

Reihe KLIMOPASS-Berichte

Projekt nr.: 4500347101/23

# Klimawandelanpassung in der Planung und Gestaltung kommunaler Grünflächen

Handlungsbedarfe und -möglichkeiten am Beispiel der Stadt Radolfzell am Bodensee

Tobias Herbst, Robert Spreter, Mark van Kleunen & Katharina Mayer

Finanziert mit Mitteln des Ministeriums für Umwelt, Klima und  
Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM)

Juni 2016

**KLIMOPASS**

**– Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg**



**Baden-Württemberg**

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

|  |   |
|--|---|
| <b>HERAUSGEBER</b>   | LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg<br>Postfach 100163, 76231 Karlsruhe  |
| <b>KONTAKT<br/>KLIMOPASS</b>                                 | Dr. Kai Höpker, Referat Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Klimawandel;<br>Tel.:0721/56001465, <a href="mailto:Kai.Hoepker@lubw.bwl.de">Kai.Hoepker@lubw.bwl.de</a> |
| <b>FINANZIERUNG</b>  | Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg -<br>Programm Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg<br>(KLIMOPASS)           |
| <b>BEARBEITUNG UND<br/>VERANTWORTLICH<br/>FÜR DEN INHALT</b> | Tobias Herbst & Robert Spreter, Deutsche Umwelthilfe e.V.<br>Katharina Mayer & Mark van Kleunen, Universität Konstanz   |
| <b>BEZUG</b>   | <a href="http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/">http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/</a>               |
| <b>STAND</b>   | Juni 2016, Internetausgabe Juni 2016  |

Verantwortlich für den Inhalt sind die Autorinnen und Autoren. Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Nachdruck für kommerzielle Zwecke - auch auszugsweise - ist nur mit Zustimmung der LUBW unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

# Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. ZUSAMMENFASSUNG</b>  | <b>5</b>  |
| <b>2. EINLEITUNG</b>   | <b>6</b>  |
| 2.1. HINTERGRUND UND PROBLEMSTELLUNG   | 6         |
| 2.2. ZIELSETZUNG UND METHODIK  | 8         |
| <b>3. GRÜNFLÄCHEN IM SIEDLUNGSBEREICH</b>  | <b>10</b> |
| 3.1. DEFINITION  | 10        |
| 3.2. LEBENSRAUM FÜR TIERE UND PFLANZEN   | 10        |
| 3.3. ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN   | 12        |
| <b>4. KLIMAWANDEL IM LANDKREIS KONSTANZ</b>  | <b>19</b> |
| 4.1. DATENGRUNDLAGE  | 19        |
| 4.2. TEMPERATUR  | 21        |
| 4.3. NIEDERSCHLAG  | 23        |
| 4.4. EXTREMWETTEREREIGNISSE  | 25        |
| 4.5. STADTKLIMA  | 26        |
| 4.6. BODENSEEKLIMA   | 27        |
| <b>5. AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS FÜR AUSGEWÄHLTE SCHUTZGÜTER AM BEISPIEL DER STADT RADOLFZELL</b> | <b>28</b> |
| 5.1. VULNERABILITÄTSANALYSE  | 28        |
| 5.2. SCHUTZGUT MENSCHLICHE GESUNDHEIT  | 29        |
| 5.3. SCHUTZGUT SIEDLUNGSENTWÄSSERUNG   | 38        |
| 5.4. SCHUTZGUT TOURISMUS   | 45        |
| 5.5. SCHUTZGUT GRÜNFLÄCHEN IM SIEDLUNGSBEREICH   | 50        |
| <b>6. EINBÜRGERUNGSPOTENTIAL GEBIETSFREMDER ZIERPFLANZEN</b>   | <b>56</b> |
| 6.1. ZUSAMMENFASSUNG   | 56        |
| 6.2. EINLEITUNG  | 56        |
| 6.3. DATENERHEBUNG UND METHODIK  | 59        |
| 6.4. ERGEBNISSE  | 64        |
| 6.5. DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG   | 70        |
| 6.6. AUSBLICK  | 75        |
| <b>7. HINWEISE ZUM UMGANG MIT INVASIVEN ARTEN</b>  | <b>76</b> |
| 7.1. RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN ZUM UMGANG MIT INVASIVEN NEOPHYTEN                                 | 76        |
| 7.2. ZUM UMGANG MIT INVASIVEN ARTEN IN KOMMUNEN  | 78        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>8. KLIMAWANDELANPASSUNG DURCH...</b>      | <b>81</b>  |
| 8.1. ... GRÜNFLÄCHEN IN DER STADTENTWICKLUNG | 84         |
| 8.2. ... QUALIFIZIERUNG VON GRÜNSTRUKTUREN   | 90         |
| <b>9. NATURNAHE FLÄCHENGESTALTUNG</b>        | <b>96</b>  |
| 9.1. DEFINITION                              | 97         |
| 9.2. NATURNAHE BLÜHWIESEN                    | 98         |
| 9.3. NATURNAHE STAUDENBEETE                  | 102        |
| 9.4. LISTEN HEIMISCHER PFLANZEN              | 104        |
| <b>10. DANKSAGUNG</b>                        | <b>105</b> |
| <b>11. LITERATURVERZEICHNIS</b>              | <b>106</b> |
| <b>12. LINKS</b>                             | <b>115</b> |
| <b>13. ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b>             | <b>117</b> |
| <b>14. TABELLENVERZEICHNIS</b>               | <b>119</b> |
| <b>15. ANHÄNGE</b>                           | <b>119</b> |

# 1. Zusammenfassung

Die Auswirkungen des Klimawandels betreffen in hohem Maße Kommunen. Denn prognostizierte Klimatrends wie Starkregenereignisse oder eine zunehmende Zahl von Hitzetagen und Tropennächten verschärfen nicht nur bestehende Problemlagen in Verdichtungsräumen (Stichwort städtische Wärmeinsel oder hoher Oberflächenabfluss), urbane Räume weisen auch eine vergleichsweise hohe Anfälligkeit gegenüber diesen Entwicklungen auf. Hitze, Starkregen oder Hagel führen zu ökonomischen Schäden an städtischer Infrastruktur und wirken sich negativ auf die Gesundheit, das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit der Bevölkerung aus. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden für die Stadt Radolfzell Klimafolgen für die Bereiche Gesundheit, Abwasser, Tourismus sowie Grün- und Freiflächen im Siedlungsbereich untersucht. Für alle Bereiche ergeben sich Handlungsbedarfe in unterschiedlichem Ausmaß, denen sich zumindest teilweise durch die vielfältigen Leistungen urbaner Grünflächen begegnen lässt: Stadtgrün kann einer Überhitzung der Städte entgegenwirken, indem es zur Entstehung und Leitung von Kaltluft beiträgt. Parks und andere baumbestandene Grünflächen bieten Schatten und erhöhen die Aufenthalts- und Luftqualität. Und durch die Versickerungsfähigkeit natürlicher Böden wird der Oberflächenabfluss reduziert und die Kanalisation entlastet. Die Arbeit beinhaltet dementsprechend zahlreiche Handlungsempfehlungen und Hintergrundinformationen, wie Kommunen die genannten Anpassungsleistungen urbaner Grünflächen nutzen und fördern können, um den negativen Folgen des Klimawandels zu begegnen.

Stadtgrün ist jedoch nicht nur ein wirkungsvolles Instrument zur Klimawandelanpassung, sondern auch selbst vom Klimawandel betroffen. Für viele Pflanzen ist aufgrund von Hitze- und Trockenstress verstärkt mit Ausfällen im öffentlichen Grün zu rechnen. Außerdem ist davon auszugehen, dass der Klimawandel auch die Ausbreitung sogenannter Neophyten, also gebietsfremder Arten, von denen viele als Zierpflanzen über den Gartenbau eingeführt wurden, befördert. Wenn diese Pflanzen wie beispielsweise der Japanische Staudenknöterich (*Fallopia japonica*) heimische Arten verdrängen oder wie im Falle der Beifuß-Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*) mit Gesundheitsgefährdungen für die Bevölkerung verbunden sind, erfordert deren Bekämpfung häufig einen hohen finanziellen und personellen Aufwand. Im Sinne des Präventionsgedankens wurden im Rahmen dieser Arbeit nicht-heimische Zierpflanzen auf privaten und öffentlichen Flächen der Stadt Radolfzell erfasst und entsprechend ihres Einbürgerungspotentials unter den prognostizierten Klimabedingungen beurteilt. Entstanden ist eine Liste von 518 Pflanzenarten, die sich potentiell im Bodenseeraum einbürgern können. Besondere Vorsicht ist bei denjenigen 101 Arten geboten, die bereits in anderen Regionen der Erde mit ähnlichen klimatischen Bedingungen invasiv geworden sind. Dreizehn dieser Arten sowie 64 weitere Arten sind bereits auf dem Weg der Verwilderung in Teilen des süddeutschen Raums. Von der Verwendung dieser Pflanzenarten im öffentlichen und privaten Raum wird abgeraten. Stattdessen wird empfohlen, konsequent auf heimische Pflanzen zu setzen. Denn auch in der Bodenseeregion oder verwandten Naturräumen existieren Standorte, die mit extremer Hitze und Trockenheit auskommen. Für eine naturnahe Flächengestaltung auf heißen, trockenen Böden, wie sie vor dem Hintergrund des Klimawandels und speziell im städtischen Raum vermehrt zu erwarten sind, kann somit aus einem großen Pool der unterschiedlichsten, an diese Bedingungen angepasster, heimischer Arten geschöpft werden. Welche Pflanzen hierfür in Frage kommen und worauf Kommunen bei der Planung, Umsetzung und Pflege naturnaher Flächen achten sollten, bildet einen weiteren Schwerpunkt dieser Arbeit. Denn urbane Grünflächen sind im Sinne der Klimaanpassung oder weiterer Ökosystemleistungen nicht nur für die Menschen von großer Bedeutung, sie bilden auch einen wichtigen Lebensraum zahlreicher heimischer Tier- und Pflanzenarten.

## 2. Einleitung

### 2.1. Hintergrund und Problemstellung

Die Auswirkungen des Klimawandels betreffen in hohem Maße die zukünftige Ausrichtung kommunalen Handelns. Denn prognostizierte Klimatrends wie Starkregenereignisse oder eine zunehmende Zahl von Hitzetagen und Tropennächten verschärfen nicht nur bestehende Problemlagen in Verdichtungsräumen, wie beispielsweise das Phänomen der städtischen Wärmeinsel oder eines hohen Oberflächenabflusses, urbane Räume weisen auch eine vergleichsweise hohe Anfälligkeit gegenüber diesen Entwicklungen auf. Hitze, Starkregen oder Hagel führen zu Schäden an städtischer Infrastruktur und wirken sich negativ auf die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Bevölkerung aus. Neben Klimaschutzmaßnahmen sollten sich Kommunen daher auch auf die Folgen des Klimawandels vorbereiten. Den Innerstädtischen Grün- und Freiflächen kommt hierbei eine besondere Bedeutung zu.

Bäume und andere Vegetationsstrukturen tragen durch Verschattung, Isolierung und Verdunstungseffekte zur Abkühlung der steigenden Oberflächen- und Lufttemperaturen bei. Parks und offene Grünflächen fungieren als Kalt- und Frischluftentstehungsgebiete, sorgen für eine bessere Luftqualität und leiten Kaltluft aus dem Umland in die Stadtzentren hinein. Natürliche Böden vermindern oder verzögern den Oberflächenabfluss, entlasten damit die Kanalisation und können so zur Minimierung von Schäden durch Starkregenereignisse beitragen. Zwar werden die genannten Aspekte bereits seit langem zur Verbesserung des Wohnumfelds oder im ökologischen Stadtumbau diskutiert, vor dem Hintergrund des Klimawandels erhalten sie jedoch eine neue, zusätzliche Bedeutung. Im Rahmen der Stadtentwicklung ergeben sich damit neue Herausforderung mit Implikationen für zahlreiche Teilbereiche wie beispielsweise die Gesundheitsvorsorge, den Hochwasserschutz oder den Tourismus.

Stadtgrün ist jedoch nicht nur ein wirkungsvolles Instrument zur Klimawandelanpassung, sondern auch selbst vom Klimawandel betroffen. Besonders für Stadt- und Straßenbaumarten, die unabhängig vom Klimawandel bereits einer Reihe vitalitätshemmender Lebensbedingungen ausgesetzt sind, ist in Zukunft mit vermehrten Schäden aufgrund von Trockenheit und Hitze zu rechnen. Hinzu kommt, dass die ohnehin geschwächten Bäume auf eine wachsende Zahl an Schädlingen treffen, welche ihre Vitalität zusätzlich bedrohen. Die Rußrindenkrankheit des Ahorns wurde beispielsweise erstmals 2006 in Deutschland beobachtet. Das auffälligste Merkmal dieser durch den Schlauchpilz *Cryptostroma corticale* hervorgerufenen Erkrankung ist das Aufplatzen und Abfallen von Rindenteilen. Nach Abblättern der Rinde zeigen sich die vom Pilz gebildeten Sporenlager in Form eines schwarzen, nahezu flächig auftretenden rußartigen Belages, der Millionen kleiner Sporen freisetzt. Die Krankheit tritt insbesondere in Jahren mit Trockenstress und großer Hitze auf und führt zu Welke und Absterbeerscheinungen in der Krone und schließlich zum Tod der Bäume. Die Sporen gefährden jedoch auch den Menschen: Beim Einatmen kann es zu einer allergisch bedingten Entzündung der Lungenbläschen kommen.<sup>1</sup>

Mit solchen nicht-heimischen Arten, deren Ausbreitung durch die veränderten Klimabedingungen begünstigt wird und die mit unerwünschten Auswirkungen auf andere Arten, Lebensgemeinschaften

---

<sup>1</sup> GALK: Liste der Baumkrankheiten. Rußrindenkrankheit des Ahorns.  
[www.galk.de/projekte/akstb\\_krankheiten.htm](http://www.galk.de/projekte/akstb_krankheiten.htm)  
Zugriff: 29. August 2015

oder Biotope einhergehen – sogenannten invasiven Neobiota<sup>2</sup> – muss in Zukunft verstärkt gerechnet werden. Das Zurückdrängen der Beifuss-Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*), des Riesen-Bärenklaus (*Heracleum mantegazzianum*), des Drüsiges Springkrauts (*Impatiens glandulifera*), der Kanadischen Goldrute (*Solidago canadensis*) oder des Japanischen Staudenknöterichs (*Fallopia japonica*) verursacht bereits heute hohe Kosten in den Kommunen. Mehr als die Hälfte der heute als invasiv bekannten Arten wurden als Zierpflanzen nach Europa importiert<sup>3</sup>. In der Folge konnten sie sich über öffentliche und private Gärten in die freie Landschaft hinein ausbreiten. Dort dringt beispielsweise der Japanische Staudenknöterich (*Fallopia japonica*) vor allem an gehölzfreien Uferabschnitten in Staudenfluren ein und kann diese zum Teil vollständig verdrängen. Es ist zu befürchten, dass sich mit fortschreitendem Klimawandel weitere Zierpflanzen mit Ursprung in südlichen Ländern und angrenzenden Biomen wie die mediterranen und kontinentalen Gebiete bei uns etablieren, dabei heimische Arten verdrängen und weitere gebietsfremde Schädlinge miteinführen.

Die Auswahl geeigneter Arten wird somit immer mehr zu einem entscheidenden Faktor bei der Gestaltung öffentlicher Grünflächen. Durch die Verwendung heimischer Gewächse kann verhindert werden, dass sich gebietsfremde Arten langfristig etablieren und sich folglich aus der Stadt in den Außenbereich und in sensible Naturschutzgebiete hinein ausbreiten. Gerade für magere und trockene Standorte kommen hier zahlreiche heimische Farn- und Blütenpflanzen in Frage. Sollen die Anpassungsleistungen städtischer Grünflächen wirksam werden, müssen Grünflächen beziehungsweise einzelne Grünstrukturen so geplant werden, dass sie auch unter den Bedingungen eines sich wandelnden Klimas überlebens- und somit funktionsfähig bleiben und zudem keine Bedrohung für die einheimische Biota darstellen.

Werden dabei auch Aspekte des städtischen Naturschutzes mitgedacht, können sich wertvolle Synergieeffekte ergeben. Denn städtische Grünräume haben aufgrund ihrer Klimawandelanpassungsleistungen oder anderer sogenannter Ökosystemleistungen (Filterung von Luftschadstoffen, Erholungsfunktion etc.) nicht nur eine große Bedeutung für die in Städten lebenden Menschen, sie sind auch Lebensraum für viele Tier- und Pflanzenarten. Zahlreiche Studien zeigen, dass Städte im Vergleich zu der sie umgebenden Landschaft zum Teil bereits wesentlich artenreicher sind<sup>4</sup>, wobei allerdings auch die fremdländischen Arten berücksichtigt werden. Eine naturnahe Flächengestaltung mit heimischen Arten vorausgesetzt, können städtische Grünflächen also zur Förderung der einheimischen Artenvielfalt und zur Naturerfahrung im unmittelbaren Lebensumfeld der Menschen beitragen.

---

<sup>2</sup> BfN: Was sind Neobiota? Was sind invasive Arten?

[www.neobiota.de/definition\\_neobiota.html](http://www.neobiota.de/definition_neobiota.html)

Zugriff: 22. September 2015.

<sup>3</sup> Nehring (2013): Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertungen für in Deutschland wild lebende gebietsfremde Gefäßpflanzen. BfN-Skripten 352.

<sup>4</sup> BMU (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Seite 42.

## 2.2. Zielsetzung und Methodik

Mit der vorliegenden Arbeit sollen Möglichkeiten aufgezeigt werden, wie Kommunen durch die Anlage und Gestaltung öffentlicher Grünflächen eine effektive Anpassung an veränderte Klimabedingungen leisten und dabei gleichzeitig Synergieeffekte mit dem Naturschutz erzielen können. Ein besonderer Schwerpunkt liegt dabei auf der Frage, welche auf privaten und öffentlichen Grünflächen bereits verwendeten Pflanzenarten sich unter veränderten Klimabedingungen zu invasiven Arten entwickeln und welche Arten stattdessen gepflanzt werden können. Ziel ist es, Handlungsempfehlungen für Kommunen zu erarbeiten, wie sich eine naturnahe, klimagerechte Grünflächengestaltung realisieren lässt, durch die gleichzeitig ein effektiver Beitrag zur Klimawandelanpassung in unterschiedlichen Bereichen wie beispielsweise der Reduzierung von Hitzestress geleistet werden kann.

Im Rahmen dieser Arbeit werden hierzu folgende Fragestellungen bearbeitet:

- **Welche Rolle spielen Grünflächen im Siedlungsbereich für Klimawandelanpassung und Naturschutz? (Kapitel 3)**

Zu den Themen „Klimawandelanpassung durch städtische Grünstrukturen“ und die „Bedeutung städtischer Grünräume für den Naturschutz“ sind in den vergangenen Jahren zahlreiche wissenschaftliche Publikationen<sup>5</sup> oder speziell für Kommunen aufbereitete Handreichungen<sup>6</sup> erschienen, die zur Darstellung der entsprechenden Sachverhalte herangezogen werden. Um weitere, mögliche Synergieeffekte aufzuzeigen, die sich mit der Umsetzung entsprechender Maßnahmen realisieren lassen, wird auf das Konzept der Ökosystemleistungen<sup>7</sup> zurückgegriffen und überblicksartig die unterschiedlichen Nutzendimensionen von Grünräumen im Siedlungsbereich dargestellt.

- **Welche Klimaveränderungen sind für den Landkreis Konstanz in Zukunft zu erwarten und wie wirken sich diese auf unterschiedliche Bereiche der Stadtentwicklung speziell der Stadt Radolfzell am Bodensee aus? (Kapitel 4 & 5)**

Zur Wiedergabe der Klimaprognosen für das 21. Jahrhundert wird auf die Daten des Online-Portals [www.klimafolgen-online.de](http://www.klimafolgen-online.de) des Potsdam Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) zurückgegriffen. Um darzustellen, wie sich die prognostizierten Klimaveränderungen auf unterschiedliche Bereiche der Stadtentwicklung (beispielsweise Gesundheit oder Grünflächen) speziell der Stadt Radolfzell am Bodensee auswirken, wird auf das Instrument der Vulnerabilitätsanalyse zurückgegriffen und jene Schutzgüter näher betrachtet, die einen unmittelbaren Bezug zum Thema Siedlungsgrün aufweisen (Grün- und Freiflächen im Siedlungsbereich, Stadtbäume, Gesundheit und Wasserwirtschaft) oder für die Kommunen im Landkreis Konstanz von vergleichsweise hoher Bedeutung sind (Tourismus).

Sofern aufgrund der zur Verfügung stehenden Daten eine kleinräumige Analyse für die Stadt Radolfzell möglich war, wurden entsprechende Zusammenhänge dargestellt.

---

<sup>5</sup> Zum Thema „Klimawandelanpassung durch Siedlungsgrün“: Beispielsweise Mathey et. al. (2011): Noch wärmer, noch trockener? oder Rittel et al. (2011): Anpassung an den Klimawandel in städtischen Siedlungsräumen  
Zum Thema „Bedeutung des Siedlungsgrüns für den Naturschutz“: Beispielsweise Werner/Zahner (2009): Biologische Vielfalt und Städte oder Kowarik (2012): Stadtnatur in der Dynamik der Großstadt Berlin.

<sup>6</sup> Zum Thema „Klimawandelanpassung durch Siedlungsgrün“: Beispielsweise Regionalverband Bodensee-Oberschwaben (2010): Klimafibel. oder Ministerium für Umwelt- und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2011): Handbuch Stadtklima.

Zum Thema „Bedeutung des Siedlungsgrün für den Naturschutz“: Beispielsweise Kommunen für biologische Vielfalt (2013): Städte und Gemeinden im Wandel. oder Deutsche Umwelthilfe (2012): Natur in Städten und Gemeinden schützen, fördern und erleben.

<sup>7</sup> Naturkapital Deutschland (2012): Der Wert der Natur für Wirtschaft und Gesellschaft.

- **Auf welche gebietsfremden Zierpflanzen sollte in der Bodenseeregion aufgrund eines erhöhten Einbürgerungspotentials in Zukunft verzichtet werden? (Kapitel 6)**

Innerhalb einer acht monatigen Feldperiode wurden Zierpflanzen in der Stadt Radolfzell am Bodensee auf öffentlichen und privaten Flächen aufgenommen. Die hierbei erfassten, nicht einheimischen Arten wurden auf ihre Einbürgerung anderswo und deren Klimatauglichkeit für den Landkreis Konstanz hin untersucht. Hierfür wurde die Artenliste der in Radolfzell vorgefundenen Zierpflanzen mit der Datenbank Globalized Naturalized Alien Flora (GloNAF)<sup>8</sup> abgeglichen. Die Datenbank erfasst aktuell die globale Einbürgerung von mehr als 13.000 Gefäßpflanzen Taxa, was fast vier Prozent der globalen Flora entspricht. Arten, von denen bislang keine Verbreitung außerhalb ihres Herkunftsgebiets bekannt ist, wurden als unproblematisch angesehen und in einer Weißen Liste zusammengefasst. In einer Vorwarnliste wurden jene Arten genannt, die sich bereits in anderen Teilen der Welt eingebürgert haben und sich klimatisch für die Bodenseeregion eignen. Diese Liste wurde weiter unterteilt in eine Warnliste und eine Beobachtungsliste. Erstgenannte enthält jene Arten, die anderswo in der Welt bereits weit verbreitet sind, zweitgenannte die weniger weit verbreiteten. Arten, die zusätzlich auf dem Weg der Verwilderung sind, wurden einer Aktionsliste zugeordnet. Weitere Unterlisten wurden danach erstellt, wie häufig eine Art in Radolfzell gepflanzt und ob diese Art anderswo bereits als invasiv eingestuft wurde. Ziel ist es, Akteure im Gartenbau für das Thema invasiver Neophyten zu sensibilisieren, um so präventiv der nächsten Generation problematisch werdender Neophyten vorzubeugen.

- **Mit welchen Maßnahmen aus dem Bereich der Grünraumplanung kann in den betroffenen Bereichen eine Anpassung an die prognostizierten Klimabedingungen erreicht werden? (Kapitel 7)**

Zur Darstellung möglicher Klimawandelanpassungsmaßnahmen aus dem Bereich der Grünraumplanung wurden ausgewählte Klimawandelanpassungskonzepte deutscher Kommunen analysiert. Ergänzt durch aktuelle Fachliteratur sowie Handreichungen zum Thema speziell für Kommunen wurde eine Liste entsprechender Maßnahmen und ihrer Anwendungsbereiche erarbeitet.

- **Wie kann die konkrete Umsetzung der Maßnahmen nach den Maßstäben einer naturnahen Flächengestaltung und somit im Sinne des Naturschutzes erfolgen? (Kapitel 8)**

Zur Darstellung von Hinweisen und Handlungsempfehlungen zur naturnahen Planung, Gestaltung und Pflege städtischer Grünflächen wurde auf die Expertise der Referentinnen und Referenten sowie der teilnehmenden Kommunalvertreterinnen und -vertreter eines im Rahmen des Gesamtprojekts stattfindenden Workshops zum Thema „Naturnahe Flächengestaltung im Zeichen des Klimawandels“ zurückgegriffen und durch Hinweise aus der Fachliteratur ergänzt.

---

<sup>8</sup> van Kleunen (2015): Global exchange and accumulation of non-native plants. Seiten 100-103.

## 3. Grünflächen im Siedlungsbereich

### 3.1. Definition

Mit dem Begriff Grünflächen sind im Folgenden alle überwiegend unbebauten, teilweise grünen, begrünte oder unbefestigte Flächen gemeint – unabhängig von Typ, Struktur oder Nutzungsart. Damit werden Brachflächen ebenso berücksichtigt wie beispielsweise urbane Wälder, Gewässerrandstreifen, Parkanlagen oder Straßenbegleitgrün. Auch punktuelle Grünelemente wie Straßenbäume oder Bauwerks- und bauwerksnahe Begrünung werden im Folgenden unter dem Begriff Grünflächen subsumiert. Im Rahmen dieser Arbeit werden zudem ausschließlich Grünflächen berücksichtigt, die sich innerhalb beziehungsweise in unmittelbarer Nähe des Siedlungsbereichs befinden.

Die große Heterogenität der damit definierten Flächen führt dazu, dass Grünflächen für verschiedene Nutzungen besonders geeignet beziehungsweise von Bedeutung sind: Beispielsweise der Stadtteilpark für Naherholung im unmittelbaren Lebensumfeld oder die Flussaue für den Hochwasserschutz. Grünflächen sind jedoch nicht nur als Einzelflächen zu betrachten: Ihrer Vernetzung (als Grünzüge und -korridore im Siedlungsbereich) sowie quantitativen und räumlichen Verteilung im gesamten Stadtgebiet kommt ebenfalls eine wichtige Bedeutung zu – beispielsweise im Sinne der Kalt- und Frischluftversorgung oder der Biotopvernetzung.

Im Folgenden werden die unterschiedlichen Nutzenfunktionen von Grünflächen im Siedlungsbereich dargestellt, wobei vor allem auf ihre Bedeutung für die Klimawandelanpassung sowie den Erhalt der biologischen Vielfalt eingegangen wird.

### 3.2. Lebensraum für Tiere und Pflanzen

Angesichts der zunehmenden Intensivierung von Flächen außerhalb des Siedlungsbereichs stellen urbane Grünflächen heute einen häufig unterschätzten und notwendigen Lebensraum für viele Tier- und Pflanzenarten dar. Parks, Biotope, Stadtwälder oder Brachflächen bieten durch eine extensive und sich dynamisch verändernde Nutzung Chancen für großen Artenreichtum. Zahlreiche Studien zeigen, dass Städte im Vergleich zu der sie umgebenden Landschaft zum Teil bereits wesentlich artenreicher sind<sup>9</sup>. Viele heimische Arten, wie Mauersegler, Fledermäuse oder Igel, finden auf urbanen Grünflächen einen Lebensraum, aber auch gebietsfremde Arten siedeln sich aufgrund für sie vorteilhafter Standortbedingungen wie Wärme oder Trockenheit an. Dabei gilt: Je besser eine Stadt durchgrünt ist, desto höher ist auch der Anteil einheimischer Arten und Arten mit besonderen Habitatansprüchen<sup>10</sup>.

Zur biologischen Vielfalt einer Stadt können alle Flächen sowie die dort lebenden Tiere und Pflanzen beitragen. Städte können einerseits durch die mosaikartige Einbettung verschiedenster Teilräume charakterisiert werden, sind andererseits aber auch selbst in einen größeren Landschaftskomplex eingebunden. Der Artenreichtum einer Stadt spiegelt zu erheblichen Teilen diese Landschaftsräume wider. Die Besonderheit der Städte besteht vor allem darin, dass den ursprünglichen Landschafts- und Habitatstrukturen weitere hinzugefügt werden. Neben baulichen Strukturen, die eine Art Felsenlandschaft bilden, kommen beispielsweise in Städten der Agrarlandschaft auch zahlreiche baumbestandene Parkanlagen hinzu.<sup>11</sup>

---

<sup>9</sup> BMU (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Seite 42.

<sup>10</sup> Werner/Zahner (2009): Biologische Vielfalt und Städte. Seite 47.

<sup>11</sup> Ebd. Seite 29.

Davon ausgehend lassen sich vier „Typen“ von Stadtnatur unterscheiden<sup>12</sup>:

- **Relikte der Natur**  
Reste der ursprünglichen Naturlandschaft
- **Bäuerliche Kulturlandschaft**  
Ehemals land- und forstwirtschaftliche Flächen
- **Gestaltetes Grün**  
Parkanlagen, Grünflächen, Gärten etc.
- **Städtische Wildnis**  
Neuartige Formen der Spontanentwicklung

Diese theoretische Abgrenzung ermöglicht einen praktikablen Zugang zur differenzierten Beschreibung und Bewertung dessen, was oft als „Stadtnatur“ bezeichnet wird. Außerdem verdeutlicht sie einen weiteren für Stadtlandschaften charakteristischen Punkt: Die räumliche Verbindung der gebauten Stadt mit alten und neuen Landschaftselementen, deren Bausteine eine häufig sehr weit zurückreichende Geschichte haben<sup>13</sup>. Städte bieten also Chancen zur Bewahrung ursprünglicher und traditioneller Landschaftselemente mitsamt ihrer biologischen Vielfalt und eröffnen gleichzeitig Anpassungskorridore an neuartige Umweltbedingungen. „Städtische Wildnis“ als neuartige, spezifisch urbane Form von Natur bildet den besonderen naturgeschichtlichen Beitrag der Städte<sup>14</sup>. Vor allem Brachflächen sind als Lebensraum für spontan auftretende Tier- und Pflanzenarten von entscheidender Bedeutung und tragen in besonderer Art und Weise zur biologischen Vielfalt in urbanen Räumen bei. Ohne die Bedeutung und Funktion ursprünglicher Natur ersetzen zu können, stellen urbane Naturräume somit für viele Tier- und Pflanzenarten einen attraktiven Lebensraum dar.

Eine weitere Besonderheit von Naturräumen innerhalb des Siedlungsbereichs liegt im engen Zusammenspiel von Mensch und Natur. Weltweit lebt mehr als die Hälfte aller Menschen in Städten und urbanen Ballungsräumen. In Europa sind es sogar rund drei Viertel der Bevölkerung – Tendenz steigend. Etwa 60 Prozent der Einwohner Deutschlands leben in mittelgroßen und großen Städten ab 20.000 Einwohnern.<sup>15</sup> Naturnahe Grünflächen gibt es in urbanen Räumen allerdings zu selten und Studien belegen, dass es beim Zugang zu Stadtgrün eine beträchtliche soziale Ungleichverteilung gibt<sup>16</sup>. Insbesondere für Kinder und ältere Menschen, deren Aktionsradius aufgrund eingeschränkter Mobilität auf das unmittelbare Lebensumfeld beschränkt ist, stellen urbane Grünflächen häufig die einzige Möglichkeit zur Naturerfahrung dar. Sind solche Räume vorhanden, können sie ihre positiven Auswirkungen auf die Gesundheit und das soziale Miteinander aber auch auf die Wertschätzung von Natur entfalten. Die Funktionsbestimmung von Grünflächen im Siedlungsbereich sollte sich daher ebenso an den Interessen und Bedürfnissen der Stadtbewohner wie an denen des Naturschutzes orientieren. Öffentliche Grünflächen dienen als Begegnungsstätte, als Ort für Sport und Bewegung, als landwirtschaftliche Nutzfläche (zum Beispiel Kleingärten) oder als Repräsentationsflächen, die nach Trends des aktuellen Gartenbaus und der Stadtentwicklung gestaltet werden. Eine gleichzeitige Berücksichtigung von Naturschutzaspekten ist dadurch keinesfalls ausgeschlossen, erfordert jedoch ein stärkeres Abwägen zwischen unterschiedlichen Nutzungs- und Gestaltungsinteressen und die Einbeziehung der Nutzenden.

---

<sup>12</sup> Kowarik (1992): Das Besondere der städtischen Vegetation. Seiten 33-47.

<sup>13</sup> Kowarik (2012): Stadtnatur in der Dynamik der Großstadt Berlin. Seite 24.

<sup>14</sup> Ebd. Seiten 22/23.

<sup>15</sup> BMUB (2015): Grün in der Stadt. Seite 7.

<sup>16</sup> Jumpertz (2012): Die Bedeutung naturnaher Freiräume in urbanen Räumen. Seiten 10/11.

## 3.3. Ökosystemleistungen

Nicht nur Tiere und Pflanzen profitieren von urbanen Naturräumen. Auch für uns Menschen erbringen sie wichtige Dienstleistungen. Grünflächen im Siedlungsbereich tragen zum stadt-klimatischen Ausgleich und zur Filterung von Luftschadstoffen bei, sichern Wasser- und Stoffkreisläufe und spielen eine bedeutende Rolle für Erholung und Naturerfahrung im unmittelbaren Lebensumfeld der Menschen. Sie bilden eine „grüne Infrastruktur“, die wesentlich zur wirtschaftlichen, ökologischen und gesellschaftlichen Entwicklung einer Kommune beiträgt und erhöhen die Lebensqualität für die in Städten lebenden Menschen.

Die Natur trägt somit unmittelbar zur Sicherung unserer Lebens- und Wirtschaftsgrundlagen bei und ein vorsorgender Umgang mit ihr erweist sich oftmals als „preiswerter“ wie der Versuch, Verlorengegangenes wiederherzustellen<sup>17</sup>. Im Rahmen klassischer Wirtschaftlichkeitsberechnungen werden solche Überlegungen jedoch häufig nicht angemessen berücksichtigt und viele Entscheidungen auf Kosten des Naturschutzes getroffen. Das aktuell viel diskutierte Konzept der Ökosystemleistungen wurde entwickelt, um die Vielzahl an Leistungen von Ökosystemen und die Bedeutung von Biodiversität systematisch zu erfassen<sup>18</sup>.

### 3.3.1. Klimatische Funktionen natürlicher Böden und von Biomasse ...

#### 3.3.1.1. Wasserspeichervermögen

Im Gegensatz zu versiegelten Flächen sind natürliche Böden dazu in der Lage, Wasser aufzunehmen, zu speichern und wieder an ihre Umwelt abzugeben. Nur ein geringer Teil des Wassers fließt zeitverzögert oberflächlich ab. Dabei ändert sich der Wassergehalt des Bodens. Auf der Einnahmenseite stehen die Niederschläge sowie unter besonderen Bedingungen Hang- und Grundwasserzuzug. Auf der Ausgabenseite stehen Abfluss, Versickerung, Evaporation und Verdunstung.<sup>19</sup> Der Boden wirkt in dieser Wasserhaushaltsgleichung als Puffer. Er kann Überschüsse auf der Einnahmenseite speichern und Defizite damit ausgleichen. Auch Pflanzen schöpfen aus den Wasservorräten des Bodens. Sie speichern das aufgenommene Wasser und geben es über ihre Blätter wieder an die Umwelt ab.

- **Versickerung und Rückhaltung von Regenwasser**

Durch Versickerung und Rückhaltung des Regenwassers im Boden kann der oberirdische Wasserabfluss reduziert werden. Weitere problematische Folgen des Klimawandels wie die Reduzierung der Grundwasserneubildung oder das häufigere und stärker zugespitzte Auftreten von Hochwasser können dadurch gesteuert beziehungsweise begrenzt werden. Gleichzeitig kann Regenwasser durch Zwischenspeicherung für Bewässerungszwecke oder für die Anlage von Teichen verwendet werden.

---

<sup>17</sup> Hansjürgens (2012): Der Nutzen von Ökonomie und Ökosystemleistungen für die Naturschutzpraxis. Seite 17.

<sup>18</sup> Naturkapital Deutschland (2012): Der Wert der Natur für Wirtschaft und Gesellschaft.

<sup>19</sup> Landeshauptstadt Hannover (2012): Anpassungsstrategie zum Klimawandel. Seite 7.

- **Kühlung**

Bei der Kühlung durch Verdunstung nimmt die warme Luft Wasser aus dem Boden oder der Vegetation auf, das vom flüssigen in den dampfförmigen Zustand übergeht. Die Wärme, die für den Phasenübergang von flüssig zu dampfförmig benötigt wird, wird der Luft entzogen, wodurch diese abkühlt. Je mehr Wasser bei diesem Prozess verdunstet und von der Luft aufgenommen wird, desto mehr Wärme wird der Luft entzogen und umso stärker fällt der Abkühlungseffekt aus. Die Kühlungsleistung beziehungsweise Kaltluftentstehung von Grünflächen hängt zudem stark von der Art der Oberflächengestaltung ab:

| Kaltluftentstehung/Vegetationsstruktur                        |       |
|---|-------|
| Versiegelte Flächen   | (--)  |
| Teilversiegelte Flächen                                       | (-)   |
| Offene Böden (Abhängig von der Bodenfeuchte)                  | (+/-) |
| Rasen   | (++)  |
| Ruderaie Pioniervegetation (geringe Deckung)                  | (+)   |
| Wiesen/Staudenfluren  | (++)  |
| Niedrige Gebüsch  | (+)   |
| Hohe Gebüsch, Baumgruppen                                     | (+)   |
| Wald  | (o)   |
| Gewässer mit Ufervegetation                                   | (-)   |
| (--)<br>(-) sehr gering, ..., (o) mittel, ..., (++) sehr hoch |       |

Tabelle 1 Kaltluftentstehung/Vegetationsstruktur<sup>20</sup>

- **Erhöhung der Luftfeuchtigkeit**

Neben der Lufttemperatur hat die Verdunstung aus Boden und Vegetation auch Auswirkungen auf die Luftfeuchtigkeit der Umgebung: Je mehr Wasser aus Boden und Vegetation verdunstet, desto höher ist auch der Wassergehalt der Luft. Gerade für Innenstadtbereiche, für die aufgrund des hohen Versiegelungsgrades mit einer vergleichsweise geringen relativen Luftfeuchtigkeit gerechnet werden muss, können sich dadurch positive Effekte ergeben<sup>21</sup>.

### 3.3.1.2. Schattenwurf

Stadtbäume oder Gebäudevegetation verhindern durch Schattenwurf die Aufheizung von Luft und Oberflächen und somit auch die nächtliche Wärmeabstrahlung von Gegenständen mit geringer Oberflächen-Albedo. Unter Baumkronen ist beispielsweise eine Verringerung der oberflächennahen Lufttemperaturen um bis zu zehn Grad Celsius, im weiteren Umfeld der Bäume noch um ein bis drei Grad Celsius möglich<sup>22</sup>. Im Rahmen von Messungen auf einer nord-süd-ausgerichteten 16 Meter breiten Straße, mit einer circa 16 Meter hohen Randbebauung und alleartigem Baumbestand (20 Meter hoch, dichtes Kronendach) an einem Sommertag konnte zudem die Reduzierung der Temperatur um ein bis 1,3 Grad Celcius im Vergleich zu einer baumlosen Straße nachgewiesen werden<sup>23</sup>.

<sup>20</sup> Eigene Darstellung nach: Mathey (2011): Noch wärmer, noch trockener? Seite 37.

<sup>21</sup> BMVBS/BBSR (2009): Klimawandelgerechte Stadtentwicklung. Wirkfolgen des Klimawandels Seite 15.

<sup>22</sup> Rittel (2011): Anpassung an den Klimawandel in städtischen Siedlungsräumen. Seite 71.

<sup>23</sup> Mathey (2011): Noch wärmer, noch trockener? Seite 40.

### 3.3.1.3. Höhere Albedo

Flächen mit unterschiedlichen Oberflächenstrukturen verfügen über ein jeweils unterschiedliches Potential zur Reflexion beziehungsweise zur Absorption von Strahlung. Das Maß für das Reflexionsvermögen von nicht selbst leuchtenden Oberflächen ist die Albedo. Sie beschreibt das Verhältnis von reflektierter zu einfallender Strahlung. Der Wert liegt daher immer zwischen null und eins (eine Albedo von 0,9 entspricht 90 Prozent Rückstrahlung). Werte nahe null beschreiben dunkle Oberflächen, die sich stark mit Wärme aufladen. Hohe Werte stehen für helle Flächen, die stärker zurückstrahlen und deshalb kühler bleiben. Versiegelte Flächen sind in der Regel dunkel, haben also eine ungünstige Albedo und speichern somit Wärme, die bei sinkender Umgebungstemperatur wieder abgegeben wird. Zwar liegt die Albedo von Grünflächen unter der von hellen auch versiegelten Flächen jedoch über der Albedo von Beton, Asphalt, Teer oder Split.

| Albedowerte ausgewählter Oberflächen |                             |                               |                          |                                  |
|--------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Dach                                 | Teer und Split<br>0,03-0,18 | Wellblech<br>0,10-0,15        | Dachziegel<br>0,10-0,35  | stark reflekt. Dach<br>0,60-0,70 |
| Wand                                 | Farbige Wand<br>0,15-0,35   | Back-/Naturstein<br>0,20-0,40 | Weißer Wand<br>0,50-0,90 | Bäume<br>0,15-0,18               |
| Boden                                | Asphalt<br>0,05-0,20        | Beton<br>0,10-0,35            | Gras<br>0,25-0,30        |                                  |

Tabelle 2 Albedowerte<sup>24</sup>

## 3.3.2. ... und deren Bedeutung für den urbanen Raum

### 3.3.2.1. Grünflächen im Stadtumland

Von Kaltluftentstehung in stadtklimatisch relevantem Umfang wird meist im Zusammenhang von randstädtischen Grünflächen oder dem stadtumgebenden Offenland gesprochen, wobei große Unterschiede zwischen Flächen mit unterschiedlicher Bodendeckung bestehen: Grünes Freiland in Form von Wiesen, Feldern, Brachland oder Gartenland mit niedriger Vegetationsdecke kann aufgrund seiner nächtlichen Auskühlung rund zehn bis zwölf Kubikmeter Kaltluft pro Quadratmeter und Stunde produzieren. Im Waldbestand kühlt sich zwar ein vergleichsweise größeres Luftvolumen ab, dieses erreicht jedoch nicht die tieferen Temperaturen von Grünflächen. Die Baumkronen-Oberfläche des Waldes schirmt den Waldboden zur Atmosphäre ab und sorgt so für eine ausgleichende Wirkung der Temperaturen am Tag und bei Nacht. Wälder können somit also auch am Tage Kaltluft zugunsten des Siedlungsraumes erzeugen.<sup>25</sup>

Erst durch den Abfluss in das besiedelte Gebiet beeinflusst die gebildete Kalt- beziehungsweise Frischluft das Stadtklima. Die Zufuhr von Kaltluft kann dabei als Hang- oder Talabwindssystem erfolgen, die ab einer Hangneigung von circa zwei Grad entstehen. Dabei handelt es sich weniger um stetige Winde, sondern um ein „schubhaftes Abtropfen“, welches kurz nach Sonnenuntergang einsetzt und bei Sonnenaufgang endet. Diese in Abhängigkeit von der Hangneigung teilweise stark ausgeprägten Kaltluftzuflüsse können auch bei windarmen Wetterlagen weit in den besiedelten Bereich vordringen. Auch Flurwindssysteme (Stadt-Umland-Windssysteme) können zur Verbesserung der Durchlüftungssituation beitragen. Als Motor für Flurwinde gilt der Wärmeinseleffekt über dem Stadtgebiet (siehe Kapitel 4.5): Die über der Stadt aufgewärmte Luft steigt auf, was zu

<sup>24</sup> Eigene Darstellung nach: Bundeshauptstadt Berlin (2011): Stadtentwicklungsplan Klima. Seite 38.

<sup>25</sup> Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg (2012): Städtebauliche Klimafibel. Seiten 219/220.

Luftdruckunterschieden zwischen Stadt und Stadtumland und somit zu Ausgleichsströmungen vom Land in die Stadt hinein führt.<sup>26</sup>

Die Wirksamkeit von Kaltluftflüssen hängt wiederum von der Durchgängigkeit sogenannter Kaltluftschneisen in den besiedelten Bereich hinein ab. Diese können durch Bebauung oder dichte Vegetationsbestände beeinträchtigt sein. Als Kaltluftbahnen kommen demnach alle hindernisarmen Flächen in Frage, die über eine geringe Rauigkeit der Oberfläche und über eine gewisse Mindestbreite verfügen. Von erhöhter Bedeutung sind in diesem Zusammenhang unbebaute Talzüge, die über ihr Relief eine Kanalisierung von bodennahen Windströmungen bewirken.<sup>27</sup> Darüber hinaus können auch Grünflächen mit niedriger Vegetation, Flüsse, breite, geradlinige Gleisanlagen und in begrenztem Umfang auch Straßenschluchten oder Ausfallstraßen solche Funktionen übernehmen<sup>28</sup>. Die genannten Flächen sind jedoch im Hinblick auf ihre tatsächliche Eignung differenziert zu betrachten: Ausfallstraßen können bei hoher Emissionsbelastung zu einer zusätzlichen Schadstoffbelastung von Innenstadtbereichen führen und sollten daher nur auf Basis einer Luftqualitätsanalyse genutzt werden. Bahntrassen sollten ebenfalls nur dann genutzt werden, wenn kein Diesellokbetrieb vorliegt. Die Nutzung von linearen Grünsystemen hingegen ist uneingeschränkt zu empfehlen, da diese sogar das Potential zur Verbesserung der Luftqualität aufweisen. Dies gilt ebenso für Fließ- und Stillgewässer. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass durch die Abstrahlung aufgeheizter Wasserkörper eine Reduzierung des Kaltlufteffektes möglich ist.<sup>29</sup>

### 3.3.2.2. Innerstädtische Grünflächen

Die bioklimatische Wirkung von innerstädtischen Grünflächen unterscheidet sich je nach Tageszeit. Tagsüber bieten baumbestandene Bereiche den Nutzern kühle und schattige Rückzugsmöglichkeiten, nachts entsteht vor allem über offenen Wiesenflächen Kaltluft, die zur Abkühlung der umliegenden Quartiere beiträgt.

Grünflächen ab einer Flächengröße von zwei Hektar in kompakter Form, einem maximalen Versiegelungsgrad von 25 Prozent und mit einem hainartigen Bestand alter Laubbäume (Kronendeckung von 60 Prozent) und Strauchgruppen entwickeln zudem ein mess- und wahrnehmbares Eigenklima<sup>30</sup>.

Städtische Grünflächen ab einer Größe von circa zehn Hektar können, neben Effekten innerhalb der Fläche, auch ihre Umgebung über einen längeren Zeitraum hinweg klimatisch positiv beeinflussen. Dabei beträgt der Wirkungsbereich von Grünflächen etwa das Doppelte ihrer eigenen Fläche und nimmt mit der Flächengröße zu. Allerdings endet der Wirkungsbereich unabhängig von der Flächengröße nach circa 200 bis 400 Metern.<sup>31</sup>

Grünflächen sind jedoch nicht nur als Einzelflächen zu betrachten: Ihrer Vernetzung (als Grünzüge und -korridore im Siedlungsbereich) sowie quantitativen und räumlichen Verteilung im gesamten Stadtgebiet kommt ebenfalls eine wichtige Bedeutung zu. Hierbei gilt, dass je größer die Grünflächen sind und je enger das geknüpfte Netz, desto ausgeprägter können sich in warmen Nächten ausgleichend wirkende Kaltluftströmungen entwickeln.<sup>32</sup>

---

<sup>26</sup> Regionalverband Bodensee-Oberschwaben (2010): Klimafibel. Seite 16.

<sup>27</sup> Stadt Nürnberg (2012): Handbuch Klimaanpassung. Seite 50.

<sup>28</sup> Bundeshauptstadt Berlin (2011): Stadtentwicklungsplan Klima. Seite 43.

<sup>29</sup> Mathey (2011): Noch wärmer, noch trockener? Seite 41.

<sup>30</sup> Ebd. Seite 39.

<sup>31</sup> Ebd. Seite 45.

<sup>32</sup> Stadt Karlsruhe (2013): Anpassung an den Klimawandel. Seite 106.

- **Oberflächen- und Lufttemperatur**

Der sogenannte Park Cool Island-Effekt (PCI-Effekt) beschreibt die nächtliche Temperaturabnahme in Parkanlagen und Grünflächen innerhalb eines überwärmten Raumes. Beim PCI-Effekt handelt es sich um eine relative Größe, welche vom Vorhandensein der städtischen Wärmeinsel abhängt. Denn die Temperaturdifferenzen sind weniger auf Abkühlungseffekte als auf eine geringere Erwärmung zurückzuführen. Das heißt, die PCI-Effekte einer Grünanlage sind in aufgelockerten, durchgrüneten randstädtischen Stadtgebieten geringer als in dichten, stark überwärmten Innenstadtbereichen. Das Ausmaß des PCI-Effekts ist dabei vor allem von der Vegetationsbedeckung sowie der Größe der Grünfläche abhängig.<sup>33</sup>

- **Luftfeuchtigkeit**

Durch die Verdunstung und die dadurch bedingte Temperaturminderung kommt es auf Grünflächen zum Anstieg der relativen Luftfeuchtigkeit gegenüber der bebauten Umgebung, welcher in der Vegetationsperiode bis zu 18 Prozent betragen kann. Für die Luftfeuchte von Grünflächen spielt die Verdunstungsleistung sowie das Abflussverhalten beziehungsweise Versickerungsvermögen der Grünfläche eine Rolle.<sup>34</sup>

- **Luftbewegung**

Zwischen Grünflächen und ihrer Umgebung findet eine thermisch bedingte Mikrozirkulation von Luftmassen statt. Diese Strömung ist auf Luftdruckunterschiede zwischen Park und umgebendem Stadtkörper zurückzuführen. Ihre Ausprägung ist unter anderem abhängig von<sup>35</sup>:

- Temperaturunterschieden zwischen Grünfläche und Umgebung
- Austauschcharakter Wetterlagen
- Offener Randbebauung
- Gestaltung und Einbindung der Grünflächen
- Topographische Lage der Grünflächen
- Vernetzung mit anderen Grünflächen

### 3.3.2.3. Bauwerks- oder bauwerksnahe Begrünung

Bauwerksbegrünungen und gebäudenahes Grün sind aus klimatischen Gesichtspunkten in zweierlei Hinsicht relevant: Sie tragen sowohl zum Ausgleich von Temperaturextremen sowie zu einer Verringerung des Oberflächenabflusses und somit zum Erhalt natürlicher Wasserkreisläufe bei.

