wohnen kaum strukturierte Handlungspläne für den Umgang mit einer Hitzewelle existieren“, heißt es in der Studie. Damit aber besteht ein „erhebliches Potenzial zur Optimierung“ (Projektbericht, S. 52). Wichtig wäre zum Beispiel, einen Verantwortlichen zu benennen, der bei einer Warnmeldung einen Aktionsplan in Gang setzt. Dieser sollte auch sicherstellen, dass jede Bewohnerin und jeder Bewohner erreicht wird, beispielsweise über Hauspost. Weiteres Potenzial zur Optimierung der Situation älterer Menschen im Betreuten Wohnen sind bauliche Maßnahmen. Dazu zählen klimatisierte Räume zur Hitzeentlastung, die von jeder Bewohnerin und jedem Bewohner genutzt werden können – die aber nach den vorliegenden Erkenntnissen noch weitgehend fehlen. Hilfreich sind auch Vorrichtungen, mit denen sich die Wohnräume bei Hitze automatisch beschatten und lüften lassen.

HELFEN KÜHLWESTEN?

Im Rahmen der Studie wurden versuchsweise 20 Kühlwesten ausgewählten Einrichtungen als Akutmaßnahme zur Verfügung gestellt. Fazit: Die Westen senken die Köpertemperatur um durchschnittlich 0,2 °C, sind also wirksam. Auch die Westenträgerinnen und -träger waren in den meisten Fällen zufrieden, bemängelten allerdings teilweise, dass die Westen zu schwer seien und nicht lange genug kühlen würden. Für viele hitzegeplagte Seniorinnen und Senioren sind die Westen somit bei entsprechender Einweisung eine Möglichkeit, akute Beschwerden zu lindern. Allerdings wirkt diese Maßnahme nur kurzfristig und kann im Zweifelsfall eine zusätzliche ärztliche Betreuung nicht ersetzen.



Soziale Teilhabe älterer Menschen und Beziehung zu Gehgeschwindigkeit und Temperatur (Quelle: Robert-Bosch-Gesellschaft für medizinische Forschung mbH)

AUF DEN PUNKT

- *Hitze belastet ältere Menschen in vielfältiger Weise.*
- *Oft trinken ältere Menschen nicht genug – auch weil trotz Hitze das Durstgefühl fehlt.*
- *Einrichtungen für Betreutes Wohnen sollten strukturierte Handlungspläne bei Hitze entwickeln und umsetzen.*
- *Kühlwesten können bei Hitze in akuten Fällen helfen.*

GESUNDHEIT

Wärmeres Klima – unerwünschte Stechmücken

PROJEKT 1
Untersuchung der Einschleppung, Ausbreitung und Bekämpfung des Japanischen Buschmoskitos

Gesellschaft zur Förderung der Stechmückenbekämpfung e.V. - GFS

LUBW Berichts-ID U51-W03-N12

PROJEKT 2
Klimatische und infrastrukturelle Risikoanalyse für kommunale Maßnahmen in Bezug auf die Etablierung von Aedes albopictus in Baden-Württemberg

Gesellschaft zur Förderung der Stechmückenbekämpfung e.V. - GFS

LUBW Berichts-ID U50-W03-N15

Milde Winter und warme Sommer: So liebt es die Asiatische Tigermücke. Trockene Sommer gefallen der Japanischen Buschmücke sehr. Im Zuge der Klimaerwärmung haben sich beide bereits bei uns eingenistet. Damit aber wächst die Gefahr, dass sie neue Krankheiten übertragen.

EXOTISCHE KRANKHEITSÜBERTRÄGER

Im Jahr 2000 ist die Japanische Buschmücke (*Ochlerotatus japonicus*) in Europa angekommen, höchstwahrscheinlich mit Zierpflanzen oder Blumenvasen aus China. Seither hat sie sich auch in Baden-Württemberg ausgebreitet. Ebenfalls auf dem Vormarsch ist die Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*), die sich inzwischen im Land fortgepflanzt und damit etabliert hat. Jedenfalls wurden im Frühjahr 2016 in Freiburg als auch in Heidelberg erstmals Eier gefunden, aus denen Larven geschlüpft sind.

Nun sind Stechmücken allein schon wegen der unangenehmen Stiche eine Plage. Bei diesen beiden Moskitoarten aber kommt ein weit größeres Problem hinzu: Sie können gefährliche Krankheiten übertragen. So überträgt die Tigermücke Viren, die für Dengue- sowie Chikungunya-Fieber-Ausbrüche auch in Europa verantwortlich gemacht werden – Krankheiten, gegen die es keine Medikamente gibt. Die Buschmücke wiederum kann unter anderem das West-Nil-Virus und verschiedene Erreger von Gehirnentzündungen übertragen.

Kupfer in Blumenvasen oder Regentonnen zerstört effektiv die Mückeneier

DEN STECHMÜCKEN AUF DER SPUR

Beide Moskitoarten stellen somit eine bedeutende Gefahr für die Gesundheit der Menschen dar. Grund genug, sich mit ihnen intensiv zu beschäftigen, wie das die Gesellschaft zur Förderung der Stechmückenbekämpfung e.V. (GFS) tut. „Untersuchung der Einschleppung, Ausbreitung und Bekämpfung des Japanischen Buschmoskitos“, heißt das Projekt, dem sich die Studie „Klimatische und infrastrukturelle Risikoanalyse für kommunale Maßnahmen in Bezug auf die Etablierung von *Aedes albopictus* in Baden-Württemberg“ anschloss. Dabei werden nicht nur die Fundorte der exotischen Mücken kartiert, sondern es wurde auch nach Möglichkeiten gesucht, diese lästigen und potenziell gefährlichen Insekten erfolgreich zu bekämpfen und sie so gut wie möglich in Schach zu halten.

FRIEDHÖFE BELIEBT

Nachdem früher nur zwei getrennte Populationen des Buschmoskitos in Baden-Württemberg bekannt waren, wurde nun im Rahmen des Projekts eine mittlerweile großflächige Verbreitung im Land nachgewiesen. So ist nun der gesamte Schwarzwald betroffen. Die enorme Verbreitungsgeschwindigkeit des Moskitos entspricht der Geschwindigkeit der Verbreitung in den USA. Allerdings braucht der Buschmoskito nicht unbedingt Wärme. Wichtiger sind offenbar Veränderungen beim Niederschlag, wobei insbesondere trockene Sommer vorteilhaft für die Buschmücken sind. Zudem gehören ganz offensichtlich Friedhöfe zu den attraktivsten Lebensräumen für diese Mücken – genauer die Wasserbecken sowie die Grabvasen, in die sie bevorzugt ihre Eier ablegen. Im direkten Siedlungsbereichen scheint sich die Mücke allerdings nicht wohl zu fühlen, stark bebuschte und bewaldete Gebiete sind ihr lieber. Ferner sind auch Regentonnen beliebt, um dort Eier abzulegen. Sicher ist, dass die Buschmücke inzwischen weite Teile Baden-Württembergs erobert hat – was für die Tigermücke (noch) nicht gilt: Sie ist nämlich, anders als die Buschmücke, auf das milde Klima des Oberrheingrabens angewiesen.

DER KAMPF GEGEN DIE MÜCKEN

Um den traditionellen Moskitoplagen Herr zu werden, haben die Biologinnen und Biologen in den vergangenen Jahren eine Reihe von Bekämpfungsmaßnahmen entwickelt. Die Japanische Buschmücke lässt sich momentan wohl am besten mit Bti-Tabletten, einem bewährten biologischen Abwehrpräparat, in Schach halten, das auf der für Mückenlarven tödlichen Wirkung des Bacillus thuringiensis israelensis beruht. Im Rahmen des Projekts wurde aber noch eine andere interessante Methode erfolgreich getestet: Wenn man Friedhofsvasen mit Kupferspray einsprüht oder einfach Kupfermünzen in die Vase gibt, beispielsweise eine fünf Cent-Münze, haben die dort lebenden Mückenlarven kaum eine Überlebenschance. Und die im Spätsommer in Wasserbecken abgelegten Eier lassen sich durch gründliche Reinigung der Behälter vernichten. Teure Aktionen mit organisierten Bekämpfungsteams halten die Expertinnen und Experten derzeit aufgrund der nur geringen Populationsdichten der Buschmücken innerhalb der Siedlungsbereiche nicht für erforderlich.

AUF DEN PUNKT

- *Milde Winter und warme Sommer begünstigen die Ausbreitung exotischer Stechmücken in Baden-Württemberg.*
- *Die Japanische Buschmücke und die Asiatische Tigermücke können gefährliche Krankheiten übertragen und sollten daher frühzeitig bekämpft werden.*
- *Japanische Buschmücken pflanzen sich vor allem in kleinen Wasserbehältern auf Friedhöfen fort.*
- *Gegen die Buschmücken helfen Bti-Präparate sowie das Besprühen von Grabvasen mit Kupferspray; Wasserbecken sollten im Winter gereinigt und Regenfässer dicht abgedeckt werden.*

STADT-/
REGIONALPLANUNG

Mit Mathematik zu einer nachhaltigen Stadt

PROJEKT

Klimawandel, Stadtklima und Gebäudeenergieeffizienz: Wechselwirkungen und Handlungskonzepte für eine nachhaltige Stadt – KLISGEE

TU Dortmund, Fakultät Architektur und Bauingenieurwesen

LUBW Berichts-ID U83-W03-N27

Immer mehr Menschen leben in Städten. Umso wichtiger ist es, diese dicht besiedelten Gebiete an den Klimawandel anzupassen – und zudem den Energiebedarf der Gebäude für das Heizen und Kühlen zu senken. Dazu müssen aber zunächst die bestehenden Stadtstrukturen möglichst detailgenau erfasst werden.

BELIEBTE STÄDTE

Der Trend zur Stadt wird ungebrochen bleiben: Laut Weltklimarat IPCC werden im Jahr 2030 mehr als die Hälfte der Menschen in Städten wohnen. Sie werden für 75 Prozent des Energieverbrauchs und für 80 Prozent der gesamten Treibhausgasemissionen verantwortlich sein. Ein erheblicher Teil dieser Energie wird für das Heizen und Kühlen von Gebäuden benötigt. Andererseits beeinflussen die Gebäudestrukturen ganz wesentlich das Stadtklima, für das beispielsweise Wärmeinseln typisch sind.

NEUE METHODISCHE ANSÄTZE

Umso wichtiger ist es, diese dicht besiedelten Gebiete an den Klimawandel anzupassen – und zudem den Energiebedarf der Gebäude für das Heizen und Kühlen zu senken. Dazu müssen aber zunächst einmal die Zusammenhänge zwischen dem Außen- und Innenraumklima detailgenau erfasst werden. Für die Stadtplanung ist es wichtig, eine Vorstellung zu bekommen, welche Wechselwirkungen zwischen dem künftigen Energiebedarf von Gebäuden und dem umgebenden Stadtklima im Wandel verantwortlich sind und wie diese durch planungsrelevante Entscheidungen beeinflusst werden. Dies ist das übergreifende Ziel des Projekts „Klimawandel,

Stadtklima und Gebäudeenergieeffizienz: Wechselwirkungen und Handlungskonzepte für eine nachhaltige Stadt – KLISGEE“.

Für die ganzheitliche Betrachtung haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Technischen Universität Dortmund eine neue Methode verwendet, die zwei physikalisch basierte Rechenmodelle zusammen mit statistischen Verfahren und räumlich gestützten Techniken kombiniert: Mit dem Stadt-Energie-Balance-Modell TEB lassen sich Änderungen des städtischen Mikroklimas ermitteln und mit dem Gebäude- und Anlagen-Simulationsprogramm TRNSYS der Energiebedarf von Gebäuden errechnen und damit Aussagen über das Innenraumklima machen. Ferner wurde bei der Verarbeitung der Daten die statistische Versuchsplanung DOE für die Optimierung der untersuchten Stadtstrukturen und Gebäude angewandt. Auch geografische Informationssysteme kamen, insbesondere bei der planerischen Darstellung der Ergebnisse, zum Einsatz.

Am Beispiel der Stadt Stuttgart wurden zunächst die thermischen Veränderungen für das gesamte Stadtgebiet berechnet, die sich durch die städtebauliche Struktur und den Klimawandel ergeben. Dann wurden die Energiekennwerte der einzelnen Gebäude sowie von ganzen Gebäudeblöcken für das Heizen und Kühlen ermittelt. Die Rechnungen wurden sowohl für die klimatischen Randbedingungen von 1991 bis 2000 als auch für die projizierten klimatischen Randbedingungen für den Zeitraum 2041 bis 2050 durchgeführt.

STRASSENSCHLUCHTEN HEIZEN SICH AUF

Die Mikroklimasimulationen mit TEB zeigen, dass sich die Straßenschluchten im Zeitraum bis 2050 um bis zu 2 °C aufheizen können, wobei der Durchschnitt bei 0,87 °C liegt. Interessant ist, dass die Erwärmung vor allem in den Nachtstunden spürbar wird, was auf Wärmeinseln hinweist. Im Gegensatz dazu sind die Stadtcanyons in den Mittagsstunden kühler als die Umgebung, weil die Gebäude Schatten werfen. Bei lockerer und mittlerer Bebauung sind diese Hitze- und Kühleffekte weniger deutlich ausgeprägt. Somit zeigt sich, dass die städtebauliche Dichte das Mikroklima stark beeinflusst – was vor allem in der Stadtplanung zu berücksichtigen ist. Ferner spielt die Abwärme aus dem Verkehr eine wesentliche Rolle bei der Entstehung wärmerer Mikroklimazonen.

BESONDERS WICHTIG – DIE QUALITÄT DER WÄRMEDÄMMUNG

Die vorliegenden TRNSYS-Berechnungen machen es möglich, den Energiebedarf eines jeden einzelnen Gebäudes für Heizung und Kühlung zu ermitteln. Allerdings wurden die Ergebnisse aus Datenschutzgründen nur auf der Ebene von Baublöcken dargestellt. Aufgrund der Klimaerwärmung wird generell und insbesondere in den dicht bebauten Innenstädten künftig weniger Energie zum Heizen, dafür aber mehr zum Kühlen erforderlich sein. Die Ausprägung ist in den Teilgebieten unterschiedlich stark. So wird in Stadtrandgebieten der Bedarf für die Heizenergie eher sinken als in innerstädtischen Gebieten, wo ohnehin nicht so viel geheizt werden muss.

Bei der Kühlung ist es dagegen umgekehrt. Insgesamt ist für die klimatische Lage von Stuttgart die Qualität der Wärmedämmung am wichtigsten. Dies bedeutet, dass sich bei schlechter Dämmung der Fassade die Temperaturschwankungen außerhalb des Gebäudes stärker in den Innenraum fortsetzen und damit der Bedarf an Heiz- und Kühlenergie wächst. Dabei ist eine gute Dämmung im Hinblick auf eine energiesparende Kühlung noch viel wichtiger als beim Heizen – wobei anzumerken ist, dass der Kühlbedarf als absoluter Wert bisher noch deutlich geringer ist. Für den Bedarf an Heizenergie ist zudem das Gebäudevolumen wichtig. Weitere Faktoren spielen dagegen sowohl beim Heizen als auch beim Kühlen eine eher untergeordnete Rolle.

AUF DEN PUNKT

- *Die städtebauliche Dichte und die Abwärme aus dem Verkehr spielt eine wichtige Rolle bei der Entstehung von warmen Mikroklimazonen in der Stadt.*
- *In Verbindung mit dem Klimawandel führt dies zu einem höheren Energiebedarf zum Kühlen. Der Bedarf zum Heizen wird geringer.*
- *Die Wärmedämmung und das Gebäudevolumen sind für den Energiebedarf für Heizen und Kühlen entscheidend.*
- *Um den Klimawandel zu bremsen, muss der Energieverbrauch der Gebäude gesenkt werden.*

STADT-/
REGIONALPLANUNG

Unsere Städte werden immer heißer – was tun?

PROJEKT

Quantitative Bestimmung des Adaptions- und Mitigationspotenzials von urbanen Grünflächen und Räumen auf das thermische Bioklima im 21. Jahrhundert

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Professur für Meteorologie und Klimatologie

LUBW Berichts-ID U41-W03-N12

In Zukunft werden die Menschen vor allem in den Städten immer stärker unter der sommerlichen Hitze leiden. Wie stark, das haben Meteorologinnen und Meteorologen in Freiburg für fünf baden-württembergische Städte berechnet. Zudem haben sie mit Hilfe von Modellen Vorschläge ausgearbeitet, mit denen sich die Hitzebelastung verringern lässt.

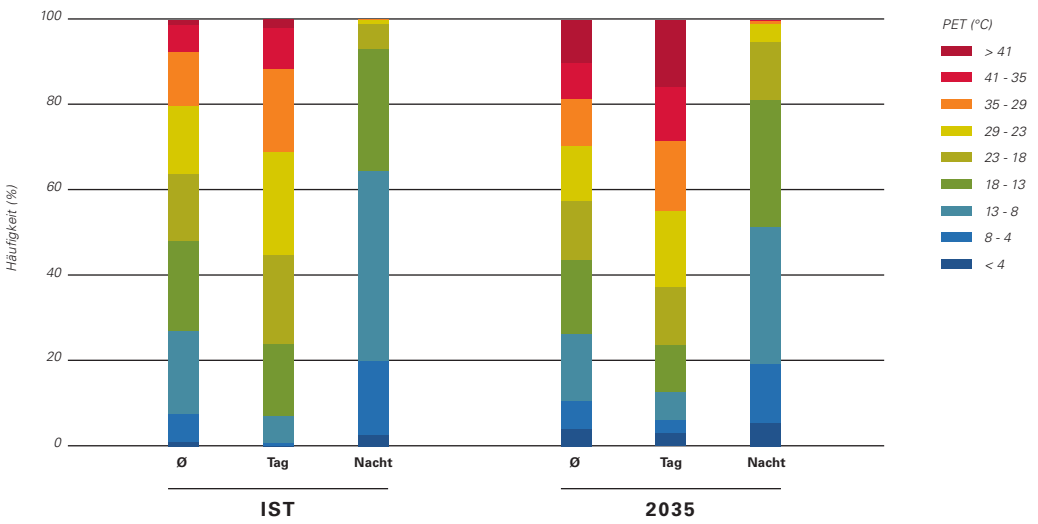
EIGENES STADTKLIMA

Auf dem Land wirken Wälder im Sommer kühlend, in der Stadt dagegen sorgen Straßen und Gebäude für einen zusätzlichen Hitzeschub. Im Zuge der Klimaerwärmung gewinnt diese altbekannte Tatsache für die Stadtbewohnerinnen und -bewohner allerdings an Brisanz: Die Zahl der Heißen Tage sowie der Tage mit Temperaturen jenseits der 35 oder gar 40 °C wird ebenso zunehmen wie die sogenannten Tropennächte, in denen es auch nachts nicht mehr unter 20 °C abkühlt. Für das Wohlbefinden sind aber nicht nur die Lufttemperaturen entscheidend, sondern auch Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und vor allem die Strahlungstemperatur – also die Wärme, die direkt von der Sonne und von den Gebäuden ausgeht. All diese Faktoren haben für das Temperaturempfinden des Menschen Bedeutung und können Hitzestress erzeugen. Messen lässt sich dies mit sogenannten thermischen Indizes, wobei hier die Physiologisch-Äquivalente Temperatur (PET) für die Biometeorologie besonders aussagekräftig ist.

KLIMAANALYSE FÜR FÜNF STÄDTE

Um abschätzen zu können, wie sich in Baden-Württemberg das Stadtklima entwickeln wird, hat die Albert-Ludwigs-Universität Freiburg fünf Städte im Land näher untersucht: Karlsruhe, Mannheim, Freiburg, Ulm und Konstanz.

HEISSER SOMMER (JUNI – AUGUST)



Entwicklung der Häufigkeit von heißen Sommern in Karlsruhe (Quelle: Albert-Ludwigs-Universität Freiburg)

In dem Projekt „Quantitative Bestimmung des Adaptions- und Mitigationspotenzials von urbanen Grünflächen und Räumen auf das thermische Bioklima im 21. Jahrhundert“ haben die Klimatologinnen und Klimatologen zunächst die Messdaten des Zeitraums 1970 – 2000 ausgewertet und diesen Istzustand dem Testreferenzjahr 2035 gegenübergestellt. Außerdem wurden in diesen Städten mit teilweise selbst entwickelten Computermodellen die lokalen PET und mikroklimatischen Verhältnisse simuliert, die im Zuge der Erwärmung zu erwarten sind.

KARLSRUHE – EIN BESONDERS HEISSES PFLASTER

Das Ergebnis der Klimaanalysen ist eindeutig: Zwar werden sich die Städte in Abhängigkeit von der Region klimatisch unterschiedlich entwickeln, überall offenkundig ist aber die Zunahme an Stunden mit Hitzestress. Zudem werden auch die Zeiten mit unangenehm heißen Nachtstunden zunehmen. Besonders deutlich wird dies in einem heißen Sommer in Karlsruhe zu spüren sein. Dort steigt dann tagsüber im Zeitraum Juni bis August der Anteil der Tage mit Hitzestress – also mit Physiologisch-Äquivalenter Temperatur ab 35 °C – vom Testreferenzjahr 2010 bis zum Jahr 2035 auf fast 20 Prozent (s. Grafik). Besonders Besorgnis erregend ist die Tatsache, dass Karlsruhe bereits in etwa 20 Jahren in einem heißen Sommer weitaus stärker als heute unter extremem Hitzestress leiden wird: In der PET-Klasse über 41 °C steigt der Anteil der Hitzestunden am Tag von derzeit 1,8 auf 15,8 Prozent. Und auch in der Nacht häufen sich die Stunden, in denen es über 23 °C warm ist. Dabei kann die Wärme lokal besonders dann als sehr belastend empfunden werden, wenn es windstill ist und die Gebäude die Tageshitze bis tief in die Nacht hinein speichern.