- **Vorgärten, Innen- und Hinterhöfe**

Entsiegelte und begrünte Flächen in unmittelbarer Nähe zu Gebäuden verbessern das Bioklima, verringern den Oberflächenabfluss bei Niederschlägen und entlasten damit die Kanalisation. Zugleich kommt das versickernde Wasser der Vegetation zugute, verbessert den Bodenwasserhaushalt und stärkt die Neubildung von Grundwasser. Dies gilt auch für wasserdurchlässig befestigte Parkplätze, auf denen zum Beispiel Rasengittersteine oder fugenreiche Klein- und Großsteinpflaster zum Einsatz kommen.

Modelluntersuchungen haben ergeben, dass zu 80 Prozent entsiegelte Höfe und Großsteinpflaster statt Asphalt in den umliegenden Parkbuchten noch in zwei Metern Höhe eine Temperatursenkung um bis zu elf Grad über dem Hof und immerhin noch um bis zu sieben Grad

---

<sup>33</sup> Mathey (2011): Noch wärmer, noch trockener? Seite 41.

<sup>34</sup> Ebd. Seite 41.

<sup>35</sup> Ebd. Seite 44-45.

über den Parkbuchten bewirken. Dabei zeigt sich auch, dass je größer die entsiegelten Flächen, desto weiter dehnt sich ihre Wirkung in der Vertikalen aus.<sup>36</sup>

Auch das Pflanzen von Bäumen in Gärten, Hinterhöfen oder auf Plätzen trägt durch Verschattung und Verdunstungskälte zur Abkühlung bei. Modellrechnungen haben gezeigt, dass unter den Kronen eine deutliche Verringerung der oberflächennahen Lufttemperaturen um bis zu zehn Grad Celsius möglich ist. Im weiteren Umfeld der Bäume waren noch Temperaturabnahmen von ein bis drei Grad Celsius feststellbar.<sup>37</sup>

- **Fassadenbegrünungen**

Begrünte Hauswände reduzieren die Wärmeeinstrahlung am Tag und schaffen rund um die Uhr Verdunstungskälte. Die Temperaturabnahme bei entsprechender Begrünung kann direkt vor der Südfassade stellenweise bis zu zehn Grad Celsius betragen. In einer Entfernung von sechs bis acht Metern können die Temperaturen noch um circa fünf Grad Celsius fallen. Auch an den Nord- und Ostseiten der Gebäude gehen die Temperaturen nahe der Fassadenoberfläche zurück, allerdings in deutlich geringerem Umfang. Die oberflächennahen Lufttemperaturen im Straßenraum verändern sich gegenüber dem Ausgangszustand jedoch nur geringfügig.<sup>38</sup> Als Einsatzort von Fassadenbegrünungen kommen insbesondere enge Straßenräume in Frage, in denen nicht ausreichend Platz für die Begrünung mit Bäumen zur Verfügung steht.<sup>39</sup>

- **Dachbegrünungen**

Auf den Dächern der Stadt existiert ein riesiges Flächenpotential, das sich mit der Technik der Dachbegrünung im Sinne der Klimawandelanpassung aktivieren lässt und nicht in Konkurrenz zur baulichen Nutzung der begehrten innerstädtischen Grundstücksanlagen steht. Für viele Kommunen besteht hier auch Quantitativ das Potential, eine zweite grüne Infrastruktur über den Dächern der Stadt entstehen zu lassen.

Diese kann vor allem zur Entlastung der Kanalisation bei Starkregenereignissen beitragen. Denn durch Dachbegrünungen können 70 (extensive Begrünung) bis 90 Prozent (intensive Begrünung) der Niederschlagsmenge in der Vegetationsschicht aufgefangen, zwischengespeichert und zeitverzögert an die Kanalisation abgegeben werden. Spitzenabflüsse bei Starkregenereignissen können somit um etwa 50 Prozent reduziert werden.<sup>40</sup>

Die bioklimatische Wirkung von Gründächern bleibt hingegen auf den Dachbereich begrenzt. Hier können die Temperaturen zwar um bis zu zehn Grad sinken. Das Bioklima im restlichen Stadtraum verbessern Dachbegrünungen aber kaum. Trocknet bei längeren Hitzeperioden die Begrünung aus, bleibt zwar der Kühlungseffekt für Innenräume erhalten, über dem Dach können die Temperaturen jedoch sogar über die Werte eines nicht begrüntes Daches steigen.<sup>41</sup> Gründächer isolieren allerdings auch im Winter und helfen so, den Heizenergiebedarf zu senken.

Gründächer schließen zudem die Installation von Photovoltaik nicht aus. Durch eine Dachbegrünung kann sich der Wirkungsgrad einer Anlage sogar erhöhen, da sich die Leistung von Modulen um circa 0,5 Prozent pro Grad Celsius Aufheizung verringert.<sup>42</sup>

---

<sup>36</sup> Bundeshauptstadt Berlin. (2011): Stadtentwicklungsplan Klima. Seite 37.

<sup>37</sup> Rittel (2011): Anpassung an den Klimawandel in städtischen Siedlungsräumen. Seite 71.

<sup>38</sup> Ebd. Seite 72.

<sup>39</sup> Stadt Nürnberg. Umweltamt (2012): Handbuch Klimaanpassung. Seite 60.

<sup>40</sup> Landeshauptstadt Hannover (2012): Anpassungsstrategie zum Klimawandel. Seite 10.

<sup>41</sup> Bundeshauptstadt Berlin (2011): Stadtentwicklungsplan Klima. Seite 38.

<sup>42</sup> Landeshauptstadt Hannover (2012): Anpassungsstrategie zum Klimawandel. Seite 10.

### 3.3.3. Weitere Ökosystemleistungen

Neben der klimaregulierenden Funktion von Stadtgrün wirken weitere Ökosystemfunktionen auch auf andere Umweltelemente und -prozesse ein und bewirken damit indirekt einen konkreten Nutzen für den Menschen (Indirekte, regulative Ökosystemleistungen)<sup>43</sup>:

- **Luftfilterung**  
Insbesondere Bäume filtern gesundheitsschädlichen Feinstaub aus der Luft.
- **Bestäubung**  
Ein großer Teil der Nahrungsmittelproduktion ist auf eine Bestäubung durch Insekten angewiesen.
- **Schädlingsregulierung**  
Die forstliche und landwirtschaftliche Produktion wird unterstützt durch die regulierende Wirkung natürlicher Antagonisten von Schadorganismen.
- **Erosionsschutz**  
Durch Bodenbedeckung, Randstreifen und Gehölze wird die Erosion durch Wind und Wasser vermindert und die Bodenfruchtbarkeit bewahrt.
- **Sauberes Wasser**  
Unbelastete Ökosysteme sorgen für sauberes Trinkwasser. Naturnahe Flussufer verringern hohe Nährstoffbelastungen von Gewässern.
- **Abwasserreinigung und Abbau von Nährstoffüberschüssen**  
Kleinstlebewesen in Boden und Wasser bauen Abfallstoffe ab und sorgen so für die Reinhaltung dieser Umweltbereiche.

Die Natur ist jedoch nicht nur Grundlage unserer physischen Existenz, sie ermöglicht auch die Entfaltung kultureller Potentiale (Direkte, kulturelle Ökosystemleistungen). Hierzu zählen neben der Naturerfahrung und Umweltbildung auch die folgenden Aspekte<sup>44</sup>:

- **Erholung und Gesundheit**  
Grünräume können sich in vielerlei Hinsicht positiv auf die menschliche Gesundheit auswirken – indem sie Schadstoffe und Staub aus der Luft filtern oder zur Abkühlung hitzebelasteter Wohngebiete beitragen. Sie bieten außerdem Raum zum Spaziergehen, für sportliche Betätigung und soziale Kontakte, wirken entspannend und beruhigend auf ihre Nutzer und können zu einer schnelleren Genesung nach Krankheiten beitragen.
- **Soziale Kohäsion**  
Öffentlich zugängliche Grünflächen stellen Begegnungsräume dar, die Möglichkeiten zum sozialen Austausch bieten.
- **Inspiration und Ästhetik**  
Die Freude beim Betrachten von Natur ist Teil unserer Kultur ebenso wie die Bezugnahme auf die Natur in der Kunst.
- **Vertrautheit und Heimat**  
Das Gefühl von Heimat und die Identifikation mit der Region sind vielfach mit dem Erlebnis vertrauter Landschaften verbunden.

---

<sup>43</sup> Naturkapital Deutschland (2012): Der Wert der Natur für Wirtschaft und Gesellschaft. Seite 50.

<sup>44</sup> Ebd. Seite 51.

- **Bildung, Wissenschaft und Forschung**  
Die Natur liefert eine Vielzahl an Vorbildern und Ausgangsstoffen für Anwendungen in vielen Wissenschaftsbereichen.
- **Spiritualität**  
In vielen Religionen und Glaubensrichtungen spielt die Natur eine bedeutende Rolle als Ort und Quelle des spirituellen Erlebens.

## 4. Klimawandel im Landkreis Konstanz

### 4.1. Datengrundlage

Nach dem vierten und fünften Sachstandbericht des Weltklimarats ist der Klimawandel inzwischen eindeutig nachgewiesen: Für das vergangene Jahrhundert lässt sich ein Anstieg der mittleren globalen Luft- und Meerestemperaturen, das ausgedehnte Abschmelzen von Schnee und Eis sowie der Anstieg des mittleren globalen Meeresspiegels beobachten<sup>45</sup>. Auch in Baden-Württemberg macht sich der Klimawandel durch die Erhöhung der Lufttemperaturen und in der Veränderung weiterer Messdaten bemerkbar. Die Gründe für den Klimawandel liegen mit hoher Wahrscheinlichkeit in dem vom Menschen verursachten Anstieg von Treibhausgasen in der Atmosphäre. Die Auswirkungen der heutigen deutlich höheren Treibhausgasemissionen werden sich aufgrund der Trägheit des Klimasystems jedoch erst in den kommenden Jahrzehnten voll bemerkbar machen. Es kann somit von einer weiteren Erwärmung ausgegangen werden.<sup>46</sup>

Zur Prognose der zukünftigen Klimaentwicklung werden sogenannte Klimamodelle eingesetzt. Klimamodelle sind umfangreiche Computerprogramme, die dazu verwendet werden, die künftige Entwicklung des Klimas auf Basis bestimmter Annahmen zu berechnen. Diese Annahmen werden zu Emissions- und Konzentrationsszenarien zusammengefasst. Im Ergebnis entstehen Klimaprojektionen.<sup>47</sup> Sie bilden die Grundlage für die Bewertung von Risiken und Chancen künftiger Klimaänderungen sowie für die Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen. Aktuell gibt es eine große Zahl unterschiedlicher Klimamodelle, Szenarien und Projektionen. Für die Darstellung der zukünftigen Klimaentwicklung in Baden-Württemberg hat die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) Ergebnisse von 24 regionalen Klimaprojektionen ausgewertet.

Hierbei konnte vor allem in Bezug auf die zukünftige Temperaturentwicklung eine klare Übereinstimmung in den Ergebnissen der herangezogenen Klimaprojektionen beobachtet werden. Die Temperaturen in Baden-Württemberg werden auch in Zukunft weiter ansteigen. Zudem werden die Anzahl der Sommertage sowie der heißen Tage zunehmen und die Vegetationsperiode wird sich verlängern. Beim Niederschlag sind die Ergebnisse dagegen weniger eindeutig und nur eingeschränkt belastbar, da die Modellergebnisse hier stärker variieren: Die Projektionen deutet darauf hin, dass die

---

<sup>45</sup> LUBW: Klimawandel und Anpassung. Beobachteter Klimawandel Global.  
[www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/244011/](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/244011/)  
Zugriff 25. November 2015

<sup>46</sup> LUBW (2012): Zukünftige Klimaentwicklung in Baden-Württemberg. Seite 8.

<sup>47</sup> Umweltbundesamt: Klimamodelle und Szenarien.

[www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/folgen-des-klimawandels/klimamodelle-szenarien](http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/folgen-des-klimawandels/klimamodelle-szenarien)  
Zugriff 25. November 2015

Gesamtniederschlagsmenge pro Jahr zwar in etwa gleich bleibt, es dafür aber im Winter mehr und im Sommer weniger regnen wird.<sup>48</sup>

Die im Folgenden verwendeten Daten und dargestellten Grafiken beruhen auf den im Portal KlimafolgenOnline<sup>49</sup> gemachten Angaben des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung e.V. (PIK) und veranschaulichen die oben getroffenen Aussagen. Das PIK hat für die Berechnung der verwendeten Klimadaten auf die Representative Concentration Pathways (RCP) -Szenarien des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) zurückgegriffen. Diese Szenarien bilden die Treiber anthropogener Treibhausgasemissionen ab und setzen sie in Szenarien zukünftiger Treibhausgasemissionen und resultierender Strahlungsantriebe um. Insgesamt gibt es vier verschiedene „Pathways“: Drei Pfade erreichen einen anthropogenen Strahlungsantrieb von 8,5 Watt pro Quadratmeter (sehr hoch), sechs Watt pro Quadratmeter (hoch) beziehungsweise 4,5 Watt pro Quadratmeter (mittel) im Jahr 2100. In einem weiteren Pfad erreicht der (relativ niedrige) anthropogene Strahlungsantrieb 2,6 Watt pro Quadratmeter noch vor 2100 und entwickelt sich dann wieder zurück.<sup>50</sup>

Die Regionalisierung der Klimaszenarien erfolgte mit dem am PIK entwickelten Klimamodell STARS. Als Grundlage für die Eingabe in das regionale Klimamodell STARS wurden vom PIK die über Deutschland gemittelten Temperaturentwicklungen zwischen 2011 und 2100, wie sie von 21 globalen Klimamodellen berechnet wurden, herangezogen. Für die RCP-Szenarien 8.5 und RCP 2.6 wurden dann die größte (hohe Temperaturzunahme), die kleinste (geringe Temperaturzunahme) und die mittlere (Median) Temperaturzunahme bestimmt. Neben den eigentlichen Klimadaten wie eben der Temperaturentwicklung bietet das Portal auch daraus abgeleitete Daten zu unterschiedlichen Sektoren (Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Wasser, Energie, Gesundheit und Tourismus) an.<sup>51</sup>

Alle Daten sind für die Bundes-, Landes- und Landkreisebene abrufbar und liegen für den Zeitraum 1901–2010 als beobachtete Daten und den Zeitraum 2011–2100 als Simulationsdaten vor<sup>52</sup>. Als Klimaperioden wurden sowohl zehn als auch 30 Jahre verwendet. Im Folgenden werden lediglich die vom PIK berechneten Daten basierend auf dem RCP 8,5-Szenario wiedergegeben, weil die derzeit ablaufenden Emissionen in der Nähe beziehungsweise sogar oberhalb der Annahmen zu diesem Szenarium liegen.<sup>53</sup>

---

<sup>48</sup> LUBW (2012): Zukünftige Klimaentwicklung in Baden-Württemberg. Seite 7.

<sup>49</sup> PIK: KlimafolgenOnline.  
[www.klimafolgenonline.com/](http://www.klimafolgenonline.com/)  
Zugriff 27. November 2015

<sup>50</sup> PIK: KlimafolgenOnline. Szenarium.  
[www.klimafolgenonline.com/](http://www.klimafolgenonline.com/)  
Zugriff 27. November 2015

<sup>51</sup> PIK: KlimafolgenOnline. Realisierung.  
[www.klimafolgenonline.com/](http://www.klimafolgenonline.com/)  
Zugriff 27. November 2015

<sup>52</sup> PIK: KlimafolgenOnline. Realisierung.  
[www.klimafolgenonline.com/](http://www.klimafolgenonline.com/)  
Zugriff 27. November 2015

<sup>53</sup> PIK: KlimafolgenOnline. Begrüßung.  
[www.klimafolgenonline.com/](http://www.klimafolgenonline.com/)  
Zugriff 27. November 2015

## 4.2. Temperatur

Die Beobachtungswerte der gemittelten Jahresmitteltemperaturen für die Dekaden 1901-1910 bis 2001-2010 zeigen bereits eine deutliche Temperaturerhöhung um 1,7 Grad Celsius für den Landkreis Konstanz. Laut den Berechnungen des PIK wird sich dieser Trend zunehmender Jahresmitteltemperaturen über das aktuelle Jahrhundert ungebrochen fortsetzen. Im Extremfall ist mit einer zusätzlichen Erhöhung von 4,5 Grad Celsius bis zum Jahr 2100 zu rechnen.

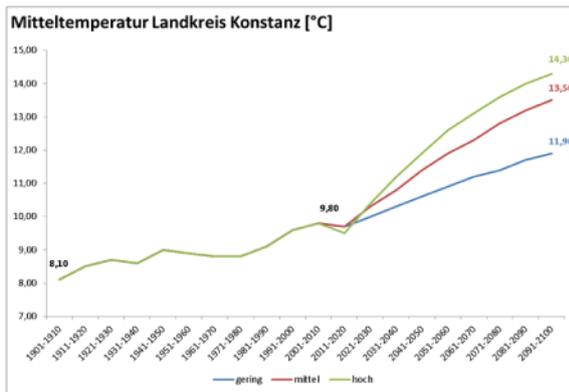


Abb. 1 Mitteltemperatur Landkreis Konstanz [°C]

Dieser allgemeine Temperaturanstieg ist einerseits mit einer deutlichen Zunahme sogenannter Sommer- beziehungsweise heißer Tage verbunden, also Tagen an denen die Maximaltemperatur 25 Grad Celsius beziehungsweise 30 Grad Celsius oder mehr beträgt. Laut Zahlen des Deutschen Wetterdienstes wurden im Hitzesommer 2003 – mit europaweit bis zu 70.000 vorzeitigen Todesfällen und Schäden in Höhe von 10 Milliarden US Dollar in der Land- und Forstwirtschaft<sup>54</sup> – insgesamt 92 Sommertage für die Stadt Konstanz beobachtet<sup>55</sup>. Dieser Wert könnte für die Dekade 2091-2100 im Landkreis Konstanz Normalität bedeuten.

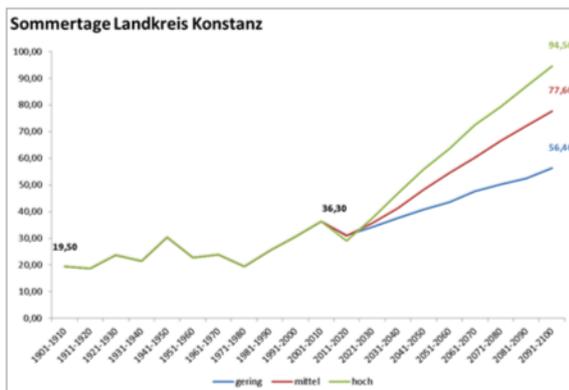


Abb. 2 Sommertage Landkreis Konstanz

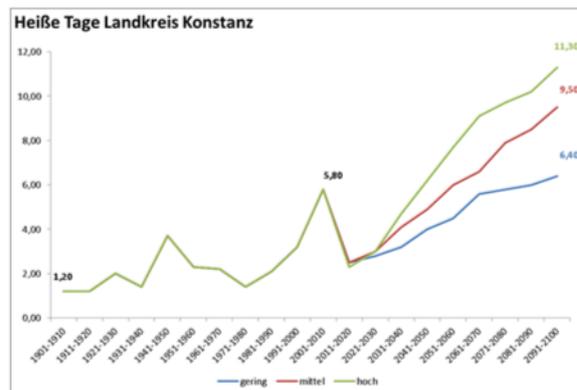


Abb. 3 Heiße Tage Landkreis Konstanz

<sup>54</sup> Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft (2011): Munich Re. Corporate Responsibility. Seite 107.

<sup>55</sup> Deutscher Wetterdienst: Weste-XL.

[www.dwd.de/DE/leistungen/weste/westexl/weste\\_xl.html](http://www.dwd.de/DE/leistungen/weste/westexl/weste_xl.html)

Zugriff 9. September 2014

Auch ist davon auszugehen, dass sich die längste Periode aufeinanderfolgender Sommerbeziehungsweise heißer Tage in einem Jahr, deutlich erhöhen wird. (Sowohl bei den Sommerbeziehungsweise heißen Tagen als auch bei deren maximaler Andauer sind zur Interpretation der Daten für die Dekade 2001-2010 die beiden Hitzesommer von 2003 und 2006 zu berücksichtigen).

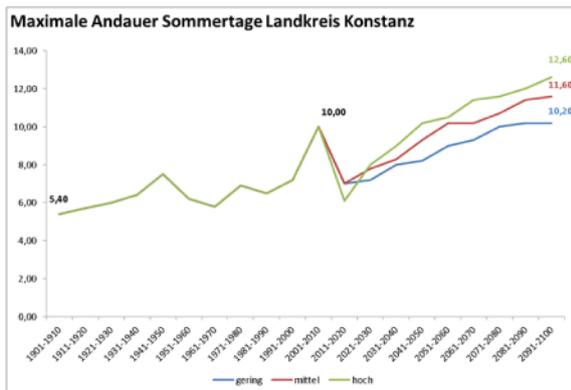


Abb. 4 Maximale Andauer Sommertage Landkreis Konstanz

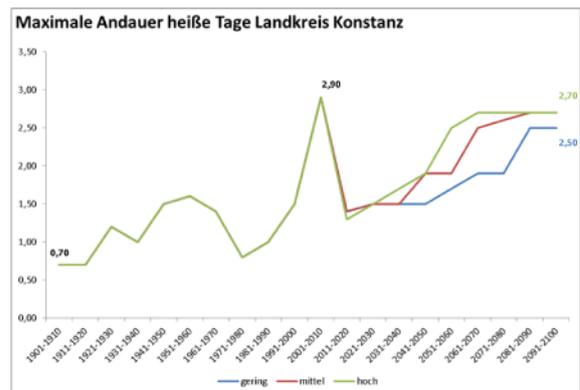


Abb. 5 Maximale Andauer heiße Tage Landkreis Konstanz

Umgekehrt ist davon auszugehen, dass die Anzahl der Frosttage, also Tage an denen das Minimum der Lufttemperatur unterhalb des Gefrierpunkts liegt, deutlich zurückgeht.

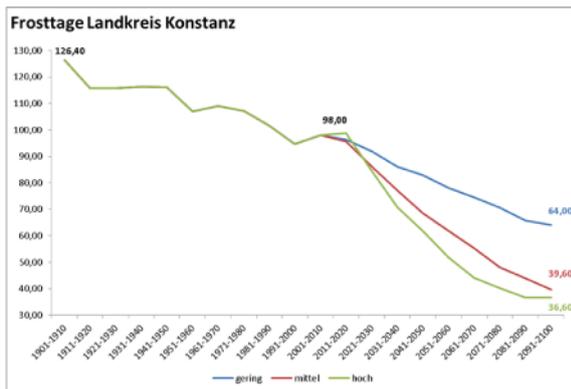


Abb. 6 Frosttage Landkreis Konstanz

## 4.3. Niederschlag

Die Beobachtungswerte der jährlichen Niederschlagssumme für das vergangene Jahrhundert lassen zunächst keine Tendenz erkennen, wohingegen die Werte für das aktuelle Jahrhundert eine Abnahme der jährlichen Niederschlagsmengen im Vergleich zur Dekade 2001-2010 aufzeigen (zwischen acht und 23 Prozent).

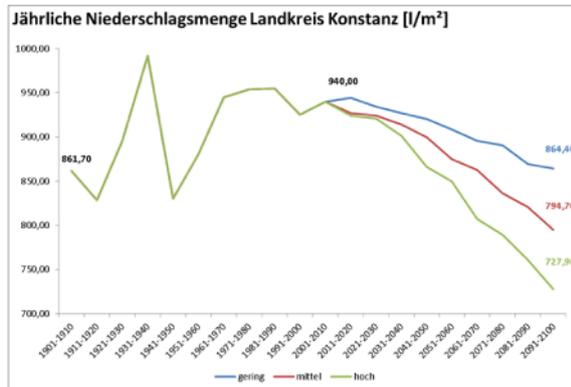


Abb. 7 Jährliche Niederschlagsmenge Landkreis Konstanz [l/m²]

Dieser Rückgang ist vor allem auf eine deutliche Abnahme der sommerlichen Niederschläge zurückzuführen, welche sich bereits an den Beobachtungswerten für das vergangene Jahrhundert ablesen lässt. Schlimmstenfalls muss mit einer Reduzierung der sommerlichen Niederschlagsmenge um rund 41 Prozent bis 2100 im Vergleich zur Dekade 2001-2010 gerechnet werden (zwischen 21 und 41 Prozent).

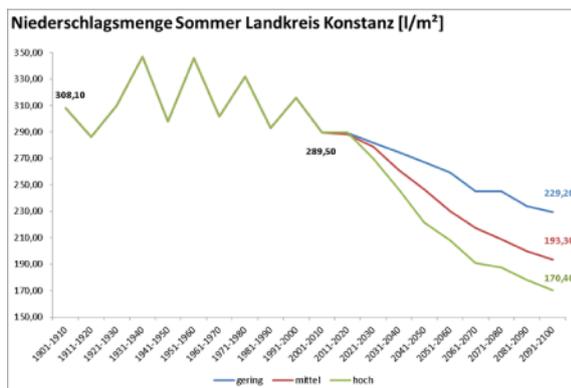


Abb. 8 Niederschlagsmenge Sommer Landkreis Konstanz [l/m²]

Dieser Trend spiegelt sich auch in der jährlichen Anzahl von Tagen ohne Niederschlag wieder.

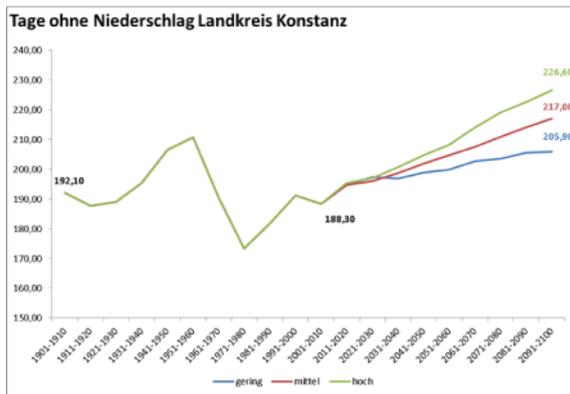


Abb. 9 Tage ohne Niederschlag Landkreis Konstanz

Aufgrund der höheren Temperaturen und der damit verbunden zusätzlichen Wasserverdunstung sowie der rückläufigen Niederschlagsmengen ist auch von einer Verschlechterung der sommerlichen Wasserbilanz auszugehen. Die Wasserbilanz ist definiert als die Differenz der täglichen Niederschlagssumme sowie der täglichen potentiellen Evapotranspiration also der Verdunstung von Wasser aus Tier- und Pflanzenwelt sowie von Boden- und Wasseroberflächen<sup>56</sup>.

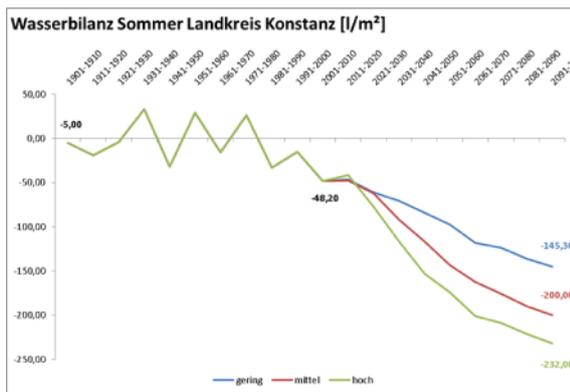


Abb. 10 Wasserbilanz Sommer Landkreis Konstanz [l/m²]

<sup>56</sup> PIK: KlimafolgenOnline. Wasserbilanz.  
[www.klimafolgenonline.com/](http://www.klimafolgenonline.com/)  
 Zugriff 27. November 2015

## 4.4. Extremwetterereignisse

Die Versicherungsgruppe Munich Re analysiert seit 1974 Naturgefahren und die Schäden, die sie verursachen. Dazu hat das Unternehmen eine Datenbank über weltweite Naturkatastrophen aufgebaut, welche mittlerweile mehr als 30.000 Ereignisse dokumentiert. Daraus ist erkennbar, dass die Anzahl der wetterbedingten Naturkatastrophen stark zunimmt: Laut Daten der Munich Re hat sich seit 1950 deren Anzahl verdreifacht. Seit 1980 akkumulieren sich die wirtschaftlichen Schäden aus wetterbedingten Naturkatastrophen auf 1.600 Milliarden US-Dollar und der jährliche Zuwachs der versicherten Schäden beträgt nominal etwa elf Prozent im Schnitt.<sup>57</sup>

Der Trend zu immer höheren Schäden durch Naturkatastrophen liegt zwar in erster Linie an der sozio-ökonomischen Entwicklung: Die Bevölkerung wächst, immer mehr Menschen siedeln sich in Risikogebieten an und die betroffenen Sachwerte steigen. Die Zunahme wetterbedingter Schadensfälle ist jedoch ohne den Klimawandel nicht zu erklären.<sup>58</sup>

Wetterextreme lassen sich nicht vorherberechnen, weshalb an dieser Stelle keine Prognosewerte dargestellt werden. Allerdings lassen sich auch für die Bodenseeregion Wetterextreme beobachten, die bereits zu erheblichen Schäden für Mensch und Natur geführt haben. Im Folgenden werden exemplarisch nur wenige von vielen Beispielen genannt:

- Am 26. Dezember 1999 fegte das Orkantief „Lothar“ mit Spitzengeschwindigkeiten von bis zu 272 Stundenkilometern über Nordfrankreich und die Mitte Deutschlands. Allein im Südwesten wurde eine Waldfläche so groß wie 56.000 Fußballfelder zerstört. Die deutschen Versicherungsunternehmen beglichen mit rund 665 Millionen Euro die Schäden an Gebäuden und Autos. Im Landkreis Konstanz meldeten sich 3.961 Versicherte, die insgesamt 7,9 Millionen Euro Schadenssumme ausbezahlt bekamen<sup>59</sup>.
- Ein Unwetter vom 26. Mai 2009 mit Hagelschlag und orkanartigen Böen mit Geschwindigkeiten von bis zu 120 Stundenkilometer verursachte im Bodenseekreis und in den Kreisen Tuttlingen, Konstanz, Ravensburg und Biberach auf einer Fläche von rund 24.300 Hektar einen Gesamtschaden in Höhe von geschätzten 55,1 Millionen Euro. Neben umgestürzten Bäumen, geschädigten Stromleitungen, einem entgleisten Interregio-Express und beschädigten Hausdächern wurden vor allem umfangreiche landwirtschaftliche Kulturen zum Teil vollständig zerstört. Im Einzelfall waren durch Feuer auch Stallungen und Tiere betroffen.<sup>60</sup>
- Nach Wochenlanger Trockenheit kam es am 8. Mai 2011 zu einem Waldbrand in den bodmanschen Wäldern oberhalb von Liggeringen, bei dem auf 2.000 Quadratmeter Waldfläche alle natürlich verjüngten Bäumchen verbrannten.<sup>61</sup>

---

<sup>57</sup> Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft (2011): Munich Re. Corporate Responsibility. Seite 108.

<sup>58</sup> Ebd. Seite 108.

<sup>59</sup> Südkurier: 10 Jahre nach Orkan Lothar: Die Wunden sind noch nicht verheilt.

[www.suedkurier.de/nachrichten/wirtschaft/themensk/10-Jahre-nach-Orkan-Lothar-Die-Wunden-sind-noch-nicht-verheilt:art410950,4095560](http://www.suedkurier.de/nachrichten/wirtschaft/themensk/10-Jahre-nach-Orkan-Lothar-Die-Wunden-sind-noch-nicht-verheilt:art410950,4095560).

Zugriff 26. Februar 2015

<sup>60</sup> Landtag von Baden-Württemberg (2009): Drucksache 14/4606. Seite 2.

<sup>61</sup> Landkreis Konstanz: Pressemitteilung. Waldbrand am Muttertag.

[www.lrakn.de/pb/Lde/985205.html](http://www.lrakn.de/pb/Lde/985205.html).

Zugriff 26. Februar 2015.

## 4.5. Stadtklima

Unter dem Stadtklima wird ein Klima verstanden, das durch die Wechselwirkungen mit der städtischen Bebauung beeinflusst wird. Die konkrete Ausprägung dieser Beeinflussung ist abhängig von unterschiedlichen Faktoren wie der baulichen Nutzung, der Bebauungsstruktur, der Flächenversiegelung, dem Vegetationsbestand oder der Abwärmeproduktion. Relevant ist dabei vor allem die Verdunstungsleistung von Oberflächen mit ihrem unmittelbaren Einfluss auf die Temperatur. Auch standörtliche und lokalklimatische Besonderheiten wie zum Beispiel eine Kessellage oder Berg-Tal-Windsysteme beeinflussen die lokale Ausprägung des Stadtklimas in erheblichem Maße.<sup>62</sup>

Am deutlichsten lassen sich die Auswirkungen am Phänomen der städtischen Wärmeinsel beobachten. Durch die fehlende Verdunstungsfähigkeit und das Wärmespeichervermögen versiegelter Flächen wird ein großer Teil der Sonneneinstrahlung während des Tages im Inneren der Bausubstanz und Straßen gespeichert. In der Nacht insbesondere bei so genannten Strahlungswetterlagen mit geringen Windgeschwindigkeiten wird die während des Tages gespeicherte Wärme freigesetzt und somit das Abkühlen der Luft verlangsamt. Die maximale Temperaturdifferenz zwischen dicht verbauten Stadtzentren und dem Umland kann daher an Sommerabenden bis zu zehn Grad Celsius und mehr betragen<sup>63</sup>. Dieser Effekt wird dadurch noch verschärft, dass die ohnehin sehr schwachen Luftbewegungen durch die Bebauung weiter gebremst werden. Die Luft steht und gerade während hochsommerlicher Hitzeperioden wird es unter diesen Bedingungen schwer, ein akzeptables Schlafklima in den Häusern zu erreichen.<sup>64</sup>

Die durch das Stadtklima bewirkte Veränderung der regionalen Klimasituation lassen sich aber nicht nur anhand der städtischen Wärmeinsel aufzeigen, sondern spiegeln sich in nahezu allen Klimaparametern wider: Die Veränderungen im Wärme-, Strahlungs- und Wasserhaushalt sowie der Durchlüftung bewirken durchschnittlich eine erhöhte Lufttemperatur im Jahresmittel (plus zwei Grad Celsius), eine geringe nächtliche Abkühlung, ein erhöhtes Winterminimum (plus zehn Grad Celsius), eine verkürzte Frostperiode (minus 30 Prozent) und eine bis zu zehn Tage längere Vegetationsperiode gegenüber dem Umland. An einem sommerlichen Strahlungstag kann die relative Luftfeuchte innerhalb von dicht bebauten Innenstadtbereichen mittags zudem um sieben Prozent und abends um 23 Prozent geringer sein als im überwiegend mit Vegetation bestandenen Umland.<sup>65</sup> Trotz dieser geringeren Luftfeuchte sind Niederschlagsereignisse im Siedlungsbereich oftmals länger und intensiver als im ländlichen Raum. Dies liegt daran, dass sich durch die höheren Partikelemissionen leichter Regentropfen bilden, die dann die Wolken zum Abregnen bringen. Die höheren Temperaturen in den Siedlungsbereichen führen zudem zu einem Aufsteigen und damit verbundenen Abkühlen der Luft, was ebenfalls die Wolken- und Niederschlagsbildung begünstigt. Im Mittel sind zudem die Windgeschwindigkeiten im Siedlungsbereich aufgrund der dichten Bebauung zwar geringer als im Umland, im Einzelfall können jedoch zwischen hohen Gebäuden Düseneffekte auftreten, die zu hohen bodennahen Windlasten führen.<sup>66</sup>

---

<sup>62</sup> BMVBS, BBSR (2009): Klimawandelgerechte Stadtentwicklung. Wirkfolgen des Klimawandels. Seite 15.

<sup>63</sup> Endlicher/Kress (2008): „Wir müssen unsere Städte neu erfinden.“ Seite 439.

<sup>64</sup> Bruse (2003): Stadtgrün und Stadtklima. Seite 67.

<sup>65</sup> Mathey (2011): Noch wärmer, noch trockener? Seite 25.

<sup>66</sup> Regionalverband FrankfurtRheinMain (2011): Kommunen im Klimawandel. Seite 8.

## 4.6. Bodenseeklima

Aufgrund seiner Größe beeinflusst der Bodensee sein Umland auch klimatisch. Er verfügt aufgrund seiner Ausdehnung und Tiefe von bis zu 254 Metern über eine verhältnismäßig große Wassermenge, deren Temperatur sich nur langsam und in begrenztem Umfang den jahreszeitlichen Schwankungen der Lufttemperatur anpasst.

Besonders im Winter ist dadurch für die Uferregionen des Bodensees eine thermische Sonderstellung zu beobachten: Aufgrund des Wärmespeichervermögens des Seewassers stellen sich eher milde Wintertemperaturen ein, wodurch sich das Frostrisiko vermindert<sup>67</sup>. Auch im Sommer trägt der See zur Minderung von Temperaturspitzen bei, so dass eine vergleichsweise geringe Anzahl an Sommer- und Hitzetagen zu beobachten ist<sup>68</sup>.

Neben seiner regulierenden Wirkung auf die Lufttemperatur hat der Bodensee auch Auswirkungen auf die lokalen Windsysteme. Entscheidend ist seine Fähigkeit zur Wärmespeicherung. Besonders tagsüber nimmt der See viel Energie auf, die er nachts wieder abgibt. Dadurch sind Wasserflächen im Vergleich zu Landflächen tagsüber vergleichsweise kühler, nachts und am frühen Morgen jedoch wärmer. Dementsprechend kommt es tagsüber zur Ausdehnung der Luft über Land, was letztlich auflandige Winde (Seewind) zur Folge hat. Abends und nachts herrscht eine umgekehrte Situation mit ablandigen Winden.<sup>69</sup> Da in der Nacht der Temperaturunterschied geringer ist als tagsüber, fällt die Stärke des bodennahen Landwinds jedoch deutlich geringer aus.<sup>70</sup>

An warmen und windschwachen Sommertagen kann es durch die vermehrte Verdunstung zu einer erhöhten Luftfeuchtigkeit und damit Schwüle im Seeumland kommen.

Aufgrund der Kessellage des Sees und der damit zusammenhängenden schlechten Durchlüftung ist das Bodenseebecken im Herbst und Winter für Strahlungs- und Hochnebelbildung anfällig und gilt als eine von drei Großregionen in Baden-Württemberg mit hoher Minimumtemperaturinversionshäufigkeit (über 225 Inversionswettertagen pro Jahr)<sup>71</sup>. Ausgeprägte Kaltluftkörper können über mehrere Tage in den Talniederungen lagern und sind mit Temperaturinversionen nach oben hin abgegrenzt. Ausnahmen bilden die Höhenrücken und Kuppen beispielsweise des Schiener Bergs oder des Bodanrücks, die häufig aus der Inversionsschicht herausragen.<sup>72</sup>

---

<sup>67</sup> Region Bodensee-Oberschwaben (2010): Klimafibel. Seite 21.

<sup>68</sup> LUBW: Klimaatlas. Karten mit Tagesauszählungen.

[www2.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/abt5/klimaatlas\\_bw/klima/temperatur/auszaehlungen/index.html](http://www2.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/abt5/klimaatlas_bw/klima/temperatur/auszaehlungen/index.html)

Zugriff 26. Oktober 2015

<sup>69</sup> Region Bodensee-Oberschwaben (2010): Klimafibel. Seite 16.

<sup>70</sup> Weischet (2002): Einführung in die Allgemeine Klimatologie. Seite 133.

<sup>71</sup> LUBW: Klimaatlas. Inversion. Kartenbeschreibung.

[www.2.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/abt5/klimaatlas\\_bw/inversion/beschreibung/index.html](http://www.2.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/abt5/klimaatlas_bw/inversion/beschreibung/index.html)

Zugriff 26. Oktober 2015

<sup>72</sup> Regionalverband Hochrhein-Bodensee (2007): Landschaftsrahmenplan Hochrhein-Bodensee. Seite 49.

# 5. Auswirkungen des Klimawandels für ausgewählte Schutzgüter am Beispiel der Stadt Radolfzell

## 5.1. Vulnerabilitätsanalyse

Um die Folgen des Klimawandels für Städte und die Stadtentwicklung allgemein sowie speziell für die Stadt Radolfzell am Bodensee darzustellen, wird soweit möglich auf den Ansatz der sogenannten Vulnerabilitätsanalyse zurückgegriffen. Mit Hilfe einer solchen Vulnerabilitätsanalyse kann für ein klimasensitives System – wie den Siedlungsbereich – dessen Betroffenheit anhand dreier Faktoren bestimmt werden:

- **Exposition:**  
Art, Größenordnung und Rate beziehungsweise Geschwindigkeit der Veränderung des betrachteten Klimaparameters (beispielsweise Temperatur, Niederschlagsmenge etc.).
- **Sensitivität:**  
Die systemspezifische Empfindlichkeit des betrachteten Systems gegenüber der Exposition. Die Sensitivität beschreibt, in welchem Maße ein bestehendes nicht-klimatisches System (beispielsweise der Siedlungsbereich) auf ein Klimasignal reagiert. Für komplexe Systeme wie den Siedlungsbereich kann zudem eine Unterteilung in einzelne Schutzgüter wie Gesundheit, Tourismus oder Wasser erfolgen, für die jeweils spezifische Vulnerabilitäten bestimmten werden.
- **Anpassungskapazität des betrachteten Systems:**  
Beschreibt die Fähigkeit eines Systems, sich durch Planung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen an die veränderten Bedingungen anzupassen oder die Veränderungen auch zum Vorteil nutzen zu können. Die Anpassungskapazität ist von Faktoren abhängig wie den ökonomischen Ressourcen, Know-how und Technologie, institutionellen Kapazitäten, politischem Willen etc.

Laut dem Fachgutachten für das Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung der Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels sind für das Instrument der Vulnerabilitätsanalyse sowohl konzeptionell als auch im Hinblick auf die konkrete Durchführung eine Reihe von Defiziten zu verzeichnen, die einer zuverlässigen Bestimmung vorhandener Anpassungskapazitäten und dem daraus resultierenden künftigen Handlungsbedarf zur Klimaanpassung entgegenstehen. Hierzu zählt beispielsweise die nicht hinreichende Unterscheidung zwischen Maßnahmen zur Anpassung und solchen zur Erhöhung der Anpassungskapazität<sup>73</sup>. Im Rahmen dieser Arbeit wird daher entsprechend der Vorgehensweise im Rahmen des genannten Fachgutachtens auf die Bestimmung der Anpassungskapazität verzichtet. Damit erfolgt die Bestimmung der Vulnerabilität allein durch die Darstellung von Exposition und Sensitivität. Diese beiden Variablen geben die sogenannte potenzielle Vulnerabilität wieder.

Weitere Einschränkungen in Bezug auf die Aussagefähigkeit der anzustellenden Vulnerabilitätsanalyse ergeben sich aufgrund der Datenlage. Für die Stadt Radolfzell oder andere Kommunen aus dem Landkreis Konstanz liegen den Autoren keine Daten vor, anhand derer sich eine kleinräumige Klimaentwicklung der vergangenen Jahrzehnte aufzeigen lässt. Auch Prognosewerte für

---

<sup>73</sup> Hemberger/Utz (2012): Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels. Seite 76/77

die zukünftige kleinräumige Entwicklung sind nicht verfügbar. Aus diesem Grund wird zur Bestimmung der Exposition auf Daten des Portals KlimafolgenOnline für den Landkreis Konstanz zugegriffen (siehe hierzu Kapitel 4.1). Um deren Ausprägung besser einschätzen zu können, werden die Daten zum Teil in Relation zu den Daten für das Land Baden-Württemberg gesetzt.

Entsprechend des Titels dieser Arbeit werden im Rahmen der Vulnerabilitätsanalyse neben den Schutzgütern „Grünflächen im Siedlungsbereich“ lediglich jene Schutzgüter betrachtet, für die eine Anpassung durch öffentliche Grünflächen möglich und sinnvoll ist (Schutzgüter „Gesundheit“ und „Wasser“) oder die für die Region von vergleichsweise hoher Bedeutung sind (Schutzgut „Tourismus“). Ziel ist es nicht, eine umfassende und alle betroffenen Schutzgüter beinhaltende Vulnerabilitätsanalyse zu erstellen, sondern mit Hilfe der ausgewählten Schutzgüter auf punktuelle Betroffenheiten hinzuweisen und damit das Instrument der Vulnerabilitätsanalyse und dessen Nutzen zu veranschaulichen.

Zur Bestimmung der Sensitivität der einzelnen Schutzgüter wurden folgende Indikatoren ausgemacht:

- Bevölkerungsvorausrechnung nach Altersgruppen
- Bevölkerungs- und Siedlungsdichte
- Anteil Erholungsfläche
- Anteil Erholungsfläche pro Person
- Art des Abwassersystems
- Daten zum Wirtschaftssektor Tourismus

Die verwendeten Daten stammen aus der Regionaldatenbank des statistischen Landesamts Baden-Württemberg<sup>74</sup> oder wurden von der Stadt Radolfzell zur Verfügung gestellt – unter anderem im Rahmen von Einzelgesprächen zur Bestandserfassung mit den bei der Stadt zuständigen Personen für Grünflächen und Stadtbäume. Auch die Diskussionsergebnisse der im Projekt organisierten Workshops mit Kommunen des Bodenseeraums fließen in die Betrachtungen mit ein.

Die sich daraus ergebende potentielle Vulnerabilität wird nicht wie im eingangs genannten Fachgutachten durch mathematische Formeln quantifiziert, sondern anhand qualitativer Aussagen bestimmt.

## 5.2. Schutzgut Menschliche Gesundheit

Ein unmittelbarer Zusammenhang von Klimawandel und menschlicher Gesundheit besteht in erster Linie für die Problematik des Hitzestresses und der damit zusammenhängenden Belastungen für den menschlichen Organismus. Die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg geht davon aus, dass im sogenannten „Jahrhundertsommer“ 2003 allein in Baden-Württemberg schätzungsweise 2.000 vor allem ältere und pflegebedürftige Menschen an den Folgen der Hitze gestorben sind. Die Ursachen der Todesfälle waren Herzinfarkt, Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems, der Nieren und der Atemwege sowie Stoffwechselstörungen<sup>75</sup>.

Neben diesen unmittelbaren Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit – zu denen auch ein erhöhtes Unfallrisiko in Folge der zunehmenden Unwetterereignisse gehört – kann sich der Klimawandel in vielerlei Hinsicht auch indirekt auf die menschliche Gesundheit auswirken. Problematisch sind in diesem Zusammenhang auch die zunehmende Pollen- und Luftschadstoffbelastung (Ozon) in städtischen Räumen, die ebenfalls durch höhere Durchschnitts- und Maximaltemperaturen sowie abnehmende Sommerniederschläge verursacht beziehungsweise

---

<sup>74</sup> Statistisches Landesamt Baden-Württemberg: Regionaldaten.

[www.statistik.baden-wuerttemberg.de/SRDB](http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/SRDB)

<sup>75</sup> LUBW (2012): Klimawandel in Baden-Württemberg. Seite 13.

befördert werden. Mit steigenden Durchschnittstemperaturen nimmt außerdem die Zahl und Verbreitung von Organismen zu, die Krankheiten übertragen oder hervorrufen können. So wurden 2008 in Baden-Württemberg neue Standorte der Sandmücke nachgewiesen. Die Insekten können die Leishmaniose übertragen, die bislang in Europa nur aus dem Mittelmeerraum bekannt war. Ebenfalls auf dem Vormarsch ist die Beifuß-Ambrosie, deren Pollen allergische Reaktionen auslösen.<sup>76</sup>

Im Folgenden werden unter dem Schutzgut „Gesundheit“ ausschließlich Fragen der Hitzebelastung in städtischen Räumen thematisiert. Obwohl auch die weiteren genannten Aspekte zukünftig von wachsender Bedeutung sein könnten, wird besonders für die Problematik des Hitzestresses die Notwendigkeit von Anpassungsmaßnahmen im städtischen Raum deutlich. Berechnungen des PIK haben ergeben, dass sich die Anfälligkeit der Bevölkerung in Baden-Württemberg gegenüber Wärmebelastung bis 2055 um durchschnittlich 20 Prozent erhöht. Sofern keine Anpassungsmaßnahmen getroffen werden, könnten landesweit jährlich 180 bis 400 zusätzliche hitzebedingte Todesfälle auftreten.<sup>77</sup>

### 5.2.1. Klimawandelfolgen für die menschliche Gesundheit

Zur Sicherung einer konstanten Körpertemperatur verfügt der menschliche Körper über ein autonomes Regelsystem mit Wärme- und Kälterezeptoren. Bei hoher Außentemperatur reagiert der Körper mit Erweiterung der Blutgefäße und Schwitzen. Wichtigster Wärmeaustauscher ist dabei die Haut: Die Wärmeabgabe erfolgt trocken über Wärmeabstrahlung und Wärmeleitung oder feucht via Verdunstung des Schweißes. Bei großer Hitze, das heißt geringem Unterschied zwischen Körpertemperatur und Außentemperatur, sinkt die Fähigkeit der direkten Wärmeabgabe über die Haut, weshalb der Temperaturengleich nun vor allem über die Schweißproduktion erfolgt.<sup>78</sup> Wird das Wärmeregulationssystem des Körpers wegen zu hoher Außentemperaturen überlastet, kommt es zu Gesundheitsstörungen, von denen grundsätzlich alle Altersgruppen betroffen sind. Besonders bei älteren Personen sind jedoch Herz, Kreislauf und der Wasserhaushalt schnell überfordert, weshalb Blutdruck, Herz- und Atemfrequenz steigen. Dehydrierung, Hyperthermie, Ermattung, Bewusstlosigkeit, Hitzekrämpfe und Hitzschlag können Konsequenzen dieser gestörten Wärmeregulation sein.<sup>79</sup> Da das Wärmeregulationssystem eine relative hohe Priorität im Körper einnimmt und deshalb bei Hitzestress andere Systeme vernachlässigt werden, geht ein Großteil der durch Hitze verursachten Krankheiten und Todesfälle jedoch nicht auf unmittelbar durch die Wärmebelastung ausgelöste Krankheiten, sondern auf indirekt durch das Versagen anderer Systeme wie beispielsweise dem Herz-Kreislauf-System verursachte Symptome zurück.<sup>80</sup>

Der gesamte Hitzestress, der sowohl am Tag als auch in der Nacht einwirkt, bestimmt das Risiko für die hitzebedingte Mortalität der Bevölkerung. Epidemiologische Untersuchungen haben gezeigt, dass bereits eine Abweichung um plus ein Grad Celsius von jenem Temperaturbereich des regionalen Mortalitätsminimums die Mortalität um ein bis sechs Prozent erhöht<sup>81</sup>. Der Wärmehaushalt des Menschen wird jedoch nicht nur durch die Lufttemperatur, sondern vielmehr vom Zusammenwirken unterschiedlicher Faktoren wie der Lufttemperatur, der Windgeschwindigkeit, dem Wasserdampfdruck oder der mittleren Strahlungstemperatur beeinflusst<sup>82</sup>. Untersuchungen des Deutschen Wetterdienstes haben ergeben, dass die gefühlte Temperatur unter warm-sonnigen, feuchten und windschwachen sommerlichen Bedingungen viel schneller steigt als die Lufttemperatur.

---

<sup>76</sup> LUBW (2012): Klimawandel in Baden-Württemberg. Seite 13

<sup>77</sup> PIK (2005): KLARA. Seite 47.

<sup>78</sup> Schweizerische Eidgenossenschaft (2007): Schutz bei Hitzewelle. Seite 2.

<sup>79</sup> Ebd. Seite 2.

<sup>80</sup> PIK (2005): KLARA. Seite 50.

<sup>81</sup> Robert Koch Institut (2010): Klimawandel und Gesundheit. Ein Sachstandsbericht. Seite 94.

<sup>82</sup> PIK (2005): KLARA. Seite 50.

Bei angenehmen, milden und trockenen Bedingungen mit mäßigem Wind kann sie umgekehrt unter die Lufttemperatur absinken.<sup>83</sup> Besonders belastend sind sogenannte Schwületage, an denen Temperatur und Luftfeuchtigkeit so hoch sind, dass die Umgebung keine weitere Feuchtigkeit mehr aufnehmen kann und der Schweiß ohne den kühlenden Verdunstungseffekt am Körper herunterrinnt. Auch eine plötzlich auftretende Hitzewelle im Frühjahr oder Frühsommer wird insbesondere von Risikogruppen – wie zum Beispiel Seniorinnen und Senioren oder chronisch kranken Personen, die sich nicht schnell an die geänderten Bedingungen anpassen können – als belastend empfunden. Vor allem das Fehlen der nächtlichen Abkühlung, in der sich der Körper erholen kann, wirkt dabei stark belastend.<sup>84</sup>

## 5.2.2. Exposition

Als Expositionsmaß kommt zunächst die Außenlufttemperatur in Frage, wobei sowohl Tagesmittelwerte als auch Tagesmaxima verwendet werden können. Für Baden-Württemberg und den Landkreis Konstanz zeigen die Simulationsergebnisse eine deutliche Temperaturzunahme bis 2100 um bis zu 4,2 beziehungsweise sogar um bis zu 4,5 Grad Celsius. Für den Landkreis Konstanz ist jedoch für den gesamten Zeitraum eine höhere Mitteltemperatur zu beobachten und auch die Temperaturzunahme fällt absolut betrachtet höher aus als für Baden-Württemberg insgesamt.

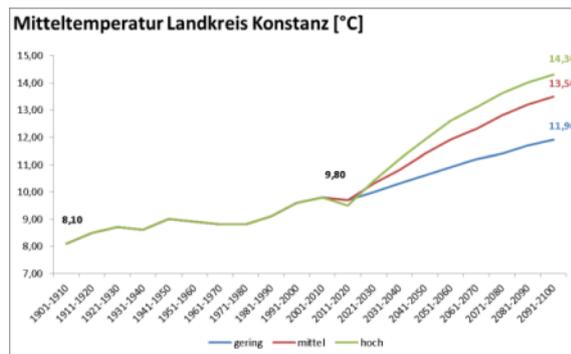


Abb. 11 Mitteltemperatur Landkreis Konstanz [°C]



Abb. 12 Mitteltemperatur Baden-Württemberg [°C]

<sup>83</sup> Deutscher Wetterdienst: Gefühlte Temperatur, Schwüle und Wind.

[www.deutscher-wetterdienst.de/lexikon/download.php?file=Gefuehlte-Temperatur.pdf](http://www.deutscher-wetterdienst.de/lexikon/download.php?file=Gefuehlte-Temperatur.pdf)

Zugriff: 10. August 2015

<sup>84</sup> Stadt Wien (o.J.): Wiener Hitzeratgeber. Seite 5.

Trotz der höheren Mitteltemperatur ist für den Landkreis Konstanz eine im Vergleich zum Landesmittel deutlich geringere Anzahl heißer Tage und auch eine geringere Andauer der jährlich längsten Hitzeperiode<sup>85</sup> zu beobachten. Auch die Anzahl der Schwületage, die als besonders belastend gelten, liegt deutlich unter dem Landeswert. Diese Werte deuten zunächst auf eine vergleichsweise geringe Gesundheitsbelastung durch Hitzestress für den Landkreis Konstanz hin.

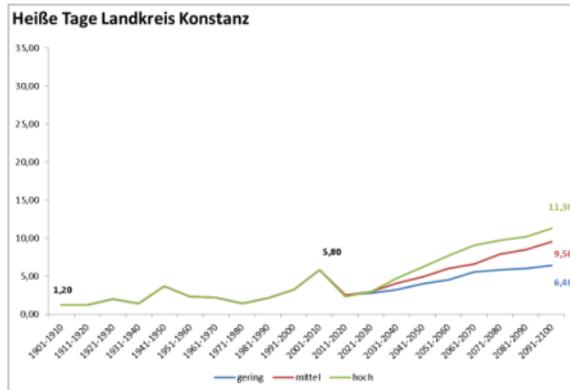


Abb. 13 Heiße Tage Landkreis Konstanz



Abb. 14 Heiße Tage Baden-Württemberg

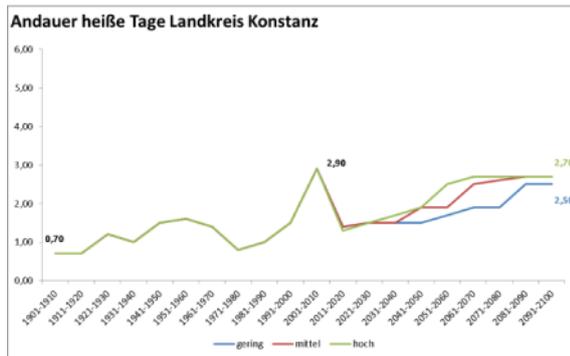


Abb. 15 Andauer heiße Tage Landkreis Konstanz



Abb. 16 Andauer heiße Tage Baden-Württemberg

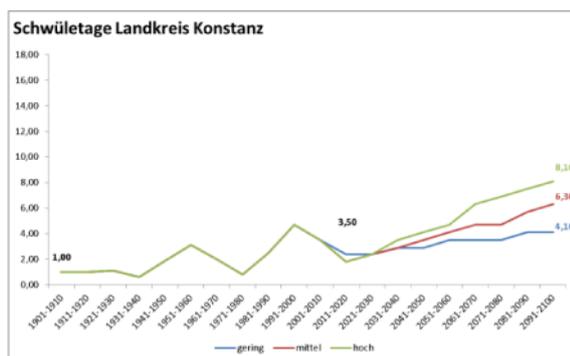


Abb. 17 Schwületage Landkreis Konstanz



Abb. 18 Schwületage Baden-Württemberg

<sup>85</sup> Es gibt keine allgemein gültige Definition des Begriffs Hitzewelle/Hitzeperiode. Gemeint ist eine Phase, in der an aufeinanderfolgenden Tagen vergleichsweise hohe Temperaturen erreicht werden – hier mindestens 30 Grad Celsius.

Dies ist zunächst insofern überraschend, dass nicht nur die jährliche, sondern auch die sommerliche Mitteltemperatur im Landkreis Konstanz über der des Landes liegt und auch die Werte für die sommerlichen Maximaltemperaturen im Landkreis Konstanz nur geringfügig unter denen des Landes liegen.

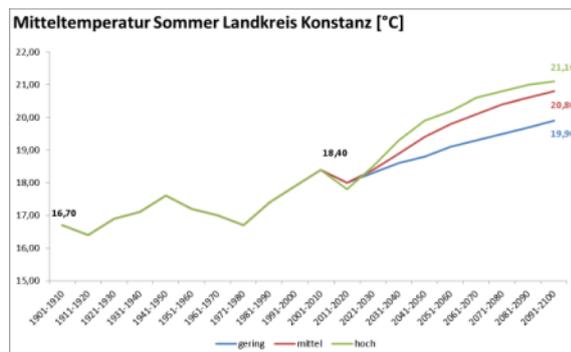


Abb. 19 Mitteltemperatur Sommer Landkreis Konstanz [°C]

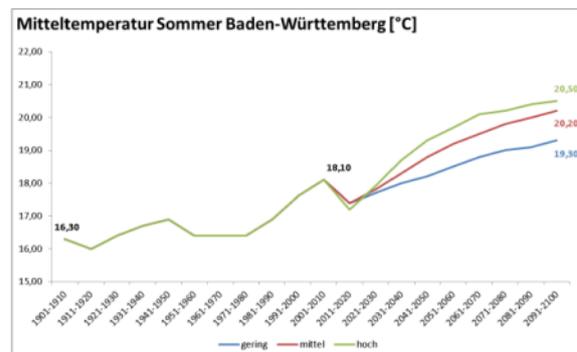


Abb. 20 Mitteltemperatur Sommer Baden-Württemberg [°C]

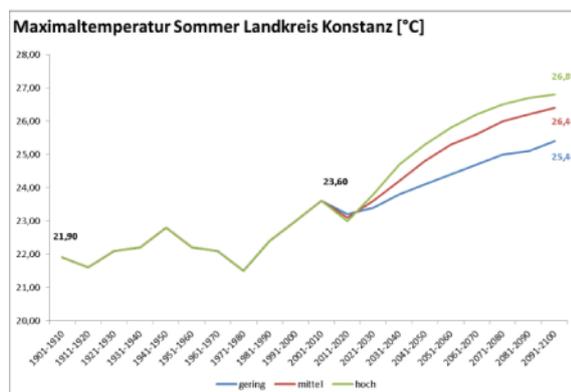


Abb. 21 Maximaltemperatur Sommer Landkreis Konstanz [°C]

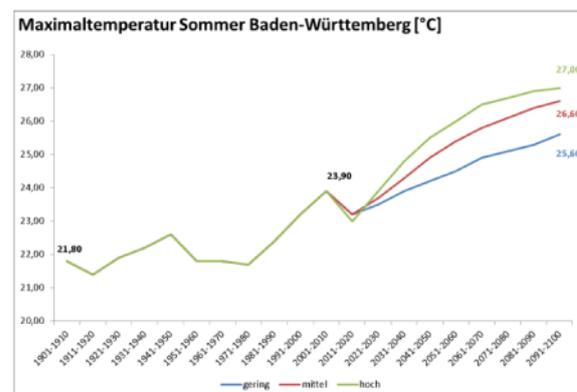


Abb. 22 Maximaltemperatur Sommer Baden-Württemberg [°C]

Ein Blick auf die durchschnittlichen Minimumtemperaturen lässt jedoch darauf schließen, dass die nächtliche Abkühlung im Landkreis Konstanz deutlich unter dem Landesmittel bleibt – insgesamt also die Temperaturspanne geringer ausfällt. Dies könnte unter anderem durch den Einfluss des Bodensees erklärbar sein (siehe hierzu Kapitel 4.6). Trotz der vergleichsweise geringen Anzahl heißer Tage könnte sich somit auch im Landkreis Konstanz eine verstärkte Hitzebelastung aufgrund einer verminderten nächtlichen Abkühlung ergeben. Eine genauere Analyse anhand weiterer Klimaparameter wie beispielsweise der Anzahl der Tropennächte wäre also für eine abschließende Bewertung notwendig, kann jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht geleistet werden.

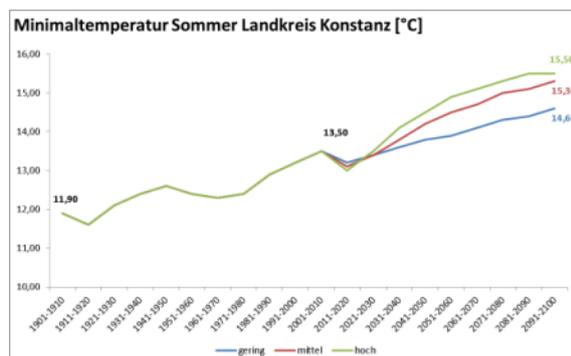


Abb. 23 Minimaltemperatur Sommer Landkreis Konstanz [°C]

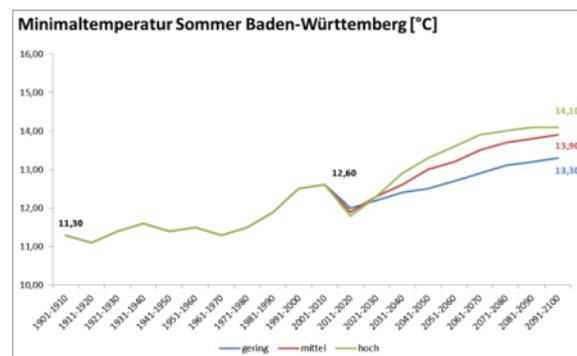


Abb. 24 Minimaltemperatur Sommer Baden-Württemberg [°C]

Unabhängig der Vergleichswerte kann festgehalten werden, dass auch im Landkreis Konstanz für alle Klimaparameter eine deutliche Erhöhung festzustellen ist. Diese dürfte für die im Rahmen dieser Arbeit relevanten Verdichtungsräume nochmals höher ausfallen und damit deutlich über dem Landesmittel liegen (vergleiche hierzu Kapitel 4.5).

### 5.2.3. Sensitivität

Die Sensitivität gegenüber zunehmender Hitze ist im Einzelfall von einer Vielzahl unterschiedlicher Faktoren abhängig. Zu den aufgrund ihrer körperlichen Disposition besonders gefährdeten Personengruppen zählen beispielsweise ältere und pflegebedürftige Menschen, Kinder, Menschen mit bekannten Störungen der Hitzeanpassung, Menschen mit Vorerkrankungen wie Diabetes mellitus, Herz- und Kreislauferkrankungen oder Demenz, andere chronisch Kranke, Menschen, die Medikamente einnehmen, welche Einfluss auf das Herz-Kreislauf-System und den Flüssigkeitshaushalt des Körpers haben sowie Menschen mit einem hohen Alkohol- und/oder Kaffeekonsum.<sup>86</sup> Neben der körperlichen Disposition wird die Sensitivität zudem auch von äußeren Faktoren wie beispielsweise einer schwer zu kühlenden beziehungsweise zu belüftende Wohn- und/oder Arbeitsumgebung oder dem persönlichem Verhalten (anstrengende körperliche Tätigkeiten im Freien etc.) beeinflusst.

Entsprechend dem Fachgutachten für das Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung der Klimawandelanpassungsstrategie des Landes Baden-Württemberg<sup>87</sup> werden zur Vulnerabilitätsermittlung die Sensitivitäts-Indikatoren, Anzahl der „Über-75-jährigen“, Anzahl der „Unter-fünf-jährigen“ sowie „Siedlungsdichte“ herangezogen<sup>88</sup>.

#### 5.2.3.1. Altersstruktur

Von besonderer Relevanz sind Veränderungen im Bereich „Hitze“ für die Bevölkerungsgruppe der „Über-75-jährigen“. Eine höhere Hitzebelastung bedeutet mit zunehmendem Lebensalter ein erhöhtes Sterberisiko, da der Körper immer weniger dazu in der Lage ist, die Körpertemperatur und damit verbundene Vitalfunktionen ausreichend zu regeln. Als besonders gefährdet gelten die „Über-75-jährigen“ in der Regel auch deshalb, weil ab diesem Alter eine Häufung der körperlichen Einschränkungen und Erkrankungen auftritt, die über reine Alterserscheinungen hinausgeht.<sup>89</sup>

Auch Kleinkinder weisen aufgrund begrenzter Fähigkeiten zur Regulation der Körpertemperatur ein erhöhtes Risiko für Gesundheitsschäden bei höherer Wärmebelastung auf. Dieses Risiko bezieht sich auf physiologische Vorgänge, die bei höherer Hitzebelastung die Mortalität erhöhen, aber auch schon bei geringerer Belastung zu gesundheitlichen Beschwerden führen. Vorrangig geht es hier um Dehydrierung, Hyperthermie, Unwohlsein sowie die Gefahr eines Nierenversagens.<sup>90</sup>

Die Bevölkerungsvorausrechnung des Landesamts für Statistik Baden-Württemberg reicht bis ins Jahr 2030 und deckt sich damit nicht mit dem Zeithorizont für die dargestellten Klimadaten (1901-2100). Einschränkend ist außerdem hinzuzufügen, dass die Bevölkerungsvorausrechnung

---

<sup>86</sup> Landeszentrum Gesundheit Nordrhein-Westfalen: Gesundheitliche Auswirkungen von Hitze. [www.hitze.nrw.de/fuer\\_alle/index.html](http://www.hitze.nrw.de/fuer_alle/index.html). Zugriff 12. August 2015.

<sup>87</sup> Hemberger/Utz (2013): Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels. Seiten 100-105.

<sup>88</sup> In anderen Arbeiten wird zur Bestimmung der Sensitivität auch auf andere Altersstufen wie beispielsweise den Anteil der „Über-60-jährigen“ oder der „Über-65-jährigen“ zurückgegriffen und speziell auf die besondere Vulnerabilität von Säuglingen hingewiesen. Bspw.: Umweltbundesamt (2015): Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Seite 603-634 oder Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2011): Handbuch Stadtklima. Seiten 18/19.

<sup>89</sup> Hemberger/Utz (2013): Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels. Seiten 99/100.

<sup>90</sup> Ebd. Seiten 104/105.

Wanderungsbewegungen zwar berücksichtigt, sich aber aufgrund der derzeit bestehenden großen Unsicherheit im Hinblick auf die Anzahl von zugewanderten Flüchtlingen unvorhersehbare Folgen für die Bevölkerungsentwicklung ergeben könnten.

Obwohl absolut betrachtet für alle Bezugsgrößen mit Ausnahme der Stadt Konstanz die Bevölkerungszahlen insgesamt sinken, ist eine wachsende Zahl der „Über-75-jährigen“ festzustellen. Dementsprechend ist für alle Bezugsgrößen eine deutliche Erhöhung des prozentualen Anteils der „Über-75-jährigen“ an der Gesamtbevölkerung bis 2030 zu erkennen. In Radolfzell fällt dieser Anteil am deutlichsten aus: Im Vergleich zu 2012 erhöht sich hier der Anteil der „Über-75-jährigen“ von 9,71 auf 14,79 Prozent.

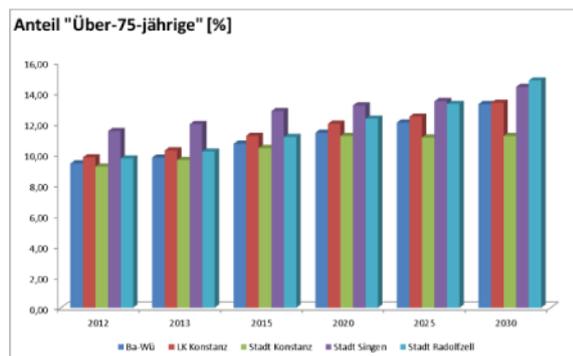


Abb. 25 Anteil „Über-75-jährige“ [%]<sup>91</sup>

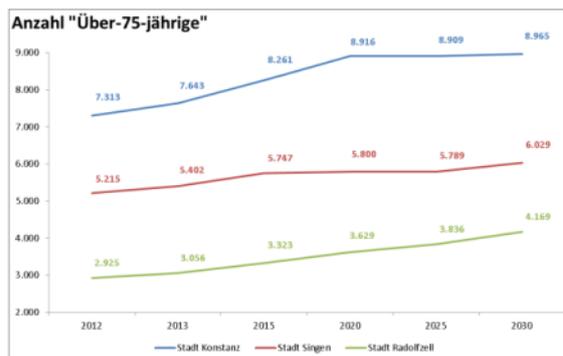


Abb. 26 Anzahl „Über-75-jährige“<sup>92</sup>

In umgekehrter Reihenfolge stellt sich die Situation bei den „Unter-fünf-jährigen“ dar. Hier wird absolut betrachtet für alle Bezugsgrößen ein Rückgang der „Unter-fünf-jährigen“ bis 2030 vorausgerechnet. Für die Stadt Konstanz ist allerdings festzustellen, dass die Zahl der „Unter-fünf-jährigen“ bis 2025 zunächst kontinuierlich zunimmt und erst 2030 eine rückläufige Tendenz erkennbar wird – die absoluten Zahlen liegen 2030 jedoch immer noch über dem Ausgangswert von 2012 (+813 Personen). Dementsprechend nimmt auch der Anteil der „Unter-fünf-Jährigen“ in Konstanz zu – im Jahr 2025 liegt dieser bei 5,97 Prozent, was 1,97 Prozent mehr als noch im Jahr 2012 sind – wohingegen für alle anderen Bezugsgrößen bis 2030 eine, wenn auch gering rückläufige Tendenz erkennbar wird: Diese liegt zwischen 0,19 (Landkreis Konstanz) und 0,52 Prozent (Stadt Singen).

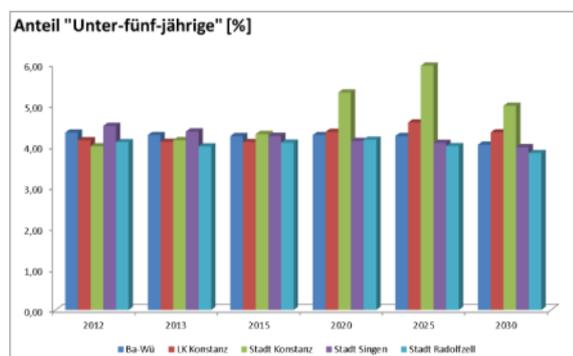


Abb. 27 Anteil „Unter-fünf-jährige“ [%]<sup>93</sup>

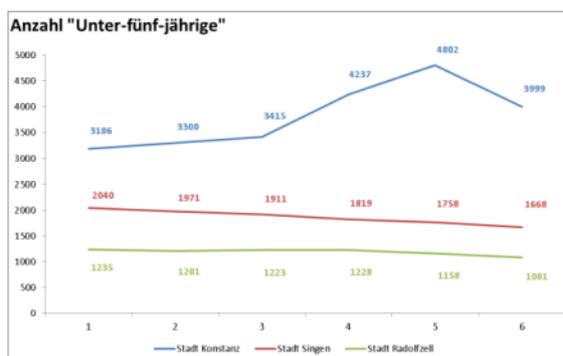


Abb. 28 Anzahl „Unter-fünf-jährige“<sup>94</sup>

<sup>91</sup> Eigene Darstellung nach: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg: Regionaldaten.

[www.statistik.baden-wuerttemberg.de/SRDB](http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/SRDB)

Zugriff 4. August 2015

<sup>92</sup> Ebd.

<sup>93</sup> Ebd.

<sup>94</sup> Ebd..

### 5.2.3.2. Siedlungsdichte und Anteil Erholungsfläche

Der Indikator „Siedlungsdichte“ zeigt an, wie viele Menschen auf einem Quadratkilometer Siedlungsfläche wohnen, wobei ein unmittelbarer Zusammenhang mit der baulichen Dichte der Kommune besteht. Es ist davon auszugehen, dass je höher die Dichte, desto höher auch die Hitzebelastung infolge des urbanen Hitzeinseleffekts und umso höher die potenzielle Vulnerabilität<sup>95</sup>.

Umgekehrt kann ein hoher Grünflächenanteil in Kommunen auch zur Reduzierung von Hitzebelastungen beitragen, beispielsweise durch die Frischluftversorgung aus dem Stadtumland, Verschattung durch Stadtbäume oder Verdunstungskühle auf größeren Grünflächen (siehe hierzu Kapitel 3.3). Zur Darstellung des Grünflächenanteils wird auf die Flächenkategorie „Erholungsfläche“ zurückgegriffen und mit der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Relation gesetzt. Erholungsfläche meint Flächen, die vorherrschend dem Sport, der Erholung oder dazu dienen, Tiere oder Pflanzen zu zeigen (bauliche Anlagen wie beispielsweise Nebenanlagen wie Kioske, Gartenhäuser oder Umkleideräume werden dabei nicht gesondert ausgewiesen).

Obwohl die Siedlungsdichte der Städte Konstanz, Radolfzell und Singen in 2013 alle über dem Landesmittel liegen, scheint gerade für Stadt Konstanz eine besondere Situation vorzuliegen. Konstanz weist mit 4.833 Einwohner pro Quadratkilometer Siedlungs- und Verkehrsfläche nicht nur im Vergleich zu Radolfzell und Singen eine deutlich höhere Siedlungsdichte auf, sondern wird diesbezüglich auch im Vergleich mit den fünf größten Kommunen in Baden-Württemberg nur von der Landeshauptstadt Stuttgart übertroffen.

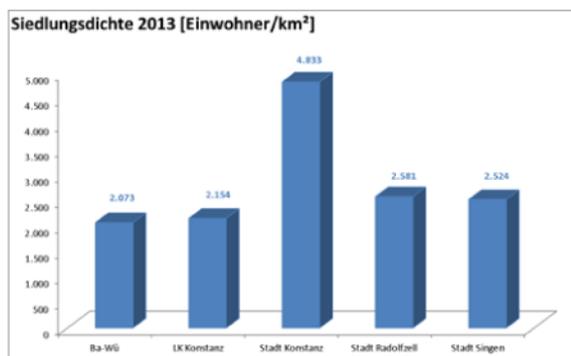


Abb. 29 Siedlungsdichte 2013 [Einwohner/km²]<sup>96</sup>

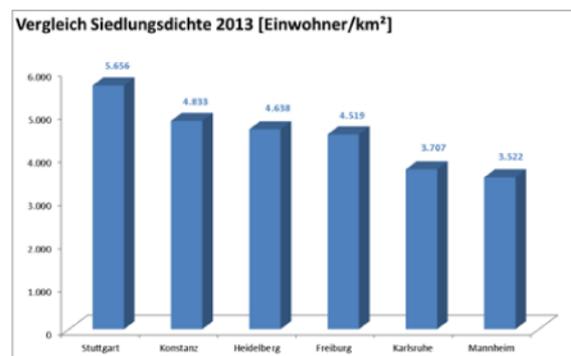


Abb. 30 Vergleich Siedlungsdichte 2013 [Einwohner/km²]<sup>97</sup>

<sup>95</sup> Hemberger/Utz (2013): Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels. Seiten 100.

<sup>96</sup> Eigene Darstellung nach: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg: Regionaldaten.

[www.statistik.baden-wuerttemberg.de/SRDB](http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/SRDB)

Zugriff 4. August 2015

<sup>97</sup> Ebd.

Zwar verfügt Konstanz umgekehrt über den größten Anteil an Erholungsfläche bezogen auf die Siedlungs- und Verkehrsfläche, diese Spitzenposition relativiert sich jedoch, betrachtet man die Erholungsfläche pro Einwohner: Auch hier liegt Konstanz mit großem Abstand am unteren Ende des Spektrums. Bei beiden Werten über dem Landesdurchschnitt liegt hingegen die Stadt Radolfzell.

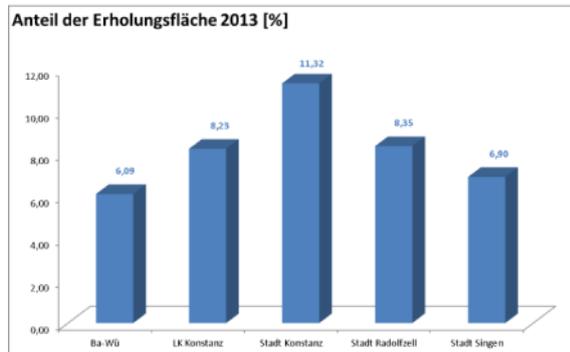


Abb. 31 Anteil der Erholungsfläche 2013 [%]<sup>98</sup>

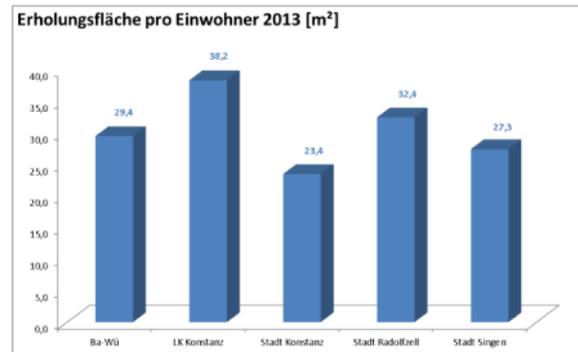


Abb. 32 Erholungsfläche pro Einwohner 2013 [m<sup>2</sup>]<sup>99</sup>

Für die direkt am Bodenseeufer liegenden Kommunen muss bei der Betrachtung des Grünflächenanteils allerdings erwähnt werden, dass Uferbereiche zum Teil unmittelbar an hoch verdichtete Innenstadtbereiche angrenzen und diese Wasserflächen wie auch die Grünflächen vor allem am Tag mit positiven Auswirkungen für das Bioklima verbunden sind (siehe hierzu Kapitel 4.6).

#### 5.2.4. Potentielle Vulnerabilität

Eine eindeutige Aussage bezüglich der potentiellen Vulnerabilität ist aufgrund der dargestellten Daten nur eingeschränkt möglich. Dennoch bietet die Analyse erste Hinweise auf mögliche Problemstellungen.

Für den gesamten Landkreis Konstanz ist mit einer im Landesvergleich eher geringeren Belastung durch Hitze- und Schwületage sowie durch Hitzewellen zu rechnen. Für alle genannten Klimaparameter sind eine geringere Anzahl bezüglich der absoluten Werte festzustellen und auch die relative Zunahme fällt geringer aus als für Baden-Württemberg insgesamt. Für den Landkreis Konstanz scheinen also auf den ersten Blick vergleichsweise günstige Bedingungen in puncto Hitzebelastung vorzuliegen.

Da die Durchschnittstemperaturen im Landkreis über denen des Landes liegen, ist dies zunächst überraschend, wird jedoch mit Blick auf die Temperaturmaxima beziehungsweise -minima erklärbar. Für den Landkreis Konstanz wurden für beide Parameter vergleichsweise geringe beziehungsweise höhere Werte berechnet, es liegt also eine insgesamt geringere Temperaturspanne vor. Die Tatsache, dass die Minimaltemperaturen im Landkreis deutlich über denen des Landes liegen, könnte jedoch auch darauf hinweisen, dass der nächtliche Abkühlungseffekt weniger stark ausfällt und die Hitzebelastung gerade in hoch verdichteten Räumen zunimmt (Thema Hitzeinsel, nächtliche Abkühlung und Tropennächte).

Davon unabhängig wird jedoch auch für den Landkreis Konstanz eine deutliche Erhöhung von Hitzetagen vorhergesagt, die zwar vergleichsweise geringer ausfällt, aber dennoch eine erhöhte Belastungssituation bedeutet.

<sup>98</sup> Ebd.

<sup>99</sup> Ebd.

Diese könnte sich dadurch zusätzlich erhöhen, dass alle betrachteten Kommunen im Landkreis vergleichsweise hohe Werte in Bezug auf die Siedlungsdichte aufweisen. Gerade für Konstanz kann auf einen hoch verdichteten Raum geschlossen werden. Auch die Erholungsfläche pro Einwohner weist im Vergleich zu Radolfzell und Singen einen in Sachen Hitzebelastung ungünstigen Wert auf. Für die Stadt Konstanz deutet somit einiges auf eine vergleichsweise hohe Ausprägung des Hitzeinseleffekts hin. Gerade in Hitzeperioden mit überdurchschnittlich warmen Nächten könnte dies in Kombination mit den ohnehin vergleichsweise hohen Minimaltemperaturen zu einer hohen Belastung führen.

Betrachtet man die Bevölkerungsentwicklung für die als besonders sensibel gelten Bevölkerungsgruppen ist für Konstanz zudem ein vergleichsweise hoher Anteil der „Unter-fünf-jährigen“ für Radolfzell und Singen hingegen ein überdurchschnittlich hoher Anteil der „Über-75-jährigen“ festzustellen.

Obwohl auf den ersten Blick also eine geringe Belastungssituation festzustellen ist, liefert die Vulnerabilitätsanalyse für alle betrachteten Kommunen auch Hinweise auf Risikofaktoren in Sachen Hitzebelastung. Um diese zu spezifizieren sollten auch kleinräumige Analysen innerhalb der Kommunen durchgeführt werden. Denn selbst wenn alle relevanten Faktoren eher auf eine geringe Betroffenheit hinweisen, kann eine solche für einzelne Stadtteile, Quartiere oder Gebäude dennoch vorliegen. Beispielsweise wenn Altenheime oder Kindergärten in hoch verdichten und schlecht durchlüfteten Bereichen liegen.

### 5.3. Schutzgut Siedlungsentwässerung

Auch die Wasserwirtschaft wird in Zukunft verstärkt von den Folgen des Klimawandels betroffen sein, denn die Veränderungen der Niederschlags- und der Temperaturmuster wirken sich auch auf die Trinkwasserver- und die Abwasserentsorgung aus.

So ist davon auszugehen, dass mit der Klimaerwärmung der Bedarf an Trinkwasser sowie der Bewässerungsbedarf in Kommunen zunehmen werden. Da sich die jährlichen Niederschlagsmengen in naher Zukunft (2021-2050) voraussichtlich wenig ändern, werden jedoch nur geringe Abweichungen bei der durchschnittlichen jährlichen Grundwasserneubildung erwartet.<sup>100</sup> Wahrscheinliche Bedarfsspitzen während besonders heißer Phasen in den Sommermonaten sollten daher auch in Zukunft abgedeckt werden können. Von größerer Problematik könnten die Auswirkungen von Hitzeperioden somit für die Qualität des Trinkwassers sein. Denn bei einer Wassertemperatur zwischen 15 und 25 Grad bewirkt schon eine Temperaturerhöhung um bis zu drei Grad Celsius eine wesentliche Vermehrung hygienisch relevanter Bakterien, wodurch die Gefahr der Wiederverkeimung in den Verteilerleitungen steigt<sup>101</sup>.

Auch für das Abwassersystem können höhere Temperaturen vor allem in Kombination mit sinkenden Sommerniederschlägen zu Problemen führen beispielsweise durch vermehrte Bildung von Methan und Schwefelwasserstoff durch Fäulnisvorgänge und somit erhöhter Geruchsbelastung, verstärkter Korrosion und sicherheitstechnischer Gefahren. Probleme für den Bereich der Siedlungsentwässerung sind jedoch vor allem durch die Zunahme kurzer, aber heftiger Niederschlagsereignisse zu erwarten. Diese können zu Überlastungen der Kanalisation führen und somit zu Rückstau und Überflutungen durch überlaufende Kanäle.

---

<sup>100</sup> LUBW (2012): Klimawandel in Baden-Württemberg. Fakten – Folgen – Perspektiven. Seite 18.

<sup>101</sup> Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2011): Handbuch Stadtklima. S. 44.

Im Folgenden werden exemplarisch die Auswirkungen des Klimawandels auf den Bereich der Siedlungsentwässerung beschrieben, da hier von einer vergleichsweise höheren Betroffenheit ausgegangen wird und sich zudem Anpassungsmaßnahmen durch Maßnahmen im Bereich des Siedlungsgrüns ergeben.

### 5.3.1. Klimawandelfolgen für die Siedlungsentwässerung

Folgen des Klimawandels für das Schutzgut „Siedlungsentwässerung“ ergeben sich in zweierlei Hinsicht: Einerseits können Starkregenereignisse und Dauerregen zu einer Überlastung des Kanalsystems führen, wohingegen sommerliche Trockenperioden eher für eine zu geringe Auslastung sorgen.

Bei einer Zunahme von extremen, kleinräumigen Starkregenereignissen – also Regen mit einer im Verhältnis zur Dauer hohen Niederschlagsintensität, der zudem selten und nur für kurze Zeit auftritt – ist auch mit einer steigenden Gefahr von lokal begrenzten Überschwemmungen im Siedlungsbereich zu rechnen. Diese können durch kleinere Gewässer verursacht werden, deren Einzugsgebiet bei einem Starkregenereignis komplett überregnet wird und dadurch innerhalb kürzester Zeit ein erheblicher Anstieg des Abflusses auftritt oder durch Oberflächenabfluss aufgrund einer Überlastung des Entwässerungssystems<sup>102</sup>.

Entwässerungssysteme werden in der Regel so dimensioniert, dass sie das Überstau- und Überflutungsrisiko auf ein vertretbares Maß begrenzen und sind oftmals empfindlich gegenüber kurzfristigen Extremniederschlägen. Im Falle von Starkregenereignissen kann es zu Überflutungen von Straßen, anderer Verkehrsflächen, Kellern und tieferliegenden baulichen Anlagen wie Tiefgaragen, Unterführungen und Tunneln kommen.<sup>103</sup> Durch das Überlaufen von Mischwasserkanalsystemen, bei denen Regen- und Abwasser gleichzeitig transportiert werden, kann es auch zu hygienischen und gesundheitlichen Belastungen von Flächen, Böden und urbanen Gewässern durch Krankheitserreger, Keime, Medikamentenrückständen und andere Chemikalien kommen.<sup>104</sup>

Nicht nur Starkregenereignisse, sondern auch die prognostizierten niederschlagsreicheren Wintermonate können in Gebieten mit hohem Grundwasserstand oder in abgesunkenen Gebieten, beispielsweise in Bergsenken, zu Problemen und erhöhten Aufwendungen für die Siedlungsentwässerung sowie den Gebäudebestand führen.

Weniger Niederschlag im Sommer und sinkender Wasserverbrauch der Bevölkerung führen andererseits dazu, dass das Abwasser längere Verweilzeiten bei geringeren Fließgeschwindigkeiten in den Kanalnetzen hat und sich Essensreste und andere Sedimente ablagern können. Wenn die Ablagerungen zu lange im Kanalnetz verbleiben, kommt es besonders bei hohen Lufttemperaturen zu Fäulnisprozessen, wodurch Methan und Schwefelwasserstoff entstehen. Schwefelwasserstoff kann nicht nur zu starker Geruchsbelastung aus der Kanalisation führen, sondern, wenn sich Schwefelwasserstoff in Schwefelsäure verwandelt, auch die Betonrohre angreifen und beschädigen.<sup>105</sup>

---

<sup>102</sup> Wieprecht (2013): Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels. Seite 49.

<sup>103</sup> LUBW: Klimawandel und Anpassung. Siedlungsentwässerung.

[www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/239898/](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/239898/)

Zugriff 5. November 2015.

<sup>104</sup> Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2011): Handbuch Stadtklima. S. 12.

<sup>105</sup> LUBW: Klimawandel und Anpassung. Siedlungsentwässerung.

[www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/239898/](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/239898/)

Zugriff 5. November 2015.

Problematisch sind zudem Phasen, in denen beide Wetterextreme in kurzer Abfolge zueinander auftreten. Längere regenfreie Perioden trocknen die obere Bodenschicht frei liegender oder nur mit dünner Vegetation bewachsener Böden stark aus. Folgt auf eine solche Trockenphase ein Starkregenereignis, kann der Boden das Regenwasser nicht mehr aufnehmen und es fließt oberflächlich ab. Dadurch können die im Zusammenhang mit der Überlastung des Kanalsystems beschriebenen Auswirkungen verstärkt werden. Außerdem ist mit einer erhöhten Gefahr von Bodenerosion zu rechnen, was speziell an Hanglagen zu größeren Schäden führen kann.

### 5.3.2. Exposition

Wichtige Klimafaktoren für den Wasserhaushalt sind insbesondere der Niederschlag und die Lufttemperatur.

Die allgemein erwartete Temperaturzunahme im Winter hat beispielsweise Einfluss auf die Zwischenspeicherung von Niederschlag als Schnee und damit auch auf die zukünftig zu erwartenden Abflüsse. Bereits heute ist festzustellen, dass sich die mittleren Schneeverhältnisse insbesondere in den Lagen unterhalb von 1.000 Metern verschlechtert haben.<sup>106</sup> Sowohl für den Landkreis Konstanz als auch das Land Baden-Württemberg sind für die winterliche Mitteltemperatur als auch die Anzahl der Schneetage ähnliche Entwicklungen zu beobachten, wenn auch im Falle der Schneetage auf unterschiedlichem Niveau. Bei den Mitteltemperaturen wird eine Zunahme von 2,4 bis 4,3 Grad Celsius im Vergleich der Dekaden 2001-2010 und 2091-2100 vorherberechnet. Dies übertrifft sowohl die vorherberechneten Zunahmen für die jährliche Mitteltemperatur als auch die sommerliche Mitteltemperatur. Dementsprechend ist auch ein Rückgang der Schneetage mit mindestens zehn Zentimetern Schneehöhe um bis zu 90 Prozent möglich. Die Wahrscheinlichkeit für winterliche Niederschläge in Form von Regen statt Schnee nimmt also deutlich zu.

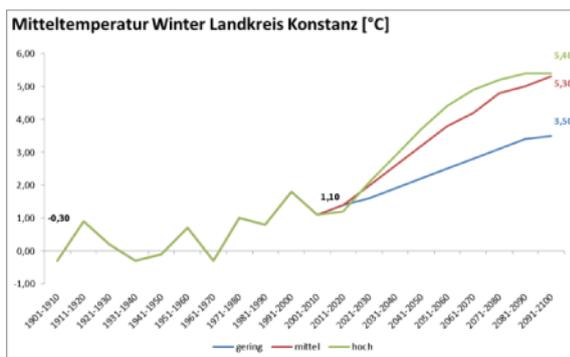


Abb. 33 Mitteltemperatur Winter Landkreis Konstanz [°C]

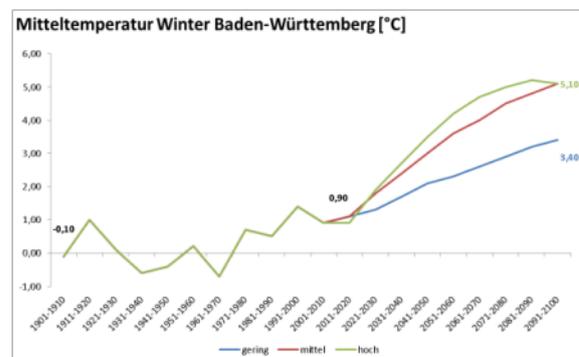


Abb. 34 Mitteltemperatur Winter Baden-Württemberg [°C]

<sup>106</sup> LUBW: Klimawandel und Anpassung. Wirksame Klimafaktoren. [www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/239892/](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/239892/) Zugriff 5. November 2015

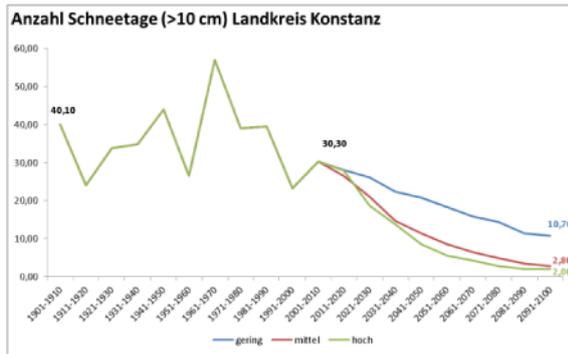


Abb. 35 Anzahl Schneetage (> 10 cm) Landkreis Konstanz

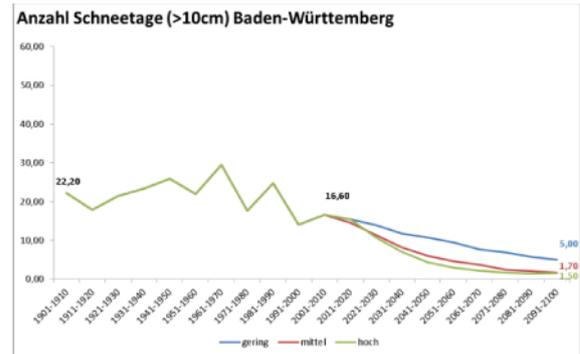


Abb. 36 Anzahl Schneetage (> 10 cm) Baden-Württemberg

Die Temperaturzunahme im Sommer insbesondere die Vervielfachung der Zahl der heißen Tage hat wiederum Auswirkungen auf die Verdunstung. Nach der allgemeinen Erkenntnislage ist davon auszugehen, dass ein wärmeres Klima (global) zu höheren atmosphärischen Feuchtegehalten (da warme Luft besser Feuchtigkeit aufnehmen kann als kalte: Mit jedem Grad Celsius Lufterwärmung kann die Luft circa sieben Prozent mehr Wasserdampf speichern<sup>107</sup>) und damit zu intensiveren Niederschlagsereignissen führt.<sup>108</sup>

Wie bereits für das Schutzgut „Gesundheit“ erläutert, ist für die dargestellten Parameter eine deutliche Zunahme zu erwarten. Ob und wie häufig es lokal zu Starkregenereignissen kommt, kann daraus jedoch nicht abgeleitet werden, da deren Entstehung auch von großräumigen Wetterlagen abhängig ist. Die Erhöhung beider Werte spricht jedoch dafür, dass Starkregenereignisse insgesamt zunehmen.

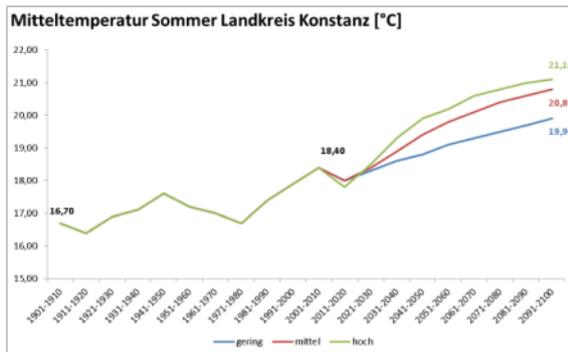


Abb. 37 Mitteltemperatur Sommer Landkreis Konstanz [°C]

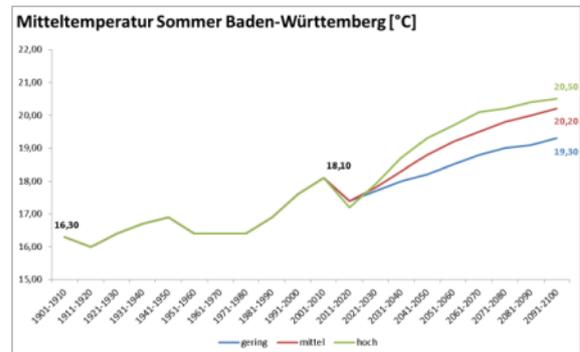


Abb. 38 Mitteltemperatur Sommer Baden-Württemberg [°C]

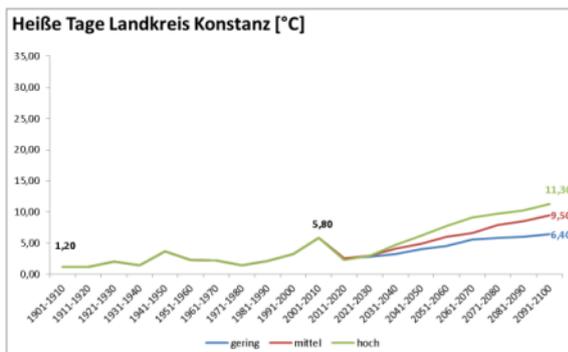


Abb. 39 Heiße Tage Landkreis Konstanz [°C]

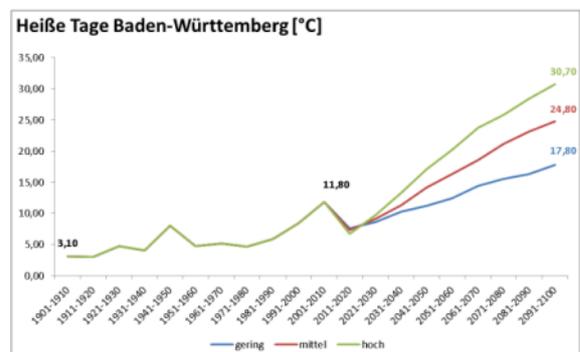


Abb. 40 Heiße Tage Baden-Württemberg [°C]

<sup>107</sup> Regionalverband FrankfurtRheinMain (2011): Kommunen im Klimawandel. Seiten 10/11.

<sup>108</sup> LUBW: Klimawandel und Anpassung. Wirksame Klimafaktoren.

[www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/239892/](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/239892/)

Zugriff 5. November 2015

Vorbehaltlich der in Kapitel 4.1 erwähnten Unsicherheiten in Bezug auf die Entwicklung der Niederschlagsparameter geht die LUBW davon aus, dass für Baden-Württemberg die Niederschlagsmenge in den Sommermonaten<sup>109</sup> eher ab und in den Wintermonaten<sup>110</sup> eher zunehmen wird. Dies spiegelt sich auch in den Berechnungen des PIK für Baden-Württemberg und den Landkreis Konstanz wieder, wobei im Vergleich der Dekaden 2001-2010 und 2091-2100 die sommerliche Abnahme (Landkreis Konstanz: -21 bis -42 Prozent) deutlich über der winterlichen Zunahme (Landkreis Konstanz: +13 bis +23 Prozent) liegt.