SCHATTEN UND PFLANZEN HELFEN

Welche Lehren sollten nun Stadtplanung und Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer aus diesen Erkenntnissen ziehen? Die Simulationen der Freiburger Klimaforschung zeigen, dass vor allem Schatten spendende Bäume entlang der Straßen die gefühlt hohen Temperaturen in den Städten spürbar senken können – in den Modellrechnungen um 3,8 °C im Mittel. Nicht ganz so stark hilft die Begrünung von Fassaden, hier sind es nur 1,4 °C weniger. Vergleichsweise angenehm ist es bei Hitze auch in einer Grünanlage, vor allem wenn dort Bäume stehen.
Das Fazit der Freiburger Meteorologinnen und Meteorologen: „Eine weitreichende Verbesserung für größere Bereiche kann somit nur durch den flächendeckenden Einsatz von städtischem Grün erreicht werden“ (Projektbericht, S. 7).

AUF DEN PUNKT

- *In den Städten in Baden-Württemberg wird es bis 2035 deutlich wärmer.*
- *Teilweise mehren sich die Stunden mit extremer Hitze über 41 °C erheblich.*
- *Bäume an Straßen und Fassadenbegrünung senken die Temperaturen.*

STADT-/
REGIONALPLANUNG

Siedlungsverdichtung und Bauen im Zeichen der Klimaerwärmung

PROJEKT
KlippS – Klimaplanungspass Stuttgart

Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Stadtplanung und Stadterneuerung

LUBW Berichts-ID U83-W03-N17

In Großstädten wie Stuttgart wird die Anpassung an den Klimawandel immer wichtiger – insbesondere auch vor dem Hintergrund, dass Siedlungsflächen nachverdichtet werden sollen. Wie aber lassen sich die Anforderungen für die Anpassung, z. B. Kaltluftschneisen, Grünflächen und gebäudefreie Außenbereiche zu erhalten, möglichst frühzeitig in die Stadtplanung integrieren?

KLIMAOPTIMIERTE VERDICHTUNG

Eine Hitzewelle wie im Sommer 2003 könnte ab Mitte des Jahrhunderts zum sommerlichen Alltag werden – mit allen gravierenden Nachteilen für das Wohlbefinden der Menschen. Es wird also noch heißer in den Innenstädten. Darauf muss sich die Stadtplanung als weitere Anforderung einstellen – zusätzlich zu der Aufgabe, Freiflächen im Außenbereich zu erhalten und dafür nicht optimal genutzte Bauflächen im städtischen Innenbereich adäquat zu bebauen.

Um all dies zu erreichen, soll zum Beispiel in Stuttgart die bestehende Informationsplattform Nachhaltiges Bauflächenmanagement Stuttgart (NBS) – damit werden seit 2001 kontinuierlich sämtliche größeren Bauflächenpotenziale erfasst – um einen sogenannten Klimaplanungspass erweitert werden. Hiermit wird dem Klimabelang als ein Kriterium für die Bewertung innerstädtischer Bauflächenpotenziale sowie für stadtplanerische Entscheidungen mehr Gewicht beigemessen. So wie es seit 2011 im

KlippS - Klimaplanungspass Stuttgart ENTWURF

Bürgerhospital **NBS Nr. 818**

Stadtbezirk:	Nord	Adresse:	Türlenstraße
Grundstücksfläche:	ca. 3,93 ha	Verfügbarkeit:	mittelfristig
Eigentümer:	LH Stuttgart	Flächennutzung:	Kliniknutzungen

Thermischer Komfort (TK)

Bewertungsindikatoren:

Lage / Umgebung: Hanglage / z.T. versiegelt; Bebauungsdichte Umgebung: mittel

Urbane Wärmeinsel: mittel; Kaltluftproduktion Umgebung: sehr gering

Vulnerabilität: gering bis mittel

→ **human-biometeorologische Wertigkeit: 0.40 (mittel) von max. 1.0**

→ **human-biometeorologischer Handlungsbedarf: 0.694 (mittel) von max. 1.0**

Luftqualität (LQ)

Bewertungsindikatoren:

Feinstaubkonzentration (PM_{10} Jahresmittel): 19-22 µg/m³

Stickstoffdioxidkonzentration (NO_2 Jahresmittel): 28-32 µg/m³

→ **Luftbelastungsindex: 0.65 (mittel)** (1.0 bedeutet Grenzwert erreicht!)

Vertiefende Untersuchungen:

TK: numerische Simulationen zum thermischen Komfort liegen vor; Material einsehen: (link - Medien/NBS)
weitere Optimierung und Vergleich von Planungsvarianten möglich

LQ: numerische Simulationen zur Lufthygiene liegen vor; Material einsehen: (link - Medien/NBS)
mikroskalige Simulation bei Bedarf möglich.

Fazit / Planungshinweise:

Bestehende Versiegelung und Bebauung verursachen eine mittlere thermische Belastung. Trotz sehr geringer Kaltluftproduktion in der Umgebung profitiert die Fläche von tw. vorhandenen Kaltluftabflüssen, die es zu unterstützen gilt. Es herrscht eine mittlere, entlang der Türlenstraße auch hohe Luftschadstoffbelastung. Die NO_2-Belastung ist im Verhältnis zu Feinstaub etwas ausgeprägter.
TK: Nur mäßig dicht bebauen, Versiegelungsgrad nicht erhöhen im Vergleich zur Ist-Situation, es wird eine gut durchströmbare, weniger riegelförmige Bebauungsstruktur empfohlen. Baumpflanzungen sowie Dach- und Fassadenbegrünung zur Reduzierung des Hitzeeintrags tagsüber empfohlen. Die Detailberechnungen zeigen das thermische Verbesserungspotential zur Begrünungsmaßnahmen auf und geben Hinweise auf sinnvolle Baumstandorte .
LQ: Entlang der Türlenstraße und an der Ecke Tunzdorfer Str. zur Heilbronner Str. hin abriegelnde Bauweise bzw. Abstand bzw. Aufenthaltsräume auf die straßenabgewandte Gebäudeseite zu legen, möglichst lokal emissionsfreie Wärmeversorgung.

Ansprechpartner Stadtklima:
Herr Kapp
(0711) 216 – 88 685
rainer.kapp@stuttgart.de

Ansprechpartner Stadtplanung:
Herr Schmid
(0711) 216 – 20 056
matthias.schmid@stuttgart.de

Klimaatlas u. human-biomet. Bewertung **Kaltluftverhalten Umgebung**

Ausschnitt eines Klimaplanungspasses der NBS-Fläche 818 in Stuttgart (Quelle: Landeshauptstadt Stuttgart)

Baugesetzbuch hinsichtlich Klimaschutz und Klimaanpassung im Rahmen der Bauleitplanung gefordert wird. Gerade in den dicht bebauten Innenstädten sind die klimatischen Folgen einer baulichen Nutzung besonders hoch. So stellt sich die Frage, wie man an solchen klimasensiblen Stellen bauen kann.

Hier sollen die Untersuchungsergebnisse des Projektes „KlippS – Klimaplanungspass Stuttgart“ weiterhelfen. Es wurde gemeinsam von einem Expertenteam des Stuttgarter Amtes für Stadtplanung und Stadterneuerung, des Stuttgarter Amtes für Umweltschutz und der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg durchgeführt. Die Aufgabe, innerstädtische Bauflächenpotenziale klimaoptimiert zu nutzen, ist allerdings nur schwer zu lösen – schließlich bringt die damit verbundene Flächenversiegelung zumeist deutliche stadtklimatologische Nachteile mit sich.

URBANE HUMAN-BIOMETEOROLOGIE

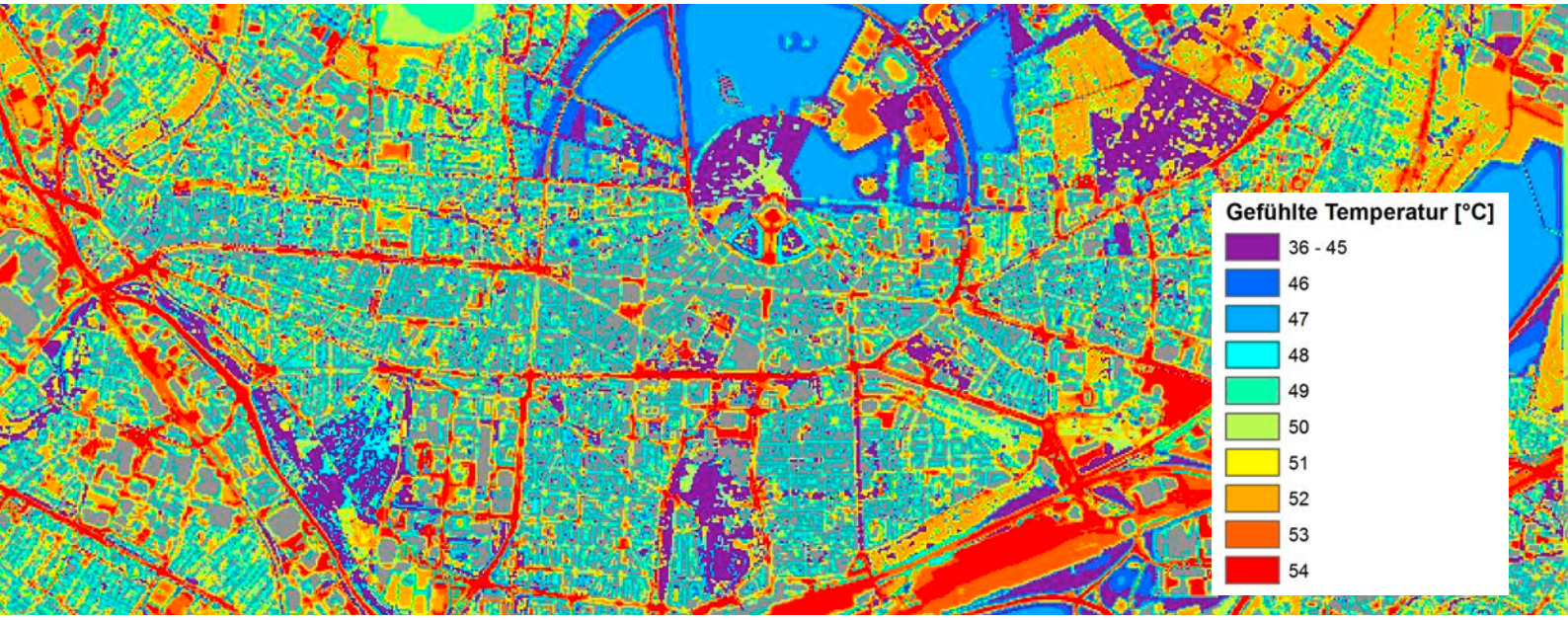
Lufttemperatur, Strahlungswärme aus der Umgebung, Windgeschwindigkeit, Luftfeuchte: All diese meteorologischen Parameter spielen eine Rolle, wenn es um das Wohlbefinden des Menschen geht. Human-biometeorologische Bewertungsverfahren, die auf der Energiebilanz des Menschen basieren, machen es möglich, das thermische Wohlbefinden wie auch eine Hitzebelastung zu beurteilen. Dabei stellt am Tage die vom Menschen absorbierte Strahlungswärme den wichtigsten „Wohlfühlfaktor“ dar, noch weit vor der Lufttemperatur. Dann lindert vor allem Beschattung den Hitzestress. In der Nacht dagegen hat eine ausreichende Belüftung durch kühlende bodennahe Windsysteme eine entscheidende Bedeutung.

GRÜN MINDERT DIE HITZE DEUTLICH

Die human-biometeorologische Bewertung spielt eine wichtige Rolle, wenn es um die klimaverträgliche Planung von Bauvorhaben geht. Genau dies will das Projekt KlippS leisten, wobei für diese Bewertung von den zum Projektzeitpunkt ausgewiesenen 360 NBS-Flächen 59 repräsentative Flächen exemplarisch ausgewählt wurden. Davon wurden sieben Flächen intensiver bearbeitet, indem die Folgen einer unterschiedlichen Bebauung – derzeitiger Zustand, Asphalt, Grün, Planung mit Grün und Planung ohne Grün – auf den thermischen Komfort für Menschen simuliert wurden. Zwei Szenarien wurden dabei berücksichtigt: ein normaler Sommertag (23. Juni 2011) sowie ein Hitzewellentag (4. August 2003). Auch wenn die Klimaanpassung nur ein Abwägungsbelang im Bauplanungsrecht ist, so zeigt diese Untersuchung doch, wie wichtig er ist – und bis zu welchem Ausmaß sich durch Bäume und Grünflächen der zu erwartende verstärkte Hitzestress reduzieren lässt. Ein klarer Hinweis darauf, wie problematisch die Nachverdichtung vor dem Hintergrund der Klimaerwärmung in der Innenstadt werden kann, findet sich auch in der Studie: Demnach besteht schon heute für die NBS-Flächen in Kessellage ein „relativ hoher human-biometeorologischer Handlungsbedarf“ (Projektbericht, S. 39).

AUF DEN PUNKT

- *Maßnahmen zur Klimaanpassung in Städten werden immer wichtiger, weil Hitzewellen wie 2003 ab Mitte des Jahrhunderts zum Normalfall werden könnten.*
- *Bei der Nachverdichtung städtischer Flächen muss daher die Klimaanpassung ausreichend berücksichtigt werden – der Klimaplanungspass Stuttgart bietet eine Möglichkeit dazu.*
- *Mit Modellrechnungen lassen sich die auf den Menschen bezogenen thermischen Folgen unterschiedlicher Planungsvarianten auf diesen Flächen simulieren – und damit die Wirkung von Klimaschutzmaßnahmen aufzeigen.*
- *Modellrechnungen zeigen quantitativ die Wirkungen von Bäumen und Grünflächen auf, die lokalen Auswirkungen von regional vorgegebener Hitze auf Menschen abzumildern.*



STADT-/
REGIONALPLANUNG

Abhilfe für Karlsruher Hitze-Hot-Spots

PROJEKTE

Städtebaulicher Rahmenplan Klimaanpassung für die Stadt Karlsruhe und Anpassung der Siedlungsstruktur im Verdichtungsraum Karlsruhe an den Klimawandel. Fortsetzung des Projektes „Städtebaulicher Rahmenplan Klimaanpassung"

Stadt Karlsruhe, Stadtplanungsamt

LUBW Berichts-ID U83-W03-N11

LUBW Berichts-ID U83-W03-N12

Karlsruhe gilt wegen seiner exponierten Lage im Oberrheingraben als ein Wärmepol Deutschlands. Hinzu kommt der städtische Hitzeinsel-Effekt – die deutlich stärkere Aufheizung von Städten im Vergleich zum Umland. Umso wichtiger ist es für die Stadt, sich proaktiv den Folgen des Klimawandels zu stellen. Der städtebauliche Rahmenplan Klimaanpassung ist dabei ein wichtiger Baustein der Karlsruher Anpassungsstrategie auf Ebene der Stadtplanung.

UMFANGREICHER ANSATZ

Regelmäßig erreichen bei Hitzewellen die Temperaturen in Karlsruhe bundesweit Spitzenwerte. So ist es nur konsequent, dass in der badischen Metropole die proaktive Anpassung an die Folgen des Klimawandels auf dem besten Wege ist, ein elementarer Bestandteil der Stadtentwicklung zu werden. Wesentlicher Teil dieser Strategie, mit der insbesondere der für die Gesundheit schädliche Hitzestress gemildert werden soll, war das Doppelprojekt „Städtebaulicher Rahmenplan Klimaanpassung für die Stadt Karlsruhe". Der erste Teil beschäftigte sich dabei mit einer fundierten Analyse der Siedlungsstruktur, woraus die Ableitung eines Strukturtypenkatalogs sowie die Identifizierung sogenannter „Hot-Spots" in Bezug auf Hitzestress erfolgte. Teil zwei hatte experimentelle Testentwürfe zum Thema, entwickelte konkrete Einzelmaßnahmen sowie Maßnahmenpakete für die von Hitzewellen besonders betroffenen Stadtgebiete und entwarf eine Strategie zur konkreten Umsetzung des Rahmenplans.

Erlebbares Wasser am Wasserspielplatz

Erklärtes Ziel war, den – wie es in der Studie heißt – „Akteuren aus Politik, Verwaltung und Gesellschaft", einen auf Karlsruhe abgestimmten Werkzeugkasten bereitzustellen, der eine „klimawandelgerechte Stadtentwicklung und -sanierung" ermöglicht (Projektbericht, S. 6). Die Erkenntnisse des Rahmenplanes sollen zum einen in Karlsruhe zu strategischen, wie auch konkreten Planungsentscheidungen etwa auf der Ebene der Bauleitplanung führen. Zum anderen können die dabei entwickelten Bausteine für eine nachhaltige Stadtentwicklung auch auf andere Städte übertragen werden, wobei natürlich lokalspezifische Anpassungen und Ergänzungen vorgenommen werden müssen.

STADTSTRUKTURTYPEN UND HOT-SPOTS

Im ersten Teil des Projekts galt es zunächst, Stadtquartiere mit ähnlichen Funktionsweisen aus der Siedlungsstruktur herauszufiltern, etwa im Hinblick auf Bebauungstypologie – beispielsweise Blockrand, Zeilenbauten oder Hochhäuser – oder Nutzungscharakteristik, wie etwa Ortskerne oder Gewerbegebiete. Insgesamt wurden 556 Quartiere untersucht und zwölf Stadtstrukturtypen zugeordnet. Diese bildeten die Basis für den nächsten Schritt: Die Ermittlung von stadtstrukturtypenspezifischen Hot-Spots, also je Stadtstrukturtyp diejenigen Quartiere herauszufinden, die vom städtischen „Wärmeinsel-Effekt" bei Hitzewellen besonders betroffen sind. Dabei wurden nicht nur klimatische Basisdaten berücksichtigt, sondern auch Faktoren wie Siedlungsstruktur, energetischer Gebäudezustand, Gebäudenutzung, Bevölkerungsdichte, Altersstruktur sowie die Erreichbarkeit, Kapazität und Aufenthaltsqualität der lokalen Grünflächen. Ein gutes Beispiel ist der Strukturtyp „geschlossener Blockrand", der einen hohen Versiegelungsgrad und oftmals Gewerbebauten im Innenhof aufweist. Hiervon gibt es in Karlsruhe 47 Quartiere. Für diese besteht ein erheblicher Handlungsbedarf: Die Zahl der potenziellen Hot-Spots wird hier von heute 32 auf 45 im Jahr 2050 steigen. Generell sind diese Gebiete bereits heute von einer hohen bioklimatischen Belastung bei Tag und Nacht gekennzeichnet, zudem sind geeignete Grünflächen zur Entlastung kaum erreichbar.

RAHMENPLAN FÜR DIE KLIMAWANDELANGEPASSTE STADTENTWICKLUNG

Im zweiten Teil des Projekts wurden dann für jeweils drei Ebenen – Gesamtstadt, Quartier, Gebäude – insgesamt 19 verschiedene, den Hitzestress reduzierende und sonstige Anpassungsmaßnahmen genauer betrachtet. Dazu zählen etwa Entsiegelung, grüne Gleistrassen oder Fassadenbegrünung, aber auch die Vernetzung von Freiräumen oder erlebbares Wasser im öffentlichen Raum zur Verdunstungskühlung. Dabei wurde deutlich, dass sich mit dem angewandten „Werkzeugkasten" die Potenziale für solche Maßnahmen in den einzelnen Quartieren punktgenau aufzeigen lassen. Hinzu kommt, dass der Gesamtplan sehr konkrete Hinweise zu diesen Potenzialen gibt. Er zeigt, wie und wo sich Quartiere klimagerecht nachverdichten lassen und welche Gebiete zur Ausweisung von klimaökologischen Sanierung bzw. welche Gebiete für eine klimaökologische Baubeschränkung in Frage kommen. Der Karlsruher Gemeinderat hat am 24. März 2015 den Rahmenplan als „sonstige städtebauliche Planung" nach § 1 Abs. 6 Nr. 11 BauGB beschlossen. Er ist damit künftig bei der Abwägung im Rahmen der Bauleitplanung zu berücksichtigen.

AUF DEN PUNKT

- *Karlsruhe ist als ein Wärmepol Deutschlands auf eine klimawandelangepasste Stadtentwicklung besonders angewiesen.*
- *Im Rahmen des Projekts wurden stadtstrukturtypenspezifische Hot-Spots ermittelt, die vom städtischen „Wärmeinsel-Effekt" bei Hitzewellen besonders betroffen sind.*
- *Der Rahmenplan macht konkrete Vorschläge für Anpassungsmaßnahmen, zeigt aber auch Potenziale zur klimagerechten Nachverdichtung.*
- *Empfehlungen gibt es auch für Gebiete, für die sich aus klimaökologischer Sicht Beschränkungen beim Bauen oder die Notwendigkeit zur städtebaulichen Sanierung ergeben.*

STADT-/
REGIONALPLANUNG

Wie anpassungsfähig ist eine Stadt?

PROJEKT

Das Konzept der Anpassungskapazität als Teil der Vulnerabilitätsbestimmung in der Stadt- und Raumplanung – Evaluation und Weiterentwicklung in der Praxis

Hemberger und Utz UG

LUBW Berichts-ID U83-W03-N16

Der Klimawandel wird das Leben auch in mittelgroßen Städten verändern. Wenn Stadtplanerinnen und -planer die Auswirkungen begrenzen wollen, müssen sie zunächst ermitteln, wie anpassungsfähig eine Stadt ist, sprich: Welche Möglichkeiten es zur Linderung der Klimafolgen gibt. Am Modellfall Ludwigsburg wurde dies durchgespielt.

VULNERABILITÄT UND ANPASSUNGSKAPAZITÄT

Die Idee ist gut: Die Folgen des Klimawandels lassen sich durch Anpassungsmaßnahmen mildern – etwa wenn mehr Grünflächen in einer Stadt eingerichtet werden. In der Praxis ist das allerdings meist alles andere als einfach. Zunächst ist es wichtig, die tatsächliche Betroffenheit oder „Verletzlichkeit“ einer Stadt – die Vulnerabilität – zu bestimmen und dabei die mögliche Anpassungsfähigkeit einzubeziehen. Darauf aufbauend können dann geeignete stadtplanerische Maßnahmen einen Teil dazu beitragen Gefahren zu mildern, z. B. gesundheitliche Gefahren durch Hitzewellen.