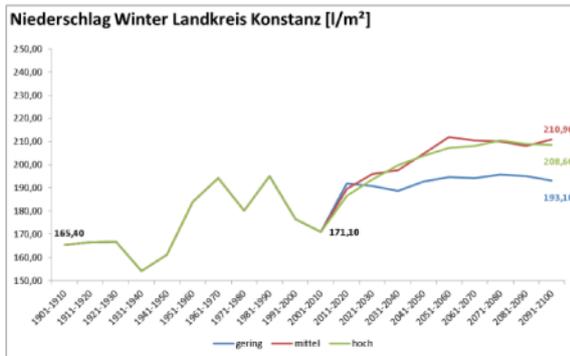


Abb. 41 Niederschlag Winter Landkreis Konstanz [l/m²]

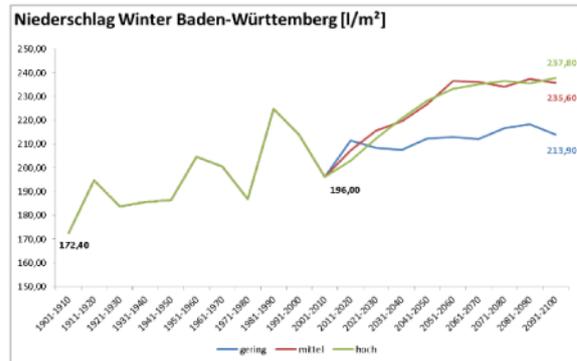


Abb. 42 Niederschlag Winter Baden-Württemberg [l/m²]

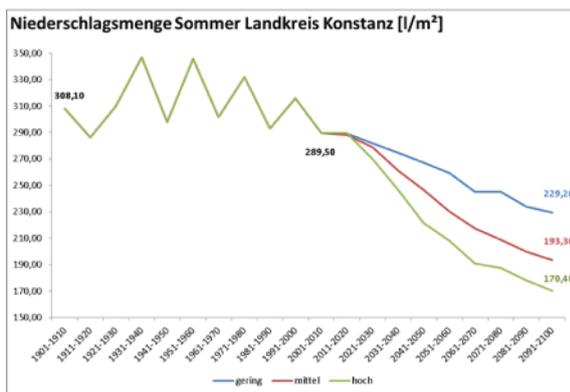


Abb. 43 Niederschlagsmenge Sommer Landkreis Konstanz [l/m²]

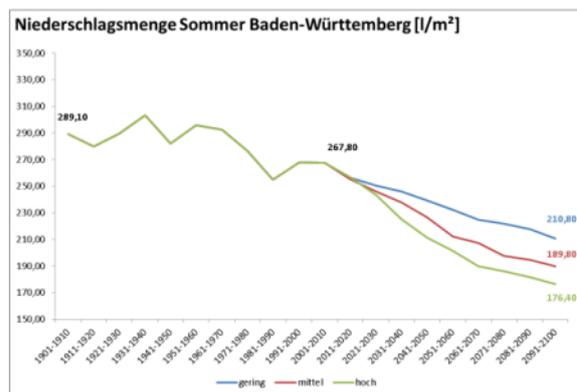


Abb. 44 Niederschlagsmenge Sommer Baden-Württemberg [l/m²]

<sup>109</sup> LUBW (2013): Zukünftige Klimaentwicklung in Baden-Württemberg. Kurzfassung, Seite 27.

<sup>110</sup> Ebd. Seite 24.

Über das Jahr hinweg ist zudem eine deutliche Zunahme von Tagen ohne Niederschlag zu verzeichnen. Tage ohne Niederschlag Landkreis Konstanz

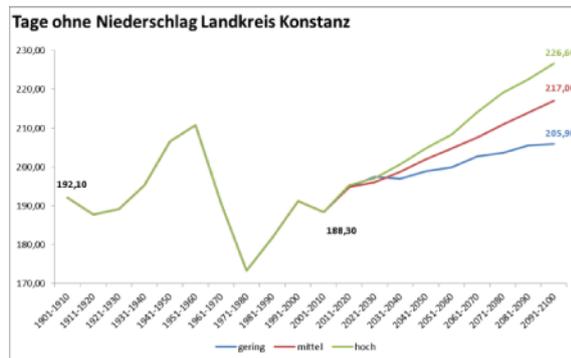


Abb. 45 Tage ohne Niederschlag Landkreis Konstanz

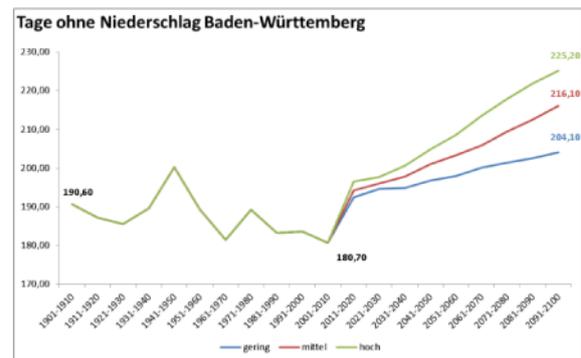


Abb. 46 Tage ohne Niederschlag Baden-Württemberg

### 5.3.3. Sensitivität

Durch eine Verschärfung der Hochwassergefahr und die Zunahme von Starkniederschlägen sind kommunale Infrastruktureinrichtungen aller Art betroffen. Hierzu zählen beispielsweise Verkehrsverbindungen, Wasser- und Energieversorgungseinrichtungen, Abwasserentsorgungsinfrastrukturen aber auch historische Gebäude oder öffentliche Parkanlagen. Auch in privaten Haushalten sowie Industriebetrieben können erhebliche Hochwasserschäden entstehen. Bei mangelnder Vorsorge – wenn beispielsweise Öltanks oder andere Lager nicht ausreichend gesichert sind – kann es zudem zur Freisetzung umweltgefährdender Stoffe kommen.

Oft sind es einzelne kritische Engstellen, an denen ein Überstau der Kanalisation und infolge dessen eine Überflutung eintreten kann. Die Gefahr ist dabei umso höher, je größer der Anteil vollständig versiegelter Flächen und je steiler das Gelände im Einzugsgebiet ist. Problematisch ist hierbei oftmals der Einfluss von Außengebieten, also von nicht befestigten Flächen in der Umgebung, von denen Abflüsse aufgrund des Gefälles in Gräben oder durch wild abfließendes Wasser in das Siedlungsgebiet gelangen. Weitere Faktoren hängen stark mit der baulichen Gestaltung des Einzugsgebiets ab: Eine hohe Bordsteinkante kann bei Überstau Schäden verhindern, während tiefliegende Öffnungen (zum Beispiel Kellereingänge, Lichtschächte oder Garageneinfahrten) grundsätzlich das Risiko erhöhen.<sup>111</sup>

Besonders anfällig gegenüber Starkregen- und Hochwasserereignissen und einer damit verbundenen Überlastung des Kanalsystems sind zudem Kommunen mit Mischwasserkanalsystemen – also Abwassersystemen in denen Regen- und Abwasser gleichzeitig transportiert werden. Hier kann es nicht nur zu Schäden an öffentlicher oder privater Infrastruktur durch Überflutungen kommen, sondern auch zu hygienischen und gesundheitlichen Belastungen von Flächen, Böden und urbanen Gewässern durch Krankheitserreger, Keime, Medikamentenrückstände und andere Chemikalien. Diese Risiken sind in Kommunen mit Trennkanalisation, dass heißt mit separater Regenwasserabführung, geringer einzustufen.<sup>112</sup>

Speziell bei Mischsystemen können sinkende Sommerniederschläge in Kombination mit dem sinkenden Wasserverbrauch der Bevölkerung zu vermehrten Ablagerungen in den Kanälen führen und somit die Bildung von Methan und Schwefelwasserstoff durch Fäulnisvorgänge in den Sedimenten

<sup>111</sup> LUBW: Klimawandel und Anpassung. Siedlungsentwässerung.

[www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/239898/](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/239898/)

Zugriff 5. November 2015.

<sup>112</sup> Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2011): Handbuch Stadtklima. Seite 12.

befördern.<sup>113</sup> Da diese Prozesse durch höhere Lufttemperaturen zusätzlich befördert werden, sind besonders jene Kanalabschnitte betroffen, die unter stark versiegelten und wenig beschatteten Flächen liegen und somit einer zusätzlichen Hitzebelastung ausgesetzt sind.

Neben diesen allgemeinen Aussagen zur Sensitivität des Abwassersystems bezüglich der prognostizierten Klimaveränderungen lassen sich aufgrund deren kleinräumiger Folgen für die Städte Radolfzell, Singen und Konstanz nur wenige spezifische Aussagen treffen. Auf Grund seiner Größe ist der Bodensee ein eher träges System, das Extremereignisse wie außerordentlich heftige Sommerniederschläge oder eine starke Schneeschmelze ausgleichen kann. Dadurch kommt es in der Bodenseeregion durch offene Gewässer selten zu Hochwasser. Treffen allerdings mehrere ungünstige Faktoren zeitlich aufeinander, was saisonbedingt insbesondere zwischen Mai und September vorkommen kann, kann es auch in der Bodenseeregion zu Hochwasserereignissen mit erheblichem Schadenspotential kommen. So verursachte das sogenannte „Jahrhunderthochwasser“ 1999 (Mai bis Juli) allein in Baden-Württemberg mit seinen 155 Kilometern Bodenseeufer geschätzte Schäden in Höhe von etwa 40 Millionen Euro. Besonders heikel sind großräumige Starkniederschläge, wie sie vor allem bei typischen Staulagen im Gebiet der Alpen und Voralpen auftreten können. Sind die Böden bereits durchnässt und führen die alpinen Zuflüsse wegen der Schneeschmelze ohnehin viel Wasser, drohen bei hohem Ausgangsniveau des Bodensees Überschwemmungen.<sup>114</sup>

Kurzzeitige Starkniederschläge können auch in der Bodenseeregion auftreten und im Extremfall zu einer kurzfristigen Überlastung der Kanalsysteme führen. Hier gilt es für jede einzelne Kommune zu prüfen, wo besonders sensible Punkte an Hanglagen und/oder in stark versiegelten Bereichen liegen. Als Indikator kann hier zunächst die Siedlungsdichte herangezogen werden. Diese gibt nicht nur Hinweise auf den Versiegelungsgrad und somit den Oberflächenabfluss in den Kommunen, sondern auch auf die Zahl der durch eine Überflutung in Folge eines Starkregenereignisses betroffenen Personen und Sachgegenstände. Besonders Konstanz mit seiner auch im Vergleich zu den fünf größten Städten in Baden-Württemberg hohen Siedlungsdichte scheint eine hohe Sensitivität aufzuweisen. Wie bereits erwähnt sind es jedoch häufig einzelne besonders kritische Engstellen, an denen Überflutungen auftreten, so dass die Siedlungsdichte nur einen schwachen Indikator darstellt.

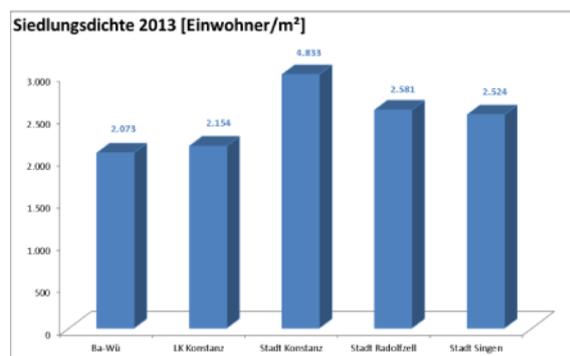


Abb. 47 Siedlungsdichte 2013 [Einwohner/m²]<sup>115</sup>

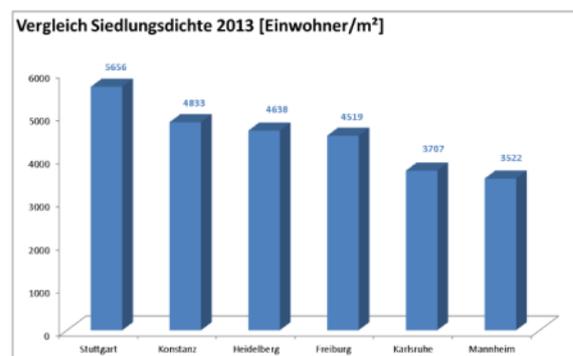


Abb. 48 Vergleich Siedlungsdichte 2013 [Einwohner/m²]<sup>116</sup>

<sup>113</sup> LUBW: Klimawandel und Anpassung. Siedlungsentwässerung.

[www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/239898/](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/239898/)

Zugriff 10. November 2015.

<sup>114</sup> LUBW (2011): Länderübergreifende Wasserstandsvorhersage für den Bodensee. Seite 2.

<sup>115</sup> Eigene Darstellung nach: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg: Regionaldaten.

[www.statistik.baden-wuerttemberg.de/SRDB](http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/SRDB)

Zugriff 4. August 2015.

<sup>116</sup> Ebd.

### 5.3.4. Vulnerabilität

Grundsätzlich scheint für die Siedlungsentwässerung in der Bodenseeregion eher eine Anfälligkeit gegenüber Starkregen- als klassischen Hochwasserereignissen vorzuliegen. Letztere sind aufgrund der ausgleichenden Wirkung des Bodensees eher selten, können wie im Jahr 1999 aber dennoch auftreten. In Bezug auf eine Erhöhung der Starkniederschläge kann hingegen für die Zukunft mit einer weiteren Zunahme und somit auch häufigeren Schadensereignissen gerechnet werden. Für hoch verdichtete Siedlungsbereiche ist diesbezüglich aufgrund des hohen Versiegelungsgrades und der vorhandenen Konzentration von öffentlichen Infrastruktureinrichtungen und privaten Vermögenswerten von einer höheren Vulnerabilität auszugehen als in ländlichen Regionen. Besonders für die Stadt Konstanz könnte in der Zukunft die Summe der durch Starkregenereignisse verursachten Schadensfälle zunehmen. Allerdings sind allgemeine Aussagen nur bedingt möglich, da es auch in Kommunen mit geringer Siedlungsdichte in Bereichen, an denen eine Reihe ungünstiger Faktoren wie Hanglage, hoher Versiegelungsgrad und das Vorhandensein sensibler Einrichtungen zusammentreffen, zu wiederholten Schadensfällen kommen kann. Hinzu kommt, dass in allen Kommunen die Abwasserentsorgung zumindest zum Teil noch durch ein gemischtes Abwassersystem erfolgt. Während dies in Radolfzell nur für die weniger verdichteten Ortsteile zu trifft, sind in Singen und Konstanz auch die Innenstadtbereiche betroffen.

## 5.4. Schutzgut Tourismus

Nicht immer ist nur mit negativen Auswirkungen des Klimawandels für die Kommunen zu rechnen. Gerade für die Bodenseeregion ist auf Grund der zu erwartenden Klimaveränderungen davon auszugehen, dass ihre Attraktivität als Tourismusregion zunimmt. Der Klimawandel spielt hierbei nicht die einzige aber durchaus eine wichtige Rolle. Das Klima zählt neben der geographischen Lage, der Topographie, dem Landschaftsbild, der Vegetation und der Tierwelt zu den natürlichen Faktoren des ursprünglichen Angebots einer Tourismusregion. Verregnete Sommer oder schneearme Winter lassen Touristen ausbleiben und sorgen für Umsatzeinbußen bei Hotels, Gaststätten oder Freibädern.

Schlechte Aussichten ergeben sich allerdings vorerst nur für den Wintertourismus. Zwar nehmen die winterlichen Niederschläge tendenziell zu, allerdings fallen diese aufgrund der gestiegenen Temperaturen auch in höheren Lagen seltener als Schnee. Bereits heute ist festzustellen, dass sich die mittleren Schneeverhältnisse, insbesondere in den Lagen unterhalb 1.000 Meter über dem Meeresspiegel, verschlechtern.<sup>117</sup> Die Tourismusbranche steht hier vor der Herausforderung neue Angebote, Reiseanlässe und Urlaubsaktivitäten zu präsentieren. Weitere negative Klimafolgen für den Tourismus können sich auch durch höhere Schäden an der touristischen Infrastruktur beispielsweise durch Sturmereignisse auf Campingplätzen oder die Lahmlegung wichtiger Verkehrswege durch Überflutungen ergeben.

Da für die Bodenseeregion der Winter- beziehungsweise Skitourismus nur eine untergeordnete Rolle spielt, werden im Folgenden nur die Klimawandelfolgen für den erweiterten Sommertourismus dargestellt.

---

<sup>117</sup> LUBW: Klimawandel und Anpassung. Wirksame Klimafaktoren.  
[www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/239892/](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/239892/)  
Zugriff 5. November 2015

## 5.4.1. Klimawandelfolgen für den Tourismus

Durch die allgemein zu erwartende Temperaturerhöhung im Frühjahr und Herbst verlängert sich die Outdoor-Saison. Außerdem ist aufgrund der rückläufigen Niederschlagswerte mit einem insgesamt stabileren Sommerwetter zu rechnen. Von den wärmeren und niederschlagsärmeren Sommern könnte vor allem der Bade- aber auch der Rad-, Wander- und Naturtourismus in landschaftlich attraktiven Regionen profitieren. Auch die Planungssicherheit bei landschaftsbezogenen Veranstaltungen (beispielsweise Open-Air-Konzerte, Märkte etc.) nimmt zu.

Aber nicht nur das Klima vor Ort könnte sich auf die Entwicklung des Tourismus in der Bodenseeregion auswirken, sondern auch die Klimaveränderungen in potentiellen „Konkurrenzregionen“. So könnte eine weitere Temperaturerhöhung im Mittelmeerraum kühlere Regionen touristisch attraktiver werden lassen. Und aufgrund des Effekts der städtischen Wärmeinsel sowie hoher Ozon- und Feinstaubbelastungen und der dadurch beeinträchtigten Aufenthaltsqualität vor allem in Großstädten könnten ländliche oder Seeregionen zunehmend auch von „städtischer Landflucht“ profitieren. Sowohl die Klimaveränderungen in der Bodenseeregion als auch in den südlicheren Urlaubsregionen rund um das Mittelmeer scheinen sich also zukünftig positiv auf die Attraktivität der Bodenseeregion auszuwirken.

Der Klimawandel ist für Naherholung und Tourismus jedoch auch mit Risiken verbunden, da extreme Wetterereignisse zu Nutzungseinschränkungen von freiraumbezogenen Naherholungsaktivitäten führen. So kann sich eine Hitzewelle durchaus auch negativ auf den Rad- und Wandertourismus auswirken, da die thermische Belastung vor allem für ältere Menschen unter derartigen Wetterbedingungen sehr hoch ist. In Gewässern, die für Freizeitaktivitäten genutzt werden, könne längere Trockenperioden mit hohen Temperaturen zu verminderten Wasserständen und -qualitäten führen und damit wassergebundene Freizeitaktivitäten beeinträchtigen.<sup>118</sup>

## 5.4.2. Exposition

Die entscheidenden Klimaparameter für das Schutzgut Tourismus sind die Temperatur- sowie die Niederschlagsentwicklung. Wie bereits erwähnt, steigen die Mitteltemperaturen insgesamt, was sich auch an den Werten für das Frühjahr und den Herbst ablesen lässt. Die wärmeren Temperaturen zu diesen Jahreszeiten ermöglichen bereits zu einem früheren Zeitpunkt die für den Tourismus in der Bodenseeregion wichtigen Outdoor-Aktivitäten wie Baden, Radfahren oder Wandern.

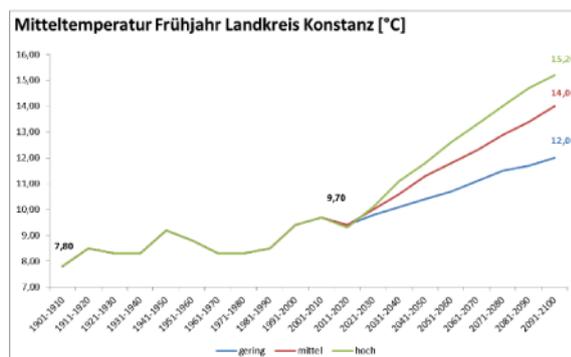


Abb. 49 Mitteltemperatur Frühjahr Landkreis Konstanz [°C]

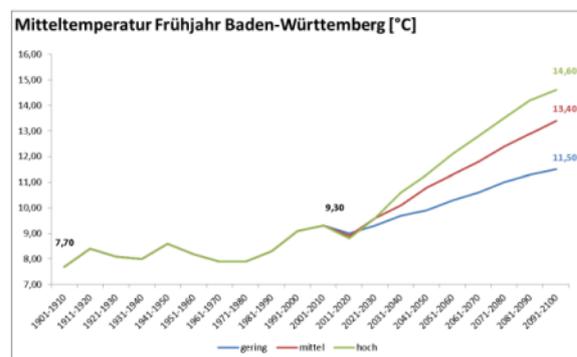


Abb. 50 Mitteltemperatur Frühjahr Baden-Württemberg [°C]

<sup>118</sup> Stadt Syke (2012): Verantwortlich Handeln im Klimawandel. Seiten 41/42.

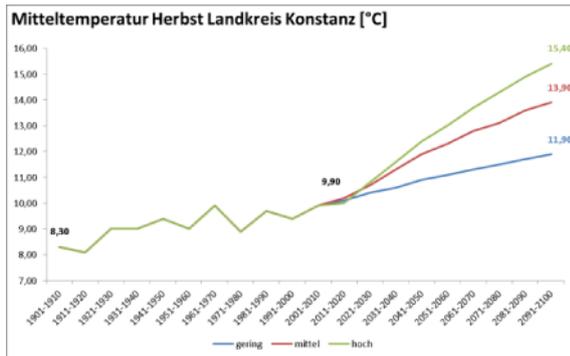


Abb. 51 Mitteltemperatur Herbst Landkreis Konstanz [°C]

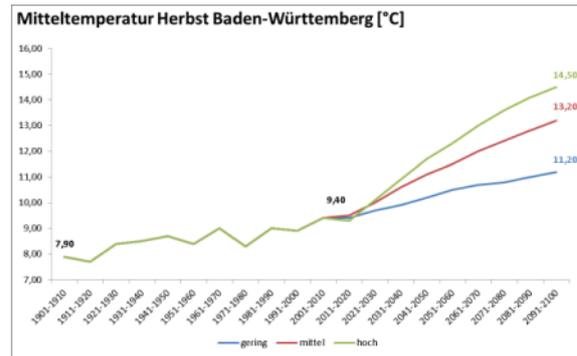


Abb. 52 Mitteltemperatur Herbst Baden-Württemberg [°C]

Auch der Rückgang der sommerlichen Niederschlagsmengen wurde bereits thematisiert und spielt im Zusammenhang mit dem Schutzgut Tourismus ebenfalls eine wichtige Rolle. Dieser Rückgang spiegelt sich auch in der Zunahme der Anzahl der Tage ohne Niederschlag wieder. Gerade dieser Wert dürfte als Rahmenbedingung für den Rad-, Wander- und Naturtourismus von entscheidender Bedeutung sein. Bis 2100 ist hier eine Erhöhung zwischen 17,6 und 38,3 Tagen also um mehr als einen Monat zusätzlicher regenfreier Tage möglich.

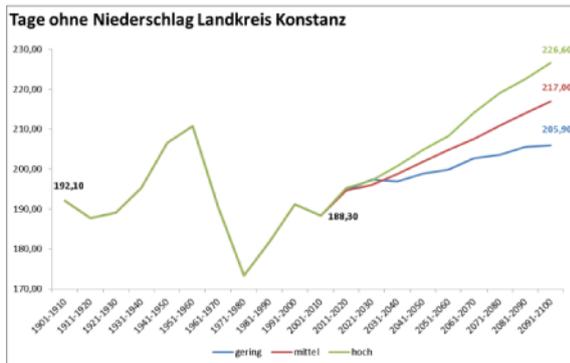


Abb. 53 Tage ohne Niederschlag Landkreis Konstanz



Abb. 54 Tage ohne Niederschlag Baden-Württemberg

Auch die Anzahl der zukünftigen Badetage dürfte sich unmittelbar auf den Tourismus in der Bodenseeregion auswirken. Als potentieller Badetag an Binnengewässern gelten Tage, an denen die tägliche Maximaltemperatur über 23 Grad Celsius liegt, der mittlere Bewölkungsgrad kleiner als dreiachtel ist und die Sonnenscheindauer mindestens neun Stunden beträgt.<sup>119</sup> Für den Landkreis Konstanz ist bis zum Jahr 2100 bestenfalls eine Verdopplung der jährlichen Badetage im Vergleich zur Dekade 2001-2010 möglich.

<sup>119</sup> PIK: KlimafolgenOnline. Badetage  
[www.klimafolgenonline.com/](http://www.klimafolgenonline.com/)  
 Zugriff 13. November 2015

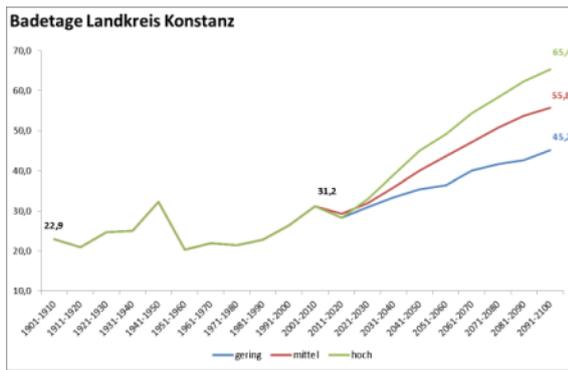


Abb. 55 Badetage Landkreis Konstanz

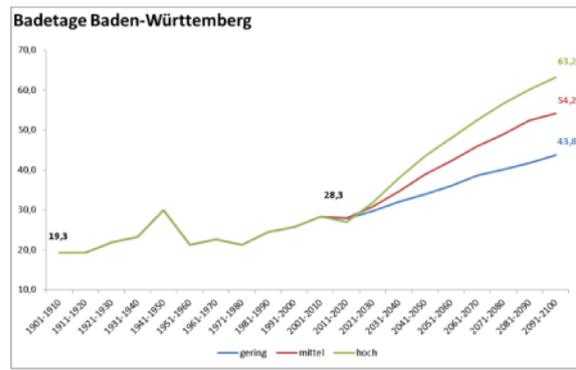


Abb. 56 Badetage Baden-Württemberg

### 5.4.3. Sensitivität

Der Bodensee ist als Tourismusregion international bekannt und circa 88 Prozent der Deutschen Bevölkerung waren bereits einmal dort. Dementsprechend verläuft auch die Entwicklung der touristischen Nachfrage überdurchschnittlich gut: von 1997 bis 2011 konnte die Zahl der Übernachtungen am deutschen Bodenseeufer um 37 Prozent gesteigert werden. Die Bodenseeregion ist aber nicht nur für Übernachtungsgäste interessant, sondern zieht jährlich alleine in den Landkreisen Konstanz und im Bodenseekreis knapp 20 Millionen Tagesausflügler an. Insgesamt wird mit circa 32 Millionen Tagesgästen in der engeren Bodenseeregion gerechnet. Für die Region stellt der Tourismus damit einen wichtigen Wirtschaftsfaktor dar: Jährlich werden circa 1,8 Milliarden Euro umgesetzt, wobei Übernachtungs- wie Tagesgäste etwa jeweils zur Hälfte zum touristischen Umsatz beitragen.<sup>120</sup>

Diese positive Bewertung und Entwicklung lässt sich auch für den Landkreis Konstanz aufzeigen. Der Vergleich der Wirtschaftsdaten aus dem Jahr 2013 zeigt, dass im Landkreis Konstanz im Vergleich zur Gesamtbetrachtung für Baden-Württemberg ein höherer Anteil an Unternehmen und Beschäftigten dem Gastgewerbe zuzurechnen sind und dass der Anteil der von diesen Unternehmen erwirtschafteten Umsätze am Gesamtumsatz der in Baden-Württemberg existierenden Unternehmen mehr als doppelt so hoch ist.

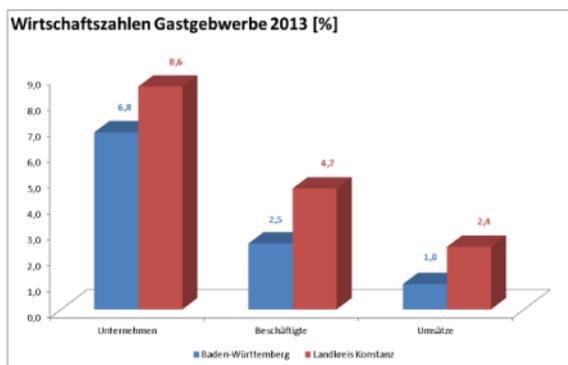


Abb. 57 Wirtschaftszahlen Gastgewerbe 2013 [%]<sup>121</sup>

<sup>120</sup> Internationale Bodensee Tourismus GmbH (o.J.): Positionierung der Tourismusregion Internationaler Bodensee zur Optimierung des Destinationsmanagements. Seite 6.

<sup>121</sup> Eigene Darstellung nach: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg: Regionaldaten.

[www.statistik.baden-wuerttemberg.de/SRDB](http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/SRDB)

Zugriff 4. August 2015.

Auch was die Übernachtungen pro Einwohner betrifft liegt der Landkreis Konstanz deutlich über dem Landesmittel. Gerade die beiden unmittelbar am Bodensee gelegenen Städte Konstanz und Radolfzell weisen vergleichsweise hohe Werte auf. Die Industriestadt Singen hingegen, die einige Kilometer vom See entfernt liegt, fällt hierbei deutlich hinter die genannten Kommunen aber auch den Landesschnitt zurück.

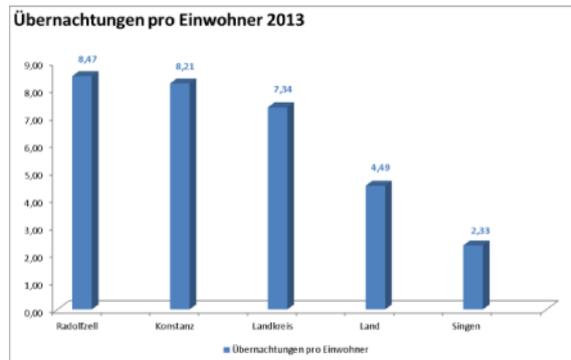


Abb. 58 Übernachtungen pro Einwohner 2013<sup>122</sup>

Betrachtet man die Zahlen der Übernachtungen pro Jahr seit 1984 für die Städte Konstanz und Radolfzell, wird deutlich, dass der Tourismus nicht nur einen wichtigen Wirtschaftsfaktor darstellt, sondern auch hohe Wachstumsraten verbucht. Im Vergleich zur eingangs erwähnten Zunahme der Übernachtungszahlen für die gesamte Bodenseeregion im Zeitraum zwischen 1997 und 2011 (37 Prozent) liegen die Werte für Konstanz und Radolfzell mit rund 170 (Konstanz) beziehungsweise 64 Prozent deutlich darüber.

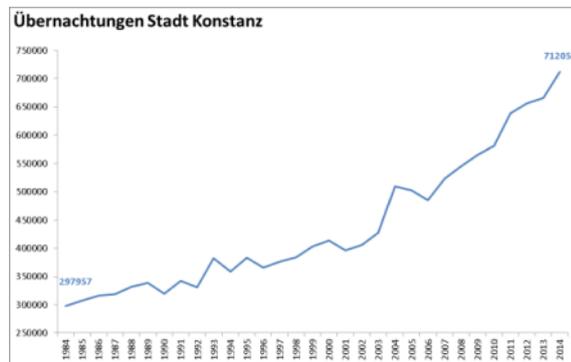


Abb. 59 Übernachtungen Stadt Konstanz<sup>123</sup>

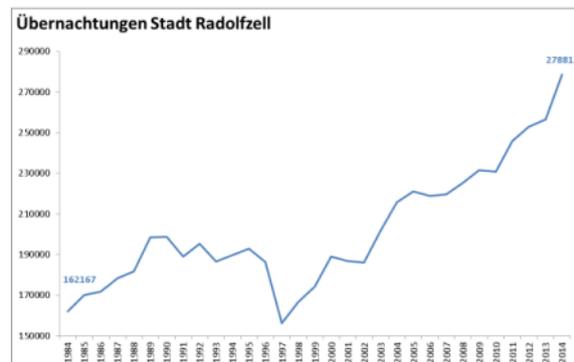


Abb. 60 Übernachtungen Stadt Radolfzell<sup>124</sup>

Eine vertiefende Betrachtung zu möglichen Indikatoren wie der verfügbaren Bettenzahl oder dem ÖPNV-Angebot kann an dieser Stelle nicht geleistet werden. Allerdings gilt es noch zu erwähnen, dass auch die Ausstattung einer Kommune mit innerstädtischen Grünflächen einen wichtigen Beitrag zu ihrer Attraktivität in Sachen Tourismus leistet. Einerseits spielen innerstädtische Grünanlagen durch das wachsende Bedürfnis nach Erholung, Gesundheit, Langsamkeit und Authentizität eine zunehmend wichtige Rolle. Sie fungieren als Ort für Erholung und Entspannung sowie für Spaziergänge und Fahrradrundfahrten. Ihr Besuch während einer Städtereise wird dadurch immer wahrscheinlicher, da sie die Bedürfnisse des modernen Städtetouristen ansprechen.<sup>125</sup> Andererseits können Grünanlagen, auch

<sup>122</sup> Eigene Darstellung nach: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg: Regionaldaten.

[www.statistik.baden-wuerttemberg.de/SRDB](http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/SRDB)

Zugriff 4. August 2015..

<sup>123</sup> Ebd.

<sup>124</sup> Ebd.

<sup>125</sup> Laura Wilczek (2014): Die Bedeutung von Grünanlagen für naturnahe Angebote im Städtetourismus unter genauer Betrachtung des Fallbeispiels Düsseldorf. Seite 6.

wenn sie nicht selbst zum Anziehungspunkt für Touristen werden, durch die bereits beschriebenen Leistungen (Milderung des Hitzeinseleffekts, Frischluftversorgung oder Schadstofffilterung) wesentlich zu einer höheren Aufenthaltsqualität in Städten beitragen. Die entsprechenden Grafiken wurden bereits unter Punkt 5.2.3 diskutiert. An dieser Stelle soll lediglich noch darauf hingewiesen werden, dass sich der Anteil der Erholungsfläche pro Einwohner gerade in den wichtigen Sommermonaten nochmals deutlich verringern könnte, wenn neben den Stadtbevölkerung auch eine wachsende Zahl an Touristen auf die Flächen strömt.

#### 5.4.4. Vulnerabilität

Grundsätzlich ist aufgrund der hohen wirtschaftlichen Bedeutung von einer hohen Vulnerabilität der Bodenseeregion auszugehen. Diese verstärkt sich noch aufgrund der Tatsache, dass größere Städte wie Konstanz zwar über die für den Städtetourismus typischen Angebote wie eine größere Zahl an Museen verfügen, der Tourismus aber stark von Outdoor-Aktivitäten wie Wassersport oder Radfahren geprägt ist. Die Prognosen für alle Klimaparameter – mit Ausnahme der Zunahme von Wetterextremen wie Starkregen, Hagel oder Dürre –, weisen in eine für den Bodenseetourismus eher günstige Richtung, was zu einem weiteren Wachstum der Branche führen kann. Gerade die Sommermonate sind von großer Bedeutung. Bereits etablierte Out-Door-Aktivitäten wie Radfahren oder Wandern können weiterentwickelt und ausgebaut werden. In Verbindung mit neuen Zielgruppen und Angeboten, der Erschließung neuer Herkunftsmärkte und der Weiterentwicklung der Infrastruktur bieten sich hier große Chancen für die Kommunen des Bodenseeraums.

### 5.5. Schutzgut Grünflächen im Siedlungsbereich

Wenn es im Jahresmittel wärmer wird und im Sommer weniger Niederschläge fallen, ändern sich auch die Standortbedingungen für Pflanzen. Der Klimawandel wird sich somit auch auf Vegetation und Grünflächen auswirken. Für viele heimische Arten ist aufgrund von Hitze- und Trockenstress verstärkt mit Ausfällen im öffentlichen Grün zu rechnen. Dies gilt besonders für Stadt- und Straßenbäume, deren Anpassungsfähigkeit unabhängig vom Klimawandel bereits durch eine Vielzahl vitalitätshemmender Lebensbedingungen wie zu kleinen Pflanzgruben, Streusalz oder einer unzureichenden Durchlüftung des Bodens beeinträchtigt ist<sup>126</sup>. Für einzelne Arten wie beispielsweise den Bergahorn lassen sich bereits heute verstärkt Schäden aufgrund von Trockenheit und Hitze beobachten. Für Arten aus südlichen Regionen verbessern sich hingegen die Standortbedingungen und die Befürchtung liegt nahe, dass Zierpflanzen aus diesen Regionen, die bereits in zahlreichen Vorgärten und auf öffentlichen Grünflächen zu finden sind, sich in unseren Breiten etablieren und dadurch schlimmstenfalls heimische Arten verdrängen. Die Problematik invasiver Neophyten bildet einen eigenen wichtigen Schwerpunkt dieser Arbeit und wird daher in Kapitel 7 gesondert behandelt.

#### 5.5.1. Klimawandelfolgen für Grünflächen im Siedlungsbereich

Durch den Klimawandel verändern sich die für das Pflanzenwachstum relevanten Aspekte CO<sub>2</sub>-Konzentration, Temperatur und Wasserversorgung. Während die Erhöhung der Durchschnittstemperaturen sowie der CO<sub>2</sub>-Konzentration das Wachstum eher befördern, können sommerliche Hitze- und Trockenperioden den gegenteiligen Effekt bewirken.

Für die meisten Pflanzen der gemäßigten Breiten stellt die prognostizierte Zunahme der jährlichen Mitteltemperatur sowie die abnehmenden sommerlichen Niederschlagsmengen eine Belastungssituation dar, welche Reaktionen im Organismus der Pflanzen auslöst. In begrenztem

---

<sup>126</sup> Böll (2014): Stadtbäume unter Stress. Seite 4.

Ausmaß können sich Pflanzen an die veränderten Bedingungen anpassen, beispielsweise durch Wurzelbildung, Blattabwurf, der Bildung kleinerer, dickerer Blätter oder Verschiebung der phänologischen Phasen. Besonders die Tendenz zu milderem Wintern macht sich bei vielen Pflanzen durch einen zeitigeren Austrieb und der Vorverschiebung des Blühbeginns bemerkbar. Ist die Anpassungsfähigkeit überschritten, kommt es zu sichtbaren Schäden beziehungsweise zum Absterben der Pflanze.<sup>127</sup> Einige Pflanzen dürften sich daher mittelfristig als klimatisch nicht mehr geeignet für die Verwendung im urbanen Raum erweisen (beispielsweise krautige Zierpflanzen oder eine Reihe klassischer Stadtbaumarten wie beispielsweise der Bergahorn<sup>128</sup>), wohingegen sich wärme- und trockenheitsliebende Arten ausbreiten könnten. Diese finden aufgrund des beschriebenen Hitzeinseleffekts ohnehin günstige Lebensbedingungen im urbanen Raum und könnten durch den Klimawandel zusätzlich profitieren.

Eine Anpassung an die zunehmenden Wetterextreme ist für viele Pflanzen jedoch kaum möglich. Dementsprechend werden aufgrund von Hitze- und Trockenperioden Trockenschäden und Bewässerung in Zukunft vermehrt zum Problem der städtischen Grünflächenpflege. Kritisch sind vor allem längere Trockenphasen, wie sie in den Hitzesommern 2003 und 2006 oder im Frühjahr 2011 während des Blattaustriebs auftraten<sup>129</sup>. Besonders im Frühjahr zu Beginn der Vegetationszeit können länger anhaltende Trockenperioden auch ohne Hitze zu schweren Schäden am Siedlungsgrün führen.<sup>130</sup> Der trockene Sommer 2003 hat bei Stadtbaumarten wie dem Bergahorn erhebliche Langzeitschäden hervorgerufen, die zum Teil noch immer sichtbar sind. Hierzu zählen beispielsweise trockene Triebspitzen und vermehrtes Totholzaufkommen, vorzeitige Herbstwelke, Stammaufrisse durch Sonnenbrand oder eine erhöhte Anfälligkeit für Schaderreger und Schadorganismen.<sup>131</sup> Problematisch sind in diesem Zusammenhang auch sinkende Grundwasserstände. Sinkt der Grundwasserstand auf Tiefen von mehr als vier Meter ist dieser selbst für Baumwurzeln nicht mehr zu erreichen.<sup>132</sup>

Aufgrund des hohen Versiegelungsgrades kann es in urbanen Räumen durch Stark- und Dauerregenereignisse vermehrt zu Überschwemmungen und Schäden am öffentlichen Grün kommen (siehe hierzu Kapitel 4.3). Auch Schäden an unbefestigten Wegen, die ohnehin einen intensiven Pflegebedarf benötigen, können damit einhergehen. Für unbewachsene beziehungsweise schlecht durchwurzelte Flächen und Hanglagen steigt zudem das Erosionsrisiko, was zum Problem für die Flächen selbst sowie auch die darunter liegenden Bereiche werden kann. Auch Hagel- und Sturmereignisse können für größere Ausfälle im öffentlichen Grün sorgen. Besonders Kronenausbrüche und dadurch entstehende Folgeschäden können mit hohen Kosten für die Kommune und/oder die betroffenen Privatpersonen verbunden sein. Und mit der oben erwähnten Verschiebung der phänologischen Phasen steigt auch das Frostrisiko für die Pflanzen. Zwar gehen die Klimaszenarien von einem starken Rückgang der Frosttage aus, trotz der zunehmend wärmeren Temperaturen muss aber auch zukünftig in einzelnen Jahren mit Spätfrost (beziehungsweise Frühfrost im Herbst) gerechnet werden.<sup>133</sup>

Mit der prognostizierten Temperaturerhöhung wird sich auch die Zahl der Arten erhöhen, die bislang in unserem Klima nicht existieren können. Wenn solche nicht-heimischen Arten, deren Ausbreitung durch die veränderten Klimabedingungen begünstigt wird, zudem mit negativen Begleiterscheinungen

---

<sup>127</sup> Roloff/Rust (2007): Reaktionen von Bäumen auf die Klimaänderung und Konsequenzen für die Verwendung. Seiten 16/17.

<sup>128</sup> Stadt Nürnberg (2012): Handbuch Klimaanpassung. Seite 90.

<sup>129</sup> Stadt Karlsruhe (2011): Anpassung an den Klimawandel. Seite 100.

<sup>130</sup> Regionalverband FrankfurtRheinMain (2011): Kommunen im Klimawandel. Seite 10.

<sup>131</sup> Stadt Karlsruhe (2011): Anpassung an den Klimawandel. Seite 100.

<sup>132</sup> Stadt Frankfurt am Main (2014) Frankfurter Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Seite 2.

<sup>133</sup> Stadt Karlsruhe (2013): Anpassung an den Klimawandel. Seite 100.

für Mensch und/oder Natur einhergehen, spricht man von sogenannten invasiven Neobiota. Handelt es sich um Pflanzen spricht man von Neophyten, bei Tieren von Neozonen. Einzelne Neophyten wie der Riesen-Bärenklau, das Drüsige Springkraut, die Kanadische Goldrute oder der Japanische Staudenknöterich konnten sich bereits erfolgreich bei uns etablieren. So dringt beispielsweise der Japanische Staudenknöterich vor allem an gehölzfreien Uferabschnitten in Staudenfluren ein und kann diese zum Teil vollständig verdrängen. Zu befürchten ist, dass langfristig auf diese Weise heimische Pflanzengesellschaften verdrängt werden. Wegen der starken Regenerationsfähigkeit des Knöterichs ist seine Bekämpfung jedoch kosten- und arbeitsintensiv und nicht immer von Erfolg gekrönt. Wie viele der heute als invasiv bekannten Arten wurde auch der Japanische Staudenknöterich als Zierpflanze nach Europa importiert und konnte sich über öffentliche und private Gärten in die freie Landschaft hinein ausbreiten. Es ist also zu befürchten, dass sich mit fortschreitendem Klimawandel weitere Zierpflanzen aus südlichen Ländern bei uns etablieren. Besonders problematisch ist dies immer dann, wenn wie bei der Beifuß-Ambrosie auch negative Auswirkungen für die menschliche Gesundheit zu erwarten sind. Schon wenige Pollen der Pflanze können Heuschnupfen, Asthma oder allergische Hautreaktionen hervorrufen. Und der Klimawandel begünstigt nicht nur die schnellere Ausbreitung der Ambrosia, sondern kann durch milde Witterung auch deren Pollenflug bis in den Dezember hinein ausdehnen (zur Problematik invasiver Neophyten siehe Kapitel 7).

Die höheren Durchschnittstemperaturen sowie die rückläufige Zahl der Frosttage ermöglichen zudem Schädlingen eine stärkere Vermehrung sowie bessere Überwinterungsmöglichkeiten. Gleichzeitig treffen sie auf Pflanzen, die aufgrund des Hitze- und Trockenstresses weniger resistent sind gegenüber einem möglichen Schädlingsbefall. Auch das vermehrte Auftreten pilzlicher Schadorganismen wie des Kastanien-Rindenkrebs oder das Eschentriebsterben werden mit dem Klimawandel in Verbindung gebracht. Besonders für Stadt- und Straßenbäume sind bereits heute vermehrt Schäden durch Schädlingsbefall zu beobachten. Die Rußrindenkrankheit (Cryptostroma-Rindenkrankheit) des Ahorns wurde bereits in der Einleitung erwähnt. Einen Zusammenhang mit den veränderten Temperatur- und Niederschlagsmustern gibt es beispielsweise auch bei der Ausbreitung des Massaria-Pilzes: Als krankheitserregend wurde der Pilz zunächst nur im Mittelmeerraum und den südlichen USA beobachtet. In Deutschland erfolgte die Erstbeschreibung der Massaria-Krankheit im Jahr 2003. Die Krankheit trat zuerst in Süddeutschland auf, wo die trockenwarme Witterung den Schwächeparasit förderte. Mittlerweile hat sich die Massaria-Krankheit über ganz Deutschland ausgebreitet.<sup>134</sup> Auch die Rosskastanienminiermotte stammt ursprünglich aus wärmeren Klimazonen vor allem aus schwer zugänglichen Schluchten und Tälern in Albanien, Nordgriechenland und Makedonien, wo sie auch heute noch natürlich vorkommt. Die wärmeren Temperaturen aber auch das Fehlen von Fressfeinden haben ihre Ausbreitung nach Mitteleuropa befördert. Darüber hinaus ermöglichen wärmere Temperaturen und Trockenheit dem Schädling die Ausbildung zusätzlicher Generationen. Obwohl die Rosskastanienminiermotte in Mitteleuropa meistens nur drei aufeinanderfolgende Generationen pro Jahr ausbildet, die im April/Mai, Juli und Mitte August bis Ende September fliegen, wurden unter für die Art günstigen Wetterbedingungen (warm und trocken) schon bis zu fünf sich überlappende Generationen beobachtet.<sup>135</sup>

Schließlich ist aufgrund der potentiell längeren Nutzungsperioden und dem wachsenden Bedürfnis nach Erholung und Abkühlung von einem zunehmenden Nutzungsdruck auf bestehende innerstädtische Grünflächen sowie einem wachsenden Bedarf nach zusätzlichen Grünflächen auszugehen. Damit einhergehend ist auch mit einem höheren Pflegeaufwand beispielsweise für die Abfallbeseitigung oder aufgrund von Trittschäden in Beeten zu rechnen.

---

<sup>134</sup> GALK: Liste der Baumkrankheiten. Massaria-Krankheit der Platanen.  
[www.galk.de/projekte/akstb\\_krankheiten.htm](http://www.galk.de/projekte/akstb_krankheiten.htm)

Zugriff: 29. August 2015

<sup>135</sup> GALK/FLL (2003): Rosskastanien-Miniermotte. Seiten 1-3.

## 5.5.2. Exposition

Die prognostizierte Erhöhung der Mittel- und Maximaltemperaturen sowie die zunehmende Zahl von Sommer- und Hitzetagen wurden bereits thematisiert. Gleiches gilt für die abnehmenden sommerlichen Niederschlagsmengen oder die erhöhte Zahl von Tagen ohne Niederschlag. Diese Klimaparameter sind natürlich auch hinsichtlich des Schutzgutes „Grünflächen im Siedlungsbereich“ relevant. Im Folgenden werden darüber hinausgehend weitere Parameter vorgestellt, welche für das Schutzgut von besonderer Bedeutung sind.

Der Waldbrandindex gibt die mittlere Waldbrandgefährdung eines Jahres an. Er wird zunächst für jeden Tag des Jahres (Mitte Februar bis Ende Oktober) berechnet und gibt ein klimatisches, potenzielles Waldbrandrisiko (mit einem Wert zwischen eins und fünf) für diesen Tag an. Dieses hängt von der zu diesem Tag aufsummierten Temperatur, dem aktuellen Sättigungsdefizit der Luft, den vorausgegangenen Niederschlägen und aktuellen Phänologiedaten der Robinie des entsprechenden Jahres ab. Die Grafik bildet die durchschnittliche Zahl an Tagen mit Waldbrandgefährdungstufe fünf für die jeweiligen Dekaden ab.<sup>136</sup> Gerade diese Tage dürften auch für das Stadtgrün mit hohem Gießaufwand und entsprechenden Trockenschäden verbunden sein. Sowohl für Baden-Württemberg als auch den Landkreis Konstanz ist mit einer erhöhten Anzahl solcher Tage zu rechnen.

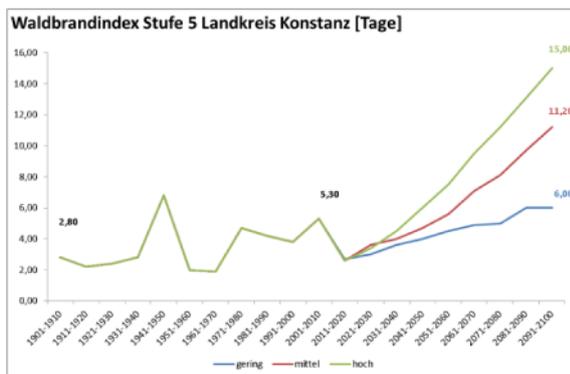


Abb. 61 Waldbrandindex Stufe 5 Landkreis Konstanz [Tage]



Abb. 62 Waldbrandindex Stufe 5 Baden-Württemberg [Tage]

Wie bereits erwähnt, reagieren Pflanzen unterschiedlich auf die veränderten Klimabedingungen. Einige Arten wie beispielsweise die Kiefer können eher profitieren, was sich unter anderem an steigenden Holzzuwachsraten bemerkbar macht, wohingegen andere Arten unter Druck geraten (beispielsweise die Sumpfdotterblume). Auch was die phänologischen Phasen betrifft, bestätigen die Berechnungen des PIK die ebenfalls bereits erwähnte Vorverschiebung aufgrund der zunehmenden Mitteltemperaturen im Frühjahr. Die Weinblüte könnte sich bis 2100 um rund einen Monat in das Frühjahr hinein verschieben.