Der Frage, wie sich diese Aufgabe bewerkstelligen lässt, wurde im Projekt „Das Konzept der Anpassungskapazität als Teil der Vulnerabilitätsbestimmung in der Stadt- und Raumplanung – Evaluation und Weiterentwicklung in der Praxis“ bearbeitet. Befasst hat sich das Projekt, wie es in der Studie heißt, „mit der konzeptionellen Erweiterung respektive Präzisierung des Konzepts der Anpassungskapazität und dessen praktischer Anwendung auf kommunaler Ebene“ (Projektbericht, S. 8). Die Übertragung dieses Konzepts in die Praxis erfolgte für die „Mittelstadt“ Ludwigsburg. Diese etwa 89 000 Einwoh-

Bildausschnitt aus dem Kapazitätenermittlungstool (Quelle: Stadt Ludwigsburg)

ner zählende Stadt steht dabei stellvertretend für die 87 baden-württembergischen Mittelstädte, in denen etwa 30 Prozent der Bevölkerung des Landes leben.

KET – EIN WERKZEUG ZUR KAPAZITÄTENERMITTLUNG

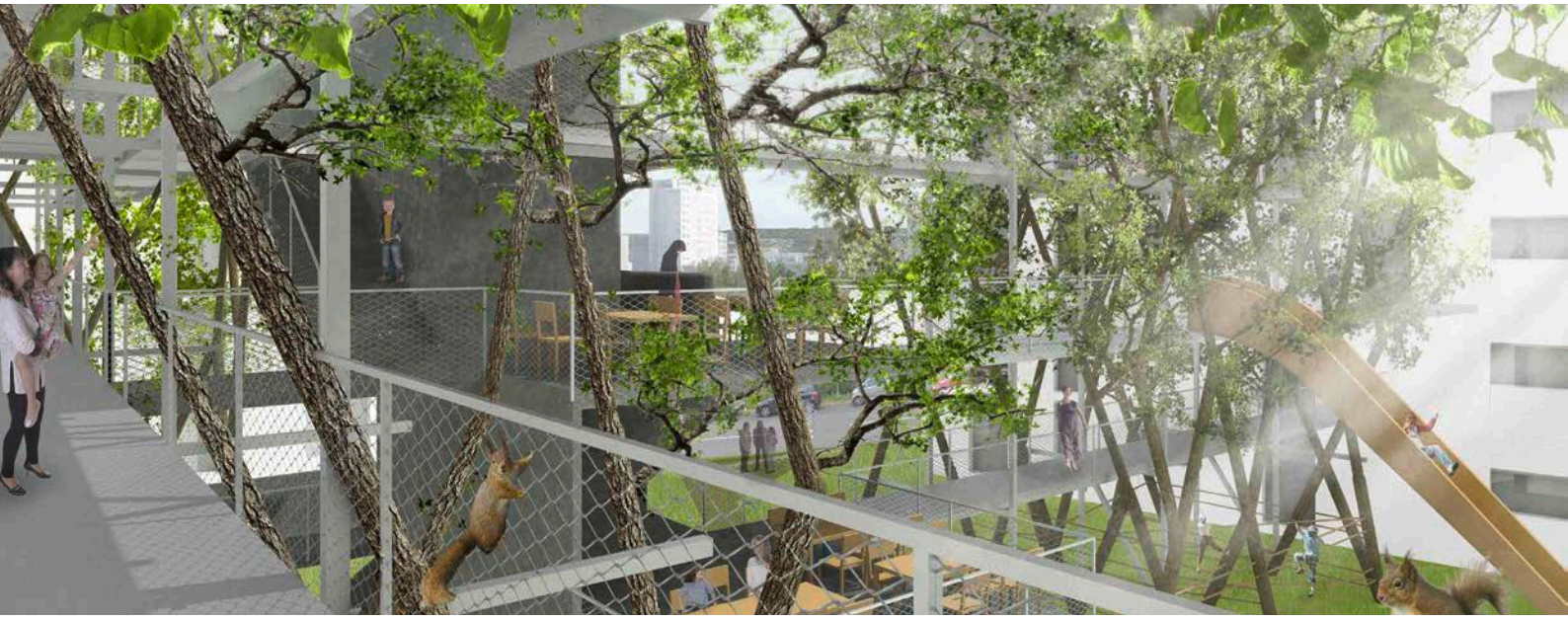
Wenn Stadtplanerinnen und -planer wissen möchten, wo und in welchem Umfang auf dem Gemeindegebiet welche Anpassungskapazitäten vorliegen, dann können sie künftig das sogenannte Kapazitätenermittlungstool (KET) nutzen, das im Rahmen dieses Projekts „von Grund auf neu“ (Projektbericht, S. 45) erarbeitet wurde. Der Ansatz: Flurstücksflächen, Straßenabschnitte und bauliche Anlagen, die sich besonders für mögliche Anpassungen zur Reduzierung thermischer Lasten eignen und damit Anpassungskapazitäten aufweisen, werden mittels Daten aus dem kommunalen Geoinformationssystem (GIS) ermittelt und in ihrer Relevanz bewertet. Objekte ohne solche Kapazitäten werden dagegen als nicht geeignet ausselektiert. Mit diesem, so die Entwicklerinnen und Entwickler, „standardisierten und vergleichsweise schnell durchführbaren Verfahren“ (Projektbericht, S. 47) lassen sich für das gesamte Stadtgebiet diejenigen Objekte identifizieren, bei denen sich Anpassungsmaßnahmen sinnvoll verwirklichen lassen. Auf Grundlage dieser Ergebnisse kann die anschließende Einzelfallprüfung vor Ort zielgerichtet und effizient durchgeführt werden. Dabei kommt es ganz besonders darauf an, Flächen zu entsiegeln und stattdessen zu begrünen, Bäume zu pflanzen sowie Wasserflächen anzulegen.

LUDWIGSBURG ALS MODELLSTADT

Als praktische Anwendung dieses Handwerkzeugs wurden die Anpassungskapazitäten für Ludwigsburg ermittelt und in Form von Karten dargestellt. Angezeigt werden zum Beispiel Flächen und Gebäude mit Potenzial für eine Begrünung – je nach Eignung farblich abgestuft. Dabei spielt unter anderem auch die Mindestgröße einer Fläche eine Rolle, um beispielsweise bei einer Begrünung einen nennenswerten lokalen Klimaeffekt mit vertretbarem Aufwand zu erreichen. Je nach betrachteter Anpassungsoption kommen noch weitere mögliche Einschränkungen in Betracht, bei der Dachbegrünung beispielsweise eine zu steile Dachneigung. Insgesamt zeigen die Karten, dass in Ludwigsburg eine ganze Reihe von Möglichkeiten bestehen, die Stadt besser für die absehbaren Folgen des Klimawandels zu rüsten.

AUF DEN PUNKT

- *Um Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel vorzunehmen, muss zunächst die Anpassungsfähigkeit einer Stadt bestimmt werden.*
- *Als neues Werkzeug zur Ermittlung der Anpassungskapazität kann das Darstellungs- und Simulationsprogramm KET genutzt werden.*
- *Für Ludwigsburg ergab die Anwendung von KET eine ganze Reihe von Möglichkeiten, die Mittelstadt besser für den Klimawandel zu rüsten.*



STADT-/
REGIONALPLANUNG

Mit Grün gegen den Klimawandel

PROJEKT

Klimaaktive baubotanische Siedlungsstrukturen, Bautypologien und Infrastrukturen: Modellprojekte und Planungswerkzeuge

Universität Stuttgart, Institut Grundlagen Moderner Architektur und Entwerfen (IGMA)

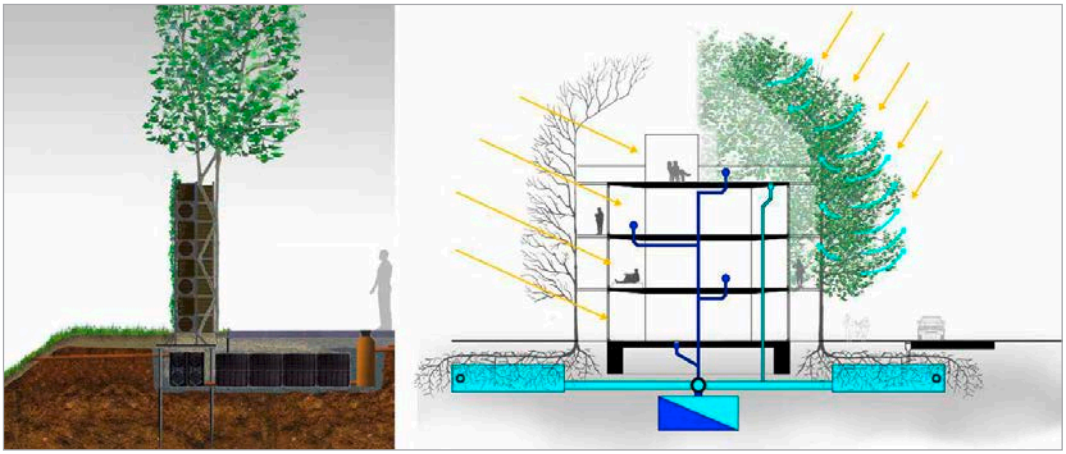
LUBW Berichts-ID U83-W03-N15

Unter den steigenden Temperaturen, die mit dem Klimawandel verbunden sind, haben Städte besonders zu leiden. Pflanzen können den Hitzestress dort mindern. Die Baubotanik will mit neuen Wegen mehr Grün in die Städte bringen und dabei auch ästhetische Akzente setzen.

PFLANZLICHE FACHWERKSTRUKTUR

Bäume sind schön anzusehen, leben lange und haben eine positive Wirkung auf das Stadtklima. Aber Bäume wachsen nun einmal ziemlich langsam. Diesen Nachteil will die Baubotanik ausgleichen: Hier bietet die sogenannte Pflanzenaddition die Möglichkeit, schnell Gebäude zu begrünen – und zwar so, dass der Bewuchs ebenso dauerhaft und ökologisch wie ein Baum ist. Bei dieser Technik werden junge Pflanzen, die in eigenen Behältern wurzeln, mit Hilfe eines Gerüstes so angeordnet und verbunden, dass sie miteinander verwachsen und dabei eine pflanzliche Fachwerkstruktur bilden. Mit der Zeit wurzelt dieses Pflanzenkonglomerat im Boden. Schließlich ist das Wurzelwerk dort so leistungsfähig, dass die an verschiedenen Stellen des Gerüsts angebrachten Pflanzbehälter entfernt werden können – und damit auch die Bewässerungs- und Düngevorrichtungen entfallen. Dann ist diese Bauwerksbegrünung so robust wie natürlich gewachsene Bäume.

„Bauwerke und Bäume fusionieren zu einer vegetationstechnischen und gestalterischen Einheit“ (Projektbericht, S. 15), heißt es dazu in der Studie „Klimaaktive baubotanische Siedlungsstrukturen, Bautypologien und Infrastrukturen: Modellprojekte und Planungswerkzeuge“. Darin beschreibt das Projektteam die Möglichkeiten, mit denen die Baubotanikerinnen und -botaniker nicht nur einzelne Gebäude, sondern auch



Baubotanische „Baumwand“ als Lärmschutzwand und Baubotanisches Konzept einer Baumfassade mit Wassermanagementsystem (Quelle: Universität Stuttgart)

AUF DEN PUNKT

- *Mit baubotanischen Methoden werden dauerhafte Vegetationsstrukturen geschaffen, die ähnlich robust und ökologisch wertvoll wie Bäume sind, aber schneller wachsen.*
- *So können einzelne Gebäudefassaden begrünt und ganze Stadtquartiere aufgewertet werden.*
- *Fünf Modellprojekte aus Stuttgart zeigen, wie sich die Möglichkeiten der Baubotanik praktisch umsetzen lassen.*

ganze Stadtviertel mit solchen vegetationstechnischen Maßnahmen klimatologisch und ästhetisch aufwerten wollen. Und sie geben konkrete Planungshinweise, wie sich eine solche Stadtbegrünung in die Praxis umsetzen lässt.

ANSCHAULICHE MODELLPROJEKTE

Mit insgesamt fünf Modellprojekten aus Stuttgart will die Studie das große städtebauliche wie auch ökologische Potenzial aufzeigen, das in der Baubiologie steckt. Wie sich eine umfassende Quartiersanierung umsetzen lässt, wurde am Beispiel des „Baubotanischen Straßentypus Nordbahnhofareal“ gezeigt. Mit ihren Planungen haben die Baubotanikerinnen und -botaniker dort „ein sehr großes Grünvolumen geschaffen, durch das die Gebäude verschattet werden und lokal ein Kühlungseffekt eintritt, während gleichzeitig durch die lineare Anordnung der Baumkronen eine gute Durchlüftung des Straßenraumes gewährleistet ist“ (Projektbericht, S. 8). Ein weiteres Beispiel sind die „Wohnbäume Hoppenlau“ nordwestlich des Hoppenlaufriedhofs in Stuttgart. Im Zuge der beabsichtigten Nachverdichtung werden dort Bäume verloren gehen – was sich durch baubotanische Strukturen zu einem gewissen Grad kompensieren ließe. So könnte man zum Beispiel Stege begrünen, die zu den Gebäuden führen.

Noch weiter ausgereizt werden die pflanzentechnischen Möglichkeiten beim Projekt „Baubotanische Parkbausteine“. Dort geht es darum, neu geschaffene oder durch Baumaßnahmen zerstörte Parkflächen mit einer neuen ökologischen und „sinnlichen“ Qualität zu versehen. Dazu werden beispielsweise Astverzweigungen gezielt so angelegt, dass die Bäume Spielelemente wie etwa Baumhäuser tragen können. Weiterhin will das Modellprojekt „Transformation Gewerbegebiet Birkenkopf“ aufzeigen, dass sich mit Hilfe der Baubotanik stadtnahe Gewerbegebiete so umwandeln lassen, dass der Transport von Frischluft in die Stadt möglichst wenig behindert wird.

ERGRÜNTES PARKHAUS

Ein Planungsbeispiel, das sich leicht auf andere Städte übertragen lässt, ist die Projektidee „Park-Haus Züblin“. In diesem Planspiel wurde mit baubotanischen Methoden die unanschauliche Fassade eines älteren Gebäudes aufgewertet. Im Falle einer Umsetzung könnte diese Maßnahme dort positiv auf den aktuellen Hitzeinseleffekt wirken.

Baubotanischer Platanenkubus Nagold

STADT-/
REGIONALPLANUNG

Begrünte Dächer – besseres Klima

PROJEKT

Untersuchungen zur Kühlwirkung und der Niederschlagsretention der extensiven Dachbegrünungsvegetation

Universität Hohenheim, Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie

LUBW Berichts-ID U83-W03-N13

Pflanzen auf den Dächern wirken ausgleichend: Bei Hitze kühlen sie und im Winter dämmt die Vegetationsschicht gegen Kälte. Zudem wird Niederschlagswasser gespeichert. Aber nicht alle Pflanzen sind gleich gut für das harte Leben auf einem Dach geeignet.

NÜTZLICHES BIOTOP

Deutschland dürfte Weltmeister in der Begrünung von Dächern sein: Schätzungen gehen davon aus, dass bereits 15 Prozent aller Flachdächer eine Vegetationsdecke tragen. Allein in Stuttgart gab es laut einer 2012 veröffentlichten Studie mehr als zwei Millionen Quadratmeter begrünte Dächer und Tiefgaragen. Verwunderlich ist das nicht, schließlich werden Begrünungsmaßnahmen von vielen Kommunen finanziell unterstützt, weil sie viele Vorteile haben. So wirken sie ausgleichend auf das lokale Mikroklima der Umgebung wie auch auf das Gebäudeklima. Dabei verringern grüne Dächer eine Aufheizung im Sommer allerdings effektiver als Wärmeverluste im Winter. Hinzu kommt, dass bewachsene Dächer Niederschlagswasser speichern, was die Abwassergebühren senkt und bei starkem Regen den Abfluss in die Kanalisation zumindest anfänglich bremst. Und nicht zuletzt stellt ein Biotop auf dem Dach auch einen Lebensraum für Insekten und andere Tiere dar.

SYSTEMATISCHE UNTERSUCHUNG

Inzwischen gibt es zwar viele Erfahrungen mit der Bepflanzung von Dächern, systematische Untersuchungen, welche Pflanzen sich alleine oder in gemischter Artenzusammensetzung besonders gut für das raue Leben auf dem Dach eignen, sind noch selten. Im Rahmen des Projekts „Untersuchungen zur Kühlwirkung und Niederschlagsretention der extensiven Dachbe-

Durchmischte Dachbegrünung

grünungsvegetation“ hat deshalb ein Forscherteam der Universität Hohenheim in Kooperation mit dem Deutschen Dachgärtnerverband (DDV) über ein Jahr hinweg kontinuierlich Messungen an verschiedenen Bepflanzungsvarianten durchgeführt. Bei der praxisnahen Studie ging es um das artspezifische Wasserrückhaltevermögen, die Transpiration sowie die Boden- und Oberflächentemperaturen der unterschiedlichen Dachbegrünungen. Diese setzten sich aus fünf häufig verwendeten Pflanzenarten zusammen, die zudem unterschiedliche Funktionen erfüllen: Blaues Sandschillergras (*Koeleria glauca*), die Leguminose Hornklee (*Lotus corniculatus*), Kartäusernelke (*Dianthus carthusianorum*), der Zwergstrauch Sandthymian (*Thymus serpyllum*) sowie die sukkulente Goldfetthenne (*Phedimus floriferus*). Die Pflanzen wurden in Reinkultur oder in unterschiedlichen Mischungen in die Versuchsschalen gesetzt.

DIE MISCHUNG MACHT’S

Die Messungen zur Wasserretention bestätigten die bisherigen Erfahrungen: Unabhängig von der Artenzusammensetzung hielt die extensive Dachbegrünung im Jahresdurchschnitt 30 Prozent des Niederschlagswassers zurück – im Sommerhalbjahr waren es sogar 39 Prozent. Besonders effektiv war die Mischung aus Gras und Leguminose. Wegen ihrer Möglichkeit, Stickstoff aus der Luft zu binden, wirkte die Leguminose zudem wachstumsfördernd, etwa in einer Mischung mit der Fetthenne. Besonders robust war die Mischung aus Gras und Fetthenne, während im Sommer beim Thymian und nicht ganz so stark beim Hornklee ein Absterben zu verzeichnen war. Bestätigt wurden auch die bekannten Kühleffekte: Im Mittel waren die bepflanzten Schalen um etwa fünf °C kühler als die unbepflanzten Kontrollbehälter – wobei es nur geringe Unterschiede zwischen den Pflanzvarianten gab. Und schließlich bestätigte sich, dass aus mehreren Arten aufgebaute Systeme bessere Ergebnisse zu Niederschlagsretention und Kühlleistung als einfach aufgebaute Bestände ermöglichen.

PFLEGE ZAHLT SICH AUS

Gutes Wasserrückhaltevermögen, ordentliche Kühlung, attraktives Erscheinungsbild, Langlebigkeit und eine reichhaltige Biodiversität: All das soll eine gute Dachbegrünung leisten. Das geht aber auf Dauer nur, wenn sie regelmäßig gepflegt wird. Ansonsten kann die Vegetationsschicht verfilzen und der Bestand verarmen. Das aber ist nicht gut, denn die Untersuchung bestätigte, „dass Systeme mit einer höheren pflanzlichen Biodiversität und Ressourcennutzung bessere und länger andauernde ökologische Dienstleistungen als einfach aufgebaute Bestände ermöglichen“ (Projektbericht, S. 70).

AUF DEN PUNKT

- *Begrünte Dächer kühlen im Sommer und isolieren das Gebäude im Winter.*
- *Die Vegetation auf dem Dach hält Niederschlagswasser zurück, wobei eine Mischung aus Gras und Leguminose besonders effektiv ist.*
- *Pflege erhält die Pflanzenvielfalt, und diese ermöglicht eine bessere ökologische Dienstleistung der Dachbegrünung.*

STADT-/
REGIONALPLANUNG

Klimagerechte Landschaftsplanung: Das Beispiel Unteres Remstal

PROJEKT
Kommunale Klimaanpassung durch Landschaftsplanung: Das Untere Remstal als Modell für Baden-Württemberg

Technische Universität Berlin, Institut für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung

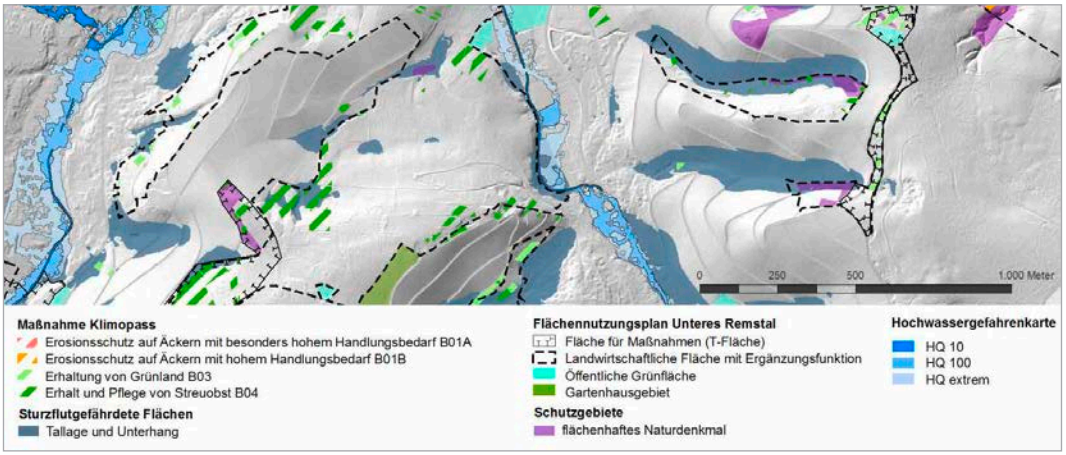
LUBW Berichts-ID U83-W03-N21

Hochwasser, Sturzfluten, Hitzebelastung, Trockenheit – die Folgen der Klimaerwärmung sind vielfältig und für Menschen, Tiere und Pflanzen sehr belastend. Daher ist es wichtig, sich mit möglichen Auswirkungen des Klimawandels zu befassen und Maßnahmen zur Minderung nachteiliger Entwicklungen in die Landschaftsplanung zu integrieren.