<sup>136</sup> PIK: KlimafolgenOnline. Waldbrandindex  
[www.klimafolgenonline.com/](http://www.klimafolgenonline.com/)  
 Zugriff 13. Oktober 2015

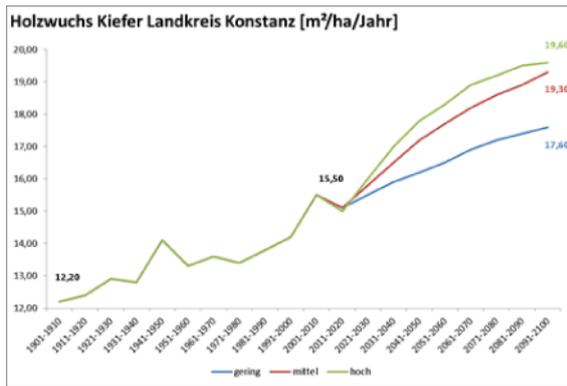


Abb. 63 Holz wuchs Kiefer Landkreis Konstanz [m³/ha/Jahr]

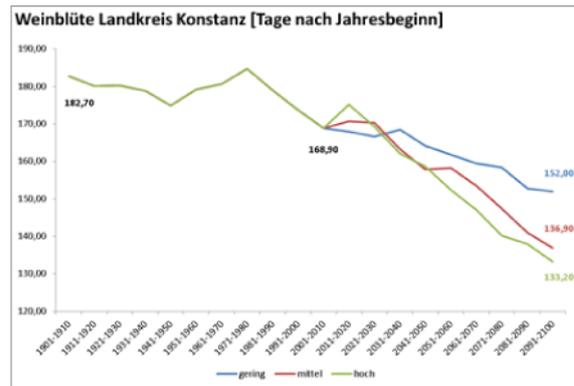


Abb. 64 Weinblüte Landkreis Konstanz [Tage nach Jahresbeginn]

Dementsprechend ist auch damit zu rechnen, dass sich das Arteninventar verändern wird. Einige Arten werden nicht dazu in der Lage sein, die nötigen Anpassungen zu vollziehen und in passendere Klimaregionen abwandern, wohingegen andere vor allem wärmeliebende Arten zuwandern dürften. In welchem Umfang sich diese Lebensraumverschiebung abspielen könnte, zeigt die Grafik zum Huglin-Index, der Minimalbedingungen für den Anbau einzelner Weinsorten vorgibt. Bei dauerhafter oder überwiegender Unterschreitung der angegebenen Werte ist der Anbau der zugehörigen Weinsorten nicht sinnvoll. Wie man sieht, könnte zukünftig im Landkreis Konstanz sogar der Anbau von Shiraz möglich werden, der bislang vor allem in Südafrika, Australien und in Kalifornien kultiviert wird.

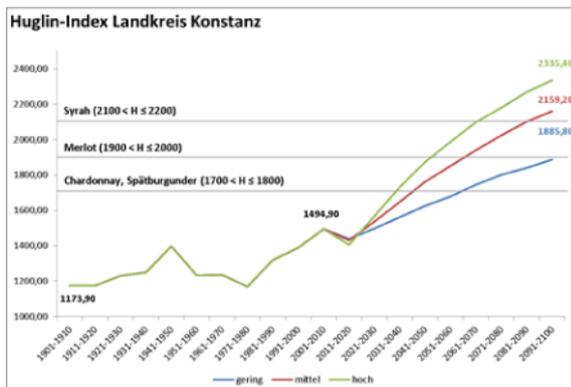


Abb. 65 Huglin-Index Landkreis Konstanz

### 5.5.3. Sensitivität

Vor allem die Reduzierung der sommerlichen Niederschlagsmengen stellt für Pflanzen eine Belastungssituation dar. Besonders anfällig sind im städtischen Raum klassische Rasenflächen mit hoher Schnitffrequenz. Gerade nach langen Trockenphasen und ohne zusätzliche Bewässerung präsentieren sich diese häufig trocken und braun. Die besondere Anfälligkeit begründet sich zum einen durch die hohe Schnitffrequenz. Diese verhindert eine ausreichende Beschattung des Bodens und trägt somit zu einer höheren Verdunstung des im Boden gespeicherten Wassers bei. Außerdem steht auch den Pflanzen selbst weniger Biomasse zur Wasserspeicherung zur Verfügung, wodurch deren Austrocknung befördert wird.<sup>137</sup> Neben der Schnitffrequenz spielt auch die Wurzeltiefe eine Rolle. Ein tief reichendes Wurzelwerk trägt zur Auflockerung des Untergrunds bei, wodurch Böden durchlässiger

<sup>137</sup> Stadt Karlsruhe (2013): Anpassung an den Klimawandel. Seite 103.

werden. Und je mehr Wasser in den Boden eindringen und dort gespeichert werden kann, desto mehr steht auch den Pflanzen zur Verfügung.<sup>138</sup>

Neben Rasenflächen ist auch für Stadt- und Straßenbäume von einer besonders hohen Sensitivität auszugehen. Denn Bäume treffen in der Stadt unabhängig vom Klimawandel auf eine Vielzahl vitalitätshemmender Lebensbedingungen. Platzmangel, Wasser- und Sauerstoffarmut in Folge von Bodenverdichtung oder -versiegelung, Schadstoffemissionen und Salzbelastungen oder mechanische Beschädigungen stellen hohe Anforderungen an die Robustheit der Bäume. Die Vitalität von Stadtbäumen wird wesentlich davon beeinflusst, welche und wie viele dieser Faktoren auf sie einwirken. Bereits heute erreichen Stadtbäume aufgrund der genannten Faktoren durchschnittlich nur 50 Prozent ihrer potenziellen Altersspanne, Straßenbäume sogar lediglich etwa 25 Prozent<sup>139</sup>. Der Klimawandel wird die Lebensbedingungen von Stadtbäumen zusätzlich beeinträchtigen. Es gibt allerdings große Unterschiede, wie einzelne Arten auf die veränderten Klimabedingungen reagieren. Speziell beim Bergahorn sind verstärkt Schäden aufgrund von Trockenheit und Hitze (Blattrandnekrosen, Eintrocknen (Einrollen) der Blätter vom Blattrand her, vorzeitiger Laubfall – von den Triebspitzen nach innen fortschreitend), Streusalz oder Schädlingsbefall zu erkennen. In vielen Kommunen wird diese traditionelle Stadt- und Straßenbaumart daher heute nicht mehr verwendet. Andere Arten wie sie beispielsweise in der GALK-Straßenbaumliste oder der Klima-Arten-Matrix (siehe Kapitel 6.2.2) genannt werden, kommen hingegen besser mit den veränderten Klimabedingungen zurecht. Die Sensitivität für das Schutzgut Stadtbäume hängt somit eng mit den in einer Kommune verwendeten Straßenbaumarten zusammen. Wird der Baumbestand einer Kommune von nur wenigen Arten dominiert oder werden zahlreiche Bäume gleicher Art nebeneinander gepflanzt (beispielsweise im Straßenbegleitgrün), kann jedoch auch unabhängig von der verwendeten Art eine besondere Anfälligkeit vorliegen. Denn mögliche Krankheiten oder Schädlinge können sich in diesem Fall schnell verbreiten und zu großen Ausfällen führen.

#### 5.5.4. Vulnerabilität

Gerade was Rasenflächen und Stadtbäume betrifft ist von einer hohen Vulnerabilität auszugehen, die sich bereits heute beobachten lässt. Für Kommunen bedeutet dies einen vermehrten Pflegeaufwand beispielsweise für die Zusatzbewässerung, die Neupflanzung, die Baumkontrolle oder die Schädlingsbekämpfung. Auch mit vermehrten Aus- und Schadensfällen bei Stadtbäumen und Beeten ist zu rechnen. Damit einhergehend ist auch mit einer Beeinträchtigung oder schlimmstenfalls sogar dem Verlust der in Kapitel 3 erwähnten Ökosystemleistungen von städtischen Grünflächen zu rechnen. Besonders jene Leistungen mit Relevanz für die Klimawandelanpassung wie beispielsweise die Versickerungs- und Wasserspeicherfähigkeit natürlicher Böden oder die kühlende Wirkung von Grünflächen können hiervon betroffen sein.

---

<sup>138</sup> Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2011): Handbuch Stadtklima. Seite 46.

<sup>139</sup> Roloff (2013): Stadt- und Straßenbäume der Zukunft – welche Arten sind geeignet? Seite 173.

# 6. Einbürgerungspotential gebietsfremder Zierpflanzen

## 6.1. Zusammenfassung

Der naturwissenschaftliche Teil dieser Arbeit befasst sich mit der nächsten Generation einbürgerungsfähiger und potentiell invasiver Zierpflanzen. Am Beispiel der Stadt Radolfzell wurden Daten über gebietsfremde Zierpflanzen Taxa auf öffentlichen und privaten Flächen erhoben. Diese wurden in verschiedene Einbürgerungspotential-Kategorien unterteilt. Anhand der Datenbank „Globalized Naturalized Alien Flora“ (GloNAF Version 1.1) wurden die Arten auf ihre Einbürgerung anderswo in der Welt untersucht. Als unproblematisch angesehene Arten wurden in einer Weißen Liste zusammengefasst. Die Vorwarnliste enthält jene Arten, die sich bereits in anderen Teilen der Welt eingebürgert haben und sich klimatisch für die Bodenseeregion eignen. Diese Liste wurde weiter unterteilt in eine Warnliste und eine Beobachtungsliste. Erstgenannte enthält diejenigen Arten, die global bereits weit verbreitet sind, zweitgenannte die weniger weit verbreiteten Arten. Jene Arten, die zusätzlich auf dem Weg der Verwilderung in Teilen des süddeutschen Raums sind, wurden einer Aktionsliste zugeordnet, auf eine weitere Anpflanzung dieser Arten sollte verzichtet werden. Weitere Unterlisten wurden anhand der Anpflanzungshäufigkeit und ob eine Art anderswo bereits als invasiv eingestuft wurde erstellt. Ziel dieser Studie ist es, Akteure im Gartenbau für das Thema invasiver Neophyten zu sensibilisieren. Präventiv könnte auf diesem Wege die nächste Generation problematisch werdender Neophyten eingeschränkt werden.

## 6.2. Einleitung

Gebietsfremde Pflanzen können eine folgenschwere Gefährdung der biologischen Vielfalt und der menschlichen Gesundheit herbeiführen sowie negative ökosystemare Auswirkungen haben<sup>140,141,142</sup>. Erhebliche wirtschaftliche Verluste und Schadensbegrenzungen gehen damit einher<sup>143</sup>. Die sogenannte Neophyten Zehn-Prozent-Regel von Williamson und Fitter<sup>144</sup> zeigt große taxonomische Schwankungen und erweist sich mit zunehmender Forschung als eine Unterschätzung der eigentlichen Einbürgerungs- und Invasionsraten von Neophyten<sup>145</sup>. Die Hälfte aller Neophyten in Deutschland sind über den Gartenbau aus ästhetischen Gründen also hemerochor eingeschleppt und zudem von Menschenhand in höchstem Maße verbreitet worden<sup>146</sup>. In Deutschland alleine werden 50.000 Taxa in botanischen Gärten kultiviert<sup>147</sup>, wohingegen die einheimische Flora gerade mal 3.866 Pflanzentaxa ausmacht (darunter 3.207 Gefäßpflanzentaxa sowie 283 Archäophyten, also Arten, die vor 1492, als Christoph Kolumbus Amerika erreicht hat, hemerochor also durch die Kultur des Menschen

---

<sup>140</sup> Kowarik (2003): Biologische Invasionen: Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa.

<sup>141</sup> D'Antonio (2005): Plant species effects on ecosystem processes. Seite 65–84.

<sup>142</sup> Vilà (2010): How well do we understand the impacts of alien species on ecosystem services? Front. Ecol. Environ. Heft 8, Seite 135–144.

<sup>143</sup> D'Antonio et al. (2000): Disturbance and biological invasions: Direct effects and feedbacks. Elsevier Science, Seite 429–468.

<sup>144</sup> Williamson et al. (1996): The varying success of invaders. Ecology Heft 77, Seite 1661–1666.

<sup>145</sup> Jeschke et al. (2005): Invasion success of vertebrates in Europe and North America. Proceedings of the National Academy of Sciences Heft 102, Seite 7198–7202.

<sup>146</sup> Nehring et al. (2013): Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertungen für in Deutschland wild lebende gebietsfremde Gefäßpflanzen. BfN-Skripten 352.

<sup>147</sup> Heywood et al. (2013): European Code of Conduct for Botanic Gardens on Invasive Alien Species. Council of Europe, Strasbourg, Botanic Gardens Conservation International.

eingebraucht worden sind)<sup>148</sup>. Zudem werden 432 eingebürgerte Neophyten in Deutschland verzeichnet, von denen 38 als invasiv und 42 als potentiell invasiv kategorisiert werden. Darüber hinaus werden mehr als 2.000 unbeständige Neophyten angenommen. Werden jene Arten als invasiv (IAS – Invasive Alien Species) angesehen, die sich selbständig vermehren und über weite Gebiete verbreiten können<sup>149</sup>, so sind dies erheblich mehr Arten, als wenn nur jeden Arten als invasiv gelten, die auch die einheimische Biodiversität gefährden<sup>150,151,152</sup>.

Auch unter dem Gesichtspunkt der sekundären Ausbringung gebietsfremder Arten als wesentliche Steuergröße biologischer Invasionen<sup>153,154,155</sup> macht es Sinn, den Zierpflanzenbereich näher zu betrachten. Es gibt nur allzu viele Beispiele, wie aus einer Zierpflanze eine „Pest“ wird<sup>156</sup>. Eine hohe Verfügbarkeit auf dem Gartenbaumarkt und billige Saatgutpreise stehen in Beziehung zu der Invasionswahrscheinlichkeit 20 Jahre nach erstmaliger Auflistung einer Art<sup>157</sup>. Je später eine Invasion erkannt oder gegen sie angegangen wird, desto schwieriger und teurer wird die Eindämmung dieser Art<sup>158</sup>. Zudem ist bekannt, dass eine steigende Anzahl eingeführter Arten auch die Anzahl eingebürgerter Taxa anhebt<sup>159,160</sup>, was wiederum in mehr potentiell schädlichen Arten resultiert<sup>161</sup>. Um das Entstehen und die Verbreitung weiterer invasiver Arten zu verhindern, ist es von äußerster Dringlichkeit, potentiell invasive Arten auszumachen. Schon Baker<sup>162</sup> nahm an, dass invasive Arten eine schnelle Keimung, Wachstum und einen hohen reproduktiven Aufwand aufweisen. Daraufhin wurde und wird bis heute versucht, Schlüsselmerkmale invasiver Pflanzen auszumachen<sup>163,164</sup>. Es zeichnen sich Trends ab, wie beispielsweise ein bestäubungsgetriebener Reproduktionserfolg<sup>165</sup>, eine höhere Autogamie invasiver Pflanzen und geringere Pollenlimitation phylogenetisch neuer invasiver Neophyten im Vergleich zu Neophyten, die zu unserer heimischen Flora näher verwandt sind<sup>166</sup> und Breitengrad gesteuerte Unterschiede bezüglich Anzahl und Verbreitung invasiver Arten<sup>167</sup>. Funktionelle Eigenschaften von Pflanzen haben sich als gute Fördergröße einer Invasion herausgestellt<sup>168</sup>. Darunter fallen eine häufigere vegetative Vermehrung, eine höhere Wachstumsrate

---

<sup>148</sup> BfN (2012): Daten zur Natur 2012. Landwirtschaftsverlag. Seite 446.

<sup>149</sup> Richardson et al. (2000): Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and distributions*, Heft 6(2), Seite 93-107.

<sup>150</sup> Bundesnaturschutzgesetz § 7 Absatz 2 Satz 9

<sup>151</sup> CBD (2000): Global strategy on invasive alien species. Convention on Biological Diversity, Heft 9, Seite 1-52.

<sup>152</sup> CBD (2002): Alien species that threaten ecosystems, habitats or species. COP VI/23.

<http://www.cbd.int/decisions/>

<sup>153</sup> Kowarik (2003): Biologische Invasionen: Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa.

<sup>154</sup> Kowarik (2003): Human agency in biological invasions: secondary releases foster naturalisation and population expansion of alien plant species. *Biological Invasions* Heft 5, Seiten 293-312.

<sup>155</sup> Kolar et al. (2001): Progress in invasion biology: predicting invaders. *Trends in Ecology and Evolution* Heft 16, Seiten 199-204.

<sup>156</sup> Starfinger et al. (2003): From desirable ornamental plant to pest to accepted addition to the flora? *Biological Invasions* Heft 5, Seiten 323-335.

<sup>157</sup> Dehnen-Schmutz et al. (2007): A century of the ornamental plant trade and its impact on invasion success. *Divers. Distrib.* Heft 13, Seiten 527-34.

<sup>158</sup> Nehring et al. (2013): Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertungen für in Deutschland wild lebende gebietsfremde Gefäßpflanzen. BfN-Skripten 352.

<sup>159</sup> van Kleunen et al. (2015): Global exchange and accumulation of non-native plants. *Nature* Heft 525, Seite 100-103.

<sup>160</sup> Hulme (2012): Weed risk assessment: a way forward or a waste of time? *Journal of applied ecology* Heft 49, Seite 10-19.

<sup>161</sup> Rejmánek et al. (2004): The total number of naturalized species can be a reliable predictor of the number of alien pest species. *Divers. Distrib.* Heft 10, Seiten 367-369.

<sup>162</sup> Baker HG (1974): The evolution of weeds. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5, 1-24.

<sup>163</sup> van Kleunen et al. (2015a): Characteristics of successful alien plants. *Molecular Ecology* Heft 24, Seite 1954-1968.

<sup>164</sup> Pyšek et al. (2006): The biogeography of naturalization in alien plants. *Journal of Biogeography* Heft 33, Seite 2040-2050.

<sup>165</sup> Powell et al. (2011): Comparing the reproductive success and pollination biology of an invasive plants to its rare and common native congeners: A case study in the genus *Cirsium* (Asteraceae). *Biological Invasions* Heft 13, Seite 905-917.

<sup>166</sup> Burns et al. (2011): A phylogenetically controlled analysis of the roles of reproductive traits in plant invasions. *Oecologia* Heft 166, Seite 1009-1017.

<sup>167</sup> Pyšek et al. (2006): The biogeography of naturalization in alien plants. *Journal of Biogeography* Heft 33, Seite 2040-2050.

<sup>168</sup> van Kleunen et al. (2010): A meta-analysis of trait differences between invasive and non-invasive plant species. *Ecology*

und Fitness invasiver Arten<sup>169,170</sup>, höhere Nährstoff-Bereitstellung für den Spross<sup>171</sup>, eine kleine Samenmasse und eine hohe spezifische Blattgröße<sup>172</sup>, eine bessere Nutzung erhöhter Ressourcenverfügbarkeit in Form von erhöhtem Wachstum und Biomasseakkumulation<sup>173</sup> und eine höhere Chromosomenzahl<sup>174</sup>, um nur einige zu nennen. Jedoch hat sich herausgestellt, dass es noch keine eindeutig anwendbaren Schlüsselmerkmale für invasive Arten gibt<sup>175,176</sup> und sich eine Risikoanalyse selten als ausreichend verlässlich erweist<sup>177</sup>. Damit bleibt bislang die Vorhersage einer zukünftigen Invasion eine Zukunftsvorstellung. Einige in Deutschland verwendeten Zierpflanzen, die bereits in wärmeren Gegenden der Erde invasiv sind, beispielsweise das Wandelröschen (*Lantana camara*), gehören zu den schlimmsten invasiven Arten wärmerer Gegenden. In zentral Europa haben sich diese Arten trotz der hohen Anpflanzungsdichte in Gärten und Parks jedoch noch nicht etabliert. Dies könnte sich im Rahmen des Klimawandels noch in diesem Jahrhundert ändern. Pflanzen können in Anhängigkeit ihrer Umgebung sehr unterschiedlich mit ihren ökologischen Eigenschaften reagieren<sup>178</sup>. Geeigneter für Vorhersagen seien laut Küffer et al.<sup>179</sup> sogenannte Invasions syndrome, in anderen Worten sich wiederholende Arten – Ökosystem Interaktionen im Kontext einer Invasion. Eine der besten Vorhersagen ist jedoch die Tatsache, ob eine Art bereits in anderen Regionen der Erde mit ähnlichen klimatischen Begebenheiten als invasiv verzeichnet worden ist<sup>180</sup>.

Ziel dieser Studie ist es, die nächste Generation möglicher, zukünftig eingebürgerter Gartenpflanzen unter Berücksichtigung des Klimawandels vorauszuwählen. Anders als bei der Herangehensweise des BfN<sup>181</sup>, das eine naturschutzfachliche Invasivitätsbewertung gebietsfremder Arten anhand der potentiellen Gefährdung einheimischer Arten oder Lebensräume betrachtet, widmet sich diese Studie dem weltweiten Einbürgerungsstatus jedes Taxons. Als Datengrundlage für den Einbürgerungsstatus weltweit liegt die Datenbank Globalized Naturalized Alien Flora (GloNAF Version 1.1) eines internationalen Konsortiums vor<sup>182</sup>. Diese unterschiedliche Methodik zeigt eine optimale Ergänzung zu der bislang erfolgten und bietet die Chance, anhand einer Datenerhebung gebietsfremder Pflanzentaxa am Beispiel der Stadt Radolfzell aufzuzeigen, welche der eingebrachten Taxa sich in diesem Raum etablieren könnten. Diese Studie befasst sich sozusagen mit der Vorstufe sogenannter grauer und schwarzer Listen, da Arten, die schließlich invasiv in naturnäheren Gebieten werden, in denen sie die einheimische Biota bedrohen, zuerst in einer anthropogen geprägten Umwelt

---

Letters Heft 13, Seite 235–245.

<sup>169</sup> Kolar et al. (2001): Progress in invasion biology: predicting invaders. Trends in Ecology and Evolution Heft 16, Seite 199–204.

<sup>170</sup> van Kleunen et al. (2007): Invasion biology and conservation biology – time to join forces to explore the links between species traits and extinction risk and invasiveness. Progr. Phys. Geogr. Heft 31, Seite 447–450.

<sup>171</sup> van Kleunen et al (2010): A meta-analysis of trait differences between invasive and non-invasive plant species. Ecology Letters Heft 13, Seite 235–245.

<sup>172</sup> Hamilton et al. (2005): Life-history correlates of plant invasiveness at regional and continental scales. Ecology Letter Heft 8, Seite 1066–1074.

<sup>173</sup> Dawson et al. (2012): Alien plant species with a wider global distribution are better able to capitalize on increased resource availability. New Phytologist, Heft 194(3), Seite 859–867.

<sup>174</sup> Pandit 82006): Continuing the search for pattern among rare plants: are diploid species more likely to be rare? Evolutionary Ecology Research Heft 8, Seite 543–52.

<sup>175</sup> van Kleunen et al. (2015a): Characteristics of successful alien plants. Molecular Ecology 24:1954–1968.

<sup>176</sup> Küffer et al. (2014) Integrative invasion science: model systems, multi-site studies, focused meta-analysis and invasion syndromes. New Phytologist Heft 200, Seite 615–633.

<sup>177</sup> Hulme (2012): Weed risk assessment: a way forward or a waste of time? Journal of applied ecology Heft 49, Seite 10–19.

<sup>178</sup> Pyšek et al. (2006): The biogeography of naturalization in alien plants. Journal of Biogeography Heft 33, Seite 2040–2050.

<sup>179</sup> Küffer et al. (2013): Integrative invasion science: model systems, multi-site studies, focused meta-analysis, and invasion syndromes. New Phytologist Heft 200, Seite 615–633.

<sup>180</sup> Herron et al. (2007): Invasive plants and their ecological strategies: prediction and explanation of woody plant invasion in New England. Diversity and Distributions Heft 13(5), Seite 633–644.

<sup>181</sup> Nehring et al. (2013): Methodik der naturschutzfachlichen Invasivitätsbewertung für gebietsfremde Arten. BfN-Skripten 340.

<sup>182</sup> van Kleunen et al. (2015b): Global exchange and accumulation of non-native plants. Nature Heft 525, Seite 100–103.

eingebürgert werden. Ob und in wie vielen Gebieten die entsprechenden Arten anderswo bereits eingebürgert sind und wie ähnlich die klimatischen Begebenheiten der Regionen, in denen eine Art bereits eingebürgert ist im Vergleich zu denen des Bodenseeraums sind, kategorisiert jede einzelne Art in verschiedene Einbürgerungspotentiale. Demnach kann abgeschätzt werden, ob eine Einbürgerung der entsprechenden Art im Bodenseeraum potentiell möglich ist. Die erstellten Listen aller in Radolfzell aufgezeichneten gebietsfremden Taxa werden in folgende Einbürgerungspotential Kategorien eingeteilt: Eine Weiße Liste aller Arten, von denen bislang keine Bedrohung anderswo auf der Welt bekannt ist.; eine Vorwarnliste aller Arten, die als einbürgerungsfähig und deshalb auch als potentiell invasiv angesehen werden und je nach Einbürgerungsgrad auf der Erde in eine Warn- und eine Beobachtungsliste unterteilt werden; und eine Aktionsliste, mit Arten, von deren weiterer Ausbringung dringend abgeraten wird, da es sich um jene Arten der Vorwarnliste handelt, die bereits auf dem Weg der Auswilderung in Teilen des süddeutschen Raums sind. Ein besonderes Augenmerk liegt zudem auf jenen Arten der Warnliste, die häufig in Radolfzell städtisch oder privat angepflanzt werden und auf Arten der Vorwarnliste, bei denen eine Invasivität anderswo bereits bekannt ist. In wie weit die Arten die einheimische Flora, Fauna und Lebensräume gefährdet, übersteigt den Rahmen diesen Projekts und wäre in einem Folge- oder Kooperationsprojekt zu bearbeiten.

## 6.3. Datenerhebung und Methodik

### 6.3.1. Gartenpflanzenerhebung

Die Datenerhebung fand von August bis November 2014 und von April bis August 2015 statt. Es wurden Daten auf insgesamt 111 Standorten erhoben. Davon waren 47 Standorte städtisch verwaltet und 64 private Gärten. Alle Standorte befinden sich innerhalb der Stadtgrenze der Gemeinde Radolfzell samt ihrer angegliederten sechs Gemeinden. Die Standorte haben jeweils eine genaue Ortsbezeichnung, eine Nummer und eine GIS ID, die vom Fachbereich Hochbau und Vermessung der Stadtverwaltung Radolfzell zur Verfügung gestellt wurde, so dass die Daten nach Abschluss des Projekts in die GIS Datenbank der Stadt Radolfzell miteinfließen können. Zudem wurden die geographischen Koordinaten aller Standorte beschrieben.

Für jeden Standort wurden alle Populationen der Gartenpflanzen erfasst. Wo es möglich war, wurden auch die spezifischen Kultivarformen der entsprechenden Arten aufgezeichnet. Für städtische Standorte wurden Pflanzschemata und teilweise genaue Kultivarbezeichnungen von den technischen Betrieben der Stadt Radolfzell zur Verfügung gestellt. Insgesamt wurden 3.600 Populationen aufgenommen mit insgesamt 985 nicht einheimischen und 291 einheimischen Arten, von denen die meisten Taxa auf mehreren Standorten vorkommen, manche jedoch nur einmal vorgefunden wurden. Des Weiteren wurden 469 verschiedene Kultivare aufgenommen. Zudem wurden die Lebensdauer der Taxa (121 Einjährige, 25 Zweijährige und 879 mehrjährige Taxa), die Wuchsform (616 Kräuter, 198 Sträucher, 16 Halbsträucher, 114 Bäume, sieben Wasserpflanzen und 40 Kletterpflanzen) und deren lokale Abundanz aufgenommen.

Die städtischen Standorte umfassen den Stadtgarten, alle städtisch bepflanzten Kreisverkehre, Beete und Kübel aller Gemeindeteile Radolfzells, öffentliche Parks und Grünstreifen inklusive Blumenansaat, Staudenmischbeete und Friedhofbepflanzungen. Zu den privaten Flächen gehören auffallende Hobbygärten, inklusive Vorgärten und Hauptgärten, Gartensiedlungen, Grabbepflanzungen auf Friedhöfen und einige Gärten, die sich im Rahmen der „Garten Rendezvous Radolfzells“ angemeldet haben, ein Projekt, das Naturgärten nach verschiedenen Nachhaltigkeitskriterien bewertet und kategorisiert.

## 6.3.2. Statistik

Die Artnamen wurden mit dem Paket „taxonstand“ Version 1.7<sup>183</sup> des Statistikprogramms R 3.2.1<sup>184</sup> auf internationalen Standard abgeglichen. Dabei werden taxonomische Artnamen automatisch mit „The Plant List“ Webseite<sup>185</sup> standardisiert und orthographische Fehler entfernt.

In einem weiteren Schritt wurden die Arten mit der Datenbank GloNAF Version 1.1 (Global Naturalized Alien Flora), eines internationalen Konsortiums unter Führung der Arbeitsgruppe Ökologie der Universität Konstanz, abgeglichen, um festzustellen, welche Arten in welchen anderen Regionen der Welt erfolgreich eingebürgert sind. In dieser Datenbank sind 13.168 Gefäßpflanzenarten, was 3,9 Prozent der globalen Flora entspricht, enthalten und es werden bereits 83 Prozent der weltweiten Landesoberfläche abgedeckt<sup>186</sup>. Ist eine Art in GloNAF erfasst, wurden zusätzlich für jede Art folgende fünf Klimavariablen<sup>187</sup> für nahezu alle GloNAF Regionen in denen eine Art bereits eingebürgert ist, ermittelt<sup>188,189</sup> (zusammengestellt von Dietmar Moser und Franz Essl), deren Werte über 50 Jahre (1950 – 2000) gemittelt sind: A. Jahresdurchschnittstemperatur (Bio1), B. Summe des Jahresniederschlags (Bio12), C. Sommerregen (Prec6+7+8), D. Maximum Temperatur des wärmsten Monats (Bio5) und E. Minimum Temperatur des kältesten Monats (Bio6). Mit Hilfe der ersten beiden Klimavariablen wurde entschieden, ob sich eine Art klimatisch für den Bodenseeraum eignet und damit in die Vorwarnliste eingestuft wird. Die Klimavariablen C. – E. geben weitere Indizien, welche Arten besonders hitzeresistent und winterhart sind und mit abnehmendem Sommerregen gut klar kommen könnten. Es ergeben sich artspezifische Klimavariablenbereiche, zusammengesetzt aus dem Maxima und Minima der Klimawerte für jede Region, in denen eine Art bereits eingebürgert ist, die mit den Klimawerten von Radolfzell (für B. und C.<sup>190</sup>, für A.<sup>191</sup>; für D. und E.<sup>192</sup>) und Prognosen für den Landkreis Konstanz<sup>193,194</sup> abgeglichen wurden. Bei einer Überlappung dieser Werte wird eine Art in die Vorwarnliste aufgenommen (Anhang 1). Wobei die Überlappungsintervalle für jede Klimavariablen geringfügig vergrößert wurden, um die Arten der Randbereiche mit einzubeziehen (siehe Tabelle 6). Jene Arten der Vorwarnliste, die in mehr als 50 der 843 GloNAF Regionen bereits eingebürgert sind und damit ein hohes Vorkommen anderswo aufweisen, werden in einer Warnliste zusammengefasst. Die anderen Arten der Vorwarnliste, mit einem niedrigeren Vorkommen anderswo, werden einer Beobachtungsliste zugeschrieben. Entsprechend der Abweichung der Klima- und Prognosewerte des Landkreises Konstanz zum Median der Klimavariablenbereiche jener Gebiete, in denen eine Art bereits eingebürgert ist, ergibt sich eine Rangfolge für die Klimaeignung aller Arten. Wobei die Tabelle jene Arten vorzieht, die ein hohes Vorkommen anderswo aufweisen. Die Abundanzen der Vorwarnliste-Arten in Radolfzell geben vor, wie hoch unser Einfluss und damit unsere Verantwortung für jede einzelne Art sind. Diese Kategorie wurde daher in städtisch und privat unterhaltene Flächen unterteilt. Häufig vorgefundene Arten sind jene, die entweder auf öffentlichen oder privaten Flächen an mehr als neun Standorten in der Stadt Radolfzell vorkommen oder jene, die

---

<sup>183</sup> Cayuela et al. (2012): Taxonstand: An R package for species names standardisation in vegetation databases. In: *Methods in Ecology and Evolution* Heft 3 (6), Seite 1078–1083.

<sup>184</sup> Team, R. (2013). R Development Core Team. *RA Lang Environ Stat Comput*.

<sup>185</sup> [www.theplantlist.org](http://www.theplantlist.org)

<sup>186</sup> van Kleunen et al. (2015b): Global exchange and accumulation of non-native plants. *Nature* Heft 525, Seite 100–103.

<sup>187</sup> [www.worldclim.org/bioclim](http://www.worldclim.org/bioclim)

<sup>188</sup> [www.worldclim.org/](http://www.worldclim.org/)

<sup>189</sup> Hijmans et al. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int. J. Climatol.* Heft 25, Seite 1965–1978.

<sup>190</sup> [www.klimafolgenonline.com](http://www.klimafolgenonline.com)

<sup>191</sup> [www.klimadiagramme.de](http://www.klimadiagramme.de)

<sup>192</sup> Deutscher Wetterdienst Weste-XL. Mittel von 2000 bis 2015 selbst errechnet aus:

[www.dwd.de/DE/leistungen/weste/westexl/weste\\_xl.html?nn=342632](http://www.dwd.de/DE/leistungen/weste/westexl/weste_xl.html?nn=342632)

<sup>193</sup> [www.klimafolgenonline.com/](http://www.klimafolgenonline.com/)

<sup>194</sup> LUBW (2013): Zukünftige Klimaentwicklung in Baden-Württemberg. Langfassung.

an weniger als zehn Standorten vorkommen, dafür aber eine hohe lokale Abundanz am Standort aufweisen. Das bedeutet der Median der lokalen Abundanz ist größer als 1.5, wobei folgende Kategorien festgelegt wurden; 1: mehr als 100 Individuen, 2: 4 bis 99 Individuen, 3: 1 bis 3 Individuen pro Population. Arten der Warnliste, die häufig in der Stadt Radolfzell angepflanzt werden, werden in einer Top-30-Liste (Anhang 2) zusammengefasst.

Darüber hinaus wurden lokale Akteure angesprochen, um jene Arten der Vorwarnliste zu identifizieren, die sich bereits lokal selbständig reproduzieren oder sogar in der freien Natur gesichtet wurden. Diese Arten wurden in einer Aktionsliste zusammengefasst (Anhang 4). Dazu wurde bodenseeweit und an alle Teilnehmer der im Projekt gehaltenen Workshops eine Rundmail zu diesem Thema versandt, auf die es zahlreiche Rückmeldungen gab.

Die Weiße Liste enthält jene Arten, die bislang als nicht problematisch eingestuft wurden (Anhang 5). Das sind Arten, die entweder nicht in GloNAF vorkommen, das heißt bei denen keine Aufzeichnung der Länder über eine Einbürgerung existieren oder Arten, die sich als klimatisch unpassend für den Bodenseeraum erwiesen. Wohingegen das Einbürgerungspotential der Weiße Liste Arten, wenn es auch gering ist, nicht gleich null gesetzt werden kann, da jede Art sich irgendwo zum ersten Mal eingebürgert hat.

### 6.3.3. Listenkategorisierung

Dementsprechend wurden drei überkategorisierte Listen, abgestuft nach Einbürgerungsrisiko, festgelegt:

#### 6.3.3.1. Einbürgerungsfähige und potentiell invasive Arten: Vorwarnliste

Arten, die in GloNAF verzeichnet sind und deren Klimabedingungen (Jahresmitteltemperatur und Summe des Jahresniederschlags) im Verbreitungsgebiet denen des Bodenseeraumes oder dessen Klimaprognosen entsprechen.

- **Warnliste:**

Enthält jene gebietsfremden Arten, die laut GloNAF in mehr als 50 Regionen eingebürgert sind und damit ein hohes Vorkommen anderswo aufweisen. Erhöhtes Einbürgerungsrisiko: Sollten idealerweise nicht mehr angepflanzt werden. Bei Anpflanzungen sollte eine Samenproduktion verhindert werden.

- **Beobachtungsliste:**

Enthält jene gebietsfremden Arten, die laut GloNAF in weniger als 50 Regionen eingebürgert sind und damit ein niedriges Vorkommen anderswo aufweisen. Mittleres Einbürgerungsrisiko: Sollten nicht intensiv angepflanzt und beobachtet werden.

#### 6.3.3.2. Arten mit erhöhtem Invasionsrisiko

Sollten nicht mehr gepflanzt und jetzige Anpflanzungen sollten idealerweise entfernt werden.

- **Top 30-Liste:**

Enthält Arten der Warnliste, die häufig in Radolfzell angepflanzt werden. Eine anthropogen erzeugte hohe Abundanz von Arten durch sekundäres Einbringen im Garten- oder Forstbereich erhöht deren Invasionspotential<sup>195</sup>.

---

<sup>195</sup> Kowarik (2003): Biologische Invasionen: Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa.

- **„Anderswo invasiv“-Liste:**

Enthält Arten der Vorwarnliste, die anderswo bereits invasiv sind. Arten, die in klimatisch ähnlichen Gegenden der Welt bereits invasiv sind, zeigen durch ihre Invasionshistorie das Potential, die Biodiversität von Ökosystemen bedrohen zu können.

- **Aktionsliste:**

Enthält sich etablierende Arten. Teilmenge jener Arten der Vorwarnliste, die sich bereits selbst aussähen und reproduzieren oder sogar in freier Natur gesichtet wurden und damit auf dem Weg der Verwilderung sind. Gelistet wurden auch Zierpflanzen, die nicht im Rahmen der projektbezogenen Feldperiode aufgenommen wurden.

### 6.3.3.3. Arten mit geringem Einbürgerungspotential: Weiße Liste:

Enthält „Bislang kein Problem“ Arten, die entweder nicht in GloNAF verzeichnet sind, das heißt von denen keine Aufzeichnung über eine gebietsfremde Einbürgerung anderswo nachzuweisen ist oder die sich klimatisch nicht für den Bodenseeraum eignen. Niedriges Einbürgerungsrisiko: Können weiterhin angepflanzt werden.



Tabelle 3 Methodik der naturschutzfachlichen Kategorisierung von Einbürgerungspotentialen gebietsfremder Pflanzentaxa anhand von GloNAF 1.1.

Aus den Listenkategorien gemäß Tabelle 3 ergeben sich je nach Klimavariablen und Szenario verschiedene Unterlisten der Vorwarnliste. In Abhängigkeit der Klima-Ist-Werte der Stadt Radolfzell und der Klimaprognosen für den Landkreis Konstanz wurden verschiedene Szenarien postuliert, die in Tabelle 4 zusammengefasst sind. Das Klimafolgenonline Portal stellt für die Klimavariablen A. bis C. Ist-Werte von 1900 bis heute und fünf verschiedene Szenarien von heute bis 2100 für alle Landkreise dar<sup>196</sup>. Als Grundlage dienen für Variable A. bis C. die RCP8.5 Simulationen der geringen, mittleren und hohen Temperaturzunahme (siehe Abbildung 66-68). Daraus ergeben sich für den Landkreis Konstanz die in Tabelle 4 zusammengestellten Werte, die im Weiteren für die Erstellung der Klimaparameter abhängigen Vorwarnlisten verwendet wurden.

<sup>196</sup> [www.klimafolgenonline.com/](http://www.klimafolgenonline.com/)

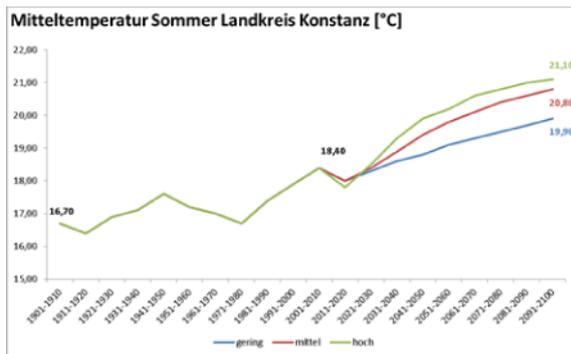


Abb. 66 Mitteltemperatur Landkreis Konstanz [°C]

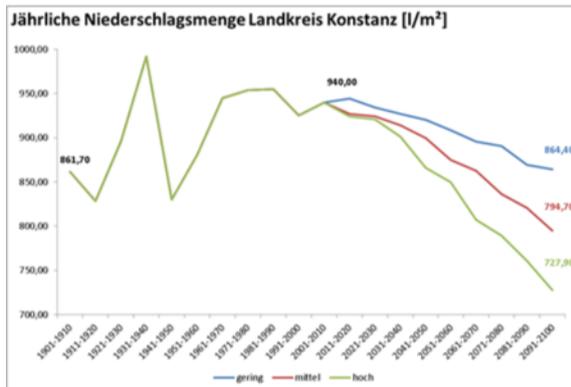


Abb. 67 Jährliche Niederschlagsmenge Landkreis Konstanz [l/m²]

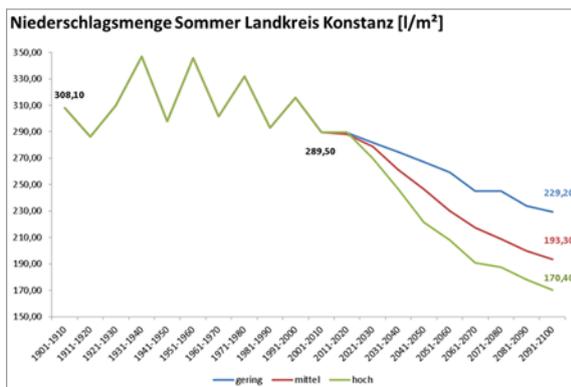


Abb. 68 Niederschlagsmenge Sommer Landkreis Konstanz [l/m²]

Da die Niederschläge im Sommer zwar abnehmen, im Winter aber zunehmen sollen<sup>197</sup>, sind hier Szenarien von sowohl plus als auch minus 100 mm pro Jahressumme aufgeführt. Die Hauptabnahme der Niederschläge ist für den Sommer prognostiziert. Für die Klimavariablen D. und E. liegen bislang keine Prognosen zu Grunde, daher werden nur die Ist-Werte gemittelt von 2000 – 2015 miteinbezogen. Auf dieser Grundlage können die anhand der Klimaszenarien erstellten Listen miteinander verglichen werden (Anhang 1). Folglich zeichnet sich ein Klimawandel bedingter Trend für die nächste Generation potentiell einbürgerungsfähiger Gartenpflanzen ab.

<sup>197</sup> LUBW (2013): Zukünftige Klimaentwicklung in Baden-Württemberg. Langfassung.

| Klimavariablen                            | Heute          | Prognose 1   | Prognose 2   |
|---|----------------|--------------|--------------|
| A. Jahresmittel Temperatur [°C]           | 9.1 – 10.1     | 11.1 – 12. 1 | 13.1. – 14.1 |
| B. Summe Jahresniederschlag [mm]          | 800 - 900      | 700 - 800    | 900 - 1000   |
| C. Sommerregen [mm]                       | 240 - 300      | 180 - 240    | 120 - 180    |
| D. Tagesmaximum des wärmsten Monats [°C]  | 30.5 – 40.5    | -            | -            |
| E. Tagesminimum des kältesten Monats [°C] | -10.8 – (-8.8) | -            | -            |

Tabelle 4 Aktuelle Klimavariablen-Bereiche für die Kommune Radolfzell und die entsprechenden Simulationswerte (RCP8.5 gering bis hoch) für den Landkreis Konstanz von Jahresdurchschnittstemperatur, Summe des Jahresniederschlags, Sommerregen und Maximal / Minimal Temperatur des wärmsten / kältesten Monats.

Demzufolge werden all jene Arten der Vorwarnliste zugeordnet, bei denen mindestens ein Ist- oder Simulations-Wert der Klimavariablen A. und B. innerhalb der Bandbreite (Maximum und Minimum) aller Klimawerte jener GloNAF Regionen liegt, in denen eine Art bereits eingebürgert ist. Des Weiteren sind die Klimavariablen C. bis E. aufgeführt, um einen genaueren Einblick in die klimatologische Variabilität einer Art zu bekommen. Um jeden Ist- beziehungsweise Prognose-Wert jeder Klimavariablen wurde ein Intervall gelegt, um nahe angrenzende Arten mit aufzunehmen. Bezüglich des Jahresmitteltemperatur wurde ein Intervall von plus / minus 0,5 Grad Celsius um die Ist- und Prognosewerte gelegt. Für die Summe des Jahresniederschlags beträgt das Intervall plus / minus 50 mm, für den Sommerregen plus / minus 30 mm. Das Tagesmaximum des wärmsten Monats wurde um plus / minus fünf Grad Celsius ausgeweitet, da ein schmaleres Intervall die potentiell geeigneten Arten diesbezüglich halbiert hätte und das Tagesminimum des kältesten Monats um plus / minus ein Grad Celsius.

## 6.4. Ergebnisse

Die GloNAF Datenbank ermöglicht globale Muster der Pflanzenverbreitung von Neophyten genauer zu betrachten. Folgende Ergebnisse geben Einblick in die weltweite Verteilung und Einbürgerung gebietsfremder Zierpflanzentaxa der Stadt Radolfzell. Die daraus ablesbare weltweite nicht-einheimische Verbreitung für jedes einzelne Taxon lässt auf ein artspezifisches Einbürgerungspotential für die Bodenseeregion unter hiesigen Klimabedingungen als auch Klimawandel schließen.

Von den insgesamt 985 gebietsfremden Arten, die in der Stadt Radolfzell in der projektbezogenen Feldarbeitsphase vorgefunden wurden, sind 649 Arten in GloNAF erfasst. 518 dieser Arten erweisen sich als klimatisch passend für den Bodenseeraum und fallen damit in die Vorwarnliste. Das heißt 66 Prozent aller gebietsfremden Arten in Radolfzell sind bereits in anderen Gebieten der Erde eingebürgert und 53 Prozent passen auch klimatisch dort hin. 467 Arten wurden der Weißen Liste zugeordnet, davon sind 337 Arten nicht in GloNAF erfasst und 130 Arten haben sich als klimatisch unpassend erwiesen.

Die in Radolfzell vorgefundene und anderswo am häufigsten eingebürgerte Art ist der Wunderbaum (*Ricinus communis*), der in 373 der 843 GloNAF Regionen bereits eingebürgert ist. Insgesamt sind 44 Arten in mehr als 100 GloNAF Regionen und 112 Arten in mehr als 50 GloNAF Regionen eingebürgert. 282 Arten sind in weniger als zehn GloNAF Regionen eingebürgert. Für die

Jahresmitteltemperatur ergeben sich die Vorwarnlisten folgendermaßen: die Artlisten unterteilt nach Wuchsform und gelistet nach Anzahl der GloNAF Regionen, in denen die Art bereits eingebürgert ist befinden sich in Anhang 1, wobei die klimaabhängigen Einbürgerungspotentiale jeder Art deutlich klar werden.

| Temperatur [°C]              | Vorkommen anderswo |                       | Häufigkeit Radolfzell |        |     |
|------------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|--------|-----|
|                              |                    |                       | Stadt                 | Privat |     |
| Heute (9.6)<br>481 Arten     | Hoch               | Warnliste 109         | Hoch:                 | 14     | 20  |
|                              |                    |                       | Niedrig:              | 62     | 67  |
|                              | Niedrig            | Beobachtungsliste 372 | Hoch:                 | 24     | 32  |
|                              |                    |                       | Niedrig:              | 180    | 251 |
| PLUS 2°C (11.6)<br>452 Arten | Hoch               | Warnliste 110         | Hoch:                 | 14     | 20  |
|                              |                    |                       | Niedrig:              | 62     | 67  |
|                              | Niedrig            | Beobachtungsliste 352 | Hoch:                 | 25     | 29  |
|                              |                    |                       | Niedrig:              | 164    | 234 |
| PLUS 4°C (13.6)<br>399 Arten | Hoch               | Warnliste 109         | Hoch:                 | 11     | 20  |
|                              |                    |                       | Niedrig:              | 61     | 67  |
|                              | Niedrig            | Beobachtungsliste 284 | Hoch:                 | 22     | 27  |
|                              |                    |                       | Niedrig:              | 139    | 191 |

Tabelle 5 Dargestellt sind die Anzahlen der Vorwarnliste-Arten für verschiedene Temperatursimulationen, geordnet nach dem Verbreitungsgrad anderswo und der lokalen Häufigkeit in der Kommune Radolfzell, aufgeteilt in öffentlich und privat angelegten Flächen.

Die Anzahlen der Arten in den verschiedenen Vorwarnlisten-Kategorien für die Jahresmitteltemperatur zeigen, dass deutlich weniger Arten in die Warnliste, als in die Beobachtungsliste kategorisiert wurden. Reduziert man die Listen weiter auf jene Arten, die häufig in Radolfzell vorgefunden wurden, so sind in jeder Warnliste der verschiedenen Klimaszenarien die gleichen 14 Arten auf öffentlich angelegten Flächen und 20 Arten auf privat bepflanzten Flächen vorzufinden (Tabelle 5). Die Liste jener Arten ist dem Anhang 2 zu entnehmen. Dies spiegelt also jene Arten wieder, bei denen die Kommune und der Hobbygärtner einen größtmöglichen Handlungsspielraum zur Verfügung haben. Die Schnittmenge dieser beiden Artlisten beschränkt sich auf lediglich fünf Arten, was die Unterschiede in der Anpflanzungs-Häufigkeit aber auch der Artenwahl verdeutlicht. Dies wird im Folgenden weiter veranschaulicht. Auf öffentlichen Flächen wurden 500 gebietsfremde Arten vorgefunden, auf privaten Flächen 815, wobei davon 300 gemeinsame Arten, die sowohl auf öffentlichen als auch privaten Flächen vorgefunden worden sind, verzeichnet wurden. Der Anteil der Vorwarnliste-Arten ist auf öffentlichen Flächen mit 298 Arten (60 Prozent) jedoch relativ höher als jener auf privaten Flächen (412 Arten, 51 Prozent). Die Warnlisten der verschiedenen Temperaturszenarien enthalten die gleichen 109 Arten, jedoch ist eine starke Veränderung der Rangfolge innerhalb dieser Listen zu verzeichnen. Diese ist auf die unterschiedlichen Abweichungen der Klimawerte für den Bodenseeraum zum Median des Klimavariablenbereichs aller Regionen, in denen eine Art eingebürgert ist, zurückzuführen (siehe Anhang 1). Die unterschiedlichen Anzahlen an Arten in den verschiedenen Temperaturszenarien sind auf die Beobachtungsliste zurückzuführen, also jene Arten, die in weniger als 50 GloNAF Regionen eingebürgert sind. Mit zunehmender Temperaturerhöhung ist eine Abnahme der potentiell einbürgerungsfähigen Gartenpflanzen zu erwarten. Die aktuelle Jahresmitteltemperatur bietet für 481 der vorgefundenen 985 gebietsfremden Taxa geeignete Lebensbedingungen. Bei einer Temperaturerhöhung von vier Grad Celsius gilt dies nur noch für 399 Arten (siehe Abb.69), wobei 345 Arten in allen drei Szenarien vorzufinden sind. Dies zeigt auf, dass das Set der derzeit verwendeten Zierpflanzen bezüglich einer potentiellen Einbürgerung unter heutiger Jahresmitteltemperatur einen Vorteil genießt.