KLIMAANPASSUNG AUF KOMMUNALER EBENE

Landschaftsplanung, so steht es im Bundesnaturschutzgesetz, muss unter anderem zur dauerhaften Sicherung der „Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes“ (Projektbericht, S. 15 aus BNatSchG §1 Abs. 1 Nr. 2) als Grundlage des Lebens und der Gesundheit des Menschen beitragen. Dazu muss sie unter anderem Ziele und Maßnahmen „zum Schutz, zur Qualitätsverbesserung und zur Regeneration“ (Projektbericht, S. 15 aus BNatSchG §9 Abs. 3 Nr. 4 e) auch von Luft und Klima vorschlagen. Zudem wirken sich Klimaänderungen auch auf die biologische Vielfalt sowie das Landschaftsbild und die Erholungseignung der Landschaft aus. Die Anpassung an den Klimawandel ist mithin eine Aufgabe der Landschaftsplanung, die immer wichtiger wird, wie die Zunahme an extremen Wetterereignissen zeigt.

Ein Beispiel, wie dies erfolgen kann, zeigt das Projekt „Kommunale Klimaanpassung durch Landschaftsplanung: Das Untere Remstal als



Beispiel für die Integration von Maßnahmen des Klimaanpassungskonzepts in einen Landschaftsplan (Kartenausschnitt) (Quelle: Technische Universität Berlin)

AUF DEN PUNKT

- *Landschaftsplanung muss die Folgen des Klimawandels berücksichtigen.*
- *Besonders betroffen sind die Schutzgüter menschliche Gesundheit, Boden, Wasser und biologische Vielfalt.*
- *Beim Schutzgut Wasser muss die Landschaftsplanung künftig stärker die Gefährdung durch Sturzfluten berücksichtigen.*

Modell für Baden-Württemberg“. An der Studie beteiligt waren die Technische Universität Berlin, der Planungsverband Unteres Remstal mit den Kommunen Fellbach, Kernen, Korb, Waiblingen und Weinstadt sowie die Planungsgruppe Landschaftsarchitektur und Ökologie. Erarbeitet wurde ein ausführlicher Leitfaden, der basierend auf dem Beispiel Unteres Remstal allen Kommunen Baden-Württembergs sowie deren Planungsbüros wichtige Hinweise zur Integration des Klimawandels in die Landschaftsplanung geben kann.

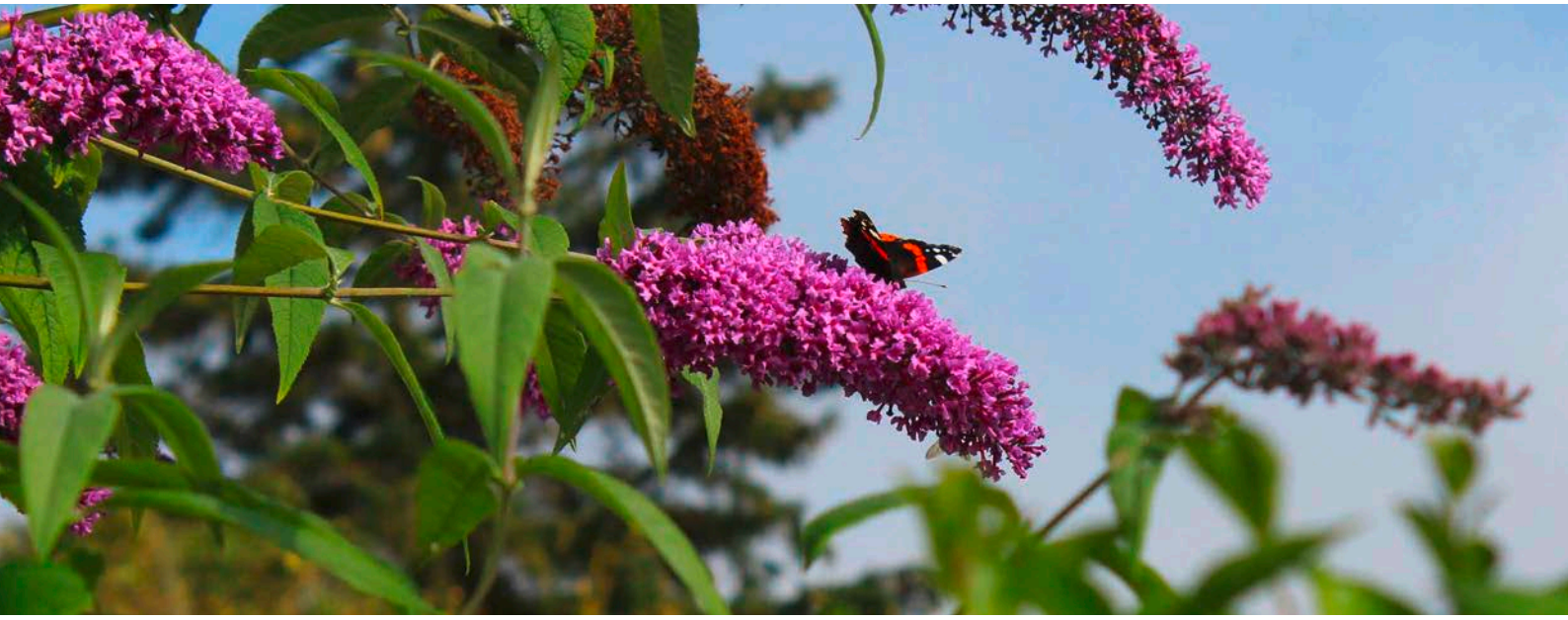
VERWUNDBARE SCHUTZGÜTER

Basierend auf einer ersten Grobeinschätzung zeigte sich, dass sich der Klimawandel im Unteren Remstal vor allem auf folgende Schutzgüter auswirken wird: Boden (Erosion), Wasser (Hoch- und Niedrigwasser, Sturzfluten) und menschliche Gesundheit (Hitzebelastung im Siedlungsbereich). Zu diesen Schutzgütern wurden vertiefende Betroffenheitsanalysen durchgeführt. Darüber hinaus wurden aufgrund ihrer hohen Bedeutung für die Landschaftsplanung auch die biologische Vielfalt sowie das Landschaftsbild und die Erholungseignung der Landschaft betrachtet und im Leitfaden thematisiert. Basierend auf Datenerhebungen und der genannten Betroffenheitsanalyse wurden konkrete Ziele und Maßnahmen zum Klimaschutz und zur Klimaanpassung für das Untere Remstal entwickelt. Die Ergebnisse sind in übersichtlichen Tabellen und anschaulichen Karten dargestellt, damit die Übertragung auf andere Kommunen und Räume erleichtert wird.

GEFÄHRLICHE STURZFLUTEN

Ganz erheblich vom Klimawandel betroffen ist das Schutzgut Wasser: Hochwasserereignisse, Niedrigwasserperioden und urplötzliche Sturzfluten, wie etwa im Mai 2016 in Braunsbach im Landkreis Schwäbisch Hall, müssen in der Landschaftsplanung berücksichtigt werden. Insbesondere Starkregen ist ein Problem – solche Ereignisse sind für etwa die Hälfte aller Überflutungsschäden in Baden-Württemberg verantwortlich. Um die Gefährdung durch Sturzfluten zu bestimmen, müssen vor allem die Hangneigung sowie die Rauheit der Landnutzung – versiegelte Flächen leiten das Wasser schneller ab – ermittelt werden. Dieser bisher wenig berücksichtigte Aspekt wurde im Projekt aufgegriffen. So konnte eine erste Einschätzung des Gefahrenpotenzials gegeben werden.

Das Fazit des beteiligten Landschaftsplanungsbüros: „Flächennutzungen mit hohen Oberflächenabflüssen bedürfen in Zukunft einer besonderen Aufmerksamkeit, insbesondere wenn Bodentypen mit hoher Erosionsgefährdung, etwa Lössböden, vorherrschen. Angaben zur Erosionsgefährdung gepaart mit der aktuellen Landnutzung sind in diesem Zusammenhang elementare Informationsgrundlagen“ (Projektbericht, S. 88). Diese müssten von den Kommunen und Planungsbüros allerdings häufig gesondert erhoben werden.



NATURSCHUTZ/
BIODIVERSITÄT

Wie Flora und Fauna auf den Klimawandel reagieren

PROJEKT 1
Auswirkungen des Klimawandels auf die Pflanzenwelt Baden-Württembergs am Beispiel der Stadtflora

Thomas Breunig - Institut für Botanik und Landschaftskunde

LUBW Berichts-ID U51-W03-N10

PROJEKT 2
Auswirkungen des Klimawandels auf die Insektenfauna (ausgewählte Artengruppen)

Büro Schanowski

LUBW Berichts-ID U51-W03-N11

Die Pflanzen- wie auch die Tierwelt haben sich in den vergangenen Jahrzehnten deutlich verändert. Das hat eine ganze Reihe von Ursachen, aber klar ist, dass dem Klimawandel eine wachsende Bedeutung zukommt.

ZWEI STUDIEN ZUR STADTFLORA UND ZU INSEKTEN

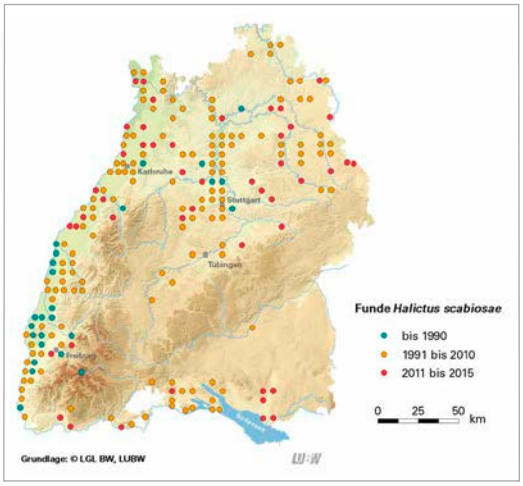
In den letzten drei Jahrzehnten sind verstärkt wärmeliebende Pflanzen- und Tierarten nach Deutschland eingewandert. Die Zunahme von Insekten aus südlichen Gefilden ist ungebrochen und viele thermophile Pflanzenarten breiten sich weiter aus. Doch wenn man genau wissen will, welche Arten zunehmen, dann müssen in regelmäßigen Abständen reproduzierbare Kartierungen und Erhebungen durchgeführt werden. Dazu wurden stellvertretend für das umfassende Themenfeld „Flora und Fauna“ zwei Untersuchungen durchgeführt: das Karlsruher Institut für Botanik und Landeskunde hat das Projekt „Auswirkungen des Klimawandels auf die Pflanzenwelt Baden-Württembergs am Beispiel der Stadtflora“ bearbeitet und das Büro Schanowski die „Auswirkungen des Klimawandels auf die Insektenfauna (ausgewählte Artengruppen)“ untersucht.

Bei Ihren Kartierungen in den fünf Städten Aalen, Karlsruhe, Konstanz, Stuttgart und Ulm wurden zum einen eine spezielle hierfür entwickelte Transektmethode, zum anderen ergänzend ganze

Stadtquartiere kartiert. Die Ergebnisse wurden mit einer vergleichbaren Untersuchung aus dem Jahre 2006 sowie mit historischen Daten verglichen. Die Insektenstudie umfasste eine Daten- und Literaturstudie zu jenen Gruppen, die bereits 2005 auf ihre Eignung als Indikatoren für den Klimawandel untersucht worden waren: Schmetterlinge, Käfer, Stechimmen und Libellen. Auch hier dienten historische Daten als weitere Vergleichsgrundlage.

WÄRME LIEBENDE PFLANZEN AUF DEM VORMARSCH

Bei der Stadtflora ergaben sich zwischen 2006 und 2011 insgesamt keine allzu großen Artenveränderungen. Allerdings nahm die Häufigkeit insbesondere bei Wärme liebenden Arten wie dem Sommerflieder, dem Kahlen Bruchkraut und dem Florentiner Habichtskraut zu. Erstmals trat das Japanische Liebesgras auch außerhalb der wärmebegünstigten Oberrheinebene auf. Im historischen Vergleich fällt seit etwa 1980 die verstärkte Einwanderung Wärme liebender Arten auf, die ursprünglich nur im Mittelmeerraum und anderen wärmeren Klimagebieten beheimatet waren. Bemerkenswert ist auch, dass viele Zierpflanzen wie der aus China stammende Sommerflieder zunehmend verwildern. Diese für Schmetterlinge sehr attraktive Pionierpflanze breitet sich vor allem in warmen und „wintermilden“ Regionen aus, wozu etwa das Oberrheingebiet oder das Bodenseebecken zählen. Und der früher seltene Portulak ist in den Städten des Oberrheingebietes inzwischen eine der häufigsten Pflanzen. „Bei weiterer Klimaerwärmung ist davon auszugehen, dass es vielen bisher nur angepflanzt in Städten vorkommenden Baum- und Straucharten gelingen wird, zu verwildern und Bestandteil der spontanen Wildflora zu werden“ (Projektbericht 1, S. 38), heißt es in der Studie zur Stadtflora.



Ausbreitung der Gelbbindigen Furchenbiene (Quelle: LUBW)

VIELEN INSEKTEN BEKOMMT DER KLIMAWANDEL

Auch bei den Tieren bestätigt sich der beobachtete Trend: Arten, die Wärme lieben, nehmen zu und weiten ihre Besiedelungsgebiete aus, wie etwa die Gelbbindige Furchenbiene oder die Feuerlibelle. Andere wie der Laufkäfer Westlicher Bartläufer sind erst in den letzten Jahren eingewandert. All diesen Arten, die eine Ausdehnung ihres Verbreitungsgebietes zeigen, ist gemeinsam, „dass sie zwar als Wärme liebend gelten, aber ansonsten keine allzu speziellen Habitatansprüche stellen“ (Projektbericht 2, S. 79), wie der Studienautor anmerkt. Sie können schnell ihren Besiedelungsraum ausdehnen, wenn sich die klimatischen Bedingungen ändern. Dies gilt allerdings auch für Schädlinge wie den Eichen-Prozessionsspinner und für Krankheiten übertragende Insekten wie die Tigermücke. Allerdings können auch Wärme liebende Schmetterlings- und Wildbienenarten unter dem Klimawandel leiden, etwa unter ausgeprägten Trockenphasen. Und manche Insekten wie der Große Eisvogel zählen zu den Verlierern, da sie kühlere Lebensräume bevorzugen.

AUF DEN PUNKT

- *Pflanzen- und Tierarten, die Wärme lieben, werden durch den Klimawandel begünstigt.*
- *Es ist eine verstärkte Einwanderung Wärme liebender Arten zu beobachten.*
- *Es gibt auch Arten, die unter dem Klimawandel leiden.*
- *Der Klimawandel begünstigt die Ausbreitung mancher Schädlingsarten sowie die Neueinwanderung von Insekten, die Krankheiten übertragen.*

WASSERHAUSHALT

Gibt es künftig noch genug Trinkwasser?

PROJEKT

Vulnerabilitätsanalyse von Wasserversorgungsunternehmen im südlichen Schwarzwald hinsichtlich des Klimawandels

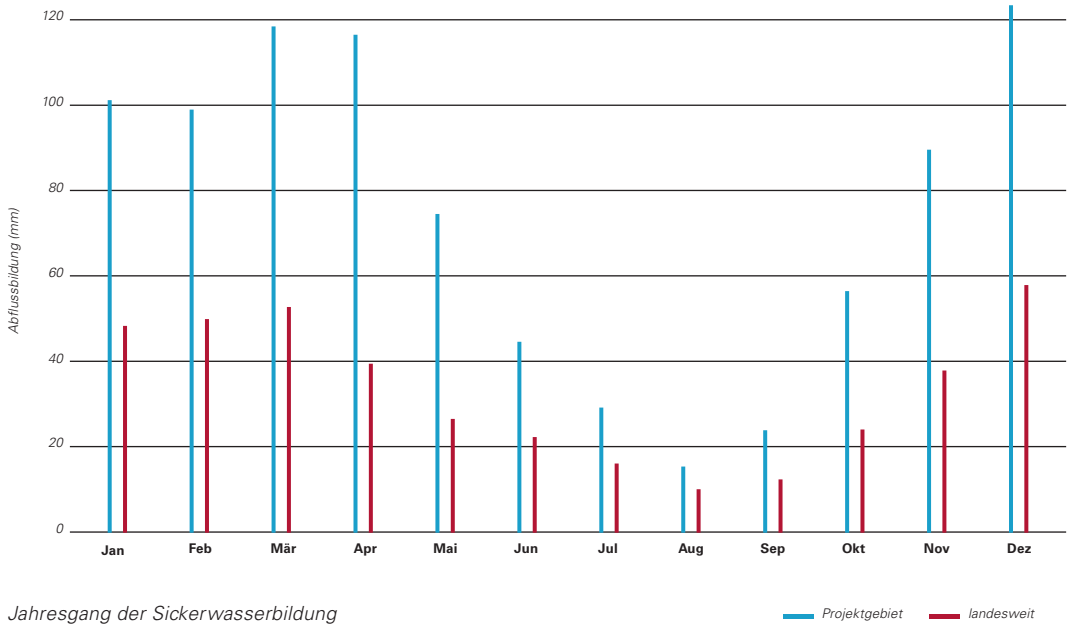
DVGW - Technologiezentrum Wasser

LUBW Berichts-ID U83-W03-N14

Der Klimawandel bringt verstärkt Dürreperioden und Hitzewellen mit sich – und das immer häufiger gleichzeitig. Dies macht der Trinkwasserversorgung zu schaffen, weil Quellen versiegen und gleichzeitig der Wasserbedarf steigt. Im Südschwarzwald wurde untersucht, wie Trinkwasserversorger auf diese Herausforderung reagieren können.

KOMPLEXE WASSERVERSORGUNG

Der Südschwarzwald ist eine wunderbar abwechslungsreiche Landschaft: stark zergliedertes Gelände, große Höhenunterschiede, dünne Besiedelung. Was gut ist für den Tourismus, macht die Trinkwasserversorgung kompliziert. Sie ist gekennzeichnet von zahlreichen Quellen und kleinen Anlagen zur Aufbereitung und Speicherung des Wassers sowie von langen Transportleitungen. Hinzu kommt eine weitere Herausforderung für die Wasserversorger: Wenn es länger nicht regnet, können viele Quellen versiegen. Das war bereits in der Vergangenheit der Fall – und das Problem dürfte im Zuge der Klimaerwärmung mit den zu erwartenden häufigeren Dürreperioden noch zunehmen. Hier setzt das Projekt „Vulnerabilitätsanalyse von Wasserversorgungsunternehmen im südlichen Schwarzwald hinsichtlich des Klimawandels“ an. Die Erkenntnisse, die das Team vom Karlsruher Technologiezentrum Wasser (TZW) dabei gesammelt hat, sind allerdings nicht auf den Südschwarzwald begrenzt. Vor allem die im Rahmen des Projekts erarbeitete Methodik lässt sich auch auf andere Regionen übertragen, wobei dann unterschiedliche Voraussetzungen, insbesondere hinsichtlich Niederschlagshäufigkeit und Geologie, zu berücksichtigen sind.



Jahresgang der Sickerwasserbildung
(Quelle: DVGW - Technologiezentrum Wasser)

MINIMALE RESTSCHÜTTUNG

4240 Quadratkilometer groß ist das Einzugsgebiet, aus dem die 21 untersuchten Gemeinden ihr Trinkwasser beziehen, deren Gemeindefläche sich auf 832 Quadratkilometer summiert. Bei ihren Analysen unterschieden die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler hinsichtlich der genutzten Quellen drei Typen, deren Schüttung, das ist die Wassermenge, die eine Quelle je Zeiteinheit spendet, in Trockenzeiten bereits in der Vergangenheit unterschiedlich stark zurückging. Zu erwarten ist, dass sich dieser Trend im Zuge der Klimaerwärmung verstärken wird. Besonders problematisch sind dabei diejenigen Quellen, die heute bei Niedrigwasser weniger als 12,5 Prozent der mittleren Schüttung liefern. Bei einem stark ausgeprägten Klimawandel – einem Worst-Case-Szenario – schrumpft die Wassermenge dann um bis zu 45 Prozent auf eine minimale Restschüttung.

Das generelle Hauptproblem bei den Quellen im Südschwarzwald ist, dass die Grundwasserleiter meist nur eine geringe Speicherkapazität haben. Damit die Quellen schütten, müssen sie also mit Sickerwasser von oben versorgt werden – was schon früher oft ein großes Problem war. Bei einem starken Klimawandel wird die Sickerwasserbildung bis zur Mitte des Sommerhalbjahrs für den Zeitraum 2021 bis 2050 um 35 Prozent und bis Ende des Jahrhunderts um 60 Prozent abnehmen. Größere Niederschlagsmengen im Winterhalbjahr können diesen Effekt wegen der geringen Speicherkapazität des Bodens nicht abmildern.

GENAUE ANALYSE ERFORDERLICH

Weil es immer wieder Probleme in Trockenzeiten gab, sind die Wasserversorger im Südschwarzwald auf die Folgen des Klimawandels bereits recht gut vorbereitet. So wurden in den Talauen Brunnen gebohrt und das Leitungsnetz in weiten Bereichen zu Verbünden zusammengeschlossen. Achtsam müssen aber diejenigen Versorger sein, die nach wie vor überwiegend „niedrigwasserproblematische“ Quellen nutzen. Hier sind Messungen der Schüttungsmengen angezeigt – und eventuell die Schaffung eines zweiten Standbeins durch Verbund mit einem Nachbarversorger oder Brunnenbau. Und noch einen wichtigen Hinweis ergab die Studie: Weil im Untersuchungsgebiet überwiegend Quellwasser genutzt wird, das sich aus oberflächennahem Abfluss speist, können Starkregenfälle zu Schwierigkeiten führen. Dies verstärkt das Austreten von trübem und mikrobiologisch belastetem Quellwasser. Mit diesem Problem werden die Wasserversorger im Zuge des Klimawandels immer häufiger zu kämpfen haben.

AUF DEN PUNKT

- *Im Zuge des Klimawandels wird es häufiger Trockenperioden, Hitzewellen und Starkregenfälle geben, die höhere Ansprüche an die Wasserversorgung stellen.*
- *Besonders problematisch sind Versorgungsgebiete, die ausschließlich Rohwasser aus flachgründigen Quellen nutzen.*
- *Aufgrund von früheren Wassermangelsituationen sind die Wasserversorger im Südschwarzwald bereits gut für die kommenden Herausforderungen gerüstet.*
- *Die im Rahmen des Projekts erarbeitete Methodik sowie die im Untersuchungsgebiet von einigen Versorgern erfolgreich umgesetzten Maßnahmen lassen sich auf andere Regionen übertragen.*

WASSERHAUSHALT

Wie verwaltet man den Wassermangel?

Ein wasserarmes Land ist Baden-Württemberg bestimmt nicht. Aber im Zuge des Klimawandels wird es mehr Trockenperioden geben – und dann weniger Wasser in den Flüssen fließen. Mithin ist es erforderlich, sich rechtzeitig mit den Folgen niedriger Wasserstände zu befassen und Anpassungsstrategien zu entwickeln.

PROJEKT 1

Operationelle Niedrigwasserklassifizierung für baden-württembergische Gewässer als Entscheidungsgrundlage zur Anpassung des Niedrigwassermanagements an Klimawandel und Landnutzungsänderungen (NieKlass BW)

HYDRON GmbH

LUBW Berichts-ID U61-W03-N11

PROJEKT 2

Regionale Klimafolgen für die Energiewirtschaft in Baden-Württemberg – Eine modellgestützte Analyse von konkurrierenden Wassernutzungen

Hochschule Konstanz, Technik, Wirtschaft und Gestaltung

LUBW Berichts-ID U60-W03-N10

WIE SICH VERÄNDERUNGEN MESSEN LASSEN

Wärmekraftwerke mit Kühlwasserbedarf, Laufwasserkraftwerke, eine intensive Landwirtschaft, die ihre Kulturen bewässern will, zudem Frachtschiffe, die auf genügend Wasser unter dem Kiel angewiesen sind: Die Fließgewässer im Land werden vielfach genutzt, und wenn sie zu wenig Wasser führen, hat dies schnell wirtschaftliche Einbußen zur Folge. Niedrigwasserperioden in Folge andauernder Trockenheit stellen eine Belastung des Ökosystems dar und führen zu einer Verminderung der Grundwasserreserven. Kleinere Gewässer drohen ohne regulierende Maßnahmen teilweise ganz auszutrocknen. Die Risiken und drohenden Konflikte werden sich verschärfen, wenn bei längeren Trockenzeiten mehr Energie und Bewässerungswasser benötigt wird, in dieser Zeit aber immer weniger Wasser zur Verfügung steht.

Mit dieser Thematik haben sich zwei unterschiedliche Projekte beschäftigt. „Operationelle Niedrigwasserklassifizierung für baden-württembergische Gewässer als Entscheidungsgrundlage zur Anpassung des Niedrigwassermanagements an Klimawandel und Landnutzungsänderungen (NieKlass BW)“ heißt die Studie, die von der Karlsruher Ingenieurgesellschaft HYDRON bearbeitet wurde. Und ein Team der Hochschule

Konstanz hat sich in Zusammenarbeit mit dem Neustädter Unternehmen UDATA mit den „Regionalen Klimafolgen für die Energiewirtschaft in Baden-Württemberg – eine modellgestützte Analyse von konkurrierenden Wassernutzungen“ befasst.

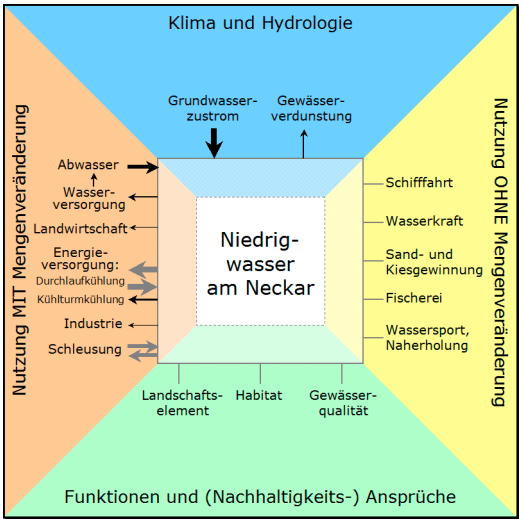
EIN FRÜHWARNSYSTEM FÜR NIEDRIGWASSER

Hochwasser lässt sich in Baden-Württemberg heute recht gut vorhersagen – dank der bei der LUBW in Karlsruhe ansässigen Hochwasservorhersagezentrale und dem Wasserhaushaltsmodell LARSIM (Large Area Runoff Simulation Model). Analog zur regionalen Hochwasserfrühwarnung, welche schon mehrere Jahre im Betrieb ist, soll nun ein System aufgebaut werden, mit dem frühzeitig vor Niedrigwasserständen im Land gewarnt werden kann. Dazu wurde LARSIM weiterentwickelt und in zwei Modellregionen getestet: Am Bodensee und im Gebiet der Flüsse Rems und Murr. Ziel ist, eine Karte zu erzeugen, auf der ganze Landkreise der Niedrigwassersituation entsprechend eingefärbt werden können und so Bereiche deutlich werden, denen man besondere Aufmerksamkeit widmen sollte.

Insgesamt ergab die Studie, dass ein solches landesweites Modell möglich ist. Die Arbeit in den beiden Projektgebieten zeigte aber, dass bei der Weiterentwicklung einige Besonderheiten berücksichtigt werden müssen. Maßgeblich sind dabei vor allem punktförmige Quellen wie Karstquellen oder die Abflüsse von Klärwerken, von denen es im Land etwa eintausend gibt. Wie die Erfahrungen im Rems-Murr-Gebiet zeigen, können die Kläranlagen-Abflüsse bei trockenem Wetter mit ausreichender Genauigkeit in die landesweite Regionalisierung der Niedrigwasser-Kennwerte und die LARSIM-Modelle mit einbezogen werden – wodurch die Niedrigwasser-Frühwarnung deutlich besser wird. Ähnliches gilt für bedeutende Karstquellen wie die Radolfzeller Aach. Nach Ansicht der Autorinnen und Autoren sind nun die technischen Voraussetzungen für ein landesweites Niedrigwasser-Frühwarnsystem geschaffen.

KONKURRIERENDE WASSERNUTZUNGEN

Am Beispiel des Neckars wurden mit Hilfe von Fragebögen der aktuelle und künftige Wasserbedarf von Landwirtschaft und Kraftwerken erfasst sowie die Kläranlagenbetreiber zu den Auswirkungen von Trockenzeiten befragt. „Die Ergebnisse zeigen, dass die relativ knappen Wasserreserven im Neckargebiet ein Risiko darstellen“ (Projektbericht 2, S. 5), heißt es dazu im Projektbericht. Die durchgeführten Betrachtungen bis zum Jahr 2030 lassen erkennen, dass sich das Risiko in der Landwirtschaft wegen des wachsenden Ausbaus der Bewässerung erhöhen wird. Zu den möglichen Gegenmaßnahmen zählen eine wassersparende Bewässerungstechnik und trockenresistentere Sorten, ferner eine bodenschonende Bearbeitung sowie die Speicherung von Wasser im regenreichen Frühjahr. Bei den thermischen Kraftwerken ist bis 2030 wegen des Ausbaus der erneuerbaren Energien damit zu rechnen, dass sich der Kühlwasserbedarf halbiert. Andererseits wird die Menge des Abwassers abnehmen, das in den Neckar eingeleitet wird. Dazu merkt die Studie an: „Hier könnten eine Veränderung des Abwassersystems und eine Überleitung und Speicherung von Wässern aus dem Bodensee zusätzliche Wassermengen bei extremen Niedrigwassersituationen bereitstellen“ (Projektbericht 2, S. 5).



Einflussfaktoren auf den Niedrigwasserstand am Neckar und Ansprüche an den Fluss;
Schwarze Pfeile: Ab-/Zunahme von Wassermengen
Graue Pfeile: Mengenverlagerung
(Quelle: Hochschule Konstanz)

AUF DEN PUNKT

- *Thermische Kraftwerke sind durch ihre Kühlwassernutzung und die Landwirtschaft durch ihren Bewässerungsbedarf vom Niedrigwasser besonders betroffen.*
- *Am Neckar können die relativ knappen Wasserreserven mitunter ein Risiko darstellen.*
- *Ein Frühwarnsystem für Niedrigwasser wurde in den Modellregionen Bodensee und Rems-Murr erfolgreich erprobt.*
- *Der Kühlbedarf thermischer Kraftwerke wird sich durch den Ausbau der regenerativen Energiequellen verringern.*

WIRTSCHAFT

Wie verwundbar ist die Wirtschaft im Land?

Keine Frage, der Klimawandel trifft auch die heimische Wirtschaft. Die Frage ist nur, wie verletzlich die unterschiedlichen Branchen, vor allem für extreme Wetterereignisse, sind. Und wie sie sich am besten an die Veränderungen anpassen bzw. vor Schäden schützen.

PROJEKT 1
Analyse der industriellen Vulnerabilität gegenüber klimawandelinduzierten Risiken in Ballungsräumen in Baden-Württemberg

Karlsruher Institut für Technologie

LUBW Berichts-ID U83-W03-N18

PROJEKT 2
Sensititvitätsbereiche von branchenspezifischen Klimakenngrößen in Baden-Württemberg – die „Sensitivitätsampel"

Karlsruher Institut für Technologie

LUBW Berichts-ID U83-W03-N22

PROJEKT 3
Folgen des Klimawandels auf massengutaffine Unternehmen in Baden-Württemberg – Verwundbarkeiten und modellhafte Anpassungsmaßnahmen

Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft und Gestaltung

LUBW Berichts-ID U83-W03-N25

DIE ACHILLESFERSEN DER INDUSTRIE

Hagelstürme zerstören Anlagen und Produkte, Überschwemmungen setzen Industriebetriebe unter Wasser, Hitze belastet Mitarbeitende und Produktionsanlagen. Diese lokalen Auswirkungen auf die Wirtschaft sind schon heute spürbare Folgen des Klimawandels. Hinzu kommen die vielfältigen wirtschaftlichen Verflechtungen, nicht zuletzt mit Zulieferern. Daher haben auch hiesige Betriebe zu leiden, wenn es in anderen Teilen Deutschlands oder gar der Welt zu wetter- oder klimabedingten negativen Auswirkungen oder Ausfällen kommt.

Im Folgenden soll anhand von drei Projekten gezeigt werden, wie und wo die heimische Industrie klimabedingt besonders verwundbar ist – und wie man das ermitteln kann.

VULNERABILITÄTSANALYSE

„Analyse der industriellen Vulnerabilität gegenüber klimawandelinduzierten Risiken in Ballungsräumen in Baden-Württemberg" heißt das Projekt, mit dem sich ein Team vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) befasst hat. Dabei wurde ein indikatorbasierter Ansatz gewählt und auf die Modellregion Stuttgart übertragen. Allgemeine Indikatoren waren Fläche, Einwohnerzahl und Industriegebäude der 480 untersuchten Kommunen, ferner Klimafaktoren wie die Zahl der Hitzetage. Zudem wurden strukturspezifische Daten erfasst, etwa Energie-

verbrauch oder Verflechtungsgrad.

Die Analysen ergaben prozentuale Veränderungen und damit „Hot-Spots“ der industriellen Vulnerabilität in den einzelnen Kommunen wie auch in der Region. So lässt sich beispielsweise aufzeigen, dass die Wirtschaft rund um Stuttgart besonders unter Hitzetagen zu leiden hat, die auf der Schwäbischen Alb weniger. Insgesamt ergab sich eine vergleichsweise hohe Fragilität der chemischen Industrie, der Wasser- und Energieversorgung sowie spezieller metallverarbeitenden Industriezweige. Gerade diese aber sind – wie die Automobil- oder die Elektroindustrie – in der Region Stuttgart von besonderer Bedeutung. Bemerkenswert ist zudem eine Erfahrung, die sich aus den Experteninterviews ergeben hat: Demnach sagen Risiko- und Logistikmanagerinnen und -manager, dass für das aktive Management langfristiger und abstrakter Risiken – wie dem Klimawandel – neben dem operativen Tagesgeschäft keine Zeit bleibe.

EINE SENSITIVITÄTSAMPEL

Branchenspezifische Klimakenngrößen zu ermitteln, mit denen sich deren Empfindlichkeit gegenüber dem Klimawandel in naher und ferner Zukunft ermitteln lässt, das war das Ziel des Projekts „Sensititvitätsbereiche von branchenspezifischen Klimakenngrößen in Baden-Württemberg – die Sensitivitätsampel“. Die Studie, die vom Süddeutschen Klimabüro am KIT durchgeführt wurde, basiert auf der standardisierten Befragung von 23 baden-württembergischen Kommunen und vertiefenden Gesprächen mit 32 Expertinnen und Experten von Fachinstitutionen, Unternehmen und Städten. Das Ergebnis ist für eine Vielzahl von sogenannten Klimakenngrößen – etwa von Frosttagen im Jahr mit günstigen Wetterbedingungen für Eiswein über Hitze- und Trockenperioden bis zum Spazierwetter – in landesweiten Karten dargestellt. Interessant ist, dass die Sensitivität der Kommunen gegenüber dem Klimawandel erst dann erkannt wird, wenn ein extremes Wetterereignis dazu zwingt. Dies zeigt sehr anschaulich die Aussage eines befragten Experten: „Entweder es ist Not da oder eine Finanzierung, damit in einem Bereich etwas getan wird.“

MASSENTRANSPORT UND KLIMAWANDEL

Besonders vom Klimawandel betroffen sind Unternehmen, die von Massenguttransporten auf Binnenwasserstraßen und in eingeschränktem Maße auf der Schiene abhängen. Wie sich hier der Klimawandel auswirkt, zeigt das Projekt „Folgen des Klimawandels auf massengutaffine Unternehmen in Baden-Württemberg – Verwundbarkeiten und modellhafte Anpassungsmaßnahmen“ auf, das von der Hochschule Konstanz bearbeitet wurde. Basis war eine Befragung von 400 Unternehmen, an der vor allem Firmen aus der Chemie- und Montanindustrie sowie Transporteure von Steinen und Erden teilgenommen haben. Dabei sind sich die Unternehmen zum großen Teil bewusst, dass sie dem Klimawandel gegenüber vulnerabel sind, was insbesondere für Schifftransporte bei Niedrigwasser in den Herbstmonaten September und Oktober gilt sowie in geringerem Maße bei Hochwasser. Allerdings hat erst eine Minderheit bereits Anpassungsmaßnahmen vorgenommen.

Das im Zuge des Klimawandels drohende Hauptproblem: Zu große Schiffe mit entsprechendem Tiefgang und zu geringe Lagerkapazitäten. Dies ließe sich vor allem mit kleineren Schiffen und in zweiter Linie mit größeren Lagerkapazitäten lösen – wobei in Zeiten mit guten Fahrrinnentiefen die Schiffe zusätzliche Ladung transportieren könnten, um die Lager wieder aufzufüllen. Mit beiden Anpassungsmaßnahmen lässt sich die Vulnerabitlität deutlich senken, sie sind allerdings mit höheren Kosten verbunden: Kleinere Schiffe benötigen mehr Personal, größere Lager mehr Platz. Welche Maßnahmenkombination am effektivsten ist und wie sie sich individuell vor Ort umsetzen lässt, muss allerdings im konkreten Einzelfall geprüft und berechnet werden.

AUF DEN PUNKT

- *Die Vulnerabilitätsanalyse in der Modellregion Stuttgart ergab eine vergleichsweise hohe Anfälligkeit der chemischen Industrie, der Wasser- und Energieversorgung sowie mancher metallverarbeitenden Industriezweige.*
- *In Baden-Württemberg wurde die Empfindlichkeit gegenüber klimarelevanten Indikatoren in Karten dargestellt. Die Klimasensitivität wird aber oft erst erkannt, wenn ein Extremwetterereignis eingetreten ist.*
- *Die Klimaabhängigkeit von Unternehmen, die mit Massengütern umgehen, ist vor allem beim Schiffstransport gegeben. Kleinere Schiffe und größere Lagerkapazitäten sind effektive Anpassungsmaßnahmen.*

LANDWIRTSCHAFT

Werden wir künftig mehr ernten?

Die Temperaturen steigen, die Vegetationsperiode wird länger. Die Pflanzen könnten mithin im Zuge des Klimawandels länger wachsen und mehr Ertrag liefern. Doch die Zusammenhänge sind komplexer.

PROJEKT 1
Lokale, regionale und landesweite Auswirkungen des Klimawandels auf die Phänologie von Feldfrüchten in Baden-Württemberg

LUBW Berichts-ID U81-W03-N13

PROJEKT 2
Die Ertragsdaten der Feldfrüchte in Baden-Württemberg und ihre Beziehung zu Klima und Boden

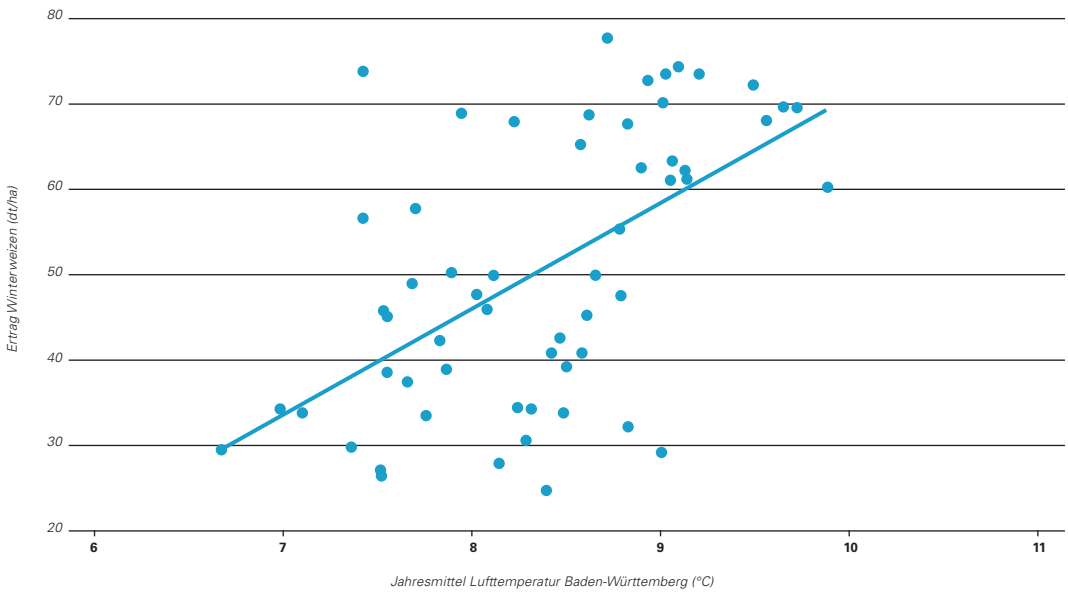
Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg – LTZ

LUBW Berichts-ID U81-W03-N15

PHÄNOLOGIE UND ERTRAG

Phänologie ist die Lehre von den Erscheinungen. Auf die Landwirtschaft übertragen bedeutet dies die verschiedenen Lebensphasen von Kulturpflanzen, wie etwa der Beginn der Feldbestellung, der Beginn der Gelbreife, also der Verfärbung der Ähren von grün und zu gelb, oder der Erntebeginn. Wie sich dieses Erscheinungsbild im Rahmen des Klimawandels ändert, hat das Projekt „Lokale, regionale und landesweite Auswirkungen des Klimawandels auf die Phänologie von Feldfrüchten in Baden-Württemberg“ untersucht. Grundlage war der Vergleich von exakt 2.090.894 phänologischen Einzelbeobachtungen in der Zeit zwischen 1951 und 2011 aus den Bereichen Wildpflanzen, landwirtschaftliche Kulturen, Obstgehölze und Wein. Um den Einfluss klimatischer Änderungen zu quantifizieren, müssen möglichst lange Zeiträume untersucht und miteinander verglichen werden. Differenziert wurde deshalb nach den beiden Zeiträumen 1961 bis 1990 und 1991 bis 2011.

In dem Folgeprojekt „Die Ertragsdaten der Feldfrüchte in Baden-Württemberg und ihre Beziehung zu Klima und Boden“ wurden die Ertragsentwicklungen von vier Getreidearten sowie von Silo- und Körnermais, Zuckerrüben, Kartoffeln und Winterraps untersucht. Auch hier wurden die Daten, die seit 1953 erhoben werden, mit Klimadaten in Beziehung gesetzt. Bearbeitet wurden beide Projekte vom Landwirtschaftlichen Technologiezentrum Augustenberg in Kooperation mit der Uni Hohenheim.