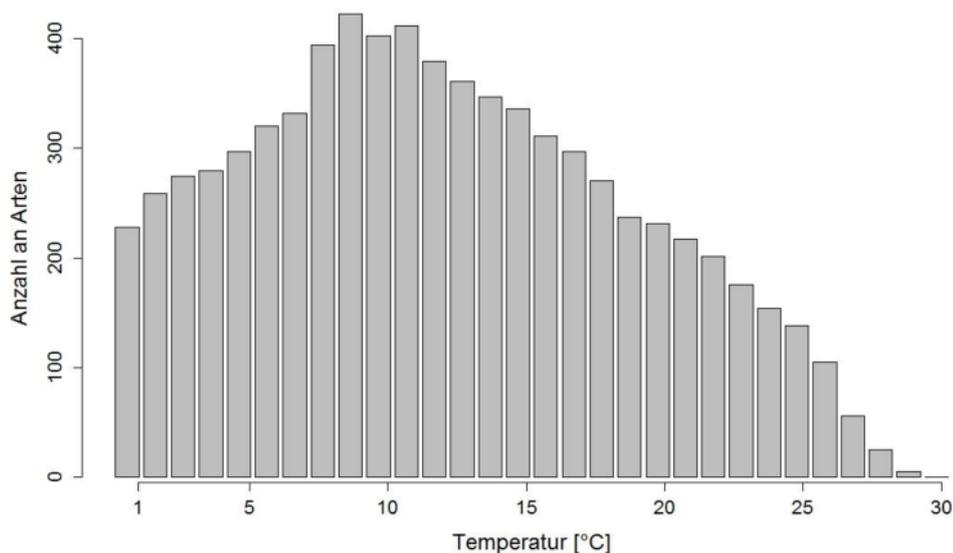


Abb. 69 Anzahl an gebietsfremden Arten der Vorwarnliste, die sich bei einer jährlichen Niederschlagssumme von 750 mm zu verschiedenen Jahresmitteltemperaturen klimatisch eignen.

| Klimavariablen                            | Intervall plus / minus | Heute | Anzahl an Arten | Prognose 1 | Anzahl an Arten | Prognose 2 | Anzahl an Arten |
|---|------------------------|-------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|
| A. Jahresmittel Temperatur [°C]           | 0.5                    | 9.6   | 481             | 11.6       | 452             | 13.6       | 399             |
| B. Summe Jahresniederschlag [mm]          | 50                     | 850   | 532             | 750        | 521             | 950        | 530             |
| C. Sommerregen [mm]                       | 30                     | 270   | 484             | 210        | 509             | 150        | 474             |
| D. Tagesmaximum des wärmsten Monats [°C]  | 5                      | 35.5  | 380             | -          | -               | -          | -               |
| E. Tagesminimum des kältesten Monats [°C] | 1                      | -9.8  | 474             | -          | -               | -          | -               |

Tabelle 6 Dargestellt sind die fünf Klimavariablen mit entsprechenden Klimawandelsimulationen und die Anzahlen der Vorwarnlistearten, die sich für die jeweilige Variable klimatisch eignen. Für jede Klimavariablen wurde, wie bereits bei Tabelle 4 erläutert, ein Intervall um jeden Ist- und Prognose-Wert gelegt.

Bezüglich der Niederschlagsentwicklung ist es schwierig eine artspezifische Aussage zu treffen, da für den Sommerregen zwar eine Abnahme prognostiziert ist, für den Winterregen und die Starkregenereignisse hingegen eine Zunahme. Hinsichtlich der Summe des jährlichen Niederschlags ergibt sich eine Schnittmenge aller drei Szenarien von 495 Arten. Bei ab- oder zunehmenden Jahresniederschlägen ist kaum eine Veränderung in den Anzahlen potentiell einbürgerungsfähiger Arten zu verzeichnen. Für den Sommerregen wäre bei einer geringen Niederschlagsabnahme mit einer Zunahme einbürgerungsfähiger Arten dieses Artenpools zu rechnen, bei starker Niederschlagsabnahme hingegen mit einer Abnahme. Die Klimavariablen C. - E. wurden der Tabelle in Anhang 1 beigelegt, aber nicht als Ausschlusskriterium für die Artliste hinbeigelegt. Sie können weiteren Einblick in die Klimaansprüche und Variabilität einer Art aufzeigen. In Bezug auf das Tagesmaximum des wärmsten Monats eignen sich am wenigsten Arten im Vergleich zu den anderen Klimavariablen. Da das Maximum des wärmsten Monats zwischen den einzelnen Jahren stark variieren kann, wurde ein Intervall von plus / minus 5°C um den Ist-Wert gelegt. Ein schmaleres Intervall von plus / minus ein Grad Celsius hätte den Artenpool auf nur 202 Arten anstelle von 380 reduziert. Der Artenpool dezimiert sich weiter auf 346 Arten, werden lediglich Arten miteinberechnet, die sich für alle fünf Klimavariablenwerte oder Prognosen eignen. Diese sind dem Anhang 1 zu entnehmen. Darin sind diejenigen Arten der Warnliste in blauer Schrift dargestellt, die vom Klimawandel profitieren

würden. Das sind Arten, die vermehrt in Gebieten mit einer höheren Jahresdurchschnittstemperatur und niedrigeren Summe an Jahresniederschlag eingebürgert sind. Im Folgenden sind einige dieser klimawandelbegünstigten und potentiell einbürgerungsfähigen Arten aufgeführt:

- **Kräuter:**

*Acanthus mollis* (Wahrer Bärenklau), *Centranthus ruber* (Rote Spornblume), *Echium plantagineum* (Wegerichblättrige Natternkopf), *Gaillardia aristata* (Kokardenblume), *Gazania rigens* (Halbstrauch-Gazanie), *Lavatera trimestris* (Bechermalve), *Lilium candidum* (Madonnen-Lilie), *Lupinus angustifolius* (Blaue Lupine), *Matthiola incana* (Garten-Levkoje), *Nassella tenuissima* (Mexikanisches Federgras), *Nemesia strumosa* (Elfenspiegel), *Oxalis purpurea* (Purpur-Sauerklee), *Pennisetum setaceum* (Afrikanisches Lampenputzergras), *P. villosum* (Sommer-Lampenputzergras), *Trachelium caeruleum* (Blaues Halskraut), *Zinnia peruviana* (Peruanische Zinnie).

- **Sträucher:**

*Agave americana* (Agave), *Alcea rosea* (Stockrose), *Erica arborea* (Baumheide), *Pyracantha rogersiana* (Asiatischer Feuedorn).

- **Bäume:**

*Callistemon viminalis* (Trauer-Zylinderputzer), *Cedrus atlantica* (Atlas-Zeder), *Cercis siliquastrum* (Gewöhnliche Judasbaum), *Gleditsia triacanthos* (Amerikanische Gleditschie), *Juglans regia* (Echte Walnuss), *Liquidambar styraciflua* (Amerikanische Amberbaum), *Olea europaea* (Olivenbaum), *Platanus acerifolia* (Ahornblättrige Platane), *Quercus palustris* (Sumpf-Eiche), *Taxodium distichum* (Echte Sumpfyzypresse).

- **Wasserpflanzen:**

*Azolla filiculoides* (Große Algenfarn), *Pontederia cordata* (Herzblättrige Hechtkraut).

- **Kletterpflanzen:**

Keine der Vorwarnliste – Kletterpflanzen sind laut diesen Kriterien vom Klimawandel (zunehmenden Temperaturen und abnehmendem Niederschlag) begünstigt.

Die Frage, in welchen Gebieten die in Radolfzell vorkommenden gebietsfremden Arten bereits eingebürgert sind und woher sie ursprünglich stammen, kann Aufschluss über eine Invasionsbegünstigung geben. Der größte Donator gebietsfremder Arten, die in Radolfzell angepflanzt werden, ist das gemäßigste Asien, gefolgt von Nordamerika und Europa selbst (Abb.70.a). Die Top drei Länder, in denen die meisten der im Untersuchungsgebiet vorgefundenen Arten bereits eingebürgert sind, sind mit großem Abstand die USA, Australien und China. Auf die Kontinente bezogen sind das Nordamerika und Europa (Abb.70.b). Ein weiterer Faktor ist die Verschiedenheit der Gebiete, in denen die Arten bereits eingebürgert sind. Viele der Arten sind klimatisch gesehen in sehr verschiedenen Regionen eingebürgert, was auf enorme Klimavariabilität deutet. 76 Prozent aller Vorwarnliste-Arten weisen eine Spanne von mindestens zehn Grad Celsius zwischen den Maxima und Minima der Jahresdurchschnittstemperaturen jener Gebiete auf, in denen eine Art bereits eingebürgert ist und 25 Prozent dieser Arten sogar über 25 Grad Celsius Temperaturvariabilität. Bezüglich der jährlichen Niederschlagssumme zeigen ebenfalls 26 Prozent aller Vorwarnliste-Arten eine Bandbreite von über 2.000 mm auf und 62 Prozent von mehr als 1.000 mm.

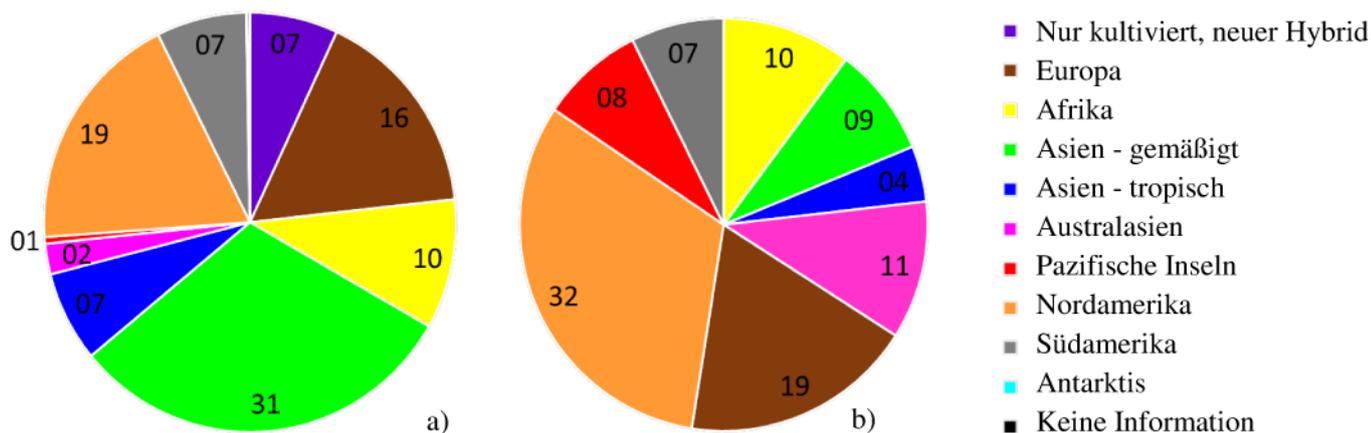


Abb. 70 A) Prozentuale Verteilung der pflanzengeographischen Kontinente (siehe van Kleunen 2015b, Abbildung 2a), aus denen die in Radolfzell vorkommenden gebietsfremden Taxa laut den Datenbanken KEW (Royal Botanical Gardens) und GRIN (Germplasm Resources Information Network) ursprünglich stammen, b) laut GloNAF bereits eingebürgert sind.

Da eine sehr hohe Anpflanzungshäufigkeit gebietsfremder Kräuter von fertigen Saatgutmischungen ausgeht, macht es Sinn, häufig verwendete Mischungen genauer zu betrachten. Dabei fällt ein enorm hoher Anteil gebietsfremder Arten auf (siehe Tabelle 7). 86 Prozent der Mössinger Mischung 2014 sind gebietsfremd und 71 Prozent findet sich auf der Vorwarnliste dieser Studie wieder. Die artenärmere Saatgutmischung „Blauer Blütenzauber“ übertrifft dies mit 93 Prozent gebietsfremder Arten. Viele dieser Arten sind bereits anderswo eingebürgert und eignen sich klimatisch für den Bodenseeraum. Zu Tabelle 7 ist zu erwähnen, dass sich die Artenzusammensetzung teilweise jährlich ändert und in vielen Fällen nicht auf dem Etikett vermerkt ist.

| Saatgutmischungen<br>Anzahl an Arten | Blauer<br>Blütenzauber | Mössinger<br>Mischung<br>2014 | Traumhafte<br>Impressionen | Hofmann<br>Nr12 | Hofmann<br>Nr15 |
|--------------------------------------|------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|
| Arten                                | 14                     | 28                            | 23                         | 13              | 43              |
| Einheimisch                          | 1                      | 4                             | 8                          | 10              | 38              |
| Gebietsfremd                         | 13                     | 24                            | 15                         | 3               | 6               |
| % Gebietsfremder                     | 93                     | 86                            | 65                         | 23              | 14              |
| Übereinstimmung GloNAF               | 12                     | 22                            | 13                         | 3               | 4               |
| Warnliste                            | 4                      | 8                             | 4                          | 3               | 1               |
| Beobachtungsliste                    | 6                      | 14                            | 9                          | 0               | 3               |
| Weißer Liste                         | 3                      | 2                             | 2                          | 0               | 0               |

Tabelle 7 Aufgeführt sind fünf gängige Saatmischungen. Dargestellt sind Zahlen und Anteile an einheimischen und gebietsfremden Arten und Arten, die der Vorwarnliste dieser Studie zugeordnet wurden. Zu den einheimischen Arten werden Archäophyten mit dazu gerechnet.

Im Hinblick auf die Invasibilität einer Art ist ein weiterer Schritt der Abgleich mit bestehenden globalen Listen invasiver Arten. Bisher liegen zwei Datenbanken zu invasiven Neophyten der Welt vor. Rejmánek und Richardson<sup>198</sup> haben 2013 751 invasive Sträucher und Bäume der Welt zusammengefasst. Weber überarbeitete seine 2003 veröffentlichte Sammlung von 500 invasiven Pflanzenarten<sup>199</sup>. Wobei zu erwähnen ist, dass diese beiden Listen nicht alle invasiven Arten der Welt zusammenfassen und dies nur ein Ausschnitt aller real invasiver Neophyten ist. Bislang liegt keine globale Liste invasiver Arten vor. Ein Problem dabei ist eine global anerkannte Definition einer invasiven Art. Jedoch können erste Trends durch diesen Abgleich detektiert werden. Aus der Datenbank von Rejmánek und Richardson ergibt sich eine Übereinstimmung von 66 Arten mit der Vorwarnliste, von denen sich 65 klimatisch eignen. Für jene in Anhang 3 gelisteten 65 Arten kann damit von einem erhöhten Invasionspotential für die Bodenseeregion gesprochen werden. Davon sind 22 Prozent der Arten bereits in Europa und 16 Prozent in Nordamerika invasiv. 69 Prozent der Arten wurden im Zuge des Zierpflanzenhandels eingeführt, gefolgt von zehn Prozent, die über forstliche Zwecke eingeführt worden sind und neun Prozent als Nahrungsmittel, inklusive Gewürze, Medizin und Getränke. 58 Arten der Vorwarnliste stimmen mit der Liste von Weber überein. Abzüglich der Überschneidungen von 22 Arten der beiden Listen ergeben sich daraus insgesamt 101 klimatisch passende Arten, die anderswo auf der Welt bereits als invasiv gelistet worden sind (siehe Anhang 3). Knapp 20 Prozent aller Arten dieser hier erstellten Vorwarnliste sind damit bereits in anderen Teilen der Erde invasiv. Nimmt man die 1071 Arten der beiden Listen invasiver Arten der Welt zusammen, so sind nahezu ein Zehntel davon in der Kommune angepflanzt und eignen sich klimatisch für die Bodenseeregion.

Ein weiterer Schritt für die Einschätzung der nächsten Generation potentiell invasiver Neophyten ist das Sichten erster Gartenflüchtlinge. Die in Anhang 4 erstellte Aktionsliste weist auf 78 Arten hin, die sich entweder selbständig in der Nähe des Pflanzortes vermehren oder bereits in freier Wildbahn gesichtet wurden. 36 dieser Arten wurden bereits vom Bundesamt für Naturschutz als eingebürgert eingestuft. Diese Arten wurden bewusst auf der Liste gehalten, da viele eingebürgerten Neophyten nach wie vor für Ziergartenzwecke erworben werden können, was ihre Abundanz und damit ihren Etablierungserfolg und ihr Invasionspotential erhöht<sup>200,201</sup>. Unter den restlichen 42 Arten sind acht weitere Arten, die laut Nehring<sup>202</sup> als potentiell invasiv gelistet wurden. Zwei davon befinden sich in der Schwarzen und sechs in der Grauen Listen des BfN. 52 der 78 Aktionsliste-Arten finden sich in der in Anhang 1 aufgeführten Vorwarnliste wieder, weitere acht Arten wurden im Rahmen dieser projektbezogenen Feldarbeitsphase in Radolfzell erfasst und 18 dieser Zierpflanzen wurden nicht im Rahmen dieser Feldarbeit aufgenommen. 13 der Aktionsliste-Arten wurden laut Weber<sup>203</sup> oder Rejmánek und Richardson<sup>204</sup> als invasiv anderswo erfasst. Gleicht man die Aktionsliste mit der Neophyten Liste des BfN<sup>205</sup> und den folgenden fünf Listen potentiell invasiver Neophyten ab, so ergeben sich dennoch 31 Arten, die in keiner der genannten Listen erscheinen:

---

<sup>198</sup> Rejmánek et al. (2013): Trees and shrubs as invasive alien species – 2013 update of the global database. Diversity Distrib. Heft 19, Seite 1093–1094.

<sup>199</sup> Weber (2003): Invasive Plant Species of the World: A Reference Guide to Environmental Weeds. CABI Publishing, Wallingford, UK. (Zweite aktualisierte Auflage bisher unveröffentlicht)

<sup>200</sup> Kowarik (2003): Biologische Invasionen: Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa.

<sup>201</sup> Feng (2015): Doktorarbeit Universität Konstanz, AG Ökologie, von Kleunen.

<sup>202</sup> Nehring et al. (2013): Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertungen für in Deutschland wild lebende gebietsfremde Gefäßpflanzen. BfN-Skripten 352.

<sup>203</sup> Weber (2003): Invasive Plant Species of the World: A Reference Guide to Environmental Weeds. CABI Publishing, Wallingford, UK. (Zweite aktualisierte Auflage bisher unveröffentlicht)

<sup>204</sup> Rejmánek et al. (2013): Trees and shrubs as invasive alien species – 2013 update of the global database. Diversity Distrib. 19, 1093–1094.

<sup>205</sup> [www.floraweb.de/pflanzenarten/neophyten.html](http://www.floraweb.de/pflanzenarten/neophyten.html)

BfN (Invasivitätsbewertung für in Deutschland wild lebende gebietsfremde Gefäßpflanzen<sup>206</sup>), Korina (Neophyten Sachsen-Anhalts: Gefährdung der Biodiversität<sup>207</sup>), den Schweizer Listen (Infoflora: Schwarze und Graue Listen<sup>208</sup>), EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization, Invasive Arten und Warnlisten<sup>209</sup>) und dem Artenkatalog an Neophyten der Universität Halle<sup>210</sup>.

## 6.5. Diskussion und Schlussfolgerung

Die Übereinstimmung von 66 Prozent aller kartierten gebietsfremden Arten mit GloNAF<sup>211</sup> zeigt, wie hoch die Einbürgerungsraten der in Radolfzell verwendeten, nicht einheimischen Zierpflanzen anderswo bereits sind. Dass davon wiederum 80 Prozent klimatisch zur Bodenseeregion passen, deutet darauf hin, wie riskant viele dieser Einbringungen sind. Mehr als die Hälfte (53 Prozent) aller gebietsfremden Zierpflanzenarten, die in der Kommune angepflanzt werden, sind bereits anderswo eingebürgert und passen in das heutige Klima der Bodenseeregion oder deren Klimawandelprognosen. Zudem sind davon fast ein Fünftel der klimatisch geeigneten gebietsfremden Arten anderswo als invasiv erfasst<sup>212,213</sup>. Es ist zu erwähnen, dass die 985 gebietsfremden Zierpflanzen, die im Rahmen des Klibikom Projekts in der Kommune Radolfzell vorgefunden wurden, nur einen Ausschnitt des real vorkommenden Zierpflanzenbereichs darstellen.

Vergleicht man öffentliche und private Flächen, so ergibt sich auf privat bepflanzten Arealen mit 815 gebietsfremden Taxa ein erheblich höherer Artenpool. Dieser resultiert aus dem aufgenommenen Ein-Jahresausschnitt der städtisch verwendeten Wechselflora mit 500 nicht einheimischen Arten. Daher resultiert auch die relativ geringe Überlappung von 300 Arten. Jedoch sind verhältnismäßig mehr Arten auf öffentlichen Flächen anderswo eingebürgert, die sich auch klimatisch für die Bodenseeregion eignen. Dies zeigt, dass im öffentlichen Grün trotz Wechselflor dem Klima angepasster angepflanzt wird und viele etablierte Gartenflüchtlinge dem urbanen Zierpflanzenbereich entspringen können, was weltweit bereits vermehrt geschehen ist. Zudem geben öffentliche Flächen oftmals Trends für Hobbygärtner vor, welche in den Folgejahren dem Vorgepflanzten nachziehen. Dies bedeutet, dass das öffentliche Grün beispielhaft vorangehen kann und somit einen verzögerten Einfluss auf private Anpflanzungen hat, was in der Gemeinde Bad Saulgau zu sehen ist, die innerhalb der letzten 20 Jahre auf naturnähere Dauerbepflanzung umgestellt hat. Die Gemeinde wurde für die Umwandlung des Einheitsgrüns in der Landesinitiative "Mittendrin ist Leben. GRÜN in Städten und Gemeinden in Baden-Württemberg" durch das Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg im Jahr 2013 ausgezeichnet.

Bezüglich der Eignung eingebrachter Zierpflanzen angesichts des Klimawandels ergeben sich divergente Muster. Die höheren Anzahlen an Arten in den Beobachtungslisten des heutigen Klimas im Vergleich zu den Zukunftsszenarien (siehe Tabelle 6) zeigen, dass der Gartenbau in vielen Fällen die Arten dem Klima entsprechend auswählt. Dies widerspricht aber nicht der Annahme, dass sich das

---

<sup>206</sup> Nehring et al. (2013a): Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertungen für in Deutschland wild lebende gebietsfremde Gefäßpflanzen. BfN-Skripten 352.

[www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/skript352.pdf](http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/skript352.pdf)

<sup>207</sup> [www.korina.info/?q=node/10](http://www.korina.info/?q=node/10)

<sup>208</sup> [www.infoflora.ch/de/flora/neophyten/listen-und-infobl%C3%A4tter.html](http://www.infoflora.ch/de/flora/neophyten/listen-und-infobl%C3%A4tter.html)

<sup>209</sup> [www.eppo.int/](http://www.eppo.int/)

<sup>210</sup> [www2.biologie.uni-halle.de/bot/ag\\_chorologie/neophyten/ARTENKATALOG.html](http://www2.biologie.uni-halle.de/bot/ag_chorologie/neophyten/ARTENKATALOG.html)

<sup>211</sup> van Kleunen et al. (2015b): Global exchange and accumulation of non-native plants. Nature Heft 525, Seite 100–103.

<sup>212</sup> Weber (2003): Invasive Plant Species of the World: A Reference Guide to Environmental Weeds. CABI Publishing, Wallingford, UK. (Zweite aktualisierte Auflage bisher unveröffentlicht)

<sup>213</sup> Rejmánek et al. (2013): Trees and shrubs as invasive alien species – 2013 update of the global database. Diversity Distrib. 19, 1093–1094.

Risiko der Pflanzeninvasionen durch den Klimawandel erhöhe<sup>214,215</sup>, jedoch zeigt es auf, dass bereits unter hiesigen Bedingungen viele der eingeschleppten Gartenpflanzen, unter Berücksichtigung der hier aufgeführten Klimavariablen, ein potentiell Besiedlungsgebiet im Bodenseeraum haben. Zudem verändert sich bei jeder Liste die Rangfolge der Arten. Dies bedeutet, dass unter Klimawandel andere Arten klimatisch bevorzugt werden. Ferner ist anzunehmen, dass der Gartenbau in den nächsten Jahrzehnten neue, dem wärmeren Klima angepasste Arten mit hinzuziehen wird, was wiederum neue Einbürgerungs- und Invasionspotentiale birgt. Die Ähnlichkeit der Taxa in den Warn- und Beobachtungslisten der verschiedenen Klimaszenarien zeigt, dass die Gebiete, in denen die einzelnen Arten bereits eingebürgert sind, entweder dem hiesigen Klima entsprechen oder große Klimavariablenbereiche aufweisen und somit mit allen Zukunftsszenarien überlappen. Dies deutet auf die hohe Variabilität derjenigen Arten hin, die im Stande sind sich gebietsfremd einzubürgern. Dadurch wird auch eine Anpassung an neue klimatische Gebiete wahrscheinlicher. Genau diese Arten sind es auch, die eine erhöhte Invasivität aufweisen<sup>216</sup>. Die geringe Veränderung der Artenanzahlen in den verschiedenen Niederschlagslisten zeigt auf, dass der Jahresniederschlag in dem hier untersuchten Bereich von 700 mm bis 1.000 mm eine geringere Rolle wie die zu erwartende Temperaturerhöhung spielt. Dies reflektiert die geringe Veränderung der potentiell einbürgerungsfähigen Arten unter Niederschlagsveränderung, jedoch würden bei sich ändernden Niederschlägen andere Arten der Warn- und Beobachtungsliste in ihrer Etablierung stärker begünstigt werden. Ein schwacher Trend zu einem größeren potentiell einbürgerungsfähigen Artenpool bei einer geringen Niederschlagsabnahme des Sommerregens deutet auf die erhöhte Einbringung sogenannter Präriepflanzen hin. Abnehmende Niederschlagswerte bergen ein Risiko für eine völlig neue Sparte potentiell invasiver Arten. Bislang wurde angenommen, dass ein erhöhtes Invasionspotential für klimatisch und naturräumlich ähnliche Gebiete, also Arten aus nemoralen (feuchte Mittelbreiten) Ursprungsgebieten, bestünde<sup>217</sup>. Fraglich ist, ob unter Klimawandel mit heißeren und trockeneren Sommern zukünftig die mediterranen und kontinentalen Gebiete (winterfeuchte Subtropen und trockene Mittelbreiten) als geeignete Donatoren gebietsfremder, potentiell invasiver Arten hinzukommen könnten. Dies würde die Größe der potentiellen Donatoren-Gebiete erheblich vergrößern, abgesehen von dem enormen Artenreichtum der mediterranen Gebiete. Da das Klima im Bodenseeraum milder ist als in großen Teilen Deutschlands, spricht dies, gerade unter Klimawandel, für eine Verallgemeinerung der Ergebnisse im gesamt-, zumindest aber im süddeutschen Raum. Wobei zu erwähnen ist, dass es auch in Deutschland hohe regionale Unterschiede von Landschaftstypen bezüglich unterschiedlichen Neophyten Problematiken gibt<sup>218</sup>. Des Weiteren sollte beachtet werden, dass obwohl die klimatische Eignung die Hauptdeterminante für den Etablierungserfolg gebietsfremder Pflanzen darstellt, sich nicht alle Arten mit hoher Klimaeignung in freier Wildbahn etablieren werden. Viele andere Faktoren, wie die Bodenbedingungen und spezifische biotische Gegebenheiten können eine Etablierung verhindern. Daher ist eine detailliertere Betrachtung anderer Klimavariablen wie die Anzahl der Frosttage, die in der WorldClim Datenbank nicht zur Verfügung steht<sup>219,220</sup>, als auch die Berücksichtigung des Bodens und seines Edaphons, der Landschaftstypen und der umliegenden Pflanzengemeinschaft

---

<sup>214</sup> Perrings et al. (2005): How to manage biological invasions under globalization. Trends in Ecology and Evolution Heft 20, Seite 212–215.

<sup>215</sup> Bethany et al. (2010): Climate change increases risk of plant invasion in the Eastern United States. In: Biological Invasions Heft 12, Seite 1855–1872.

<sup>216</sup> Pyšek et al. (2009): The global invasion success of Central European plants is related to distribution characteristics in their native range and species traits. Diversity and Distributions Heft 15, Seite 891–903.

<sup>217</sup> Nehring et al. (2013a): Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertungen für in Deutschland wild lebende gebietsfremde Gefäßpflanzen. BfN-Skripten 352.

<sup>218</sup> Radkowsch et al.: Noch nicht publiziert. Beruht auf mündlicher Übertragung.

<sup>219</sup> [www.worldclim.org/](http://www.worldclim.org/)

<sup>220</sup> Hijmans et al. (2005): Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. Int. J. Climatol. Heft 25, Seite 1965–1978.

erstrebenswert. Auch phylogenetische Abstände der beteiligten einheimischen und eingebrachten Arten wären zu berücksichtigen<sup>221</sup>.

Das Ursprungsgebiet kann ebenfalls Aufschluss auf die klimatische Variabilität einer Art geben. Dies gibt zusammen mit den Gebieten der Einbürgerung Auskunft über die Klimaresistenz und Persistenz in Bezug auf ein neues potentiell einbürgerungsfähiges Gebiet. Der größte Anteil gebietsfremder Pflanzen stammt aus dem gemäßigten Asien, gefolgt von Nordamerika und Europa. Dies zeigt, dass auch in diesem Fall gebietsfremder Zierpflanzen die Nordhalbkugel den Haupt-Donator mit 66 Prozent aller eingebrachten Taxa ausmacht, wie bereits von Darwin 1859<sup>222</sup> vermutet. Eingebürgert sind die in Radolfzell vorgefundenen gebietsfremden Arten hauptsächlich in Nordamerika und Europa selbst. Dies deutet bereits auf die klimatische Tauglichkeit der Arten für die Bodenseeregion hin. Die Einführung gebietsfremder Arten im Zuge des bilateralen Handels geschieht immer mehr durch Regionen mit ähnlicher Jahresdurchschnittstemperatur und -niederschlag<sup>223</sup>. Die Klimavariablenbereiche, die aus den Gebieten, in denen eine Art bereits eingebürgert ist, hervorgehen, verdeutlichen nochmals die klimatische Variabilität einer Art. Bei vielen Zierpflanzenarten liegen die Maxima und Minima einer Klimavariablen oftmals weit voneinander entfernt. Folglich weisen viele der im Zierpflanzenbereich verwendeten und anderswo bereits eingebürgerten Arten eine enorme klimatische Bandbreite auf. Dies deutet darauf hin, dass viele der heute einbürgerungsfähigen Arten als besonders klimawandeltauglich angesehen werden können.

Die Frage, welche Arten sich unter Klimawandel nun bei uns etablieren und schließlich invasiv werden könnten, ist kaum zu prognostizieren. 19 der Vorwarnliste-Arten überschneiden sich mit der Artenliste von Kleinbauer<sup>224</sup>, die für 45 neophytische Gefäßpflanzen ein Ausbreitungspotential unter Klimawandel in Deutschland und Österreich modelliert haben. Da die heutige Generation invasiver Gartenpflanzen vermehrt in den 1970er Jahren ausgebracht wurde, würde eine häufige Verbreitung aktueller Mode-Zierpflanzen Invasionen in 40 Jahren bedingen. Wobei nicht zu vernachlässigen ist, dass manche biologischen Invasionen sehr lange dauern können. Die Invasion, im Sinne einer Gefährdung der einheimischen Artenvielfalt, in Nordamerika durch den bei uns heimischen Gewöhnlichen Blutweiderich (*Lythrum salicaria*) dauerte 300 Jahre<sup>225</sup>. Das Chinaschilf (*Miscanthus sinensis*) wurde hingegen in weit kürzerer Zeit nach der Einführung in den USA invasiv<sup>226</sup>. Folglich tragen wir das Invasionserbe unserer vorigen Generation und sind verantwortlich für zukünftige Invasionsschulden<sup>227</sup>. 44 (8,5 Prozent) der Vorwarnliste-Arten würden darüber hinaus von einer Erhöhung der Jahresdurchschnittstemperatur und abnehmenden Jahresniederschlägen profitieren. Des Weiteren weisen Arten eine erhöhte Invasivität auf, die bei uns bereits auf dem Weg der Verwilderung sind und/oder in anderen Teilen der Erde bereits invasiv geworden sind, sich die klimatischen Bedingungen eignen und die Arten häufig, wie im Zierpflanzenbereich üblich, angepflanzt werden<sup>228</sup>. 13 der 78 Aktionsliste-Arten in Anhang 4 sind anderswo bereits invasiv und im Bodenseeraum auf dem Weg der Etablierung, dass heißt sie reproduzieren sich stellenweise bereits selbst. Von einer Einbürgerung ist jedoch bei vielen dieser Arten noch nicht zu sprechen, da sie keine zehn Jahre

---

<sup>221</sup> Feng (2015): Doktorarbeit Universität Konstanz, AG Ökologie, van Kleunen.

<sup>222</sup> Darwin (1859): *The origin of species*. John Murray, London.

<sup>223</sup> Essl et al. (2015): *Crossing Frontiers in Tackling Pathways of Biological Invasions*. BioScience. Heft 65(8), Seite 769-782.

<sup>224</sup> Kleinbauer et al. (2010): *Ausbreitungspotenzial ausgewählter neophytischer Gefäßpflanzen unter Klimawandel in Deutschland und Österreich*. BfN-Skripten 275.

<sup>225</sup> Thompson et al. (1987): *Spread, impact, and control of purple loosestrife (*Lythrum salicaria*) in North American wetlands*. Fish and Wildlife Service, Washington, DC.

<sup>226</sup> Quinn et al. (2010): *Bioenergy Invasiveness potential of *Miscanthus sinensis*: Implications for bioenergy production in the United States*. GCB Bioenergy Heft 2, Seite 310–320.

<sup>227</sup> Essl et al. (2011): *Socioeconomic legacy yields an invasion debt*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Heft 108(1), Seite 203-207.

<sup>228</sup> Feng (2015): Doktorarbeit Universität Konstanz, AG Ökologie, van Kleunen.

wildwachsend beobachtet wurden<sup>229</sup>. Jene Arten, die laut BfN bereits als eingebürgert definiert wurden, wurden der Aktionsliste beibehalten, da sie trotz des anerkannten Einbürgerungsstatus weiterhin verkauft und gepflanzt werden. Beispielsweise wird *Solidago canadensis* im Samen-Fetzer Katalog 2014 - 2016 auf Seite 187 ohne weitere Hinweise auf dessen Invasivität angeboten. Weitere 88 Vorwarnliste-Arten wurden anderswo als invasiv eingestuft und eignen sich klimatisch für den Bodenseeraum. Bei diesen insgesamt 165 Arten ist äußerste Vorsicht geboten und ein besonderes Augenmerk in Form von steter Beobachtung könnte eine Invasion im frühen Stadium aufdecken und deren Bekämpfung erheblich erleichtern. Diesbezüglich wurde von Adolphe<sup>230</sup> 2015 eine weitere Liste mit sich in Deutschland möglicherweise einbürgernden Arten zusammengestellt. Um die Reaktion einer Art auf den Klimawandel präziser darstellen zu können, sollten Interaktionen wie Konkurrenz zwischen neu auftretenden Artenkompositionen mitberücksichtigt werden<sup>231</sup>. Diesbezüglich stellt der Verwandtschaftsgrad zwischen Arten eine wichtige Steuergröße des Etablierungserfolgs dar, was erstmalig 1859 als Darwins Einbürgerungs-Hypothese beschrieben wurde<sup>232,233</sup>. Jedoch ist fraglich, wie sinnvoll es ist, eine Liste potentiell invasiver Arten auf gebietsfremde Pflanzen zu beschränken oder ob wir wieder zu der früheren Definition eines „idealen Unkrauts“ von Baker<sup>234</sup> zurückkehren sollten, da auch einheimische Pflanzen, wie beispielsweise das Reitgras (*Calamagrostis epigejos*), die Schlehe (*Prunus spinosa*) oder die Brombeere (*Rubus sectio Rubus*, darunter *Rubus caesius*, *R. fruticosus*, *R. idaeus*, insgesamt gibt es 325 einheimische *Rubus* Arten), die biologische Vielfalt lokal vermindern können und vom Klimawandel, erhöhten Stickstoffeinträgen oder einer anderen Störung des Ökosystems genauso profitieren können wie gebietsfremde invasive Arten<sup>235,236</sup>. Des Weiteren kann die Definition einer heimischen Tier- oder Pflanzenart im Bundesnaturschutzgesetz<sup>237</sup>, bei der eine Art auch „als heimisch gilt [...], wenn sich verwilderte oder durch menschlichen Einfluss eingebürgerte Tiere oder Pflanzen der betreffenden Art im Inlande in freier Natur ohne menschliche Hilfe über mehrere Generationen als Population erhalten“, als überholt angesehen und sollte überarbeitet werden.

Ein weiteres Invasionsrisiko stellen die gängigen Saatgutmischungen dar. Die verwendeten Mischungen weisen einen Anteil gebietsfremder Arten zwischen 60 bis 90 Prozent auf, von denen viele Arten anderswo eingebürgert sind und sich klimatisch für den Bodenseeraum eignen. 19 Prozent jener gebietsfremden Arten würden darüber hinaus von einer Temperaturerhöhung und abnehmenden Niederschlägen profitieren. Da einige dieser Saatgutmischungen Einzug in Baumärkte erhalten, vielerorts öffentlich ausgebracht werden und sogar als sogenannte Saatgutbomben angepriesen und oftmals verschenkt werden, wird diese Art der Bepflanzung immer mehr zur Modeerscheinung. Viele Hobbygärtner oder auch Tourismusanlagen bevorzugen die lange und auffällige Blühphase von Saatgutmischungen mit hohem Anteil gebietsfremder Arten gegenüber den oft teureren, weniger blühprächtigen einheimischen Blühmischungen, deren Erwerb zudem oft aufwändiger ist. Ein weiterer Grund der Ausbringung ist, die Öffentlichkeit an eine neue Art der städtischen und urbanen Landschaftsgestaltung zu gewöhnen. Ist dies erfolgt, können weniger blühprächtige Mischungen mit einem höheren Anteil einheimischen Saatguts ausgebracht werden. Jedoch werden damit viele

<sup>229</sup> Pyšek et al. (2004): Alien plants in checklists and floras. Towards better communication between taxonomists and ecologists. *Taxon* Heft 53(1), Seite 131-143.

<sup>230</sup> Adolphe (2015): Anmerkungen zu einigen sich möglicherweise einbürgernden Neophyten. *Braunschweiger Geobotanische Arbeiten* Heft 11, Seite 137-153.

<sup>231</sup> Alexander et al. (2015): Novel competitors shape species' responses to climate change. *Nature*.

<sup>232</sup> Darwin C (1859): *The origin of species*. John Murray, London. Seite 86.

<sup>233</sup> Rejmánek (1998): *Invasive plant species and invadible ecosystems*. Kluwer, Dordrecht. Seite 79-102.

<sup>234</sup> Baker (1974): *The evolution of weeds*. *Annual Review of Ecology and Systematics* Heft 5, Seite 1-24.

<sup>235</sup> Dawson et al. (2012): Common and rare plant species respond differently to fertilisation and competition, whether they are alien or native. *Ecology letters*, Heft 15(8), Seite 873-880.

<sup>236</sup> Knapp et al. (2012): Origin matters: widely distributed native and non-native species benefit from different functional traits. *Ecology Letters* Heft 15, Seite 696-703.

<sup>237</sup> BNatSchG § 40 Abs. 2 Satz 7.b.

gebietsfremde Arten hochfrequent verbreitet. Zudem besteht nach wie vor die Meinung, die Biodiversität damit zu unterstützen, besonders den Bienen einen guten Dienst zu leisten und ökosystemar wertvoll zu arbeiten. Gerade die Billigpreise einher mit der kommerziellen Vertreibung werden die sekundäre Einbringung erheblich steigern und dadurch das Invasionspotential dieser Arten erhöhen<sup>238</sup>. Daher können jene Blümmischungen, die in Baumärkten billig vertrieben werden und einen hohen Anteil gebietsfremder Arten beinhalten als Gefahrenpotential in der Ausbreitung und Etablierung sich einbürgernder Neophyten gesehen werden. Eine Aufklärung in diesem Bereich ist dringend erforderlich. Dafür sind Kampagnen an und mit Baumärkten, gerade den großen, deutschlandweit verbreiteten Ketten anzustreben. Ein wichtiger Punkt ist Beschriftung der Saatgutmischungen. Es sollte gesetzlich vorgeschrieben werden, die Artzusammensetzung jeder Saatgutmischung auf der Packung und Online bei entsprechendem Vertrieb zu verzeichnen. Darüber hinaus werden vermehrt pflanzfertige Staudenmischungen angeboten, die teilweise von verschiedenen Hoch-, Fachschulen und Gartenbaubetrieben zusammengestellt werden. Laut Anbietern sind solche Staudenmischungen für jedermann durchführbar und werden damit vielfach privat ausgebracht. Zurzeit sind über 50 verschiedene Staudenmischpflanzungen auf dem Markt. Der sogenannte New German Style (NGS) soll „pflegearme Bepflanzung durch gebündeltes Know-how“ erleichtern. Dabei werden jedoch oftmals Staudenmischungen zusammengestellt, bei denen 60 bis 100 Prozent der Arten gebietsfremd sind. Selbst die als naturnah bezeichneten Staudenmischungen enthalten bis zu einem Drittel nicht einheimischer Arten. Einen Überblick der derzeit erhältlichen Staudenmischungen gibt es auf mehreren Homepages<sup>239,240,241</sup>. Es sind jedoch auch einige naturnahe Mischungen mit einem höheren Anteil einheimischer Arten verfügbar<sup>242</sup>. Im präventiven Sinne erweist es sich als zweckgemäß, Großhändler davon zu überzeugen, bereits eingebürgerte Neophyten und potentiell invasive Zierpflanzen aus dem Sortiment zu nehmen. Über entsprechende Sensibilisierung könnten gemäß dem Bundesnaturschutzgesetz Paragraph 40, Absatz eins vorbeugende Maßnahmen getroffen werden. Verzichtserklärungen, sogenannte "Code of Conducts", wurden bereits vom Zentralverband Gartenbau e.V. in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und dem Bundesamt für Naturschutz entwickelt<sup>243, 244</sup>. Dies erscheint sinnvoll angesichts der Tatsache, dass hochinvasive Arten wie die Goldrute (*Solidago canadensis*), aber auch Graue Liste Arten des BfN, wie der Wassersalat (*Pistia stratiotes*) in Katalogen und Prospekten nach wie vor angepriesen werden. Es bedarf weiterer Aufklärung, neuer Kommunikationsstrategien aber auch selektiv gesetzter Verbote. Kampagnen wie „Be Plant Wise“, die 2010 in Großbritannien auf die Gefahren sich ausbreitender, gebietsfremder invasiver Wasserpflanzen aufmerksam machte<sup>245</sup>, und gerade Schlüssel-Akteure miteinbezogen, werden immer zentraler biologische Invasionen erfolgreich einzudämmen. Zudem wäre es hilfreich, das Herkunftsgebiet jeder Art auf dem Etikett zu verzeichnen. So hätte der Käufer eine direkte Wahl eine einheimische oder gebietsfremde Art zu erstehen und auszubringen. In jedem Falle ist von entscheidender Bedeutung, dass alle Akteure des privaten und öffentlichen Bereichs entsprechend aufgeklärt und miteinbezogen werden. Ziel ist es, die Einbürgerungs- und Invasionspotentiale eingebrachter und immer weiter verbreiteter Arten im Zierpflanzenbereich zu mindern. Dabei sollten positive Handlungen herausgehoben werden. Oftmals ist die Sensibilisierung für dieses Thema gering und kann über positive Aufklärung nachhaltiger

---

<sup>238</sup> Kowarik I (2003): Biologische Invasionen: Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa.

<sup>239</sup> [www.durchgeblueht.de](http://www.durchgeblueht.de)

<sup>240</sup> [www.staudenverwendung.de/](http://www.staudenverwendung.de/)

<sup>241</sup> [www.knapkon.de/index.php/staudenmischungen/](http://www.knapkon.de/index.php/staudenmischungen/)

<sup>242</sup> [www.naturgartenplaner.de/aktuelle-projekte/staudenmischpflanzungen/](http://www.naturgartenplaner.de/aktuelle-projekte/staudenmischpflanzungen/)

<sup>243</sup> Rabitsch et al. (2013): Erstellung einer Warnliste in Deutschland noch nicht vorkommender invasiver Tiere und Pflanzen. BfN-Skripten 331.

<sup>244</sup> Zentralverband Gartenbau (2008): Umgang mit invasiven Arten. Empfehlungen für Gärtner, Planer und Verwender. Zentralverband Gartenbau e.V. BMUB Seite 37.

<sup>245</sup> NNSS (2010): Great Britan non-native species secretariat. [www.nonnativespecies.org/beplantwise/index.cfm](http://www.nonnativespecies.org/beplantwise/index.cfm)

geschehen als durch Zurechtweisungen. Daher scheint es als essentiell, die Themen des Naturschutzes, der Ökologie, der Invasionsbiologie und des naturnahen Gärtnerns noch mehr in die Gärtner- und Forstausbildung einzubringen. Darüber hinaus sollten Fortbildungen in diesem Bereich an der Tagesordnung sein. Denn je mehr gebietsfremde Arten eingeführt werden, desto mehr werden sich etablieren und auch invasiv werden. Der Klimawandel bringt eine völlig neue Dimension hinzu. Daher sind weitere Untersuchungen zweckgemäß, welche der im Zierpflanzenbereich verwendeten Arten ein besonders hohes Invasions-Gefahrenpotential aufweisen.

Abschließend ist zu sagen, dass wohl keine allein stehende Herangehensweise für eine solch komplexe ökologische Fragestellung ausreichend ist. Eine Kombination der verschiedenen Strategien als auch experimenteller Daten und Umfragen vermögen verzögerte Invasionen und Risiken von Zierpflanzen-Invasionen früher zu detektieren. Zudem ist eine genaue individuelle Beobachtung der als Risiko eingeschätzter Neophyten empfehlenswert. Insgesamt sollte der weltweite Pflanzenhandel kritischer betrachtet und zentraler überprüft werden. Fraglich ist, ob der ab März 2020 geplante Genehmigungsvorbehalt<sup>246</sup> über das Ausbringen von Gehölzen und Saatgut gebietsfremder Arten in der freien Natur durchgesetzt wird und ob dieser für potentiell invasive Arten über den freien Naturraum hinweg ausgedehnt werden sollte. Wissenschaftliche Ergebnisse, wie die hier vorgelegte Studie, sollten bei der Artenwahl sowohl auf öffentlichem als auch privatem Grün und bei holistischen Natur-basierten Lösungsansätzen, die für eine nachhaltige Zukunft unvermeidbar sind, unbedingt in Betracht gezogen werden.

## 6.6. Ausblick

Bezüglich der Klimatauglichkeit von Arten wäre es sinnvoll, die Anzahl der Frosttage für die entsprechenden Regionen der Einbürgerung zu ermitteln. Da die Aufenthaltsdauer in einem fremden Gebiet mit ausschlaggebend für eine Invasion ist<sup>247,248</sup>, sollte das Jahr der Einführung für jedes Taxon erfasst werden. Eine weitere Methodik erweist sich als sinnvoll, bei der bereits eingeführte gebietsfremde Arten unter verschiedenen Gesichtspunkten auf ihre potentielle Invasivität hin geprüft werden. Dabei ist eine Taxon-individuelle Betrachtung aussichtsreich, um eine größtmögliche Abdeckung unterschiedlicher Kriterien gewährleisten zu können. Es sollten besonders Arten der Vorwarnliste, die bereits anderswo als invasiv eingestuft wurden oder Arten, die auf dem Weg der Verwilderung sind, auf ihre Auswirkung auf die heimische Biodiversität hin untersucht werden<sup>249</sup>. Jedoch bedarf es nach wie vor wesentlicher Verbesserungen der Unkraut Risiko Einschätzung (WAR\_Weed Risk Assessment)<sup>250</sup>. Eine gründliche Literaturrecherche über den Einfluss einzelner Arten in unterschiedlichen Ökosystemen der Erde liegt dem zu Grunde. Schließlich sollten Risiko Klassen, wie bereits für einige als invasiv eingestufte Arten Europas<sup>251</sup>, geschaffen werden, die potentiell invasive Zierpflanzen auf ihr Gefahrenpotential hin kategorisieren. Dabei sollte der Aspekt des schnellen evolutionären Wandels eindringender gebietsfremder Arten nicht unterschätzt werden<sup>252</sup>. Schließlich sollte die Gebietsgröße des potentiell geeigneten Habitats gebietsfremder und klimatisch

<sup>246</sup> Bundesnaturschutzgesetz § 40 Absatz 4 Satz 4

<sup>247</sup> Wilson et al. (2007): Residence time and potential range: crucial considerations in modelling plant invasions. *Diversity and Distributions*. Heft 13(1), Seite 11-22.

<sup>248</sup> Pyšek et al. (2005): Residence time determines the distribution of alien plants. *Invasive plants: ecological and agricultural aspects*. Seite 77-96.

<sup>249</sup> Kowarik et al. (2003): Bewertung gebietsfremder Pflanzenarten. Kernpunkte eines Verfahrens zur Risikobewertung bei sekundären Ausbringungen. *BMVEL „Angewandte Wissenschaft“* Heft 498, Seite 131-144.

<sup>250</sup> Kumschick et al. (2013): Species-based risk assessments for biological invasions: advances and challenges. *Diversity and Distributions* Heft 19, Seite 1095-1105.

<sup>251</sup> Weber et al. (2004): Assessing the risk of potentially invasive plant species in central Europe. *Journal for Nature Conservation* Heft 12, Seite 171-179.

<sup>252</sup> Whitney et al. (2008): Rapid evolution in introduced species, 'invasive traits' and recipient communities: challenges for predicting invasive potential. *Diversity and Distributions* Heft 14, Seite 569-580.

geeigneter Zierpflanzen in Deutschland miteinbezogen werden<sup>253</sup>. Darüber hinaus ist wenig bekannt, wie viele und welche Zierpflanzen in Deutschland benutzt werden. Da das Projekt Klibikom am Beispiel der Stadt Radolfzell den Artenpool gebietsfremder Pflanzen zusammengestellt hat und dies nur einen vergleichsweise geringen Anteil aller in Deutschland ausgebrachten Zierpflanzen darstellt, macht es Sinn dieses Projekt auf Deutschland auszuweiten und auf bereits bestehende Arteninventare zurückzugreifen.

Dabei sollten folgende drei Bereiche abgedeckt werden:

- Zierpflanzen, die über **Gartencenter** vertrieben werden; dies repräsentiert einen Großteil privater Zieranpflanzungen.
- Anpflanzungen von **Kommunen** geben Aufschluss über neue Trends und den öffentlichen Zierpflanzenbereich; dies repräsentiert die Stadtgärten.
- **Botanische Gärten** und deren Kultivare geben Aufschluss über die Arten, die teilweise bereits seit langem kultiviert werden. 2010 waren dies 50.000 Arten in circa 85 Gärten<sup>254,255</sup>.