Veränderung des Hektarertrags bei Zunahme der Durchschnittstemperatur (Quelle: Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg)

AUF DEN PUNKT

- *Bei vielen Kulturpflanzen verkürzt sich die Zeit bis zur Reife.*
- *Die Ernte erfolgt insbesondere bei Getreidearten aber meist nur wenige Tage früher, was vor allem auf die agrartechnische Bewirtschaftung sowie auf die Sortenwahl zurückzuführen sein dürfte.*
- *Die Vorteile einer längeren Vegetationsperiode werden noch nicht voll ausgeschöpft.*
- *Die höheren Temperaturen haben sich seit 1991 ertragssteigernd ausgewirkt.*
- *Einzelne Hitzetage wirken sich kaum auf den Ertrag aus; erhebliche Einbußen gab es aber durch die starke Hitzewelle im Sommer 2003.*

LÄNGERE VEGETATIONSPERIODE

Die höheren Lufttemperaturen spielen die Schlüsselrolle beim früheren Einsetzen vieler phänologischer Phasen. Eine wichtige, sogenannte echte phänologische Phase, ist die Gelbreife der Feldfrüchte, weil sie nur von Witterung und Klima beeinflusst ist. Im Gegensatz dazu hängt etwa der Beginn von Feldbestellung und Ernte auch von den Managemententscheidungen ab, weshalb man hier von unechten phänologischen Phasen spricht. Bei der Gelbreife zeigt sich der Klimwandel besonders deutlich: Sie tritt bei Winterweizen, -roggen, -gerste und Hafer seit 1991 etwa zwei Wochen früher als im Zeitraum 1960 bis 1991 ein. Allerdings werden diese Feldfrüchte nur wenige Tage früher geerntet, so dass die Vegetationszeit vom Erscheinen der ersten Blättchen, dem sogenannten Auflaufen, bis zur Ernte insgesamt nur um zwei Tage verkürzt ist. Aufgrund der angewandten Agrarmethoden, ebenso wie aufgrund der angebauten Sorten, wird bei diesen Getreidearten der Vorteil einer potenziell längeren Vegetationszeit bisher kaum genutzt. Hier könnten neue Sorten und Bewirtschaftungsmethoden Verbesserungen bringen.

Winterraps und Zuckerrüben stehen sogar rund eine Woche länger auf dem Feld. Dies dürfte vor allem auf die Einführung neuer Sorten zurückzuführen sein – was zeigt, dass bei der Phänologie neben dem Klimawandel auch andere Faktoren in der Landwirtschaft eine wichtige Rolle spielen. Dies wird auch im Vergleich mit Wildpflanzen deutlich, bei denen die phänologischen Veränderungen durch den Klimawandel viel ausgeprägter sind als bei Kulturpflanzen.

DIFFERENZIERTE ERTRÄGE

Das wichtigste Ergebnis der Ertragsstudie ist, dass sich die höheren Temperaturen offenbar positiv auf die Erträge auswirken. In den meisten Landkreisen waren warme Jahre jedenfalls ertragreicher als weniger warme – eine Beobachtung, die vor allem auf die ursprünglich kälteren Landkreise zutrifft. Dies führt die Autorinnen und Autoren der Studie zu der Annahme, „dass in den kälteren Landkreisen Erträge noch durch Temperatur limitiert werden, höhere Durchschnittstemperaturen also noch ertragssteigernd wirken“ (Projektbericht 2, S. 116). Die Wasserversorgung wiederum hat den Ertrag zumindest bisher noch nicht begrenzt. Bei Hitzeperioden tolerieren die Pflanzen offenbar einzelne Tage mit Extremwerten recht gut. Andererseits brachte der Hitzesommer 2003 deutliche Ertragseinbußen. „Auch wenn derzeit solche Episoden rar sind – die Landwirtschaft tut gut daran, sich über Anpassungsmaßnahmen rechtzeitig auf solche Extremwetterlagen vorzubereiten“ (Projektbericht 2, S. 117), rät die Studie.

LANDWIRTSCHAFT

Bodenwasser: Mal zu wenig, mal zu viel

Bei Dürre verliert der Boden Wasser, was den Kulturpflanzen nicht gut bekommt. Und bei Starkregen muss der Boden plötzlich viel zu viel Wasser aufnehmen. Zwei Projekte haben untersucht, wie Anpassung daran funktionieren kann.

PROJEKT 1

Bodenwasserhaushalt und konservierende Bodenbearbeitung (2 Teile)

Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg - LTZ

LUBW Berichts-ID U61-W03-N10 (Teil 1)

LUBW Berichts-ID U61-W03-N12 (Teil 2)

PROJEKT 2

Klimaanpassung durch Stärkung des Wasser- und Bodenrückhalts in Außenbereichen (KliStaR)

Geomer GmbH/Büro bodengut

LUBW Berichts-ID U83-W03-N26

KLIMAWANDEL ÄNDERT BODENWASSERGEHALT

Im Zuge des Klimawandels werden die Niederschläge in der Vegetationsperiode wohl zurückgehen. Und die höheren Temperaturen sorgen in dieser Zeit dafür, dass mehr Wasser verdunstet. Damit aber dürften Trockenperioden zunehmen – verbunden mit der Gefahr von Ertragseinbußen. Dem könnte eine „konservierende“ Bodenbearbeitung, bei der mehr Wasser im Boden zurückgehalten wird, entgegenwirken. Andererseits sind bei Starkregenereignissen Maßnahmen gefragt, mit deren Hilfe der Boden mehr Niederschlagswasser aufnehmen kann – und die zudem dazu beitragen, dass weniger Boden erodiert und weggeschwemmt wird.

WIE ACKERBODEN WASSER ZURÜCKHÄLT

Pflug, Mulchsaat, Direktsaat: Am Landwirtschaftlichen Technologiezentrum Augustenberg in Karlsruhe wurde mit drei unterschiedlichen Messsondentypen die Bodenfeuchte in Versuchsfeldern gemessen: „Bodenwasserhaushalt und konservierende Bodenbearbeitung“ hieß das Projekt, das im Zuge von zwei Kampagnen 2011 und 2014 Daten lieferte. Eingebettet waren die Messungen in langjährige Versuche, die unter anderem an Äckern bei Dossenheim und Biberach durchgeführt werden.

Mit dem Pflug wird der Boden meist 20 bis 30 Zentimeter tief bearbeitet und dabei gewendet.

Bei der Mulchsaat werden nur die oberen 10 bis 15 Zentimeter durchmischt, der Boden aber nicht gewendet. Und bei der Direktsaat erfolgt praktisch gar keine Bodenbearbeitung mehr, die Saat wird nur in einen Schlitz im Boden eingebracht. Mit den beiden letztgenannten Methoden soll das Erosionsrisiko verringert und die Bodenfeuchte erhöht werden – beides mögliche Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel.

Der Einfluss der Bodenbearbeitung zeigte sich 2014 so: Bei der Pflugvariante war der Boden in den oberen 20 Zentimetern trockener als bei Mulch- und Direktsaat. Ab 40 Zentimeter war der Boden dann bei allen drei Saatvarianten gleich feucht. Die bodenphysikalischen Untersuchungen ergaben, dass unter Pflug die Grob- und Mittelporen weniger Wasser führten als die Varianten mit konservierender Bodenbearbeitung, so dass die potenziell höhere Speicherkapazität für pflanzennutzbares Wasser im Oberboden nicht ausgenutzt werden konnte. Entscheidend für die Unterschiede war vermutlich

Trockenrisse im Ackerboden

die Mulchdecke aus abgestorbenen Pflanzenresten, die bei Mulch- und vor allem Direktsaat vorhanden war. Sie konnte dort die Evaporation von Wasser aus den oberen Bodenschichten teilweise verhindern, auf der gepflügten Fläche fehlte jedoch diese „Evaporationsbremse“. Diese Unterschiede können in trockenen Jahren relevant werden, liegen doch dann die Erträge der Direktsaat häufig über den anderen Parzellen in Dossenheim, während in niederschlagsreicheren Normaljahren die Pflugvarianten die besten Erträge aufweisen.

WIE LÄSST SICH EROSION VERHINDERN?

Im Einzugsgebiet der Glems, einem Flüsschen westlich von Stuttgart, kam es 2009 und 2010 zu extremen Starkregenereignissen. Probleme bei extremen Niederschlägen sind unter anderem die Erosion und die Abschwämmung von Böden. „Ziel von Anpassungsmaßnahmen sollte es insofern sein, das Wasser möglichst direkt in die Böden der Landschaft infiltrieren zu lassen“ (Projektbericht 2, S. 7), schreibt dazu das Autorenteam vom Stuttgarter Büro für nachhaltige Bodennutzung, der geomer GmbH in Heidelberg und der Forstwirtschaftlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg in Freiburg in der Studie „Klimaanpassung durch Stärkung des Wasser- und Bodenrückhalts in Außenbereichen (KliStaR)“.

Dazu wurden in der Studie Informationen wie etwa Karten zum Oberflächenabfluss und zur Bodenerosion jetzt und in der Zukunft erstellt. Konkret wurden bei Planungsrunden, Feldbegehungen und Informationsveranstaltungen mögliche Maßnahmen in Land- und Forstwirtschaft erörtert sowie ausgewählte Maßnahmen gemeinsam mit den zuständigen Akteuren umgesetzt. Zu den 22 vorgestellten Verbesserungsmöglichkeiten zählten Ackerrandstreifen, Einsaat auf gemulchtem Boden, Zwischenfrüchte, der Rückbau von Wegen oder die Aufforstung von Feldgehölzen. Den Kosten für solche Maßnahmen stehen mögliche Schäden bei Starkregenereignissen gegenüber, wobei ein vollgelaufener Keller beispielsweise mit bis zu 10.000 Euro zu Buche schlägt. Die Kosten-Nutzen-Rechnung für einen 50-Jahres-Zeitraum zeigt dann, ob sich eine Maßnahme in einem umgrenzten Gebiet lohnt. Neben konkreten Verbesserungsvorschlägen für ausgewählte Gemeinden wurde ein Maßnahmenkatalog erstellt, der auch für andere Kommunen im Land als Ratgeber dienen kann.

AUF DEN PUNKT

- *Eine geänderte Bodenbearbeitung könnte in Trockenzeiten die Erträge erhöhen.*
- *Wenn der Boden umgepflügt wird, enthält er in der Vegetationsperiode weniger Bodenfeuchte als bei Mulchsaat sowie vor allem im Vergleich zu Direktsaat.*
- *Die Erosion von Böden bei Starkregenereignissen kann durch eine Reihe von Maßnahmen – etwa durch Ackerrandstreifen – gebremst werden.*
- *Kosten-Nutzen-Rechnungen zeigen, ob sich dies im Einzelfall auch wirtschaftlich lohnt.*

LANDWIRTSCHAFT

Von Kirschen und Schweinen

Die Ernte von pflanzlichen Produkten sowie die Zucht von Tieren sind die Ertragssäulen der Landwirtschaft. Zwei Projekte zeigen auf, wie sich diese Basis im Zuge des Klimawandels ändern wird – und was die Landwirtschaft dagegen tun kann.

PROJEKT 1

Geschützte Produktion und nachhaltiger Süßkirschenanbau im Kontext von Klimaveränderungen

Kompetenzzentrum Obstbau-Bodensee

LUBW Berichts-ID U81-W03-N14

PROJEKT 2

Teil 1: Entwicklung und Optimierung sensorgestützter komplexer Regelstrategien für die optimale Stallklimatisierung in frei belüfteten Offenfrontställen für Schweine

Teil 2: Automatisierte Zuluftsteuerung für zwangsbelüftete Schweineställe mit Unterflurzuluft zur Reduktion von Hitzestress an heißen Tagen und geringer Krankheitsprävalenz im Jahresverlauf

Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg

LUBW Berichts-ID U81-W03-N12 (Teil 1)

LUBW Berichts-ID U81-W03-N16 (Teil 2)

FOLIEN SCHÜTZEN SÜSSKIRSCHEN

Obstkulturen sind durch extreme Niederschläge und hier vor allem durch Hagel stark gefährdet. Beide Ereignisse dürften im Zuge des Klimawandels häufiger werden. Um einem Totalausfall oder erheblichen Ernteeinbußen vorzubeugen, werden zunehmend Hagelnetze und Folien über die Baumkulturen errichtet. Diese Schutzmaßnahmen können aber auch nachteilig sein, etwa weil durch die Beschattung die Reifung der Früchte beeinträchtigt wird. In einem Modellprojekt untersuchte das Ravensburger Kompetenzzentrum Obstbau Bodensee, wie „Geschützte Produktion und nachhaltiger Süßkirschenanbau im Kontext von Klimaveränderungen“ künftig aussehen können. Hierzu wurden drei Süßkirschpflanzungen mit zwei unterschiedlichen Schutzfoliensystemen abgedeckt und eine teilautomatisierte Bewässerung eingebaut. Sensoren sollten die mikroklimatischen Verhältnisse in den Parzellen erfassen.

Dabei ergab sich, dass die Temperaturunterschiede geringer ausfallen als erwartet. Die doppellagige Folie reduzierte außerdem das Strahlungsangebot um etwa ein Drittel – „ein nicht unerheblicher Anteil“ (Projektbericht 1, S. 27), wie der Projektleiter urteilt. Dies komme einem stets bedeckten Himmel gleich. Auch Hagelnetze verringern die Strahlung um 15 Prozent bei weißen und 25 Prozent bei schwarzen Netzen. Insgesamt wurde die verfügbare Strahlung unter

Hagelschutznetze im Kirschenanbau

den Schutzfolien aber noch stärker durch die Art des Baumschnitts – mehr oder weniger lichter Aufbau der Krone – bestimmt. Teilweise war nur noch 16 Prozent der Strahlung verfügbar. Und noch eine wichtige Erkenntnis lieferte die Studie: Einbußen bei der Qualität der Früchte ließen sich in den geschützten Parzellen nicht feststellen. Im Gegenteil verhindern die Folien bei Regen „umfassend", dass die Früchte aufplatzen. So bleiben sie länger am Baum und reifen besser. Das führt in Verbindung mit der Tröpfchenbewässerung zudem zu größeren Kirschen.

SCHWEINE KÖNNEN NICHT SCHWITZEN

Heiße Sommer bedeuten für Schweine Stress, denn sie können nicht schwitzen bzw. haben keine Schweißdrüsen. Im konventionellen Stall wird es für die Tiere daher an heißen Tagen oft sehr ungemütlich – und im Zuge der Klimaänderung wird dies immer häufiger der Fall sein. Das aber ist weder im Sinne des Tierwohls noch im wirtschaftlichen Interesse der Züchterin oder des Züchters.

Deshalb wurden am Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg als Anpassung an den Klimawandel zwei neue Stallbelüftungs-Strategien entwickelt und erprobt. Zum einen sogenannte Offenfrontställe, die sich frei durch die Öffnung der Fronten und fakultativ der Rückseiten belüften lassen, was insbesondere an heißen Tagen gut für die Tiere ist. Darüber hinaus spart diese Stallform auch Energie und führt zu geringeren CO_2-Emissionen. Zum anderen wurden geschlossene wärmegedämmte Ställe mit dem System „Unterflurzuluft" belüftet, bei dem der Betonunterbau des Gebäudes als kostengünstige Tauscherfläche eingesetzt wird und zudem als Pufferspeicher wirkt. Damit wird der Tierbereich im Sommer um bis zu 6 °C im Vergleich zur Außentemperatur gekühlt. Inzwischen haben mehrere Zucht- und Mastbetriebe dieses Lüftungskonzept übernommen.

Um beide Strategien weiter zu optimieren, wurden in Boxberg bzw. auf einem Praxisbetrieb zwei weitere Entwicklungsprojekte durchgeführt. Während im ersten Projekt Regelstrategien und Öffnungstechniken für einen besseren Betrieb der Offenfrontställe entwickelt wurden, diente das zweite Projekt „Automatisierte Zuluftsteuerung für zwangsbelüftete Schweineställe mit Unterflurzuluft" zur Reduktion von Hitzestress an heißen Tagen und geringer Krankheitsprävalenz im Jahresverlauf dazu, das System mit Hilfe von unterschiedlichen Belüftungen und Regelungen effizienter und funktionssicherer zu machen.

Inzwischen arbeiten beide Systeme so sicher, dass es auch im Winter zu keinen kalten Zugluftterscheinungen und Kälteeinbrüchen im Tierbereich kommen kann – womit die Vorteile der Systeme für die Sommerkühlung nicht konterkariert werden. „Die Regel- und Steuerungsstrategien sind etabliert bzw. standardisiert und können von weiteren Betrieben übernommen werden" (Projektbericht 2, Teil 1, S. 36), heißt es abschließend in der Studie.

AUF DEN PUNKT

- *Trotz ihrer schattierenden Wirkung und der damit verbundenen Reduzierung der Strahlung führen Schutzfolien im Anbau von Süßkirschen nicht zu einer verminderten Qualität der Früchte.*
- *Im Gegenteil schützen die Folien davor, dass die Früchte bei Regen aufplatzen. So reifen sie besser und werden größer.*
- *Eine innovative Luftzufuhr in Schweineställen – Offenfrontställe oder Unterflurzuluft – vermindert im Sommer den Hitzestress der Tiere.*
- *Eine angepasste Regel- und Steuerungstechnik sorgt dafür, dass es bei dieser Art der Belüftung auch im Winterhalbjahr zu keinen Temperatureinbrüchen kommt, die das Wohl der Tiere gefährden könnten.*

FORSTWIRTSCHAFT

Wald und Klima: Ohne Bewusstseinswandel geht es nicht

PROJEKT 1
Klimawandel – Bewusstseinswandel: Proaktiver Aufbau eines Risiko- und Krisenmanagements

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg – FVA

LUBW Berichts-ID U10-W03-N10

PROJEKT 2
Entscheidungshilfe Wald und Klima – Modellprojekt: Vulnerabilitätsanalyse auf Waldbestandsebene

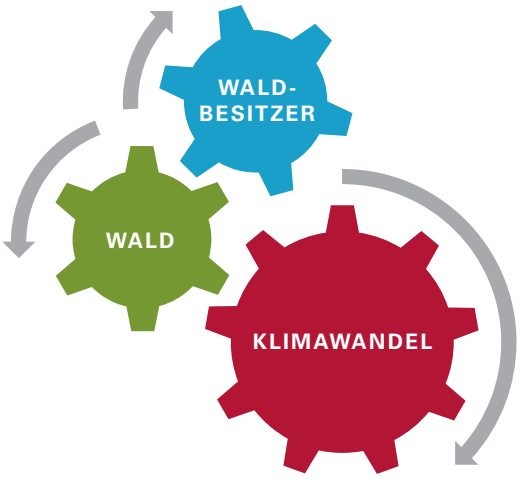
Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg – FVA

LUBW Berichts-ID U82-W03-N10

Der Klimawandel bringt viele Veränderungen für die Forstwirtschaft. Spezielle Veranstaltungen sollen dabei helfen, das Bewusstsein in den zuständigen Fachkreisen zu schärfen. Darüber hinaus sollen Analysen zur Verletzlichkeit des Waldes besonders kritische Flächen aufzeigen.

KATASTROPHEN UND KALAMITÄTEN

Die Forstwirtschaft ist seit Jahrhunderten an forstliche Katastrophen und Kalamitäten gewöhnt und kann im Schadensfall ganz gut damit umgehen. Klimatisch gesehen gab es in den vergangenen 300 Jahren aber kaum Veränderungen. Doch nun kommen neue Herausforderungen auf die Forstwirtschaft zu: Stürme, Trockenstress und die Anfälligkeit gegenüber Krankheiten und Schädlingsbefall werden im Zuge des Klimawandels zunehmen, zudem werden sich die Standortbedingungen für viele Baumarten verändern.



Mit dem Klimawandel sind Veränderungen für den Wald wie auch für die Forstwirtschaft verbunden.

DEN BLICK FÜR KLIMARISIKEN SCHÄRFEN

Daher ist es unerlässlich, darüber nachzudenken, wie mit dem Faktor Risiko „proaktiv“ umzugehen ist. Dies aber erfordert nichts weniger als einen Bewusstseinswandel. Davon jedenfalls ist die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA) in Freiburg überzeugt und hat deshalb das Projekt „Klimawandel – Bewusstseinswandel: Proaktiver Aufbau eines Risiko- und Krisenmanagements“ ins Leben gerufen. Ziel war, ein Konzept für ein Seminar mit dem Titel „Klimafolgen und Risikomanagement“ zu entwickeln, das sich an Privatwaldbesitzerinnen und -besitzer, an Land- und Forstwirtschaftsämter sowie an Umwelt- und Naturschutzbehörden richtet. Danach wurden die entsprechenden Veranstaltungen durchgeführt, um so das Risikobewusstsein der Fachleute zu schärfen und sie für die Folgen des Klimawandels zu sensibilisieren.

„Was meinen Sie, übertreiben Wissenschaftler, Politik und Medien die negativen Folgen des Klimawandels?“ So lautete die Eingangsfrage zu Beginn jeder Veranstaltung. Ja, nein, das kann noch niemand sagen – die Antworten, angezeigt in Form farbiger Karten, waren schnell ausgezählt. Dann folgte der Vortrag, bei dem es um Klimawandel und Risikomanagement ging, aber auch um psychologisches Einfühlungsvermögen: Schließlich ist das Übersehen von Risiken ein sehr verständliches Verhalten, das zu den psychologischen Grundmustern des Menschen gehört. Wenn man dies als Zuhörerin oder Zuhörer verinnerlicht hat, ist man auch aufgeschlossener für mögliche Anpassungsmaßnahmen, zumal wenn sie als sogenannte No-Regret-Maßnahmen für den Wald ohnehin sinnvoll sind.

Offenbar verfehlten die Vorträge ihre beabsichtigte Wirkung nicht. Wenn am Schluss der Veranstaltung die Eingangsfrage nach den negativen Folgen des Klimawandels wiederholt wurde, war fast immer ein „Umdenken“ der Teilnehmerinnen und Teilnehmer hin zu „die Darstellungen sind realistisch“ (Projektbericht 1, S. 14) sichtbar, wie es in der Studie heißt. Auch die stets durchgeführten Evaluationen der Veranstaltungen waren im Regelfall sehr gut bis hervorragend.

WIE VERLETZLICH IST DER WALD?