## 7. Hinweise zum Umgang mit invasiven Arten

Zurzeit werden in Deutschland maximal 20 von insgesamt etwas mehr als 400 beständigen Neophyten als problematisch eingestuft und zum Teil bekämpft. Die wirtschaftlichen Schäden durch nicht einheimische Organismen – hierunter befinden sich auch viele Tiere, Pilze, Bakterien und Viren – werden für die Land- und Forstwirtschaft auf jährlich viele Millionen Euro geschätzt. Haben sich konkurrenzstarke Neankömmlinge erst einmal etabliert, wird man sie zumeist nicht wieder los. Die Kosten einer – in der Regel erfolglosen – Bekämpfung sind fast immer sehr hoch.

### 7.1. Rechtliche Rahmenbedingungen zum Umgang mit invasiven Neophyten

Um negative Auswirkungen auf die einheimische Tier- und Pflanzenwelt und die Ökosystemleistungen durch invasive gebietsfremde Arten zu verhindern, existieren zahlreiche internationale Verträge sowie europäische und nationale Gesetze und Richtlinien.

An erster Stelle ist hier das Übereinkommen über die biologische Vielfalt (Convention on Biological Diversity – CBD) der Vereinten Nationen zu nennen. Die CBD ist ein weltumspannendes, völkerrechtlich verbindliches Abkommen zum Schutz und zur nachhaltigen Nutzung der belebten Natur. Es trat am 29.12.1993 in Kraft und hat 194 Mitgliedsstaaten, inklusive Deutschland und der Europäischen Union. Die Mitglieder haben sich in Artikel 8 h) auch dazu verpflichtet, „soweit möglich und sofern angebracht, [...] die Einbringung nichtheimischer Arten, welche Ökosysteme, Lebensräume oder Arten gefährden, [zu] verhindern, diese Arten [zu] kontrollieren oder [zu]

---

<sup>253</sup> Wilson et al. (2007): Residence time and potential range: crucial considerations in modelling plant invasions. Diversity and Distributions. Heft 13(1), Seite 11-22.

<sup>254</sup> Heywood et al. (2013): European code of conduct for botanic gardens on invasive alien species. Council of Europe; Botanic gardens conservation international.

<sup>255</sup> Prof. Dr. Mark van Kleunen ist Direktor des Botanischen Gartens der Universität Konstanz. Artensammlungen und bestehende Datenbanken anderer Botanischer Gärten sind über bestehende Kooperationen zugänglich. Zudem arbeitet Ewald Weber (Universität Potsdam) derzeit an einem Meta-Inventar der Botanischen Gärten Deutschlands.

beseitigen;“ Damit sind drei zentrale Handlungsstränge für den Umgang mit invasiven Neophyten genannt:

1. Die vorausschauende Vermeidung der Ersteinführung (potentiell) problematischer invasiver Arten,
2. die Vermeidung der weiteren Ausbreitung dieser Arten und
3. gegebenenfalls Maßnahmen gegen bereits vorkommende problematische Arten.

Am 1.1.2015 ist zudem die Verordnung (EU) Nr. 1143/2014 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Oktober 2014 über die Prävention und das Management der Einbringung und Ausbreitung invasiver gebietsfremder Arten in Kraft getreten<sup>256</sup>. Im Mittelpunkt der Verordnung steht eine Liste invasiver gebietsfremder Arten von unionsweiter Bedeutung, für die Maßnahmen zum zukünftigen Umgang (Prävention, Früherkennung und rasche Reaktion, Kontrolle) festgelegt werden. Die Liste wird momentan unter Heranziehung von Risikoabschätzungen und wissenschaftlichen Erkenntnissen erarbeitet.

Auf europäischer Ebene finden sich auch in der FFH- (Flora-Fauna-Habitat-) sowie der Vogelschutzrichtlinie Regelungen zum Umgang mit invasiven Neophyten. Die Europäische Artenschutzverordnung (EG) Nr. 338/97 des Rates vom 9. Dezember 1996 erfasst Einfuhrbeschränkungen für Arten, die eine ökologische Gefahr für heimische Tier- und Pflanzenarten darstellen (Art. 3 Abs. 2d). Die Europäische Pflanzenschutzorganisation (EPPO) erstellt seit 2002 Listen invasiver Neophyten, die Verbreitungsverboten und Kontrollen unterliegen<sup>257</sup>.

Auf nationaler Ebene stellt das Bundesnaturschutzgesetz das zentrale Regelwerk dar. Seit dem 1. März 2010 finden sich in § 40 auch hier Regelungen zum Umgang mit gebietsfremden und invasiven Arten. Übergeordnetes Ziel des § 40 ist die Vorsorge, um Gefährdungen von Ökosystemen, Biotopen und Arten durch gebietsfremde oder invasive Arten zu verhindern. In diesem Sinne ist zur Überwachung von Arten, bei denen Anhaltspunkte dafür bestehen, dass es sich um invasive Arten handelt, ein Beobachtungsprogramm zu installieren (Abs. 2). Außerdem ist das Ausbringen von gebietsfremden Pflanzenarten in der freien Natur und von allen Tieren (auch innerhalb des besiedelten Raumes) genehmigungspflichtig (Abs. 4 Satz 1). Die Genehmigung für Ausbringungen ist zu versagen, wenn eine Gefährdung von Ökosystemen, Biotopen oder Arten nicht auszuschließen ist, wobei der Betrachtungsraum alle europäischen Mitgliedstaaten umfasst (Abs. 4 Satz 3). Ab 2020 dürfen weder Gehölze noch das Saatgut gebietsfremder Arten in der freien Natur ausgebracht werden. Dies gilt jedoch nicht für den besiedelten Raum sowie für land- und forstwirtschaftliche Flächen (Abs. 4 Satz 4). Treten neue invasive Arten auf, sind sie unverzüglich zu beseitigen oder ihre Ausbreitung ist zumindest zu verhindern (Abs. 3 Satz 1). Bei bereits verbreiteten invasiven Arten sollen eine weitere Ausbreitung verhindert oder die Auswirkungen der Ausbreitung vermindert werden (Abs. 3 Satz 2).

Weitere gesetzliche Regelungen mit Bezug zum Thema „gebietsfremder Arten“ finden sich, in der Bundesartenschutzverordnung, im Pflanzenschutzgesetz, im Bundesjagdgesetz, im Bundeswaldgesetz, in der Saatgutverordnung, dem Sortenschutzgesetz, dem Tierseuchengesetz sowie dem Tierschutzgesetz.

Trotz der genannten Regelungen ist der weltweite Handel mit Zierpflanzen jedoch wenig reguliert. Es werden weltweit täglich hunderte von Pflanzenarten über Online-Auktionsplattformen gehandelt, darunter viele Arten, die als problematisch eingestuft werden<sup>258</sup>. Es gibt freiwillige

---

<sup>256</sup> [Verordnung \(EU\) Nr. 1143/2014 v. 22.10.2014, ABIEU L 317/35 v. 4.11.2014.](#)

<sup>257</sup> [www.eppo.int/INVASIVE\\_PLANTS/ias\\_lists.htm](http://www.eppo.int/INVASIVE_PLANTS/ias_lists.htm)

<sup>258</sup> Humair et al. (2015). E-commerce trade in invasive plants. Conservation Biology.

Verzichtserklärungen, zum Beispiel vom Zentralverband Gartenbau<sup>259</sup>, die an den Verhaltenskodex der Europäischen Union für den Gartenbau und Botanische Gärten bezüglich invasiver Neophyten<sup>260</sup> anlehnen. Da mehr als die Hälfte der heute als invasiv bekannten Arten über den Zierpflanzenbereich nach Europa importiert wurde und anzunehmen ist, dass sich mit fortschreitendem Klimawandel weitere gebietsfremde Arten bei uns etablieren, macht es Sinn in Zukunft den Handel mit Zierpflanzen stärker zu überwachen.

## 7.2. Zum Umgang mit invasiven Arten in Kommunen

Wie rasant sich manche Neophyten ausbreiten, wissen viele Mitarbeiter von Umweltämtern, Naturschutzorganisationen oder Gartenbaubetrieben. Und wie aussichtslos der Kampf gegen einige der unerwünschten Arten sein kann, ist ebenfalls bekannt. Ressourcenknappheit personeller wie finanzieller Natur, das ständige Nachwachsen entsprechender Arten oder eine Neubesiedelung durch anliegende, unbekämpfte Flächen sind Themen, mit denen sich die zuständigen Ämter und Verbände auseinander setzen müssen.

In vielen Fällen gilt dabei, dass wenn Maßnahmen erst nach erfolgreicher Etablierung einer Art eingeleitet werden, diese meist nicht mehr zu verdrängen ist. Anhand des Japanischen Staudenknöterichs (*Fallopia japonica*) kann dies beispielhaft veranschaulicht werden. Aufgrund seiner außerordentlichen Regenerationsfähigkeit kann der Japanische Staudenknöterich nur noch lokal mit sehr hohem Aufwand zurückgedrängt werden, eine großräumige Ausrottung scheint hingegen heute nicht mehr möglich. Wo, wie lange und ob ein bereits etablierter oder sich etablierender Neophyt bekämpft werden sollte, ist daher eine schwierige Frage, für die es kein Patentrezept gibt. Die Bedrohung, die von einem invasiven Neophyten ausgeht, muss vielmehr im Einzelfall, gegen die Erfolgchancen einer Bekämpfung und den damit verbundenen personellen und finanziellen Aufwand abzuwägen werden. In der Berliner Biodiversitätsstrategie wird hierzu beispielsweise das Ziel formuliert, gebietsfremde Arten zu beobachten, aber nur dann zu regulieren, wenn sie die biologische Vielfalt erheblich beeinträchtigen und entsprechende Maßnahmen nachhaltigen Erfolg versprechen. Der Schwerpunkt wird auf präventive Maßnahmen gelegt<sup>261</sup>. Die Selbstbeschränkung auf heimische Arten kann jedoch nicht allein durch die Kommunen realisiert werden.

Laut BfN sollten beim Umgang mit invasiven Neophyten grundsätzlich folgende Aspekte berücksichtigt werden<sup>262</sup>:

- **Vorsorge:**

Die Ausbreitung gebietsfremder Arten wird meistens unbedacht eingeleitet. Häufig werden auch die Wirkungen des Klimawandels auf die Etablierung gebietsfremder Arten nicht ausreichend berücksichtigt. Daher kommt Aufklärung und Bewusstseinsbildung die größte Bedeutung zu. So kann die Ausbreitung gebietsfremder Arten oftmals bereits verhindert werden, wenn Privatleute bewusster mit gebietsfremden Arten umgehen und zum Beispiel keine Gartenabfälle in der freien Landschaft entsorgen oder das Ausbringen neuer Arten in die Natur unterlassen und in der freien Landschaft wirtschaftende Berufsgruppen (Land- und Forstwirtschaft, Gartenbau, Imkerei, Straßen- und Landschaftsbaubetriebe, Verkehrswegeunterhaltung etc.) nach Möglichkeit einheimische Arten benutzen und die unbeabsichtigte Ausbreitung gebietsfremder Arten durch

---

<sup>259</sup> Zentralverband Gartenbau (2008). Umgang mit invasiven Arten. Empfehlungen für Gärtner, Planer und Verwender. Seite 37.

<sup>260</sup> Heywood & Brunel (2009). Code of conduct on horticulture and invasive alien plants. Council of Europe Publishing.

<sup>261</sup> Bundeshauptstadt Berlin. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (2012): Berliner Strategie zur Biologischen Vielfalt. Seite 12.

<sup>262</sup> [www.neobiota.de](http://www.neobiota.de)

ihre Aktivitäten verhindern (z.B. Verschleppung von Samen oder Pflanzenteilen durch Erdbewegungen, Mittransport an Reifen oder Schuhen). Hierfür wurde vom BfN eine Warnliste in Deutschland noch nicht vorkommender invasiver Arten erstellt<sup>263</sup>.

- **Monitoring, Früherkennung und Sofortmaßnahmen:**

Die Beobachtung der Bestandsentwicklung und Ausbreitung bereits eingeführter gebietsfremder Arten stellt die Grundlage für eventuelle rechtzeitige Kontroll- oder Bekämpfungsmaßnahmen dar (siehe auch Bundesnaturschutzgesetz § 40 Abs. 2). Sie kann durch den behördlichen Naturschutz zum Beispiel im Rahmen laufender oder spezieller Monitoringprogramme erfolgen, wozu allerdings nur ein bestimmter finanzieller Rahmen zur Verfügung steht.

Um frühzeitig neu auftretende invasive Arten zu erkennen, ist ein Frühwarnsystem unter Einbeziehung von Wissenschaftlern, Fachexperten und versierten Laien aus Floristik, Faunistik, Naturschutz, Tier- und Pflanzenschutz sowie, zumindest bei ausgewählten, gut erkennbaren Arten, der breiten Öffentlichkeit aufzubauen. Dazu bieten Internet-Technologien geeignete und finanziell günstige Voraussetzungen.

Sollten invasive Arten neu auftreten, ist im Bundesnaturschutzgesetz (§ 40 Abs. 3 Satz 1) festgeschrieben, dass Sofortmaßnahmen zu ergreifen sind, um diese zu beseitigen oder ihre weitere Ausbreitung zu verhindern. Durch frühzeitiges Handeln bei neu auftretenden invasiven Arten sollen mögliche nachfolgende flächenhafte Schäden an der natürlich vorkommenden Flora und Fauna vermieden werden. Nach bisheriger Erfahrung ist die Eindämmung der von invasiven Arten ausgehenden Gefahr umso schwieriger und teurer, je länger man wartet beziehungsweise je weiter sie verbreitet sind.

- **Akzeptanz, Kontrolle und Beseitigung:**

Die meisten bereits in Deutschland vorkommenden gebietsfremden Arten haben sich in unsere Ökosysteme integriert und sind daher als neuer Floren- beziehungsweise Faunenbestandteil zu akzeptieren. Das gilt insbesondere für alle Arten aus der Gruppe der Archäobiota (gebietsfremde Arten, die vor der Entdeckung Amerikas 1492 vom Menschen eingebracht wurden und sich seitdem etabliert haben).

Viele problematische Neobiota-Arten, die weiträumig etabliert sind, werden nicht mehr ausrottbar sein, so dass sie nur in begründeten Einzelfällen bekämpft werden sollten, um sie unter Kontrolle zu halten oder lokal zu beseitigen. Dazu sollten ihre Auswirkungen im konkreten Fall bekannt sein und die Bekämpfung rechtfertigen (zum Beispiel Bedrohung seltener oder gefährdeter Arten oder Lebensräume oder besonders negative Auswirkungen auf den Naturhaushalt, Ökosystemleistungen, die menschliche Gesundheit oder wirtschaftliche Aktivitäten).

Kontroll- und Beseitigungsmaßnahmen sind in den meisten Fällen mit erheblichen personellen und finanziellen Anstrengungen sowie häufig mit Schäden für andere Arten verbunden (zum Beispiel Bodenverwundung bei Entfernen von Wurzeln, Schädigung der Begleitvegetation und von Tieren bei Mahd etc.). Beseitigungen können jedoch von den Behörden angeordnet werden (§ 40 Abs. 6). Zudem kann es bei fahrlässiger Ausbringung einer gebietsfremden Art zu einem Bußgeld kommen (§ 69 Abs. 3 Nr. 17).

---

<sup>263</sup> Rabitsch et al. (2013): Erstellung einer Warnliste in Deutschland noch nicht vorkommender invasiver Tiere und Pflanzen. BfN-Skripten 331.

Wo eine Bekämpfung bereits etablierter, invasiver Neophyten notwendig und sinnvoll ist, gilt es zudem ein artenspezifisches Vorgehen zu wählen. Hierzu gibt es zahlreiche Handlungsempfehlungen und Hinweise zu einzelnen Arten. An dieser Stelle soll exemplarisch lediglich auf die Problematik der Bekämpfung des bereits eingangs erwähnten Staudenknöterichs eingegangen und auf entsprechende Publikationen verwiesen werden.

Wird die angestammte Hochstaudenvegetation entlang von Flüssen durch *Fallopia japonica* großflächig verdrängt, kann eine Bekämpfung aus Naturschutzgründen sinnvoll und notwendig sein. Eine chemische Bekämpfung mit Breitband-Herbiziden ist jedoch nicht ungefährlich und wirkt sich in Ufernähe gewässerschädigend aus. Durch Mahd kann *Fallopia japonica* bei einer Frequenz von mindestens acht Schnitten pro Jahr zurückgedrängt werden. Ähnliche Ergebnisse lassen sich durch Schafbeweidung erreichen, die gleichzeitig weniger Kosten verursacht. Das Ausgraben der Pflanzen ist kaum Erfolg versprechend, da die Rhizome, die zwei Drittel der Pflanze darstellen, bis zu zwei Meter tief im Boden liegen und auch kleinste Pflanzenteile erneut austreiben. Bei der Entsorgung von Bodenmaterial ist eine aufwändige Kompostierung notwendig, damit die Rhizome vollständig verrotten. Gute Erfahrungen wurden mit dem Verbau von Weidenspreitlagen an Flussufern gemacht. Die Weiden verhindern das Nachwachsen des Knöterichs und dienen zugleich dem Hochwasserschutz.<sup>264</sup> Eine weitere erfolgversprechende, derzeit getestete Methode ist Heißdampf, der flächendeckend und in einem zweiten Schritt partiell tiefenbehandelnd eingesetzt wird<sup>265</sup>. Die Wiederherstellung intakter naturnaher Flussufer mit geschlossenen Gehölzbeständen ist der beste Schutz vor einer übermäßigen Ausbreitung dieses Neophyten.<sup>266</sup>

Hinweise zum Umgang mit weiteren Arten finden sich unter anderem in folgenden Publikationen bzw. auf folgenden Internetseiten:

- Zentralverband Gartenbau e.V./ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit/ Bundesamt für Naturschutz (2008): Umgang mit invasiven Arten. Empfehlungen für Gärtner, Planer und Verwender. [Download](#).
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (2014): UmweltWissen – Natur. Neophyten – Pflanzenportraits. [Download](#).
- Amt für Umwelt. Kanton Thurgau CH (2014): Neophyten erkennen und bekämpfen. [Link](#)
- KORINA: Koordinationsstelle Invasiver Neophyten in Schutzgebieten Sachsen-Anhalts. UfU e.V. Maßnahmen gegen einzelne Arten. [Link](#)
- Nehring et al. (2013): Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertungen für in Deutschland wild lebende gebietsfremde Gefäßpflanzen. BfN-Skripten 352. Siehe: Artspezifische Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertung. B) Zusatzkriterien: Maßnahmen. [Download](#)
- Invasive Neophyten der Schweiz. Siehe Infoblätter: Vorbeuge und Bekämpfung. [Link](#)
- [www.neophyt.ch/](http://www.neophyt.ch/)
- DAISIE: Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe. Siehe Factsheets. [Link](#)

---

<sup>264</sup> Sukkop & Sukkop (ohne Jahr): Bekämpfung von Neophyten. Hysterischer Aktionismus oder notwendige Maßnahme? Seite 1.

<sup>265</sup> [www.daempfen-dampfkessel-blog.de/2009/10/das-regierungsprasidium-freiburg-bekampft-das-ingeschleppte-wildkraut-japan-knoterich-mit-heisem-dampf/](http://www.daempfen-dampfkessel-blog.de/2009/10/das-regierungsprasidium-freiburg-bekampft-das-ingeschleppte-wildkraut-japan-knoterich-mit-heisem-dampf/)

<sup>266</sup> Child & Wade (2000): The Japanese knotweed manual. Packard Publishing, Chichester. Seite 123.

Zur Weitergabe an die Bürgerinnen und Bürger kann über das BfN auch folgender Flyer bezogen werden:

- [Invasive Arten im Garten](#)

Umfassende Informationen zum Thema sowie zahlreiche Publikationen zur vertiefenden Lektüre finden sich auf den Seiten des BfN unter:

- [www.neobiota.de](http://www.neobiota.de)

## 8. Klimawandelanpassung durch...

Zur Identifikation von Instrumenten und Maßnahmen zur Klimawandelanpassung wurden insgesamt sieben kommunale Anpassungsstrategien sowie zwei allgemeine Leitfäden zur Klimawandelanpassung in Kommunen detailliert ausgewertet:

- Bundeshauptstadt Berlin. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (2011): Stadtentwicklungsplan Klima. Urbane Lebensqualität im Klimawandel sichern. Berlin.
- Landeshauptstadt Hannover (2012): Anpassungsstrategie zum Klimawandel. Informationen zu den Folgen des Klimawandels für die Stadt Hannover und die daraus resultierenden notwendigen Anpassungsmaßnahmen. Hannover.
- Stadt Bad Liebenwerda (2013): Die Klimaanpassungsstrategie. Bad Liebenwerda – Eine Stadt zum Wohlfühlen im Klimawandel. Bad Liebenwerda.
- Stadt Frankfurt am Main (2014): Frankfurter Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Frankfurt am Main.
- Stadt Karlsruhe (2011): Bestandsaufnahme und Strategie für die Stadt Karlsruhe. Anpassung an den Klimawandel. Karlsruhe.
- Stadt Nürnberg. Umweltamt (2012): Handbuch Klimaanpassung. Bausteine für die Nürnberger Anpassungsstrategie. Nürnberg.
- Stadt Syke (2012): Verantwortlich Handeln im Klimawandel. Syker Klimaanpassungsstrategie. Syke.
- Ministerium für Umwelt- und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2011): Handbuch Stadtklima. Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel. Düsseldorf.
- Regionalverband FrankfurtRheinMain (2011): Kommune im Klimawandel – Wege zur Anpassung. Frankfurt am Main.

Eine Übersicht der in den genannten Papieren dargestellten Instrumente und Maßnahmen mit unmittelbarem Bezug zum städtischen Grün bietet Abb. 70. Dargestellt sind jeweils die einzelnen Maßnahmen und Instrumente in den vier Kategorien „Stadtentwicklung“, „Grün- und Freiflächen“, „Stadtbäume“ sowie „Neobiota“. Die dahinterstehenden Zahlen geben an, in wie vielen der analysierten Dokumente das Instrument/die Maßnahme genannt wurde. Die Übersicht beruht allein auf der Textanalyse der genannten Dokumente. Instrumente und Maßnahmen, die in den betreffenden Kommunen zwar umgesetzt, aber nicht in den Dokumenten erwähnt werden, finden daher keine Berücksichtigung.

| <b>Stadtentwicklung</b>  |   |
|--|---|
| <b>Planung</b>   |   |
| Integrierte Zusammenarbeit verschiedener Planungsbereiche        | 9 |
| Anpassung von Leitbildern der Stadtentwicklung                   | 6 |
| Erfassung der stadtklimatischen Ausgangssituation                | 8 |
| <b>Grünbestand</b>   |   |
| Flächensicherung   | 9 |
| <b>Ausgleich von Defiziten im Grünbestand</b>                    |   |
| Aktivierung von Brachflächen                                     | 4 |
| Entsiegelungen   | 9 |
| Gebäude und Gebäudenaheflächen im öffentlichen und privaten Raum |   |
| __ Bestandserfassung durch Luftbilddaufnahmen                    | 2 |
| __ Anreize   |   |
| __ Förderprogramme   | 5 |
| __ Wettbewerbe   | 2 |
| __ Information und Beratung                                      | 6 |
| __ Gesplittete Abwassergebühr                                    | 5 |
| __ Rechtliche Vorgaben   |   |
| __ Bauleitplanung  | 7 |
| __ Sonstige Satzungen  | 3 |
| Vergrößerung des Baumbestands                                    | 8 |
| Gewässerrenaturierung  | 7 |
| <b>Grünsystem</b>  |   |
| Grünflächenvernetzung  | 8 |

| <b>Grün- und Freiflächen</b>                               |   |
|--|---|
| <b>Bestandserfassung und -kontrolle</b>                    |   |
| Grünflächenkataster  | 3 |
| <b>Flächengestaltung</b>                                   |   |
| Baum-Wiesen-Landschaft                                     | 3 |
| Grünflächen zum Stadtraum öffnen                           | 1 |
| Wasserdurchlässige Beläge                                  | 8 |
| Grünflächen versickerungsöffnen gestalten                  | 3 |
| Einsatz von Wasser   | 7 |
| Schattenspendende Elemente                                 | 5 |
| <b>Arten- und Sortenwahl</b>                               |   |
| Klimaresistente Pflanzenwahl                               | 7 |
| Vermeidung von intensiv gepflegten Rasenflächen und Beeten | 3 |
| Verwendung tiefwurzelnder Pflanzen                         | 4 |
| Verwendung von Bodendeckern                                | 2 |
| <b>Flächenpflege</b>                                       |   |
| Reduzierung der Mahdfrequenz                               | 1 |
| Bewässerung  | 7 |
| <b>Regenrückhaltung</b>                                    |   |
| Temporäre Nutzung von Grünflächen als Stauraum             | 4 |

| <b>Stadtbäume</b>                       |   |
|---|---|
| <b>Bestandserfassung und -kontrolle</b> |   |
| Regelmäßige Baumkontrolle               | 1 |
| Baumkataster                            | 2 |
| <b>Arten- und Sortenwahl</b>            |   |
| Klimaresistente Pflanzenwahl            | 9 |
| Artenvielfalt erhöhen                   | 5 |
| Verwendung nicht-heimischer Arten       | 7 |
| Erprobung neuer Arten                   | 5 |
| Standortbedingungen bei Neupflanzungen  | 4 |
| <b>Baumpflege</b>                       |   |
| Baumsanierung/Standortverbesserung      | 5 |
| Bewässerung                             | 7 |
| Bepflanzung von Baumscheiben            | 1 |
| Baumpatenschaften                       | 3 |
| Sonnenschutz                            | 0 |
| <b>Baumschutz</b>                       |   |
| Baumschutzsatzung                       | 1 |

| <b>Neobiota</b>   |   |
|---|---|
| <b>Bekämpfung</b>   |   |
| Beifußblättrige Ambrosie ( <i>Ambrosia artemisiifolia</i> )   | 3 |
| Eichenprozessionsspinner ( <i>Thaumetopoea processionea</i> ) | 3 |
| Riesen-Bärenklau ( <i>Heracleum mantegazzianum</i> )          | 1 |
| Drüsiges Springkraut ( <i>Impatiens glandulifera</i> )        | 1 |
| Japanischer Staudenknöterich ( <i>Fallopia japonica</i> )     | 2 |
| Kanadische Goldrute ( <i>Solidago canadensis</i> )            | 1 |
| Rosskastanienminiermotte ( <i>Cameraria ohridella</i> )       | 3 |
| Massariapilz ( <i>Splanchnonema platani</i> )                 | 2 |
| Platanen-Gitterwanze ( <i>Corythucha ciliata</i> )            | 1 |

Tabelle 8 Instrumente und Maßnahmen zur Klimaanpassung von und durch Grünflächen<sup>267</sup>

Im Folgenden werden die genannten Maßnahmen aus den Bereichen „Stadtentwicklung“, „Grün- und Freiflächen“ sowie „ Stadtbäume“ detailliert beschrieben.

## 8.1. ... Grünflächen in der Stadtentwicklung

### 8.1.1. Integrierte Zusammenarbeit verschiedener Planungsbereiche

Bei der Entwicklung von Anpassungsstrategien geht es vor allem darum, die voraussichtlichen Auswirkungen des Klimawandels frühzeitig in Planungs- und Entscheidungsprozesse einzubeziehen insbesondere dort, wo es um mittel- bis langfristige Struktur- (zum Beispiel Raumnutzung) und Investitionsentscheidungen (zum Beispiel Infrastruktur oder Forstwirtschaft) geht. Fachliche Ziele und Planungen müssen um den Aspekt der Klimafolgenbetrachtung ergänzt werden. Dies betrifft zahlreiche Fachstellen innerhalb der Verwaltung<sup>268</sup>: Beispielsweise das Stadtplanungs-, Umwelt-, oder Gesundheitsamt. Durch eine integrierte Stadtentwicklung und die Zusammenarbeit der verschiedenen Planungsbereiche zu einem möglichst frühen Zeitpunkt, besteht die Möglichkeit, die verschiedenen Belange frühzeitig zu bündeln, besser untereinander abzuwägen und miteinander in Einklang zu bringen. Die Einberufung einer abteilungsübergreifenden Koordinierungs- beziehungsweise Arbeitsgruppe ermöglicht den regelmäßigen Austausch innerhalb der Verwaltung sowie die Nutzung von Synergieeffekten<sup>269</sup>. Auch mögliche Zielkonflikte können durch eine integrierte Planung mit Beteiligung verschiedener Ressorts entschärft werden.

### 8.1.2. Anpassung von Leitbildern der Stadtentwicklung

Die Klimawandelanpassung durch städtisches Grün hängt wesentlich mit der Freihaltung von Flächen gerade in hoch verdichteten Innenstadtbereichen zusammen und ist somit mit dem Leitbild der „aufgelockerten Stadt“ in Verbindung zu bringen. Zur Vermeidung beziehungsweise frühzeitigen Berücksichtigung stadtplanerischer Zielkonflikte sollten vorhandene Leitbilder insbesondere das der „Kompakten Stadt“ oder einer „Stadt der kurzen Wege“ ergänzt und ausdifferenziert werden.

<sup>267</sup> Eigene Darstellung

<sup>268</sup> Landeshauptstadt Hannover (2012): Anpassungsstrategie zum Klimawandel. Seite 3.

<sup>269</sup> Stadt Frankfurt am Main (2014) Frankfurter Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Seite 1.

Das Prinzip der sogenannten „doppelten Innenentwicklung“ – Innenentwicklung vor Außenentwicklung bei gleichzeitiger Versorgung mit gestalteten und naturnahen Freiräumen – sollte hierbei berücksichtigt und vor allem in stark verdichteten Räumen die wohnumfeldnahe Erreichbarkeit von Grünflächen gesichert werden. Ein möglicher Leitsatz könnte zum Beispiel lauten: „Eine klimaangepasste Nachverdichtung soll weiterhin Priorität vor einer ungebremsten Außenentwicklung haben, die Siedlungsentwicklung ist jedoch auch in Stadtlagen auf eine angemessene bauliche Dichte zu begrenzen“.<sup>270</sup>

### 8.1.3. Erfassung der stadtklimatischen Ausgangssituation

Mit Hilfe einer stadtklimatischen Untersuchung kann die Ausprägung lokalklimatischer Besonderheiten bestimmt werden. Hierzu gehört die Darstellung bioklimatisch stark belasteter Bereiche, wichtiger klimatischer Ausgleichsräume (Kaltluft- und Frischluftentstehungsgebiete) sowie von Luftaustauschbahnen anhand der lokalen Windverhältnisse, der topographischen Gegebenheiten sowie der Nutzungsstruktur<sup>271</sup>. Außerdem sind bei der Darstellung lokaler Kalt- und Frischluftsysteme auch deren regionale Verknüpfungen zu beachten, da die Einzugsgebiete dieser Luftsysteme zumeist weit über das Stadtgebiet hinausreichen<sup>272</sup>. Um das Mikroklima und die Luftqualität in vorhandenen und/oder geplanten städtischen Strukturen zu berechnen, eignen sich Simulationsmodelle, die meist kostengünstiger sind als Datenerhebungen im Gelände. Computermodelle wie das ENVI-met<sup>273</sup> sind frei verfügbar und stellen ein sinnvolles Werkzeug zur Optimierung der Anpassungsmaßnahmen dar<sup>274</sup>.

Die Ergebnisse der stadtklimatischen Untersuchung sollten in die Planungspraxis der Kommunen einfließen. Dies kann beispielsweise durch die Erarbeitung einer „Fachkarte Klimaanpassung“ gelingen, die als behördenverbindliches Planungsinstrument bei künftigen baulichen Entwicklungen herangezogen wird<sup>275</sup>. Eine solche Fachkarte könnte die Grünflächen einer Kommune entsprechend ihrer Bedeutung im Sinne der Frisch- und Kaltluftentstehung, als Luftleitbahn oder kleinräumige Klimaoase priorisieren<sup>276</sup>. Wenn eine solche Karten zusätzlich noch in Relation zu weiteren Daten wie der Bevölkerungsdichte, dem Anteil der „Über-75-jährigen“, dem Grünflächenanteil pro Einwohner oder der Anzahl von Stadt- und Straßenbäumen gesetzt wird, können zudem besonders sensible Siedlungsbereiche mit erhöhtem Handlungsbedarf identifiziert werden<sup>277</sup>.

### 8.1.4. Flächensicherung

Flächen, die sich im Rahmen stadtklimatischer Untersuchungen als besonders wertvoll erweisen, gilt es entsprechend zu sichern. Hierzu wurden mit dem Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes bei der Entwicklung in den Städten und Gemeinden im Jahr 2011 „Anlagen, Einrichtungen und sonstige Maßnahmen, die der Anpassung an den Klimawandel dienen“ nach § 5 Absatz 2 Nummer 2c) Baugesetzbuch (BauGB) in den Darstellungskatalog für die Flächennutzungsplanung aufgenommen. Dem Erhalt innerstädtischer Luftaustauschbahnen kommt dabei eine besondere Bedeutung zu.<sup>278</sup> Aber auch größere randstädtische Grünflächen im stadtumgebenden Offenland spielen für den

---

<sup>270</sup> Stadt Nürnberg (2012): Handbuch Klimaanpassung. Seite 48.

<sup>271</sup> Ebd. Seiten 50/51.

<sup>272</sup> Stadt Frankfurt am Main (2014) Frankfurter Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Seite 5.

<sup>273</sup> [www.model.envi-met.com/hg2e/doku.php](http://www.model.envi-met.com/hg2e/doku.php)

<sup>274</sup> Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2011): Handbuch Stadtklima. Seite 32.

<sup>275</sup> Landeshauptstadt Hannover (2012): Anpassungsstrategie zum Klimawandel. Seite 16.

<sup>276</sup> Stadt Weingarten (2015): Grünraumkonzept. Textteil.

<sup>277</sup> Bundeshauptstadt Berlin (2011): Stadtentwicklungsplan Klima. Seite 35.

<sup>278</sup> Stadt Nürnberg. Umweltamt (2012): Handbuch Klimaanpassung. Seite 48.

Luftaustausch mit der Innenstadt eine bedeutende Rolle. Vor allem wenn zwischen dicht nebeneinander liegenden Siedlungsräumen nur wenige Grünflächen vorhanden sind oder weitere Baumaßnahmen die Frischluftzufuhr einschränken, sollten im Stadtrandbereich Bebauungsgrenzen festgelegt werden.<sup>279</sup>

Mit der Novellierung des Baugesetzbuches durch das Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes bei der Entwicklung in den Städten und Gemeinden wurde im Jahr 2011 zudem erstmals der Beitrag des Klimaschutzes und der Klimaanpassung, insbesondere in der Stadtentwicklung in die in den Planungsleitsätzen des § 1 Absatz 5 BauGB zusammengefassten Ziele und Grundsätze der Bauleitplanung aufgenommen. Der Belang des Klimaschutzes und der Klimaanpassung ist durch die Träger der Planungshoheit seither verstärkt im Rahmen der Abwägung bei der Aufstellung der Bauleitpläne – des Flächennutzungsplans und der Bebauungspläne – zu berücksichtigen. In den Bebauungsplänen können aus städtebaulichen Gründen zur Sicherung von Grünflächen mit stadtklimatischer Bedeutung und zur Erhaltung oder Entwicklung von thermischen Entlastungsgebieten oder von kühlenden „Klimaoasen“ im bebauten Umfeld nach § 9 Absatz 1 BauGB insbesondere die Flächen, die von der Bebauung freizuhalten sind (Nr. 10), die öffentlichen und privaten Grünflächen (Nr. 15) und die Flächen für die Landwirtschaft und Wald (Nr. 18) festgesetzt werden. Für das Maß der baulichen Nutzung kann nach § 9 Absatz 1 Nummer 1 BauGB in Verbindung mit § 16 Baunutzungsverordnung (BauNVO) insbesondere eine grundflächenzahl (GFZ) festgesetzt werden, die angibt, wieviel Quadratmeter Grundfläche je Quadratmeter Grundstücksfläche von baulichen Anlagen überdeckt werden darf. Dadurch kann im Zusammenwirken mit weiteren Festsetzungen eine Mindestdurchgrünung privater Grundstücke sichergestellt werden.

Als besonders sensible Flächen zur Stadtbelüftung gelten große Grünflächen mit Kaltluftproduktion und Hanglagen mit Fließrichtung Innenstadt in unmittelbarer Nähe zum Siedlungsbereich. Damit diese auch bei schwachen Windströmungen die Innstadtbereiche mit kühler Frischluft versorgen können, darf die Bebauung am Stadtrand und dort vor allem an Hanglagen entlang von Kaltluftbahnen keine abriegelnden Gürtel bilden.<sup>280</sup> Auch hierfür können in den Bebauungsplänen entsprechende Festsetzungen zur Gebäudeausrichtung getroffen werden, um so zwar nicht die Flächen selbst aber zumindest deren Funktion als Frischluftschneise dauerhaft zu sichern.<sup>281</sup>

### 8.1.5. Ausgleich von Defiziten im Grünbestand

In klimatisch belasteten Bereichen geht es um die Neuschaffung beziehungsweise um die Erweiterung von Grünflächen. Das größte Hindernis ist hierbei in der Regel der Platzmangel und die daraus resultierende Flächenkonkurrenz. Um mehr Vegetationsflächen zu schaffen, sollten daher auch unkonventionelle Möglichkeiten genutzt werden. Dabei sind Mehrfachnutzungen etwa für Sport, Erholung oder Kleingärten nicht ausgeschlossen, solange die Funktion der Fläche für den Kaltluftaustausch oder das Abpuffern von Starkregen erhalten bleibt.<sup>282</sup>

#### Aktivierung von Brachflächen

Als Brachflächen werden Flächen bezeichnet, die aktuell keiner beziehungsweise keiner gesteuerten Nutzung unterliegen. Hierzu zählen im städtischen Bereich Industrie- und Gewerbebrachen (beispielsweise ehemalige Produktions- und Lagerflächen unterschiedlicher Industriezweige sowie

---

<sup>279</sup> Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2011): Handbuch Stadtklima. Seite 32.

<sup>280</sup> Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2011): Handbuch Stadtklima. Seite 41.

<sup>281</sup> Stadt Frankfurt am Main (2014) Frankfurter Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Seite 7.

<sup>282</sup> Bundeshauptstadt Berlin (2011): Stadtentwicklungsplan Klima. Seiten 43/44.

ungenutzte Gewerbeflächen des Handwerks oder Handels), Wohnbau- und Gartenbrachen (beispielsweise Geschosswohnungsbauten mit umgebenden Grünflächen, Einfamilienhäuser mit Gärten oder Kleingartenanlagen), Infrastruktur- und Verkehrsbrachen (beispielsweise Bahngelände, Flugplätze oder Hafenanlagen) sowie Militärbrachen (beispielsweise Kasernengelände). Geht es um die Wiedernutzbarmachung von Stadtbrachen, sind in den Kommunen zum Teil gegensätzliche Rahmenbedingungen anzutreffen. Während der Umgang mit brach fallenden Flächen eine stadtplanerische Herausforderung in schrumpfenden Regionen ist, besteht gerade in den weiterhin prosperierenden Städten eine hohe Bauland-Nachfrage und damit Bedarf, Brachen für bauliche Zwecke neu zu nutzen. Bei der Reaktivierung von Stadtbrachen spielen daher sowohl ökonomische als auch ökologische und soziale Aspekte eine Rolle.<sup>283</sup> Ist für Brachen eine naturnahe Folgegestaltung oder sogar eine natürliche Sukzession vorgesehen, können diese wie andere Grünflächen auch einen wichtigen Beitrag für das Stadtklima und somit auch für die Lebensqualität in den umgebenden Gebieten leisten<sup>284</sup>.

## Entsiegelungen

Versiegelte Flächen verhindern die Verdunstung aus Boden und Vegetation und die mit ihr verbundene Abkühlung. Meist sind sie zudem dunkel und speichern Wärme. Entsiegelte Flächen verringern den Oberflächenabfluss bei Niederschlägen und entlasten somit die Kanalisation. Das versickernde Wasser kommt dadurch der Vegetation zugute, verbessert den Bodenwasserhaushalt und stärkt die Neubildung von Grundwasser.<sup>285</sup>

Vor allem überdimensionierte Verkehrsflächen bieten ein großes Potenzial für Entsiegelungs- und Durchgrünungsmaßnahmen beispielsweise durch die Vergrößerung von Baumscheiben, die Reduzierung der Verkehrsfläche durch Anlage eines Grünzuges oder die Anlage von Rasen im Gleisbett von Straßenbahnlinien<sup>286</sup>. Aber auch kleinräumige partielle Entsiegelungen können große Wirkung entfalten. In diesem Sinne können beispielsweise zur Befestigung von Zufahrten, Wegen und Plätzen Rasengittersteine, Großsteinpflaster mit unversiegelten Fugen, Kies oder Rindenmulch eingesetzt werden. Besonders die Randbereiche von Grünflächen sollten zudem ausreichend versickerungsfähig sein, um das im Umfeld anfallende Wasser aufnehmen zu können – vorausgesetzt dieses ist nicht durch Streusalz oder sonstige Verunreinigungen beeinträchtigt.<sup>287</sup>

Zur Bestimmung geeigneter Flächen kann ein Kataster für Flächen mit Entsiegelungspotenzial hilfreich sein, das flächenbezogene Informationen wie aktuelle und historische Nutzungen oder vermutete Bodenbelastungen enthält<sup>288</sup>.

Bei Entsiegelungen sind zudem stets auch die Belange des Boden- und Grundwasserschutzes zu beachten. Vorbehalte bestehen, wo Schadstoffeinträge in Boden- und Grundwasser zu befürchten sind, weil ablaufendes Regenwasser – etwa von stark befahrenen Straßen oder Metalldächern – hohe Belastungen aufweist.<sup>289</sup>

## Gebäude und gebäudenaher Flächen im öffentlichen und privaten Raum

Kleine, isolierte Grünflächen wie begrünte Innenhöfe oder Dach- und Fassadenbegrünungen erfüllen gerade in dicht bebauten Stadtteilen wichtige Funktionen als „Klimaoasen“ und unmittelbarer

---

<sup>283</sup> Bundesamt für Naturschutz (2013): Stadtbrachen als Chance. Seiten 4-8.

<sup>284</sup> Landeshauptstadt Hannover (2012): Anpassungsstrategie zum Klimawandel. Seite 9.

<sup>285</sup> Bundeshauptstadt Berlin. (2011): Stadtentwicklungsplan Klima. Seiten 37/38.

<sup>286</sup> Landeshauptstadt Hannover (2012): Anpassungsstrategie zum Klimawandel. Seite 8.

<sup>287</sup> Bundeshauptstadt Berlin (2011): Stadtentwicklungsplan Klima. Seite 48.

<sup>288</sup> Landeshauptstadt Hannover (2012): Anpassungsstrategie zum Klimawandel. Seite 8.

<sup>289</sup> Bundeshauptstadt Berlin (2011): Stadtentwicklungsplan Klima. Seite 38.

Erholungsraum. Die Kommunen können diesbezüglich im Rahmen der eigenen Liegenschaften mit gutem Beispiel vorangehen und ihren Bürgerinnen und Bürgern, Unternehmen und weiteren gesellschaftlichen Einrichtungen Möglichkeiten aufzeigen, wie sich das unmittelbare Lebens- oder Arbeitsumfeld klimabegünstigend und naturnah gestalten lässt.

Zur Bestimmung des Flächenpotentials eignet sich beispielsweise die Auswertung von Luftbildaufnahmen. Anhand dieser Aufnahmen können vor allem geeignete, größere Dachflächen aber auch größere Hinterhöfe oder Vorgärten bestimmt und deren Besitzer gezielt angesprochen und unterstützt werden. Denn trotz zahlreicher Möglichkeiten der Kommunen zur Entwicklung von gebäudenahem Grün auf oder an eigenen Liegenschaften, lassen sich Verbesserungen im Bestand fast ausschließlich über privates Engagement erzielen. Hierzu bieten das Land Baden-Württemberg und die Kommunen ihren Bürgerinnen und Bürgern, Wirtschaftsunternehmen und gesellschaftlichen Einrichtungen über die reine Vorbildfunktion hinaus bereits weitere Anreize:

- **Förderprogramme**

Zur Unterstützung von Maßnahmen, die darauf abzielen, Freiflächen erstmals zu begrünen. Hierzu können beispielsweise Mittel für eine naturnahe Gestaltung von Höfen, die Pflanzung von Bäumen oder die Begrünung von Fassaden, Mauern und Dächern zur Verfügung gestellt werden.

- **Wettbewerbe**

Mit einem Wettbewerb zur Auszeichnung von gebäudenahen Begrünungsmaßnahmen können gelungene Beispiele begrünter Höfe und Dächer bekannt gemacht und mit Geld- oder Sachpreisen ausgezeichnet werden. Wesentliche Kriterien für die Bewertung können neben der Begrünung auch die Verwendung einheimischer, insektenfreundlicher Pflanzen, die Schaffung von Aufenthaltsangeboten sowie die wasserdurchlässige Anlage befestigter Flächen sowie der Anteil unbefestigter Vegetationsflächen sein.

- **Information und Beratung**

Interessierten Personen sollte eine Anlaufstelle geboten werden, an die sie sich bezüglich der Planung und Umsetzung gebäudebezogener Maßnahmen wenden können und die zur technischen Umsetzung, zur ökologischen Gestaltung, über Förderprogramme, gesetzliche Rahmenbedingungen und Beschaffungsmöglichkeiten informiert.

- **Gesplittete Abwassergebühr**

Die gesplittete Abwassergebühr schafft finanzielle Anreize zur Entsiegelung, zur Regenwassernutzung und zur Regenwasserversickerung vor Ort. Die Einführung der gesplitteten Gebühr ist für die Kommunen außerdem eine Gelegenheit, ein Gesamtkonzept zur ökologischen Regenwasserbewirtschaftung zu erstellen.

Wo freiwillige Anreize nicht die gewünschte Wirkung erzielen oder um die Umsetzung von klimawirksamen Maßnahmen in besonders sensiblen Bereichen sicherzustellen, können seitens der Kommunen auch konkrete Standards für eine klimawirksame Freiflächen- und Bauwerksbegrünung durch verbindliche Festsetzungen in den Bebauungsplänen vorgeschrieben werden. Zu nennen sind hier beispielsweise die Begrenzung der Versiegelung und Bodenverdichtung, der Einsatz wasserdurchlässiger Beläge, eine strukturreiche Durchgrünung von Freiflächen mit Bäumen und Sträuchern oder die Vorgabe von Dachbegrünungen. Ausführliche Kataloge zu Festsetzungsmöglichkeiten in Bebauungsplänen wurden von verschiedener Seite bereits vorgelegt und können im Internet nachgeschlagen werden, so zum Beispiel im kommunalen Leitfaden zur Klimaanpassung unter [www.moro-klamis.de](http://www.moro-klamis.de).<sup>290</sup>

---

<sup>290</sup> Stadt Nürnberg (2012): Handbuch Klimaanpassung. Seite 52.

## Vergößerung des Baumbestands

Im innerstädtischen Bereich kann speziell durch die Begrünung von Straßenzügen mit Bäumen aufgrund des Schattenwurfs sowie der Verdunstung der Pflanzen eine Aufheizung vermindert werden. So können bereits sechs Bäume in einer 500 Meter langen und zehn Meter breiten Straßenschlucht, bei Sommertemperaturen von 35 Grad Celsius die Lufttemperatur um fünf Grad senken<sup>291</sup>.

Stadtbäume wirken jedoch nicht nur positiv im Sinne der Verbesserung des Bioklimas, sondern können auch zur Absicherung von Versorgungsleistungen wie der Trinkwasserversorgung dienen. Bei länger andauernden Hitzeperioden erwärmen sich die Trinkwassernetze, was eine Vermehrung von hygienisch relevanten Bakterien zur Folge haben kann. Besonders anfällig sind hierfür schwach durchflossene Netzabschnitte unter asphaltierten oder gepflasterten Straßen und Plätzen, die die Wärme gut aufnehmen, über längere Zeit speichern und auf diese Weise den Boden aufheizen. Eine direkte Bestrahlung durch die Sonne forciert diesen Effekt. Eine Möglichkeit, das Aufheizen der Flächen zu verringern, ist daher die Beschattung durch die Anpflanzung von Bäumen.<sup>292</sup>

Um die positiven Effekte von Bäumen für das Stadtklima zu nutzen, sollte das Stadtgebiet auf geeignete, bislang ungenutzte Baumstandorte geprüft werden. Außerdem sollten Baumpflanzungen bei der Planung von Maßnahmen zum Straßenumbau, zur Straßenneugestaltung oder bei Neubaumaßnahmen vorgeschrieben werden. In den Bebauungsplänen können die Gemeinden auch Baumpflanzungen auf privaten Flächen festsetzen. Auch durch Einzelsatzungen können Neupflanzungen erreicht werden. In Nürnberg ist gemäß einer solchen Satzung auf Parkplätzen für je zehn Stellplätze mindestens ein standortgerechter Baum zu pflanzen, dessen Baumscheibe mindestens der Fläche eines Stellplatzes entspricht. Stellplatzanlagen mit mehr als 20 Einheiten sind außerdem zu durchgrünen<sup>293</sup>.

Im Bereich von Luftleitbahnen sollten Anpflanzungen jedoch keine Hindernisse für Kalt- und Frischluftströmungen bilden. Probleme können zudem dort entstehen, wo großkronige Bäume enge, verkehrsreiche Straßen nach oben abschirmen, so dass sich Schadstoffe bei windarmen Wetterlagen im Straßenraum konzentrieren oder wo Bäume zu dicht wachsen und Räumen in unteren Geschossen zu viel Licht nehmen<sup>294</sup>.

### 8.1.6. Grünflächenvernetzung

Neben der Wirkung einzelner ist auch das Zusammenspiel aller Grünflächen innerhalb des Siedlungsbereichs sowie an dessen Randbereichen von klimatischer Bedeutung. Dabei gilt, dass je größer die Grünflächen und je enger das geknüpfte Netz, desto ausgeprägter können sich in warmen Nächten ausgleichend wirkende Kaltluftströmungen entwickeln<sup>295</sup>. Die Erhaltung eines Systems von übergeordneten Grünzügen mit Funktion als Luftaustauschbahn hat zudem positive Auswirkungen auf zahlreiche weitere Belange der Stadtentwicklung, so zum Beispiel auf die Erschließung der Naherholungsräume im städtischen Umland über das Rad- und Fußwegenetz. Außerdem stellt die Grünflächenvernetzung auch eine wichtige Anpassungsmaßnahme im Sinne des Naturschutzes dar, da Arten aufgrund veränderter Klimabedingungen verstärkt darauf angewiesen sind, auf andere Lebensräume auszuweichen und hierfür – vor allem für bodengebundene, wenig mobile Arten – entsprechende Korridore zur Verfügung stehen müssen.

---

<sup>291</sup> Landeshauptstadt Hannover (2012): Anpassungsstrategie zum Klimawandel. Seite 5.