Wenn sich Waldbesitzerinnen und -besitzer und Forstexpertinnen und -experten mit den zu erwartenden forstlichen Auswirkungen und Risiken des Klimawandels befassen wollen, müssen sie wissen, wie es um „ihren“ Wald bestellt ist. Dies aber erfordert eine detaillierte Analyse der Vulnerabilität, der Verletzlichkeit, und zwar baumartspezifisch und räumlich hoch aufgelöst. Ein Werkzeug zur Lösung dieser Aufgabe hat ein anderes Team der FVA entwickelt. „Entscheidungshilfe Wald und Klima – Modellprojekt: Vulnerabilitätsanalyse auf Waldbestandsebene“ heißt das Projekt, bei dem mathematische Berechnungen im Vordergrund stehen: Bayesian Belief Networks (BBN) heißt das Modell, das die Basis für das von den Autoren entwickelte „Entscheidungsunterstützungssystem“ bildet. Das „graphische statistische Modell“ wird beispielsweise in der medizinischen Diagnostik genutzt, um Zusammenhänge zwischen Symptomen und Krankheiten zu beschreiben und damit die Wahrscheinlichkeit verschiedener Krankheitsursachen abzuschätzen. Auf den Forst bezogen liefert BBN eine Wahrscheinlichkeitsverteilung von vier Vulnerabilitätsklassen. Somit lassen sich mit diesem Modell prinzipiell kritische Areale identifizieren, wie das im Rahmen des Projekts durchgerechnete Beispiel für die Fichte im Raum Rastatt/Baden-Baden zeigt. Interessant ist, dass von den knapp 60 Prozent der Flächen, die derzeit die Vulnerabilitätsklasse „gering“ aufweisen, bei Berücksichtigung des mittleren A2-Klimaszenarios knapp 85 Prozent diesen Status bis zum Jahr 2020 behalten. Bei den restlichen gut 15 Prozent ist künftig von einer „hohen“ Vulnerabilität auszugehen.

AUF DEN PUNKT

- *Um die Folgen des Klimawandels und die damit verbundenen Risiken für die Forstwirtschaft richtig einschätzen zu können, ist ein Bewusstseinswandel erforderlich.*
- *Seminare und Veranstaltungen, die den Klimawandel und das Risikomanagement zum Thema haben, können diesen Bewusstseinswandel fördern.*
- *Die Verletzlichkeit von Waldbeständen lässt sich mit einem modellhaften System erfassen, das eine Wahrscheinlichkeitsverteilung in vier Vulnerabilitätsklassen liefert, die in Karten dargestellt werden kann.*

FORSTWIRTSCHAFT

Wie klimagestresste Wälder besser wachsen

PROJEKT 1
Prognose der Leistungsfähigkeit der Wälder Baden-Württembergs im Klimawandel

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg – FVA

LUBW Berichts-ID U82-W03-N14

PROJEKT 2
Erhöhung struktureller Diversität als mögliches Instrument zur Klimaanpassung: Einfluss auf das Zuwachsverhalten in Bergmischwäldern

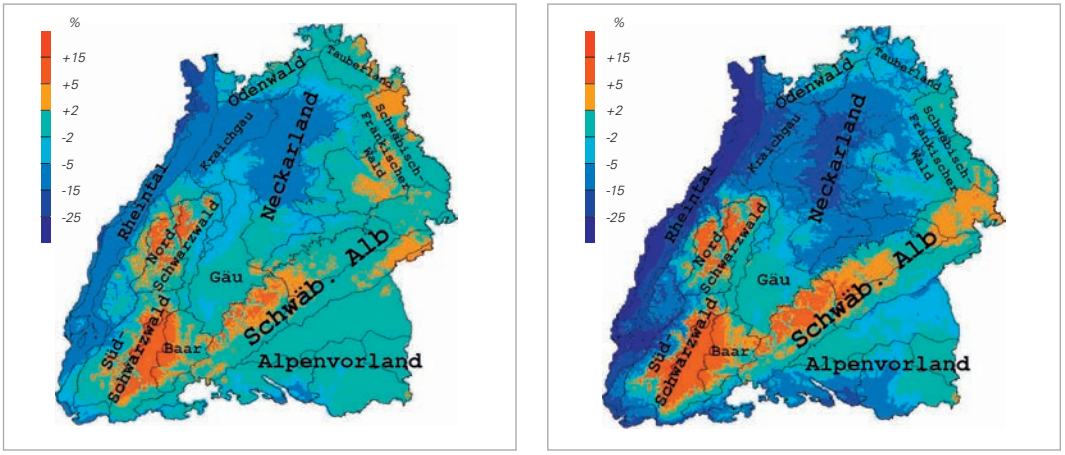
Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg - FVA

LUBW Berichts-ID U82-W03-N16

Es ist statistisches Wissen gefragt, wenn man mit Modellen die Folgen des Klimawandels auf die Leistungsfähigkeit von Wäldern prognostizieren will – und diese dann verbessern möchte. Zwei Projekte der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA) haben sich dieser Herausforderung gestellt.

DIE WÄLDER VERÄNDERN SICH

Die Auswirkungen des Klimawandels werden schneller voranschreiten als die Wälder mit ihrem natürlichen Anpassungspotenzial darauf reagieren können. Das zumindest ist die derzeitige Ansicht der Forstexpertinnen und -experten. Aus diesem Grund halten sie auch menschliche Eingriffe für erforderlich, um die Klima-Anpassungsfähigkeit der Wälder zu erhöhen – und damit auch deren künftige Produktivität zu erhalten. Ein guter Indikator für die Leistungsfähigkeit eines Standorts hinsichtlich des Wachstums einer bestimmten Baumart – die Bonität – ist die mittlere Höhe der dortigen Bäume bei einem bestimmten Alter. Erfahrungsgemäß ist die Baumhöhe im Gegensatz zum Durchmesser kaum von Durchforstungsmaßnahmen abhängig. Erwartet wird zudem, dass sich die Leistungsfähigkeit der Wälder in den unterschiedlichen Regionen des Landes im Zuge des Klimawandels auch in verschiedene Richtungen entwickeln könnte. In heute schon warmen und trockenen Waldstandorten könnte sich die Produktivität verringern, wogegen feuchtere und kühlere Mittelgebirgslagen vom Klimawandel profitieren dürften. Zudem könnten sich unterschiedliche Auswirkungen auf die einzelnen Baumarten ergeben.



Veränderung der Leistungsfähigkeit der Fichte bis 2040 und bis 2070
(Quelle: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg)

PROGNOSE FÜR DIE LEISTUNGSFÄHIGKEIT

Aber lassen sich diese Annahmen auch mit Hilfe statistischer Modelle bestätigen? Mit dieser Frage beschäftigte sich die FVA im Rahmen des Projekts „Prognose der Leistungsfähigkeit der Wälder Baden-Württembergs im Klimawandel". Von besonderem Interesse war dabei die Länge der Vegetationszeit, weil diese das Baumwachstum maßgeblich beeinflusst – und weil sie sich durch die höheren Temperaturen verlängern wird. Wichtig ist zudem die Summe der Niederschläge innerhalb der Vegetationsperiode. Die Datenbasis für die untersuchten sechs Baumarten – Fichte, Tanne, Douglasie, Kiefer, Eiche und Buche – lieferten die seit Mitte der 1980er Jahre durchgeführten Waldinventuren.

Das Ergebnis der Modellierungen ist in farbigen Karten mit den zu erwartenden Veränderungen dargestellt. Dabei wurden die Bonitäten für unterschiedliche Klimaszenarien erstellt. Insgesamt könnten bei zwei Szenarien die Bonitäten aller sechs Baumarten in den niedrigeren Höhenlagen absinken und in den höheren Lagen der Mittelgebirge ansteigen. Tannen- und Eichenbestände könnten künftig auch auf größeren Flächen in niedrigeren Mittelgebirgslagen leistungsfähiger werden. Und im Alpenvorland dürften auch künftig hoch produktive Bedingungen für das Fichtenwachstum vorhanden sein. Die Kiefer wiederum könnte vergleichsweise wenig vom Klimawandel betroffen sein.

GUT GERÜSTET: STRUKTURREICHE MISCHWÄLDER

Monotone Fichtenkulturen, die per Kahlschlag geerntet werden, sind hierzulande nicht das Ziel der Forstwirtschaft, sondern struktur- und artenreiche Wälder. Ob diese auch gegen den Klimawandel besser gerüstet sind, das hat die FVA im Projekt „Erhöhung struktureller Diversität als mögliches Instrument zur Klimaanpassung: Einfluss auf das Zuwachsverhalten in Bergmischwäldern" untersucht. Das Projekt befasste sich speziell mit den Bereichen Biodiversität, Resilienz – also Selbstheilungskraft – sowie Wachstumseffizienz an 16 Versuchsorten mit Fichte, Tanne und Buche. Drei waldbauliche Formen wurden untersucht: Plenterwald, also ein sich stetig verjüngernder Hochwald mit kleinen und großen Bäumen in direkter Nachbarschaft, die Überführung zum Plenterwald sowie der Femelschlag, bei dem der Wald ungleichmäßig ausgelichtet wird und Bäume gruppen- und horstweise gefällt werden.

Das Ergebnis der Studie für die heimischen nadelholzdominierten Bergmischwälder lässt sich so zusammenfassen: „Auch unter steigenden Temperaturen lässt sich durch eine Erhöhung der Strukturdiversität (Vielfalt der Baumdimensionen) das Wachstum von Bäumen und Waldbeständen fördern. Damit können mit waldbaulichen Maßnahmen die anzunehmenden negativen Auswirkungen des Klimawandels teilweise kompensiert werden" (Projektbericht 2, S. 26).

AUF DEN PUNKT

- *Die Leistungsfähigkeit eines Waldstandorts – die Bonität – lässt sich mit statistischen Modellen beschreiben.*
- *Tendenziell dürfte die Bonität der Waldstandorte künftig in den niedrigeren Höhenlagen eher absinken und in den höheren Lagen der Mittelgebirge ansteigen.*
- *Die Mischung von Bäumen vielfältiger Dimensionen auf kleiner Fläche erhöht die Wuchskraft von Bäumen und Waldbeständen und fördert damit die Anpassungsfähigkeit von Bergmischwäldern an den Klimawandel.*
- *Diese Strukturvielfalt lässt sich mit waldbaulichen Maßnahmen fördern.*

FORSTWIRTSCHAFT

Wald im Wandel

Forstexpertinnen und -experten erwarten, dass es der Fichte in Baden-Württemberg an manchen Standorten im Zuge des Klimawandels schlechter gehen könnte. Andererseits wird der Douglasie eine hohe Toleranz gegenüber Trockenheit zugesprochen – was künftig ein Vorteil sein dürfte. Aber ist das wirklich so?

PROJEKT 1
Langfristige Veränderungen der Bonität von Fichten-Waldstandorten in Baden-Württemberg

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg – FVA

LUBW Berichts-ID U82-W03-N13

PROJEKT 2
Prüfung der Zukunftsfähigkeit der Douglasie aus waldhygienischer Sicht

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg – FVA

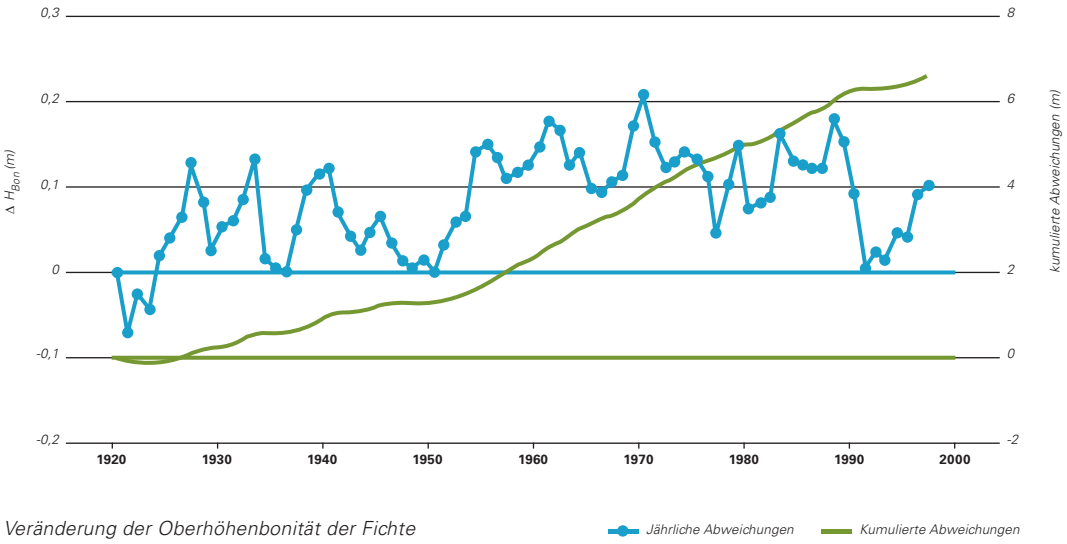
LUBW Berichts-ID U82-W03-N15

WIE MAN VERÄNDERUNGEN MISST

Eigentlich ist der Zusammenhang trivial: Umweltveränderungen führen zu einem veränderten Wachstum von Bäumen und Wäldern. Selbstverständlich ist auch, dass eine Baumart in erster Linie robust gegenüber Schadorganismen sein muss, um als zukunftsfähig zu gelten. Was sich aber in der Theorie einfach anhört, ist in der Praxis nicht so leicht in Wirkung und Ausmaß zu erfassen. Dieser Aufgabe haben sich zwei Projekte gewidmet, die an der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt in Freiburg durchgeführt wurden. Untersucht wurden die „Langfristige Veränderungen der Bonität von Fichten-Waldstandorten in Baden-Württemberg“ sowie die „Prüfung der Zukunftsfähigkeit der Douglasie aus waldhygienischer Sicht“. Dabei ging es darum, geeignete Methoden für die Bearbeitung der jeweiligen Fragestellung zu finden. Ferner sollten Aussagen über die Entwicklung der beiden Baumarten gemacht werden.

WAS WIRD AUS DER FICHTE?

Die Bonität eines Standorts beschreibt als Leistungskennwert die integrative Wirkung der für den Zuwachs relevanten Umweltfaktoren, die das Wachstum des dortigen Waldes oder einer dort wachsenden Baumart bestimmen – und damit auch die Produktivität, wobei der Holzzuwachs wirtschaftlich am wichtigsten ist. Ein wichtiger Indikator ist das Höhenwachstum der Bäume, das weitgehend unabhängig von forstlichen Maßnahmen ist. Allerdings gibt es Hinweise, dass sich das Höhenwachstum an Standorten derselben Bonität in klimatisch unterschiedlichen Regionen unterscheidet. Um dies zu be-



Veränderung der Oberhöhenbonität der Fichte (Quelle Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg)

rücksichtigen, wurden verschiedene Höhenmodelle entwickelt. Problematisch ist aber, dass bei diesen Modellen die Bonität über die betrachteten Zeiträume hinweg als konstant angenommen wird. Genau dies aber könnte sich derzeit unter dem Einfluss des Klimawandels ändern – und sollte deshalb im Zuge des Projekts berücksichtigt werden. Dabei wurden „die mittleren jährlichen Raten der Bonitätsveränderungen als Basis für die Identifizierung möglicher Veränderungen der Produktivität eines Standorts herangezogen", beschreibt die Studie das methodisch neue Vorgehen. Das Ergebnis ist eindeutig: Die Bonitäten der Fichte in Südwestdeutschland haben sich in der Vergangenheit erheblich verändert. Waren sie bis Mitte der 1950er Jahr noch relativ stabil, stiegen sie bis in die 1990er Jahre deutlich an. Seit etwa der Jahrtausendwende scheinen sie aber wieder leicht abzunehmen – wobei noch nicht klar ist, ob dieser Trend längerfristig ist oder nur eine kurz- bis mittelfristige Schwankung darstellt. Deutlich wird auch, das Standorte mit geringerer Ausgangsbonität bei der Produktivität stärker zugelegt haben als bereits gute Standorte.

KRÄNKELT DIE DOUGLASIE?

Seit die Douglasie in der ersten Hälfte des vergangen Jahrhunderts verstärkt angepflanzt wird, gibt es Anzeichen für Verluste ihrer Vitalität. Diese wurden in den vergangenen Jahren an manchen Standorten immer auffälliger und führten teilweise zum Absterben von Bäumen. Als Ursache für die offensichtlichen Nadelverluste wird derzeit vor allem der Befall mit Schadorganismen vermutet, wobei insbesondere der Schüttepilz *Phaeocryptopus gaeumannii* in Betracht kommt.

Demgegenüber hat die vorliegende Studie nun aufgezeigt, dass in der Regel mehrere unterschiedliche Faktoren die Douglasien schwächen können. Dabei ist auch der Standort von Bedeutung: So scheinen sandige Böden in der Rheinebene bei Trockenheit für zusätzlichen Stress zu sorgen, der Bäume für Schadorganismen anfälliger macht. Zudem vermuten die Autorinnen und Autoren aufgrund verschiedener Hinweise, „dass zumindest ein Teil der eintretenden Nadelverluste auch der Douglasienwolllaus zuzurechnen sind, die im Zuge verschiedener Formularänderungen im Waldschutzmeldewesen nicht mehr erfasst wurde" (Projektbericht 2, S. 67), wie es in der Studie heißt. Welche Auswirkungen die aktuell bedeutsamen Schädlinge im Zuge des Klimawandels auf die Douglasien haben könnten, lässt sich derzeit noch nicht ausreichend abschätzen. „Momentan scheinen diese aber noch deutlich geringer zu sein als im Vergleich mit anderen Baumarten" (Projektbericht, S. 68), schreiben die Autorinnen und Autoren.

AUF DEN PUNKT

- *Die Bonität eines Standorts ist nicht konstant, sondern kann sich im Laufe der Zeit verändern. Dies lässt sich am besten anhand der mittleren jährlichen Raten der Bonitätsveränderungen beurteilen.*
- *Die Bonitäten der Fichte stiegen seit Mitte der 1950er Jahre bis in die 1990er Jahre deutlich an. Seither scheinen sie wieder leicht abzunehmen.*
- *Stellenweise werden Douglasien durch Schadorganismen in Kombination mit anderen Umweltfaktoren deutlich in ihrer Vitalität beeinträchtigt. Momentan kommt die Douglasie damit aber besser zurecht als andere Baumarten.*
- *Wie sich dies im Zuge des Klimawandels ändern könnte, ist derzeit noch ungewiss.*

RESÜMEE UND WEITERENTWICKLUNG

Resümee und Weiterentwicklung

KLIMOPASS hat sich seit 2011 zu einem wichtigen Instrument für die Anpassung an den Klimawandel in Baden-Württemberg entwickelt. Aufbauend auf den Erfahrungen der vergangenen KLIMOPASS-Kampagnen wurde das Programm weiterentwickelt und unterstützt nun stärker die Umsetzung der Anpassungsstrategie, die seit 2015 einen landesweiten Handlungsrahmen zum Umgang mit den Folgen des Klimawandels aufzeigt.

EVALUATION

Im Rahmen der Evaluation wurden die KLIMOPASS-Kampagnen der Jahre 2011 bis 2015 genauer betrachtet. In diesem Zeitraum wurden 66 Projekte mit einem Volumen von 6,4 Millionen Euro durchgeführt. Die Projekte erstreckten sich über die Handlungsfelder der Anpassungsstrategie. Die Projekte konzentrierten sich stark auf die Großstädte und Ballungsräume Stuttgart, Karlsruhe, Freiburg und Heidelberg. Aber auch in ländlichen Räumen konnten wichtige Erkenntnisse über den Umgang mit den Folgen des Klimawandels gewonnen werden. Von den angesprochenen Zielgruppen waren die Forschungseinrichtungen mit 65 Prozent am stärksten vertreten. Der Schwerpunkt lag damit auf der Erarbeitung von Wissensgrundlagen. Die Aktualität und der Anwendungscharakter der Themen zeigen sich insbesondere darin, dass 61 Prozent der Ergebnisse bereits während und unmittelbar nach Projektende Anwendung gefunden haben. Die Kommunen zeigten sich dabei als zentrale Akteure der konkreten Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen. Ein starkes Zeichen für den bisherigen Erfolg ist die Zufriedenheit der Teilnehmerinnen und Teilnehmer – 93 Prozent würden wieder einen Projektantrag stellen.

In zwei Expertenworkshops konnten Anregungen für die Weiterentwicklung von KLIMOPASS gewonnen werden. Vertreterinnen und Vertreter der beteiligten Ministerien, ehemalige Projektnehmerinnen und Projektteilnehmer, Vertreterinnen und Vertreter aus Fach- und Branchenverbänden, der Wissenschaft sowie Regionalverbänden und Kommunen brachten dabei ihre Erfahrungen und Ideen ein.

WEITERENTWICKLUNG

Die Ergebnisse der Evaluation und die Diskussionen in den Workshops dienten als wichtige Grundlage für die Weiterentwicklung von KLIMOPASS.

In den vergangenen Jahren konnten bisher durch die zahlreichen Forschungsprojekte eine wertvolle Wissensbasis aufgebaut und wichtige Erfahrungen für die praktische Umsetzung in der Klimaanpassung gewonnen werden. Seit Frühjahr 2018 werden diese Erkenntnisse als Impulsgeber für die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen genutzt und das Thema Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Baden-Württemberg verstärkt in die Breite getragen. Im Rahmen der neuen KLIMOPASS Förderrichtlinie werden nun insbesondere kommunale Anpassungsvorhaben vom Einstieg bis zur Umsetzung unterstützt.

Projektübersicht

Die KLIMOPASS-Projektberichte werden auf der Internetseite der LUBW im Bereich "Publikationen" veröffentlicht. Dort sind die Berichte unter der Berichts-ID zu finden. Die Berichts-ID kann auch für Suchmaschinen im Internet genutzt werden.