<sup>292</sup> Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2011): Handbuch Stadtklima. Seite 43.

<sup>293</sup> Stadt Nürnberg. Umweltamt (2012): Handbuch Klimaanpassung. Seite 73.

<sup>294</sup> Bundeshauptstadt Berlin (2011): Stadtentwicklungsplan Klima. Seite 37.

<sup>295</sup> Stadt Karlsruhe (2013): Anpassung an den Klimawandel. Seite 106.

## 8.2. ... Qualifizierung von Grünstrukturen

### 8.2.1. Grünflächen

#### 8.2.1.1. Bestandserfassung

Ein Grünflächenkataster ermöglicht die gezielte Entwicklung, Pflege und Bewirtschaftung von Grünflächen. Hierzu sollte es Angaben über Lage, Größe, Art der Bepflanzung inklusive Baumbestand, Nutzung und Nutzergruppen sowie zur Pflege der einzelnen Grünflächen enthalten.

#### 8.2.1.2. Flächengestaltung

Die bioklimatische Wirkung von innerstädtischen Grünflächen unterscheidet sich je nach Tageszeit: Tagsüber bieten baumbestandene Bereiche den Flächennutzern kühle und schattige Rückzugsmöglichkeiten wohingegen nachts die umliegenden Quartiere von der Kühlleistung großer Wiesenflächen profitieren.<sup>296</sup> Bei der Anlage neuer sowie der Optimierung bestehender Grünflächen gilt es daher zu entscheiden, welcher der beiden Funktionen im Einzelfall größere Bedeutung zukommt. Denn in der Regel ist nur auf größeren Flächen ein Wechsel zwischen offenen Wiesenflächen und dichteren Gehölzbeständen möglich.<sup>297</sup> Liegen die Grünflächen im Bereich von Frischluftschneisen sollte allerdings in jedem Fall auf dichte und hohe Vegetation verzichtet werden, da diese als Strömungshindernis wirkt, die bodennahe Windgeschwindigkeit reduziert und somit den Luftaustausch einschränkt.<sup>298</sup>

Grünflächen, die vor allem als nächtliche Kaltluftlieferanten im Quartier wirken, sollten als nur locker mit Bäumen überstellte und zerstreut mit Sträuchern bepflanzte Wiesenflächen (Baum-Wiesen-Landschaft)<sup>299</sup> gestaltet werden. Um den Luftaustausch zwischen Grünfläche und Siedlungsbereich zu maximieren, sollten auch die Übergangsbereiche von einer geringen Rauigkeit geprägt sein. In bestehenden Anlagen reicht es oft kleinere Mauern und Hecken, Erdwälle oder Palisaden zu entfernen, um das Ausströmen der Kaltluft zu verbessern<sup>300</sup>. Begünstigend auf die Reichweite des Abkühlungseffekts von Grünflächen wirken sich auch die Vernetzung mit anderen Grünanlagen oder eine angrenzende lockere Bebauungsstruktur mit hohem Grünanteil aus.<sup>301</sup>

Um die Aufenthaltsqualität von Grünflächen für die Nutzung am Tag zu erhöhen, sollte vor allem auf schattenspendende Baumgruppen gesetzt werden. In größeren Grünanlagen ist auch die Anlage von Teichen oder Wasserbecken denkbar. Seine kühlende Wirkung entfaltet Wasser dabei vor allem in bewegter Form oder idealerweise durch unmittelbare Nutzbarkeit. Indirekt können die erzielbaren Kühleffekte von Grünflächen auch dadurch gesteigert werden, dass ihre Aufenthaltsqualität durch entsprechende Freizeitangebote erhöht wird. So kommen die Kühlwirkungen einer größeren Zahl von Menschen unmittelbar zugute. Im Einzelfall ist auch eine stärkere Öffnung halböffentlicher Grünflächen wie zum Beispiel von Kleingärten oder Friedhöfen zu prüfen.<sup>302</sup> Um Lebensräume für Tier- und Pflanzenarten sowie natürliche Prozesse zu erhalten, sollte dann allerdings auch auf eine gezielte Besucherlenkung für ökologisch sensible Bereiche geachtet werden, beispielsweise durch die Anlage von Wegen, die Ausweisung von Liegeflächen oder Infotafeln.

---

<sup>296</sup> Stadt Nürnberg. Umweltamt (2012): Handbuch Klimaanpassung. Seite 64.

<sup>297</sup> Bundeshauptstadt Berlin (2011): Stadtentwicklungsplan Klima. Seite 41.

<sup>298</sup> Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2011): Handbuch Stadtklima. Seite 40.

<sup>299</sup> Stadt Nürnberg. Umweltamt (2012): Handbuch Klimaanpassung. Seite 64.

<sup>300</sup> Bundeshauptstadt Berlin (2011): Stadtentwicklungsplan Klima. Seite 42.

<sup>301</sup> Mathey (2011): Noch wärmer, noch trockener? Seite 45.

<sup>302</sup> Stadt Nürnberg. Umweltamt (2012): Handbuch Klimaanpassung. Seite 64.

Um den rückläufigen sommerlichen Niederschlagsmengen und zunehmenden Starkregenereignissen zu begegnen, sollten die Randbereiche von Grünflächen ausreichend versickerungsfähig sein. Bei entsprechender Topografie, Bodenbeschaffenheit und Bepflanzung dieser Übergangszonen kann das im Umfeld anfallende Wasser aufgenommen werden, was den Bedarf an Zusatzbewässerung verringert und im Falle von Starkregenfällen zur Entlastung der Kanalisation beitragen kann<sup>303</sup>. In diesem Sinne können Grünflächen durch die Anlage von Rückhaltebecken oder Notwasserwegen zudem auch temporär als Retentionsflächen genutzt werden.<sup>304</sup> Es ist jedoch stets darauf zu achten, dass das abfließende Wasser nicht durch Streusalz oder sonstige Verunreinigungen beeinträchtigt ist.

### 8.2.1.3. Arten- und Sortenwahl

Bei der Auswahl von geeigneten Pflanzenarten für die Begrünung im innerstädtischen Raum, sollte sichergestellt werden, dass die Vegetation auch den künftigen klimatischen Bedingungen gerecht wird. Insbesondere wärmeresistente Pflanzenarten mit geringem Wasserbedarf kommen aufgrund der zunehmenden sommerlichen Temperaturen sowie der damit verbundenen längeren Trockenperioden für die zukünftige Verwendung auf innerstädtischen Grünflächen in Frage. Hierzu sollte jedoch nicht auf südländische Exoten, sondern auf heimische Pflanzenarten zurückgegriffen werden, die sich auf heiße und trockene Standorte spezialisiert haben (siehe hierzu Kapitel 8).

Für die zukünftige Arten- und Sortenwahl gilt es allerdings nicht nur die Wärme- und Trockenheitsresistenz der Pflanzen zu berücksichtigen, sondern auch deren Auswirkungen auf die Bodenbeschaffenheit. Denn die zunehmende sommerliche Hitze kann zur Austrocknung nicht versiegelter Böden führen, wodurch ihre Fähigkeit zur Niederschlagsversickerung verloren geht. Stark ausgetrocknete Böden führen beim nächsten Niederschlag dazu, dass ein großer Teil des Wassers oberflächlich abfließt, was sich wiederum negativ auf Bodenerosion, den Grundwasserspiegel sowie das Überschwemmungsrisiko bei Starkregen auswirkt. Um eine Austrocknung der Böden zu verhindern beziehungsweise zu verlangsamen, sollten daher dauerhaft grüne Bodendecker gegenüber reinen Rasenflächen bevorzugt werden<sup>305</sup>. Diese reduzieren durch Abdeckung und Beschattung die direkte Sonneneinstrahlung und somit die Verdunstung des im Boden gespeicherten Wassers. Ist eine Bepflanzung grundsätzlich nicht möglich oder sinnvoll, können unerwachsene Bodenflächen auch mit künstlichen Materialien wie zum Beispiel Mulch abgedeckt werden, um die Verdunstung aus dem Boden zu verringern.<sup>306</sup>

Positiv im Hinblick auf die Versickerungsfähigkeit von Böden sind zudem Pflanzen mit größerer Wurzeltiefe. Durch eine gleichmäßige Durchwurzelung der oberen Bodenschichten werden Böden wesentlich durchlässiger. Die Wirkung von Stauden auf die Bodendurchlässigkeit ist im Schnitt etwa um ein Drittel höher als die von Rasen. Ursache ist die bei Stauden intensivere Durchwurzelung des Bodens. Bedingt durch ein vergleichsweise geringes Angebot an wasserspeichernden Poren in der Oberbodenaufgabe werden die Pflanzen gezwungen, auch tiefer liegende Bodenschichten intensiver zu erschließen. Im Fall von Rasen befindet sich mehr als 95 Prozent der Wurzelmasse in Oberbodenschichten bis 20 Zentimeter Dicke. Bei Stauden können dagegen (artabhängig) innerhalb von fünf Jahren bereits bis zu 75 Prozent der Wurzeln circa 40 Zentimeter tief in den Boden einwachsen.<sup>307</sup>

---

<sup>303</sup> Bundeshauptstadt Berlin. (2011): Stadtentwicklungsplan Klima.. Seite 48.

<sup>304</sup> Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2011): Handbuch Stadtklima. Seite 49/50.

<sup>305</sup> Landeshauptstadt Hannover (2012): Anpassungsstrategie zum Klimawandel. Seite 15.

<sup>306</sup> Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2011): Handbuch Stadtklima. Seite 43.

<sup>307</sup> Ebd. Seite 46.

#### 8.2.1.4. Grünflächenpflege

Im Hinblick auf die Grünflächenpflege ist in Anbetracht der prognostizierten Klimatrends vor allem mit einem deutlich erhöhten Bewässerungsbedarf zu rechnen, der zumindest zum Teil durch künstliche Bewässerung abgedeckt werden muss. Vor allem in Grünanlagen mit starker Erholungsnutzung, besonders repräsentativer Gestaltung oder trockenheitsempfindlichem Artenbestand sollten automatische Bewässerungsanlagen nachgerüstet werden. Wo Kostengründe eine automatische Bewässerung verbieten, können Hydranten und Anschlussstellen für die Bewässerung mit Regnern und Schläuchen bereitgestellt werden.<sup>308</sup> Die Ausweitung künstlicher Bewässerung stößt jedoch an Grenzen und bindet bereits heute in vielen Kommunen größere Personalkapazitäten und verursacht zusätzliche Kosten.<sup>309</sup> Es gilt daher vor allem das vorhandene Regenwasser optimal zu nutzen. Wird unbelastetes Niederschlagswasser von Dächern oder befestigten Flächen zur Bewässerung von Grünflächen genutzt, können offene Wasserflächen und Versickerungsanlagen die Wasserrückhaltekapazitäten der Speicheranlagen ergänzen.<sup>310</sup> Zur Reduzierung des Bewässerungsbedarfs auf Grünflächen kann auch eine veränderte Mahdfrequenz beitragen. Denn mit der erhöhten Blattmasse der Gräser und Kräuter steigt nicht nur deren klimawirksame Verdunstungsleistung und Kaltluftproduktion, im Gegensatz zum regelmäßig geschnittenen Grün sind die Flächen in Hitzeperioden auch weniger anfällig und trocknen nicht so schnell aus<sup>311</sup>.

#### 8.2.2. Stadtbäume

##### 8.2.2.1. Bestandserfassung und -kontrolle

Grundlage einer systematischen Bestandserfassung bildet das Baumkataster, in dem alle Stadtbäume verzeichnet sind. Das Baumkataster erleichtert nicht nur die Sicherstellung der Verkehrssicherheit, sondern stellt auch die Vitalitätsentwicklung oder die Ausbreitung von Kalamitäten dar. Ebenso ist das Baumkataster mittlerweile ein Werkzeug zur zielgerichteten Durchführung von Pflegemaßnahmen. Der geografische Standort aller Bäume ist erfasst, daher können Informationen in einer Karte dargestellt werden. Außerdem sollten im Baumkataster Daten zu Art, Alter, Pflanzjahr, Größe, Kronendurchmesser, Vitalität, Wuchsleistung sowie zu erfolgten Zuwässerungsmaßnahmen und zum Schädlingsbefall erfasst werden. Um auch den Bürgerinnen und Bürgern den Zugriff auf Informationen zum Baumbestand zu ermöglichen, bieten einige Kommunen wie beispielsweise die Stadt Frankfurt am Main ein öffentlich zugängliches Baumkataster in vereinfachter Form an<sup>312</sup>.

Baumeigentümer sind dazu verpflichtet, Schäden durch Bäume an Personen und Sachen zu verhindern und für einen verkehrssicheren Zustand zu sorgen. Ein Baum gilt als verkehrssicher, wenn er weder in seiner Gesamtheit noch in Teilen eine Gefahr für seine Umgebung darstellt, das heißt wenn sowohl seine Stand- als auch seine Bruchsicherheit gewährleistet sind. Durch den Klimawandel sind Stadtbäume zusätzlichen Belastungen ausgesetzt, die zu einer Verringerung ihrer Vitalität und somit zu einer höheren Anfälligkeit gegenüber Schädlingen und Krankheiten und letztlich zu einer verkürzten Lebenserwartung und größeren Risiken in Bezug auf die Verkehrssicherheit führen (siehe Kapitel 4.5). Um negative Entwicklungen frühzeitig zu erkennen, sollte der gesamte Baumbestand regelmäßig in belaubtem und unbelaubtem Zustand, bereits beschädigte Bäume in Abhängigkeit des gegebenen Risikopotentials häufiger kontrolliert und entsprechend dokumentiert werden<sup>313</sup>.

---

<sup>308</sup> Bundeshauptstadt Berlin. (2011): Stadtentwicklungsplan Klima. Seite 48

<sup>309</sup> Stadt Karlsruhe (2013): Anpassung an den Klimawandel. Seite 105.

<sup>310</sup> Bundeshauptstadt Berlin. (2011): Stadtentwicklungsplan Klima. Seite 48.

<sup>311</sup> Stadt Karlsruhe (2013): Anpassung an den Klimawandel. Seite 103.

<sup>312</sup> <https://geoportalkarlsruhe.de/karten/baumkataster.html>

<sup>313</sup> Stadt Karlsruhe (2013): Anpassung an den Klimawandel. Seite 102.

Das Aufgabenprofil der für die Baumkontrolle zuständigen Personen ist äußerst vielseitig: Sicherheitsbewertung der Bäume, Festlegung von baumpflegerischen Maßnahmen zur Wiederherstellung der Verkehrssicherheit, Einschätzungen über die Erhaltungswürdigkeit der Bäume sowie die Auswertung der digital aufgenommenen Daten ist nur ein Teil der zu leistenden Arbeit. Aufgrund der anspruchsvollen und sehr differenzierten Aufgabenstellung sind für diese Arbeiten Fachleute mit besonderem Spezialwissen gefordert: Gute Kenntnisse in der Botanik sowie bei den Krankheitserregern und Schädlingen, vertieftes Wissen im Bereich Baumpflege sowie der baumartspezifischen Holzeigenschaften sind Voraussetzungen, die ein Baumkontrolleur beherrschen muss. Um diesen Rahmenbedingungen gerecht zu werden und der fortschreitenden Entwicklung im wissenschaftlichen und technischen Bereich zu folgen, ist eine ständige Weiterbildung der Mitarbeiter unabdingbar.

### 8.2.2.2. Arten- und Sortenwahl

Stadtbäume müssen im Vergleich zu Ihren Artgenossen in freier Natur mit einer Vielzahl belastender Faktoren zurechtkommen: Platzmangel, Wasser- und Sauerstoffarmut in Folge von Bodenverdichtung oder -versiegelung, Schadstoffemissionen und Salzbelastungen oder mechanische Beschädigungen stellen hohe Anforderungen an die Robustheit der Bäume. Durch den Klimawandel kommen weitere belastende Faktoren hinzu, so dass angesichts des zunehmenden sommerlichen Trocken- und Hitzestresses verstärkt auf trockenheitstolerante Gehölze zurückgegriffen werden sollte, die jedoch auch über eine ausreichende Frosthärte verfügen. Folgende Listen angepasster Straßenbaumarten können für die Auswahl geeigneter Stadtbäume herangezogen werden:

- **GALK-Liste<sup>314</sup>:**  
Diese Straßenbaumliste wird vom Arbeitskreis „Stadtbäume“ der Gartenamtsleiterkonferenz herausgegeben. Die verschiedenen Baumarten wurden auf ihre innerstädtische Eignung für den Extremstandort Straße in verschiedenen Regionen in Deutschland getestet.
- **Klima-Arten-Matrix (KLAM)<sup>315</sup>:**  
Vom Bund deutscher Baumschulen und dem Lehrstuhl für Forstbotanik der Technischen Universität Dresden ist die Klima-Arten-Matrix (KLAM) entwickelt worden. Sie bewertet circa 250 Gehölzarten auf ihre Eignung als Stadtbäume. Die Liste zieht Trockenstresstoleranz und Winterhärte in jeweils vier Abstufungen (sehr geeignet, geeignet, problematisch, sehr eingeschränkt geeignet) als Kriterien heran. Es werden auch nichtheimische Baumarten aus Herkunftsgebieten mit ähnlichen Wintertemperaturen und verstärkten Sommertrockenzeiten in die Bewertung aufgenommen.

Einige Arten dieser Listen werden laut Bundesamt für Naturschutz als invasiv, eingebürgert oder auf dem Weg zur Einbürgerung eingestuft. Hierzu zählen: *Ailanthus altissima*, *Gleditsia triacanthos*, *Quercus rubra*, *Paulownia tomentosa*, *Pinus nigra*, *Robinia pseudoacacia*, *Celtis occidentalis*, *Pinus strobus*, *Pseudotsuga menziesii*<sup>316</sup>. Bei weiteren gebietsfremden Arten ist Vorsicht geboten, da sie auf der Vorwarnliste dieser Arbeit (Anhang 1) gelistet werden und damit anderswo bereits eingebürgert sind und sich klimatisch für die Bodenseeregion eignen: *Acer buergerianum*, *Ginkgo biloba*, *Cercis siliquastrum*, *Liquidambar styraciflua*, *Platanus acerifolia*, *Pterocarya fraxinifolia*, *Quercus palustris*, *Sorbus intermedia*. Folgende Arten befinden sich zudem in der Aktionsliste (Anhang 4) und wurden

---

<sup>314</sup> GALK: Straßenbaumliste.

[www.galk.de/arbeitskreise/ak\\_stadtbaeume/webprojekte/sbliste/](http://www.galk.de/arbeitskreise/ak_stadtbaeume/webprojekte/sbliste/)

<sup>315</sup> [www.die-gruene-stadt.de/klimaartenmatrix-stadtbaeume.pdf](http://www.die-gruene-stadt.de/klimaartenmatrix-stadtbaeume.pdf)

<sup>316</sup> Nehring (2013): Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertungen für in Deutschland wild lebende gebietsfremde Gefäßpflanzen.

bereits in freier Wildbahn gesichtet: *Catalpa bignonioides*, *Celtis australis*, *Koelreuteria paniculata*, *Liriodendron tulipifera*.

In zahlreichen Kommunen wird aktuell mit der Anpflanzung neuer Stadtbaumarten experimentiert.<sup>317</sup> Ein intensiver Erfahrungsaustausch darüber welche Arten sich als besonders geeignet erweisen, könnte somit weitere Forschungs- und Erprobungskosten reduzieren. Beispielweise haben sich die beiden einheimischen Arten Feld-Ahorn (*Acer campestre*) und Burgenahorn (*Acer monspessulanum*) als sehr resistent und klimawandeltauglich erwiesen.<sup>1</sup>

Entscheidend für die Robustheit von Straßenbäumen ist allerdings nicht nur die Baumart, sondern auch die Herkunft der Jungbäume sowie die Aufzuchtbedingungen. Soweit möglich sollte darauf geachtet werden, dass die ausgewählten Jungbäume unter ähnlichen Standortbedingungen gezogen wurden, die sie auch an ihrem späteren Standort vorfinden. Im Hinblick auf die Anfälligkeit für Trockenstress spielt auch die Art und Weise der Bewässerung eine bedeutende Rolle: Bereits bei jungen Bäumen sollte nach dem Motto „Abhärtung statt Verwöhnung“ verfahren werden<sup>318</sup>. Der Import von Jungbäumen aus anderen Klimaregionen birgt zudem die Gefahr, dass beispielsweise Schädlinge mit eingeschleppt werden, die sich unter den veränderten Klimabedingungen auch am Zielstandort etablieren können.

Die zunehmende Anfälligkeit bewährter Stadtbaumarten wie beispielsweise des Bergahorns (*Acer monspessulanum*) zeigt zudem, dass der Anteil einer Baumart in der Stadt nicht zu hoch sein sollte. Es empfiehlt sich vielmehr die Arten- und Sortenzahl insgesamt zu erhöhen, um damit eventuellen Kalamitäten vorzubeugen. Durch die Verwendung unterschiedlicher Arten an einzelnen Standorten kann auch das Übergreifen von Schädlingen eingegrenzt werden.<sup>319</sup>

### 8.2.2.3. Standortbedingungen und Baumpflanzung

Stadtbäume sollten bei Neupflanzungen einen ausreichend großen Wurzelraum erhalten. Dabei gilt: Je schwieriger die Standortbedingungen, desto größer sollte der Wurzelraum sein.<sup>320</sup>

Für gesundes Wachstum sind die Nährstoffe Stickstoff, Phosphat, Kali, Magnesium, Schwefel und die Spurennährstoffe in richtigen Mengen und Verhältnissen relevant. Vor allem Kali ist für die Trockenheitstoleranz von Stadtbäumen von großer Bedeutung. Darüber hinaus ist auch der pH-Wert des Standorts ein wichtiger Parameter, der das Wachstum bestimmt und die Verfügbarkeit von Nährstoffen beeinflusst.<sup>321</sup> Mit Hilfe von Bodenanalysen können die Bodengehalte an Nährstoffen sowie der pH-Wert beurteilt und Methoden zur Verbesserung des vorhandenen Unterbodens ermittelt werden. Zur Strukturstabilität und Durchlüftung können Kies, Schotter oder Sand verwendet werden. Die Beimischung eines gewissen Tonanteils erhöht hingegen die Wasserspeicherfähigkeit<sup>322</sup>.

Bei der Baumpflanzung sollten zudem die folgenden Aspekte berücksichtigt werden<sup>323</sup>:

- Vermeidung zu langer Transportzeiten und dadurch entstandener Wurzelschäden
- Rechtzeitige Pflanzung ausgereifter Ware im Herbst oder Frühjahr
- Für eine rasche Wurzelentwicklung muss der Baum durch Pfähle ruhig gestellt werden. Im Dreipunktsystem mit lockerer Bandanbindung wird der Jungbaum allseitig gleich stabilisiert,

---

<sup>317</sup> Beispielsweise Landeshauptstadt Hannover (2012): Anpassungsstrategie zum Klimawandel. Seite 11 oder Stadt Frankfurt am Main (2014) Frankfurter Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Seite 5.

<sup>318</sup> Fuchs (2012): Klimawandel und die Eignung von Stadtbäumen im pannonischen Raum. Seite 60.

<sup>319</sup> Stadt Karlsruhe (2013): Anpassung an den Klimawandel. Seite 104/105.

<sup>320</sup> Bund Schweizer Baumpflege (2010): Bäume pflanzen – aber richtig. Seite 2.

<sup>321</sup> Compo Expert (o.J.): Ratgeber Stadtbäume. Seite 5/7.

<sup>322</sup> Staatliche Fachschule für Agrarwirtschaft Landshut-Schönbrunn. (2005): Straßenbäume. Seite 21.

<sup>323</sup> Fuchs (2012): Klimawandel und die Eignung von Stadtbäumen im pannonischen Raum. Seite 59.

kann aber ohne Scheuern leicht in der Windlast schwingen. Der Stamm wird nicht eingeschnürt, der Wassertransport nach oben zum Laub und der Transport von Zuckersaft aus dem Laub zum unteren Stammbereich und den Wurzeln wird nicht behindert.

Nach der Pflanzung müssen die Bäume im belaubten Zustand regelmäßig bewässert werden, umso länger, je größer sie verpflanzt wurden und je schwieriger die Standortbedingungen<sup>324</sup>.

#### 8.2.2.4. Baumpflege

Um die Standortbedingungen bereits gepflanzter Bäume zu verbessern, können Bodenversiegelungen aufgebrochen, bestehende Pflanzgruben erweitert oder nachträglich wasserspeicherfähiges Substrat ausgebracht werden. Mittlerweile gibt es hierzu speziell für Stadtbäume entwickelte Substrate. Diese verfügen aufgrund ihrer besonderen Korngrößenverteilung über ein hohes Porenvolumen und Wasserspeichervermögen und sind weniger verdichtungsempfindlich. Belüftungsöffnungen können diese Wirkung noch verbessern.<sup>325</sup> Bei Baumanierung besteht jedoch immer auch die Gefahr, die Baumwurzeln zu verletzen und somit die Bäume zu schwächen. Auch eine Bepflanzung der Baumscheiben – beispielsweise im Rahmen von Baumpatenschaften – wirkt der Bodenverdichtung entgegen und macht ein Austrocknen der Baumscheibe in Hitzeperioden unwahrscheinlicher.<sup>326</sup>

Eine Ausweitung künstlicher Bewässerung von Stadtbäumen ist nur in begrenztem Umfang möglich. Vor allem in der Anwachsphase benötigen die Bäume jedoch ausreichend Wasser. In puncto Bewässerungsmanagement kann die Gewinnung von Baumpatenschaften als sinnvolle Ergänzung angesehen werden. Neben dem Gießen in Trockenphasen kann die Aufgabe der Paten auch darin bestehen, Beschädigungen am Baum der Stadt mitzuteilen und das Beet um den Baum zu pflegen und zu bepflanzen.<sup>327</sup>

Nicht zu vergessen ist schließlich auch der Schutz des Stammes vor intensiver Sonneneinstrahlung. Hier sind Bambusmatten vorzuziehen, die locker um den Stamm gebunden werden. Jute-Bandagen oder Lehmanstriche sind weniger geeignet, da sie das Erhitzen des darunterliegenden Rindengewebes nicht verhindern.<sup>328</sup>

---

<sup>324</sup> BSB (2010): Bäume pflanzen – aber richtig. Seite 1/2.

<sup>325</sup> Stadt Karlsruhe (2013): Anpassung an den Klimawandel. Seite 103.

<sup>326</sup> Bundeshauptstadt Berlin (2011): Stadtentwicklungsplan Klima. Seite 48.

<sup>327</sup> Stadt Karlsruhe (2013): Anpassung an den Klimawandel. Seite 105.

<sup>328</sup> BSB (2010): Bäume pflanzen – aber richtig. Seite 2.

## 9. Naturnahe Flächengestaltung

Nicht zuletzt aufgrund der Diskussion um das Konzept der Ökosystemleistungen ist das Thema „Grün in der Stadt“ und seine vielfältigen Nutzenfunktionen für Mensch und Natur in den vergangenen Jahren zunehmend in den Fokus öffentlicher und politischer Debatten gerückt. Erfahrungswerte zeigen jedoch, dass damit bislang noch keine flächendeckende, qualitative Aufwertung im Sinne einer naturnahen Flächengestaltung einhergeht. Biologische Vielfalt im öffentlichen Grün wird häufig gleichgesetzt mit einer reinen Pflanzenvielfalt (siehe hierzu beispielsweise Kapitel 5.4) – unabhängig davon, wo die Herkunftsgebiete einzelner Pflanzen liegen und welchen Wert diese als Nahrungsquelle und Habitat für die heimische Fauna besitzen. Dies betrifft sowohl Blühwiesen und Stauden als auch Stadtbäume und Sträucher. Auch hinsichtlich der Pflege naturnaher Flächen sind häufig große Defizite festzustellen, was sich immer dann als besonders problematisch erweist, wenn Kommunen sich für eine naturnahe Flächengestaltung entscheiden, nach wenigen Jahren jedoch aufgrund von Pflegefehlern zum Schluss kommen, dass eine solche „eben doch nicht funktioniere“.

Obwohl die naturnahe Flächengestaltung mehr beinhaltet als die Verwendung heimischer Pflanzen (siehe Kapitel 7.1), kommt gerade diesem Aspekt vor dem Hintergrund des sich vollziehenden Klimawandels eine besondere Bedeutung zu. Viele heimische Arten geraten aufgrund der zunehmenden Hitze und Trockenheit unter Stress, so dass mit größeren Ausfällen im öffentlichen Grün und damit auch seiner Funktionen im Sinne der Klimawandelanpassung zu rechnen ist. Die Verwendung nicht-heimischer Arten, die teilweise aufgrund ihrer Herkunft bereits an die veränderten Klimabedingungen angepasst sind, birgt hingegen die Gefahr der Einschleppung invasiver Arten und ihrer negativen Begleiterscheinungen für Mensch und Natur. So wird beispielsweise der bei vielen Gartenbesitzern beliebte Schmetterlingsflieder (*Buddleja davidii*, *B. alternifolia*) zwar von zahlreichen Schmetterlingen als Nahrungsquelle heimgesucht, sein Nektar ist jedoch schwach toxisch und verändert dadurch das Verhalten des Falters: Die Tiere verlieren alle Scheu und werden damit leichte Beute für Vögel.<sup>329</sup>

Im Folgenden wird speziell auf eine naturnahe Flächengestaltung durch Verwendung heimischer Saatgut- und Staudenmischungen eingegangen, die auch den veränderten Klimabedingungen standhalten. Denn grundsätzlich gibt es auch in der Bodenseeregion oder verwandten Naturräumen Standorte, die von extremer Hitze und Trockenheit geprägt sind. Solche Mager- und Trockenstandorte gehören in Mitteleuropa sogar zu den artenreichsten Lebensräumen überhaupt. Passende Vorbilder mitteleuropäischer Steppenlandschaften sind beispielsweise die Illmitzer Hölle im Nationalpark Neusiedler See im Osten Österreichs oder die Lobau im westlichen Teil des Nationalparks Donau-Auen direkt hinter Wien. Kleine regionale Mager- und Trockenstandorte (Sandrasen, steile und sonnige Böschungen) finden sich auch in unmittelbarer Nähe wie beispielsweise die Voll- oder Halbtrockenrasen am Hohentwiel. Für eine naturnahe Flächengestaltung auf heißen, trockenen Böden, wie sie vor dem Hintergrund des sich vollziehenden Klimawandels und speziell im städtischen Raum vermehrt zu erwarten sind, kann demzufolge aus einem riesigen Pool der unterschiedlichsten, an diese Bedingungen angepasster Pflanzen geschöpft werden.

Die dargestellten Hinweise zur naturnahe Flächengestaltung mit Hilfe von Blühwiesen- und Staudenmischungen beruhen auf den Ergebnissen eines im Rahmen des Projekts stattgefundenen Workshops und den Erfahrungen der daran beteiligten Akteure. Am Workshop haben neben

---

<sup>329</sup> BUND Region Hannover: Aktuelles zu Schmetterlingen.  
[http://region-hannover.bund.net/themen\\_und\\_projekte/schmetterlinge/aktuelles\\_zu\\_schmetterlingen/](http://region-hannover.bund.net/themen_und_projekte/schmetterlinge/aktuelles_zu_schmetterlingen/)  
Zugriff: 27. November 2015

Vertreterinnen und Vertretern aus der kommunalen Praxis auch eine Naturgartenplanerin sowie ein Hersteller von gebietsheimischem, Bioland-zertifiziertem Saatgut teilgenommen.

## 9.1. Definition

Eine naturnahe Flächengestaltung im Sinne der Planung, Umsetzung und Pflege öffentlicher Grünflächen impliziert eine starke Orientierung an den Zielen des Naturschutzes. Hierzu zählt sowohl der Landschaftsschutz als auch der Arten- und Biotopschutz. Das Bundesnaturschutzgesetz definiert in Kapitel eins, Artikel eins die wesentlichen Ziele des Naturschutzes zusammenfassend wie folgt:

- die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts erhalten,
- die Regenerations- und nachhaltige Nutzungsfähigkeit der Naturgüter bewahren,
- die Tier- und Pflanzenwelt in ihren Lebensräumen schützen,
- die Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie den Erholungswert von Natur und Landschaft dauerhaft bewahren und so
- die Lebensgrundlage des Menschen und die Voraussetzungen für die Erholung von Natur und Landschaft nachhaltig sichern.

Daraus lassen sich unabhängig von Naturraum und anderen lokalen Voraussetzungen allgemeine Grundsätze für die Bewirtschaftung von öffentlichen Grünflächen ableiten, die auf den Schutz und die nachhaltige Nutzung der Naturhaushaltsfaktoren Boden, Wasser, Luft und Klima abzielen. Sowohl der Boden als auch sauberes Grundwasser sind Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere und Pflanzen. Doch gerade im Siedlungsbereich sind aufgrund des hohen Versiegelungsgrades und Schadstoffeintrags die natürlichen Bodenfunktionen sowie die Grundwasser-Neubildungsrate und -qualität vielfach beeinträchtigt. Die genannten Faktoren tragen auch zu höheren Temperaturen, trockenerer Luft sowie deren Anreicherung mit Schadstoffen und Staubpartikeln bei. Daraus ergeben sich unter anderem folgende Grundsätze für den Umgang mit öffentlichen Grünflächen:

- die Minimierung der Bodenversiegelung auf ein gebrauchsnötiges Maß,
- die Entsiegelung von versiegelten Flächen soweit möglich,
- die Lockerung von verdichteten Bodenbereichen,
- die Minimierung des Düngemittelsatzes,
- die naturnahe Regenwasserbewirtschaftung und Minimierung des zusätzlichen Wasserbedarfs auf ein nutzungsnotwendiges Mindestmaß,
- der Verzicht auf Herbizide und Pestizide,
- der Einsatz von umweltfreundlichen, ressourcenschonenden Pflegemethoden, Materialien und Maschinen wie beispielsweise extensive Beweidungskonzepte,
- die Förderung von Gehölzbeständen als klimawirksame Vegetationsstruktur.

Eine weitere Besonderheit von Naturräumen innerhalb des Siedlungsbereichs liegt im engen Zusammenspiel von Mensch und Natur. Die Berücksichtigung von Naturschutzaspekten ist dadurch keinesfalls ausgeschlossen, erfordert jedoch eine gerechte Abwägung zwischen unterschiedlichen Nutzungs- und Gestaltungsinteressen unter Einbeziehung der Nutzerinnen und Nutzer. Dementsprechend lassen sich weitere Grundsätze einer ökologischen Flächengestaltung formulieren:

- die Differenzierung öffentlicher Grünflächen hinsichtlich unterschiedlicher Nutzungsintensitäten und -interessen, um neben Bereichen mit hohem Nutzungsdruck auch störungsarme Bereiche zu schaffen,
- das Angebot von Besucherlenkung und Naturschutzinformationen auf ökologisch wertvollen Flächen,
- die Beteiligung der Nutzerinnen und Nutzer an der Planung, Gestaltung und Pflege öffentlicher Grünflächen sowie deren Sensibilisierung für den Naturschutz,
- die Ermöglichung und Förderung von Naturerfahrung im unmittelbaren Lebensumfeld für alle Bürger unabhängig vom sozialen Status.

Darüber hinaus gilt es, weitere allgemeine Grundsätze des Naturschutzes bei der Planung und Unterhaltung öffentlicher Grünflächen zu beachten:

- der Einsatz von gebietsheimischen Saatgut und Gehölzen,
- die Förderung eigendynamischer Prozesse bei gleichzeitiger Minimierung der kulturellen Einflüsse, wie beispielsweise durch die Förderung von Sukzessionsflächen oder die Minimierung der Gehölzverjüngung,
- den Erhalt alter Strukturen der ursprünglichen Natur- (beispielsweise Altbaumbestand) oder Kulturlandschaft (beispielsweise Knicks oder Streuobstwiesen),
- die Berücksichtigung und der Erhalt naturraumspezifischer Gegebenheiten, besonders solcher Biotope, die im Umland durch intensive land- und forstwirtschaftliche Nutzung verloren gehen,
- die Förderung von Standort- und Biotopvielfalt durch Diversifizierung zwischen und innerhalb öffentlicher Grünflächen,
- die Vernetzung einzelner Grünflächen mit dem Ziel eines gesamtstädtischen Biotopverbunds mit Anschluss an das städtische Umfeld und somit auch der Kultur- und Naturlandschaft außerhalb des Siedlungsbereichs.

## 9.2. Naturnahe Blühwiesen

Eine Blühwiese ist eine Mischung aus – je nach Standort – aufeinander abgestimmten Kräutern und Gräsern gebietsheimischer Wildarten, die eine charakteristische Pflanzengesellschaft bilden. Der Kräuteranteil einer Ansaatmischung liegt bei bis zu 75 Prozent, zusammengesetzt aus circa 30 regionaltypischen Arten. Um schnell sichtbare Erfolge zu erzielen, können auch einjährige Pflanzen mit eingemischt werden.

Häufig werden Mischungen als Blumenwiese vermarktet, die aus bunt zusammengewürfelten, meist einjährigen Zuchtsorten aus aller Welt bestehen. Solche Mischungen sind zumeist nur optisch ansprechend, bieten heimischen Insekten jedoch weder Nahrung noch Lebensraum. Viele Saatgutmischungen bergen durch den weltweiten Einkauf ihrer Komponenten zudem das Risiko, dass weitere bereits etablierte Neophyten oder potentielle, eventuell sogar invasive, Neophyten darin enthalten sind. Da es sich zumeist auch um einjährige Sorten handelt, die nicht gemäht werden dürfen, um den Blütenaspekt zu erhalten, verliert sich häufig auch schnell der optische Effekt. Denn durch die fehlende Mahd besteht spätestens ab dem zweiten Jahr die Gefahr, dass die Flächen stark verunkrauten.

Alle im Folgenden getroffenen Aussagen, beziehen sich auf Saatgutmischungen für die ausschließlich heimische Arten verwendet wurden.

## 9.2.1. Standortbestimmung

Für Blumenwiesen sind die Standortbestimmung und eine entsprechende Auswahl des Saatguts die entscheidenden Erfolgsfaktoren. Grundsätzlich lassen sich an fast allen Standorten Blumenwiesen anlegen, sofern das Saatgut den Bedingungen entsprechend ausgewählt wird. Am erfolgsversprechenden sind gut besonnte, trockene Standorte mit magerem, durchlässigem Boden. Ideal sind zudem Flächen, die seit Jahren weder gedüngt noch mit Kompost versetzt worden sind. Auch die Feuchtigkeit sowie der Nährstoffgehalt des Bodens entscheiden über die Entwicklung einer Pflanzengemeinschaft. Auf nährstoff- und niederschlagsarmen, trockenen Standorten wie zum Beispiel südseitigen Böschungen gedeihen „Magerwiesen“. Feuchte, gut mit Nährstoffen versorgte Böden eignen sich hingegen für die so genannte „Fettwiese“. Zwischen diesen beiden Wiesenarten gibt es zahlreiche Abstufungen. Auch die Lichtverhältnisse spielen eine bedeutende Rolle, da direktes Sonnenlicht eine wichtige Lebensgrundlage für viele typische Wiesenpflanzen darstellt. Im Schatten von Bäumen und Sträuchern wird man hingegen nur schwer zufriedenstellende Erfolge mit einer Blumenwiese erreichen. Hier eignen sich eher Gräser und Kräuter des Waldunterwuchses.

Erfahrene Botaniker können mittels sogenannter Zeigerpflanzen Rückschlüsse auf die Standortbedingungen vor Ort ziehen und somit wichtige Hinweise auf die Auswahl entsprechender Pflanzen geben.

### EXKURS: Zeigerwerte für Pflanzen

Während man vom Bodenkörper ohne aufwendige Untersuchungen oft nichts anderes erkennen kann als die obere Bodenkrume, ist die Bedeckung des Bodens mit Pflanzen an den meisten Standorten unübersehbar. Die Vegetationsdecke ist dabei ein Produkt der Anpassung an die örtlichen Gegebenheiten. So findet man auf Sandböden andere Pflanzenarten und -gesellschaften als auf basenreichen Lehmböden.<sup>330</sup>

Manche Pflanzarten zeigen eine sehr enge Bindung an spezielle Standorte und wachsen nur auf bestimmten Böden. Die Beschränkung des Vorkommens dieser Arten auf eben diese speziellen Bedingungen, lässt bei näherer Untersuchung die artspezifischen Bedürfnisse erkennen. So können für verschiedene Bodeneigenschaften Zeigerarten als Bioindikatoren für den Bodenzustand ausgewiesen werden. Die wichtigsten Zeigerwerte sind die Feuchtezahl, die Reaktionszahl und die Stickstoffzahl.

Das Vorkommen einer einzelnen Art ermöglicht noch keine verlässlichen Aussagen. Treten allerdings mehrere dieser Zeigerarten mit gleichen oder ähnlichen Ansprüchen an einem Standort auf, kann dieser meist treffend charakterisiert werden. Mit der Kenntnis von Zeigerarten ist somit eine einfache Beurteilung von Standorten möglich, ohne aufwendige oder langwierige Messungen vorzunehmen.

Neben den Zeigerzahlen spielt auch die Nutzung einer Fläche einen wichtigen Faktor bei deren Bewertung als Standort einer Blumenwiese. Um sich zu entwickeln, sollten Blumenwiesen nicht ständig betreten werden und sind daher nicht als Spiel- und Sportflächen geeignet. Dennoch muss auch auf intensiv genutzten Flächen nicht der eintönige Einheitsrasen dominieren. Für solche Flächen können je nach Nutzungsart und -häufigkeit alternativ zu Rasen und Blumenwiese beispielsweise Blumenwiesen nur in Randbereichen, Wildblumeninseln oder Blumenrasen angelegt werden. Auch Rasenflächen werden bunter, wenn sie im Sommer nur alle zwei bis drei Wochen gemäht werden und auf Düngung und Herbizide verzichtet wird. So können sich Kräuter wie Gänseblümchen (Bellis

---

<sup>330</sup> Ellenberg (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa.

perennis), Ehrenpreis (Veronica), Günsel (Ajuga reptans) und Braunelle (Prunella vulgaris) entwickeln, die Fläche bleibt aber trotzdem begehbar und als Spielwiese nutzbar.

### 9.2.2. Pflanzenwahl

Die Auswahl jeweils an den Standort angepasster Pflanzen ist ein entscheidender Punkt für das Gelingen von Blumenwiesen und Staudenbeeten. Es empfiehlt sich daher eine genaue Standortanalyse vorzunehmen und auf spezielle Anbieter zurückzugreifen, die sich auf die Herstellung von an die regionalen Bedingungen angepasster Pflanzen spezialisiert haben. Hochwertiges Wildpflanzensaatgut beziehungsweise hochwertige heimische Wildstauden sind jedoch eventuell teurer als Standardware, da die Produzenten oftmals Bioland zertifizierte Betriebe sind, die torffrei arbeiten und so wertvolle Biotope wie Moore schonen. Allerdings können Blumenwiesen und Staudenbeete, die standortgerecht mit hochwertigem Pflanzenmaterial angelegt wurden, bei fachgerechter Pflege über viele Jahre und Jahrzehnte hinweg bestehen, so dass sich die höheren Anschaffungskosten amortisieren.

### 9.2.3. Bodenvorbereitung

Auch die Bodenvorbereitung vor der Aussaat ist entscheidend für den Erfolg oder Misserfolg einer Neuanlage. Rasenflächen mit geschlossener Narbe sind für die Samenkeimung ungünstig. Der Boden sollte daher vor einer Neuanlage gepflügt oder gefräst und anschließend eine feinkrümelige Bodenstruktur hergestellt werden. Außerdem sollte die Fläche vor der Einsaat frei von problematischen Wurzelunkräutern wie Quecke, Distel, Weißklee oder Winde sein. Um einen Rohboden herzustellen, kann eine schwarze Plane ausgebreitet werden, die den Boden vier bis sechs Wochen lang bedeckt.

In nahezu allen Böden schlummern zudem große Samendepots. Diese können Jahrzehnte in der Erde überdauern. Durch eine Bearbeitung des Bodens werden die Samen aus tieferen Erdschichten an die Oberfläche gebracht und haben dann die Möglichkeit zu keimen. Samenkräuter wie dem Hirtentäschel (*Capsella bursa-pastoris*), der Kamille (*Matricaria chamomilla*) oder dem Ackerhellerkraut (*Thlaspi arvense*) kann mit der Durchführung einer Schwarzbrache begegnet werden.

Es gibt allerdings auch Flächen, auf denen die Anlage einer Blumenwiese aufgrund bestehender Dominanzbestände (beispielsweise Quecken, Ackerkrautdistel) nur durch einen oberflächigen Bodenaustausch möglich ist.

### 9.2.4. Ansaaten

Vorzugsweise sollte vor Beginn der feuchten Witterung gesät werden. Der optimale Zeitpunkt kann von Jahr zu Jahr variieren. Als Orientierung können die Monate April, Mai, September oder Oktober genannt werden. Wird im Herbst gesät, ist die Gefahr einer Verunkrautung höher. Der Boden sollte leicht feucht sein, am besten nach einem leichten Regen bei windstillem Wetter.

Um ein gleichmäßiges Ergebnis zu erzielen, sollte am besten per Hand gesät werden. Zur leichteren Ansaat kann das Saatgut mit trockenem Sand, Sägemehl, Weizenkleie oder Sojaschrot gestreckt werden. Damit wird eine gleichmäßige und nicht zu dichte Ausbringung von zwei bis sechs Gramm pro Quadratmeter der feinen Samen erzielt. Das Saatgut muss obenauf gesät und darf nicht eingearbeitet werden. Das Anwalzen auf der Fläche sorgt für den benötigten Bodenschluss und eine gleichmäßige Keimung des Saatgutes. Keinesfalls dürfen die Samen jedoch mit einer Schicht Erde bedeckt werden, da sie Licht zur Keimung benötigen.

## 9.2.5. Pflege

Wildblumen- und Wildgräserkeimlinge benötigen mindestens drei Wochen durchgehende Feuchtigkeit, um optimal zu quellen und zur Keimung zu gelangen. Mit den ersten Wiesenpflänzchen sprießen in der Regel jedoch auch andere Wildkräuter, deren Samen im Boden schlummern. Nach acht bis zehn Wochen, wenn der Aufwuchs circa zehn bis 20 Zentimeter hoch ist und kein Licht mehr auf den Boden fällt, empfiehlt sich daher der erste Pflegeschnitt. Ampfer und hartnäckige Wildkräuter sollten dabei ausgestochen werden. Die Mahd sollte im ersten Jahr circa drei Mal wiederholt werden (Schröpschnitt), um den langsam wachsenden Wiesenblumen zu einem guten Start zu verhelfen und unliebsame Kräuter in ihrer Entwicklung zu stören.

Die Entwicklung einer Blumenwiese wird in der Folge wesentlich durch die Häufigkeit und den Zeitpunkt der Mahd bestimmt. Je nach Schnitthäufigkeit können sich Pflanzen durch Samen oder bei mehr als zweimaligem Schnitt vorwiegend generativ vermehren. Durch häufige Mahd werden schnittunempfindliche und bodenkriechende Pflanzen oder Rosettenpflanzen gefördert. Ohne regelmäßige Mahd können Wiesenfluren in Mitteleuropa nicht bestehen und werden vom Wald verdrängt. Blumenwiesen benötigen daher eine regelmäßige aber nicht zu häufige Mahd. Im Regelfall sollte zwei Mal im Jahr gemäht werden. Nur bei sehr mageren und gräserarmen Wiesen genügt auch eine einmalige Mahd. Von entscheidender Bedeutung ist hierbei der Zeitpunkt der Mahd: Erfolgt diese zu spät versamen Gräser und aufgrund ihrer dann hohen Wuchshöhe fällt zu wenig Licht in die unteren Bereiche, so dass sich die Zielarten nicht entwickeln. Die erste Mahd sollte daher je nach Witterung und Samenreife, Temperatur und Region, Mitte Juni erfolgen; der zweite Schnitt Ende August bis Mitte September, spätestens jedoch bei Erreichen einer Wuchshöhe von 30 Zentimetern.

Außerdem sollten die Flächen nicht auf einmal gemäht werden. Um den auf der Fläche lebenden Tieren auch weiterhin eine Nahrungsquelle und Rückzugsfläche zu bieten und die Artenvielfalt der Wiese zu erhöhen (da die Samenreife in einer Wiesengesellschaft variieren kann), sollte wenn möglich in zwei Etappen gemäht werden. Optimal ist es, wenn das Heu nach dem Mähen auf der Fläche getrocknet und erst entfernt wird, wenn die Samen abgetropft sind. Auf diese Weise können die Samen der getrockneten Pflanzen nachreifen und ausfallen.

### EXKURS: Gras-Schmarotzer

Beim den Klappertöpfen (Gattung *Rhinanthus*) handelt es sich um Halbschmarotzer, die mit ihren Wurzeln Nährstoffe aus Gräsern saugen und diese dadurch schwächen. Deshalb ist der Klappertopf auf landwirtschaftlichen Flächen nicht gern gesehen. Auf Blühwiesen kann der Klappertopf jedoch nachgesät werden, um einen zu hohen Grasanteil zu reduzieren. Wiesenblumen können sich in der so geschaffenen lückigeren und offeneren Vegetation leichter etablieren. Soll die Ausbreitung des Klappertopfes gefördert werden, sollte die erste Mahd jedoch erst Ende Juni bis Mitte Juli erfolgen, um seine Samenreife abzuwarten. Zudem ist der Klappertopf (*Rhinanthus minor* und *R. angustifolius*) neben dem Wiesensalbei (*Salvia pratensis*), dem Wiesenbocksbart (*Tragopogon pratensis*), der Magerwiesen-Margerite (*Leucanthemum vulgare*) und dem Wiesen-Pippau (*Crepis biennis*) eine der wenigen Arten, die nachträglich in eine Wiese in Form von Saatgut eingebracht werden, keimen und sich etablieren kann. Die Gattung der Wachtelweizen (*Melampyrum*) gehört ebenso zu den Halbschmarotzern, sind aber schwer im autochthonen Samenhandel zu erwerben.

## 9.3. Naturnahe Staudenbeete

Das Konzept der Staudenmischpflanzungen sieht eine bunte Mischung verschiedenster, standortabgestimmter Artenkombinationen vor. Die für einen bestimmten Standort vorgesehenen Arten werden mit genau festgelegten Mengeneinheiten und Stückzahlen pro Quadratmeter als Pflanzlisten angegeben. Die Mischungen bestehen in der Regel aus 15 bis 30 Arten, die sich in etwa wie folgt zusammensetzen: 15 Prozent Gerüstbildner (hohe Stauden), 25 Prozent Begleitstauden (halbhohe Stauden), zehn Prozent Füllpflanzen und 50 Prozent Bodendecker (niedrige Stauden). Für den Frühjahrseffekt werden Blumenzwiebeln und Knollen eingesetzt. Wie in Kapitel 5