BEVÖLKERUNGSSCHUTZ

Ein Entscheidungsunterstützungssystem basierend auf nutzergenerierten Geodaten zur Unterstützung der Alarm- und Einsatzplanung im Hochwassermanagement
Universität Heidelberg | Prof. Dr. Alexander Zipf | Berichts-ID U10-W03-N11 | 2019

BIODIVERSITÄT

Invasive Arten als Fischnahrung im Bodensee
Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg | Dr. Roland Rösch | U81-W03-N11 | 2012

Auswirkungen des Klimawandels auf die Pflanzenwelt Baden-Württembergs am Beispiel der Stadtflora
Institut für Botanik und Landschaftskunde | Thomas Breuning | U51-W03-N10 | 2012

Auswirkungen des Klimawandels auf die Insektenfauna (ausgewählte Artengruppen)
Büro Schanowski | Arno Schanowski | U51-W03-N11 | 2013

Exotische Gehölze und Diversität der Ektomykorrhiza- Pilze im urbanen Grünflächenbereich
Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe | Dr. Markus Scholler | U83-W03-N30 | 2017

BODEN

Organische Kohlenstoffvorräte der Böden Baden-Württembergs in Abhängigkeit von Bodentyp, Bodenart, Klima und Landnutzung
Regierungspräsidium Freiburg | Dr. Frank Waldmann | U72-W03-N11 | 2014

Einfluss des Klimawandels auf die ökologischen Funktionen des Bodens durch Humusabbau – Entwicklung eines Instruments zur Früherkennung von Humusveränderungen in typischen Böden Baden-Württembergs
Universität Hannover | Prof. Dr. Georg Guggenberger | U72-W03-N10 | 2012

GESUNDHEIT

Untersuchungen zum Vorkommen der viszeralen Leishmaniose in Baden-Württemberg
Universität Hohenheim, Institut für Zoologie | Prof. Dr. Ute Mackenstedt | U50-W03-N10 | 2012

Raumklima und Befindlichkeit / Wohnzufriedenheit der Bewohner in energetisch teilsanierten Wohnungen
Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg | Dr. Guido Fischer | U50-W03-N12 | 2013

Optimierung der Hitzewarnung in Stuttgart (HITWIS)
Landeshauptstadt Stuttgart | Dr. Ulrich Reuter | U50-W03-N11 | 2013

Untersuchung der Einschleppung, Ausbreitung und Bekämpfung des Japanischen Buschmoskitos
Gesellschaft zur Förderung der Stechmückenbekämpfung e. V. (GFS) |
Dr. Norbert Becker | U51-W03-N12 | 2014

Risiken von Raumtemperatur bei Hitze für ältere Menschen in Stuttgart
Robert Bosch Gesellschaft für medizinische Forschung mbH |
Dr. Ulrich Lindemann | U50-W03-N13 | 2018

Bekämpfung der Hohen und der Stauden-Ambrosie mittels unterschiedlicher Methoden sowie Durchführung örtlich orientierter Öffentlichkeitsarbeit
Stadt Karlsruhe | Ursula Roth | U50-W03-N14 | 2018

Untersuchungen zur Effektivität von Monitoring- und Bekämpfungsmaßnahmen für die Entwicklung eines Maßnahmenkatalogs zur integrierten Bekämpfung der Asiatischen Tigermücke in Baden-Württemberg
Gesellschaft zur Förderung der Stechmückenbekämpfung e.V. (GFS) |
Dr. Norbert Becker | U50-W03-N17 | 2018

Klimatische und infrastrukturelle Risikoanalyse für kommunale Maßnahmen in Bezug auf die Etablierung von *Aedes albopictus* in Baden-Württemberg
Gesellschaft zur Förderung der Stechmückenbekämpfung e. V. (GFS) |
Dr. Norbert Becker | U50-W03-N15 | 2019

KLIMAFOLGEN/MONITORING

Klimawandel und Luftqualität (KLIMO-LUFT) – Eine Vorstudie für Baden-Württemberg
Karlsruher Institut für Technologie | Dr. Bernhard Vogel | U43-W03-N10 | 2012

Entwicklung eines Konzepts zum Monitoring von Klimafolgen und Anpassungsmaßnahmen anhand eines Modellraums in Baden-Württemberg
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg | Prof. Dr. Werner Konold | U13-W03-N12 | 2012

Bestandsaufnahme von klimatologischen Messdaten Baden-Württembergs und Erstellung einer Metadatenbank
Karlsruher Institut für Technologie | Prof. Dr. Christoph Kottmeier | U41-W03-N10 | 2013

Perspektiven der Luftqualität durch zukünftige anthropogene Emissionen und durch ein sich änderndes Klima in Baden-Württemberg
Karlsruher Institut für Technologie | Dr. Bernhard Vogel | U43-W03-N11 | 2013

Analyse und statistische Bewertung eines zeitlich und räumlich hochaufgelösten Ensembles regionaler Klimaprojektionen für Baden-Württemberg
HYDRON GmbH | Dr. Kai Gerlinger | U41-W03-N11 | 2013

Ensembles hoch aufgelöster regionaler Klimasimulationen zur Analyse regionaler Klimaänderungen in Baden-Württemberg und ihre Auswirkungen
Karlsruher Institut für Technologie | Dr. Gerd Schädler | U41-W03-N13 | 2015

Etablierung eines regionalspezifischen Monitoring von Klimafolgen und Anpassungsmaßnahmen im Modellraum Freiburg / Dreisamtal
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg | Prof. Dr. Werner Konold | U13-W03-N13 | 2015

Landschaft im Klimawandel - Anpassungsstrategie für den Naturpark Südschwarzwald
Naturpark Südschwarzwald e.V. | Roland Schöttle | U83-W03-N24 | 2016

Landschaft im Klimawandel – Neue Schutz- und Nutzkonzepte für den Naturpark Südschwarzwald
Naturpark Südschwarzwald e.V. | Roland Schöttle | U83-W03-N37 | 2019

Studie zur konsequenteren Umsetzung von kommunalen Anpassungsmaßnahmen
Landeshauptstadt Stuttgart | Dr. Ulrich Reuter | U82-W03-N21 | 2019

LANDWIRTSCHAFT

Entwicklung und Optimierung sensorgestützter komplexer Regelstrategien für die optimale Stallklimatisierung in frei belüfteten Offenfrontställen für Schweine
Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg | Dr. Wilhelm Pflanz | U81-W03-N12 | 2012

Bodenwasserhaushalt bei konservierender Bodenbearbeitung
Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg | Dr. Holger Flaig | U61-W03-N10 | 2012

Regulierung von Schildläusen im Apfelanbau mit Nützlingen
Kompetenzzentrum Obstbau Bodensee | Dr. Christian Scheer | U81-W03-N10 | 2012

Lokale, regionale und landesweite Auswirkungen des Klimawandels auf die Phänologie und den Ertrag von Feldfrüchten in Baden-Württemberg
Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg | Dr. Holger Flaig | U81-W03-N13 | 2013

Geschützte Produktion und nachhaltiger Süßkirschenanbau im Kontext von Klimaveränderungen
Kompetenzzentrum Obstbau Bodensee | Michael Zoth | U81-W03-N14 | 2014

Bodenwasserhaushalt und Konservierende Bodenbearbeitung
Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg | Dr. Holger Flaig | U61-W03-N12 | 2014

Die Ertragsdaten der Feldfrüchte in Baden-Württemberg und ihre Beziehung zu Klima und Boden
Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg | Dr. Holger Flaig | U81-W03-N15 | 2014

Automatisierte Zuluftsteuerung für zwangsbelüftete Schweineställe mit Unterflurzuluft zur Reduktion von Hitzestress an heißen Tagen und geringer Krankheitsprävalenz im Jahresverlauf
Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg | Dr. Wilhelm Pflanz | U81-W03-N16 | 2015

Einsatz von Plasma zur Dekontamination von Agrarprodukten nach der Ernte
Kompetenzzentrum Obstbau Bodensee | Dr. Manfred Büchele | U81-W03-N17 | 2016

Klimaanpassung durch Stärkung des Wasser- und Bodenrückhalts in Außenbereichen (KliStaR)
Geomer GmbH/bodengut | Dr. Norbert Billen | U83-W03-N26 | 2017

Bewässerungs-Prognose Baden-Württemberg (BeProBW) – Ein interaktives Beratungs- und Planungswerkzeug zur Visualisierung und Bilanzierung des landwirtschaftlichen Bewässerungsbedarfs im Klimawandel
Geomer GmbH | Dr. André Assmann | U83-W03-N35 | 2018

STADT-/REGIONALPLANUNG

Städtebaulicher Rahmenplan Klimaanpassung für die Stadt Karlsruhe
Stadt Karlsruhe | Martin Kratz | U83-W03-N11 | 2013

Das Konzept der Anpassungskapazität als Teil der Vulnerabilitätsbestimmung in der Stadt- und Raumplanung - Evaluation und Weiterentwicklung in der Praxis
Hemberger & Utz UG | Dr. Christoph Hemberger, Jürgen Utz | U83-W03-N16 | 2014

Quantitative Bestimmung des Adaptions- und Mitigationspotenzials von urbanen Grünflächen und Räumen auf das thermische Bioklima im 21. Jahrhundert
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg | Prof. Dr. Andreas Matzarakis | U41-W03-N12 | 2014

Anpassung der Siedlungsstruktur im Verdichtungsraum Karlsruhe an den Klimawandel. Fortsetzung des Projektes „Städtebaulicher Rahmenplan Klimaanpassung“
Stadt Karlsruhe | Martin Kratz | U83-W03-N12 | 2014

Kühlwirkung der extensiven Dachbegrünungsvegetation – Langzeitmessungen an in Baden-Württemberg etablierten Gründächern und Experimente mit einzelnen Pflanzenarten und Pflanzenmischungen
Universität Hohenheim | Dr. Jürgen Franzaring | U83-W03-N13 | 2015

KlippS – Klimaplanungspass Stuttgart
Landeshauptstadt Stuttgart | Robert Schulze Dieckhoff | U83-W03-N17 | 2015

Klimaaktive baubotanische Siedlungsstrukturen, Bautypologien und städtische und Planungswerkzeuge Infrastrukturen: Modellprojekte
Universität Stuttgart | Dr. Ferdinand Ludwig | U83-W03-N15 | 2015

Klimawandel, Stadtklima und Gebäudeenergieeffizienz: Wechselwirkungen und Handlungskonzepte für eine nachhaltige Stadt
Technische Universität Dortmund | Prof. Dr. Fazia Ali-Toudert | U83-W03-N27 | 2016

Entwicklung modellhafter Anpassungsstrategien der Regionalen Energie- und Verkehrsinfrastruktur in der Region Stuttgart an den Klimawandel
Karlsruher Institut für Technologie | Prof. Dr. Joachim Vogt | U83-W03-N28 | 2016

Kommunale Klimaanpassung durch Landschaftsplanung: Das Untere Remstal als Modell für Baden-Württemberg
Technische Universität Berlin | Prof. Dr. Stefan Heiland | U83-W03-N21 | 2016

KLIBIKOM - Klimaanpassung in der Biodiversitätsstrategie einer Kommune, am Beispiel der Stadt Radolfszell am Bodensee
Deutsche Umwelthilfe e. V. | Robert Spreter | U83-W03-N23 | 2016

Planungsempfehlung für eine klimawandelgerechte Entwicklung von Konversionsflächen – Modellvorhaben Heidelberg-Südstadt
Stadt Heidelberg | Dr. Raino Winkler | U83-W03-N29 | 2017

Abschätzung der Wirkung von Anpassungs- und Minderungsmaßnahmen in Ballungsraumgebieten Baden-Württembergs
Karlsruher Institut für Technologie | Dr. Gerd Schädler | U83-W03-N32 | 2017

Zielkonflikt Klimakomfort – Nachverdichtung: Entwicklung von Lösungsstrategien zur klimawandelangepassten Siedlungsentwicklung der Stadt Singen
Stadt Singen | Markus Zipf | U83-W03-N39 | 2018

Umsetzung der kommunalen Klimaanpassung in die Bauleitplanung im Pilotprojekt der Entwicklung des Geländes der Spinelli Barracks / Grünzug Nordost in Mannheim – KomKlim –
Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Regionalwissenschaft |
Prof. Dr. Joachim Vogt | U83-W03-N38 | 2018

Klimawandel und Klimaanpassung: Zukunftsfähige Gesundheits-, Lebensumfeld- und Erholungsvorsorge in der VVG Bühl-Ottersweier
Stadt Bühl | Barbara Thévenot | U83-W03-N33 | 2018

Modellprojekt Quartier- und objektbezogene Verwundbarkeitsanalyse bezüglich Schutzgut menschliche Gesundheit am Beispiel der Stadt Reutlingen
Stadt Reutlingen | Reinhard Braxmeier | U83-W03-N40 | 2019

TOURISMUS

Zukunftmobilität in der Ferienregion Schwarzwald
Steinbeis Beratungszentrum Trossingen | Christian Klaiber | U82-W03-N15 | 2012

Touristischer Handlungsleitfaden Klimawandel
ift GmbH | Jan Kobernuss | U83-W03-N31 | 2015

Strategien zum Klimawandel – Risiken in Chancen wandeln: nachhaltige Geschäftsfelder im Schwarzwaldtourismus
Hochschule Konstanz – Technik, Wirtschaft und Gestaltung |
Prof. Dr. Tatjana Thimm | U83-W03-N36 | 2019

WALD- UND FORSTWIRTSCHAFT

Entscheidungshilfe Wald und Klima – Modellprojekt: Vulnerabilitätsanalyse auf Wald-Bestandesebene
Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) |
Dr. Gerald Kändler | U82-W03-N10 | 2012

Umweltveränderungen im Spiegel des Wachstums baden-württembergischer Hauptbaumarten: Extraktion und Analyse des umweltbedingten Wachstumssignals aus langfristigen Messzeitreihen
Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) |
Dr. Ulrich Kohnle | U82-W03-N12 | 2012

Beitrag der Waldbewirtschaftung zur Abmilderung des Klimawandels – Auswirkungen von Waldbehandlungsstrategien auf die Kohlenstoffspeicherung in Baden-Württemberg
Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) |
Dr. Gerald Kändler | U82-W03-N11 | 2012

Klimawandel – Bewusstseinswandel: Proaktiver Aufbau eines Risiko- und Krisenmanagements
Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA)
Dr. Christoph Hartebrodt | U10-W03-N10 | 2013

Langfristige Veränderungen der Bonität von Fichten-Waldstandorten in Baden-Württemberg
Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) |
Dr. Ulrich Kohnle | U82-W03-N13 | 2013

Prognose der Leistungsfähigkeit der Wälder Baden-Württembergs im Klimawandel
Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) |
Dr. Arne Nothdurft | U82-W03-N14 | 2014

Prüfung der Zukunftsfähigkeit der Douglasie aus waldhygienischer Sicht
Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) |
Dr. Jörg Schumacher | U82-W03-N15 | 2015

Erhöhung struktureller Diversität als mögliches Instrument zur Klimaanpassung: Einfluss auf das Zuwachsverhalten in Bergmischwäldern
Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) |
Dr. Axel Albrecht | U82-W03-N16 | 2015

Kann Trockenstresstoleranz von Buchen über Durchforstungseingriffe erhöht werden?
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg | Prof. Dr. Jürgen Bauhus | U82-W03-N17 | 2016

Weißtanne und Douglasie als Ersatzbaumarten für Fichte: Vergleichende Untersuchungen zur Resilienz entlang eines Höhentransekts vom Rheintal bis in die montanen Lagen des Schwarzwaldes
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg | Prof. Dr. Jürgen Bauhus | U82-W03-N18 | 2016

Modellierung der klimatischen Standorteignung der forstlich relevanten Baumarten
Karlsruher Institut für Technologie | Dr. Klara Dolos | U82-W03-N19 | 2016

Ökologische und waldbauliche Anpassungsstrategien an den Klimawandel zur langfristigen Sicherung der Auwaldökosysteme im NSG Rastatter Rheinaue
Karlsruher Institut für Technologie | Prof. Dr. Gregory Egger | U82-W03-N20 | 2018

Der Pinienprozessionsspinner in Südwestdeutschland - eine szenarische Risikoanalyse für einen potentiell invasiven Schmetterling, der gleichermaßen die Gesundheit von Baum und Mensch bedroht
Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) |
Dr. Jörg Schumacher | U50-W03-N16 | 2018

Sturmgefährdungskarten für Baden-Württembergs Wälder als Grundlage für mittel- und langfristige Planungen
Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) |
Dr. Axel Albrecht | U82-W03-N21 | 2018

Kann über Bodenschutzkalkungen die Trockenheitstoleranz von Fichte und Buche verbessert werden?
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg | Prof. Dr. Jürgen Bauhus | U82-W03-N22 | 2019

WASSERHAUSHALT

Auswirkung des Klimawandels auf die Entwicklung der Nitratbelastung im Grundwasser am Beispiel des Gesamteinzugsgebiets des Langenauer Donaurieds
Ingenieurgesellschaft Prof. Kobus und Partner GmbH | Dr. Ing. Ulrich Lang | U62-W03-N10 | 2012

Operationelle Niedrigwasserklassifizierung für baden-württembergische Gewässer als Entscheidungsgrundlage zur Anpassung des Niedrigwassermanagements an Klimawandel und Landnutzungsänderungen (NieKlass BW)
HYDRON GmbH | Dr. Ingo Haag-Wanka | U61-W03-N11 | 2013

Vulnerabilitätsanalyse von Wasserversorgungsunternehmen im südlichen Schwarzwald hinsichtlich des Klimawandels
DVGW – Technologiezentrum Wasser | Dr. Stefan Stauder | U83-W03-N14 | 2015

Entwicklung eines modellhaften Strukturkonzeptes zur Anpassung der Wasserversorgung an den Klimawandel und dessen Umsetzung in den Landkreisen Schwarzwald-Baar-Kreis und Tuttlingen
DVGW – Technologiezentrum Wasser | Dr. Stefan Stauder | U83-W03-N34 | 2018

Nutzungskonflikte bei zukünftigen Niedrigwasserzuständen – Analyse und Ableitung von Handlungsempfehlungen an den Beispielen Murg und Jagst
Hochschule Konstanz – Technik, Wirtschaft und Gestaltung |
Prof. Dr. Benno Rothstein | U60-W03-N11 | 2019

WIRTSCHAFT

Analyse der industriellen Vulnerabilität gegenüber klimawandelinduzierten Risiken in Ballungsräumen in Baden-Württemberg
Karlsruher Institut für Technologie | Prof. Dr. Frank Schultmann | U83-W03-N18 | 2014

Energie- und gesamtwirtschaftliche Effekte des Klimawandels in Baden-Württemberg – Auswirkungen auf Energienachfrage und -angebot und die Ökonomie
Universität Stuttgart | Dr. Ulrich Fahl | Bericht Ökonomie: U83-W03-N19; Bericht Verkehr: U83-W03-N20 | 2015

Regionale Klimafolgen für die Energiewirtschaft in Baden-Württemberg – Eine modellgestützte Analyse von konkurrierenden Wassernutzungen
Hochschule Konstanz - Technik, Wirtschaft und Gestaltung | Prof. Dr. Benno Rothstein | U60-W03-N10 | 2015

Folgen des Klimawandels auf massengutaffine Unternehmen in Baden-Württemberg – Verwundbarkeiten und modellhafte Anpassungsmaßnahmen
Hochschule Konstanz - Technik, Wirtschaft und Gestaltung | Prof. Dr. Benno Rothstein | U83-W03-N25 | 2016

Sensititvitätsbereiche von branchenspezifischen Klimakenngrößen in Baden-Württemberg
Karlsruher Institut für Technologie | Dr. Hans Schipper | U83-W03-N22 | 2016

IMPRESSUM

HERAUSGEBER

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg
Kernerplatz 9 | 70182 Stuttgart | Telefon 0711-126-0 | www.um.baden-wuerttemberg.de

LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
Griesbachstraße 1 | 76185 Karlsruhe | Telefon 0721-5600-0 | www.lubw.baden-wuerttemberg.de

TEXT, GESTALTUNG

LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
Gruppe für ökologische Gutachten Detzel & Matthäus
Dr. Klaus Zintz
Aichele & Jackmuth, Büro für Gestaltung

REDAKTION

Dr. Kai Höpker, Daniel Schulz-Engler, Dr. Harald Gebhardt
LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg

Die Broschüre ist klimaneutral auf Recyclingpapier gedruckt

BILDNACHWEIS

Titelbild © Aichele & Jackmuth | S. 2 © UM | S. 3 © LUBW | S. 4 und S. 5 © leolintang/shutterstock.com | S. 6 und S. 7 © NASA images/shutterstock.com | S. 8 und S. 9 © BrunoRosa/shutterstock.com | S. 10 © Alena Stalmashonak/shutterstock.com | S. 10 © Ueberflutete_Strasse_mit_Warnschild_Klimawandel_animaflora-Fotolia_97468535_X | S. 11 © Rawpixel.com/shutterstock.com | S. 12 © Simon Dux/shutterstock.com | S. 13 © IBS GmbH, Lersch | S. 14 © Shcherbinator/shutterstock.com | S. 16 Funny © Solution Studio/shutterstock.com | S. 17 © Naturpark Südschwarzwald | S. 18 2x, S. 19 © Landeshauptstadt Stuttgart und LUBW | S. 20 © Lisa F. Young/shutterstock.com | S. 22 © Wikipedia frei verfügbar | S. 23 © beboy/shutterstock.com | S. 24 © Claudio Divizia/shutterstock.com | S. 26 © Stadt Karlsruhe, LUBW | S. 28 © Olga Kashubin/shutterstock.com| S. 29 © Landeshauptstadt Stuttgart, LUBW | S. 30 © LUBW | S. 31 © Stadt Karlsruhe | S. 32 © Architecteur/shutterstock.com | S. 33 © Stadt Ludwigsburg, LUBW | S. 34 und S. 35 2x © LUBW | S. 35 © LUBW | S. 36 © shutternelke/shuttertock.com | S. 37 © Universität Hohenheim | S. 38 Landesmedienzentrum LMZ451320 | S. 39 © LUBW | S. 40 © Megan Maree owdle/shutterstock.com | S. 42 © Yuri Samsonov/shutterstock.com | S. 44 Umgehungsgewässer als Lebensraum beim Kraftwerk Albbruck-Dogern © UM | S. 46 © Worldpics/shutterstock.com | S. 48 © Gunnar Pippel/shutterstock.com | S. 50 © Etablierter Grünstreifen am Unterhang zum Schutz vor Erosion und Abfluss, LUBW | S. 51 © LTZ Augustenberg | S. 52 © LSZ Boxberg, LUBW | S. 53 © Kompetenzzentrum Obstbau Bodensee | S. 54 © FVA Baden-Württemberg | S. 54 © Aichele & Jackmuth | S. 56 © dugdax/shutterstock.com | S. 58 © Marcus Miranda/shutterstock.com | S. 60 und 61 © DLR

Stand: Februar 2019

LUBW

Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT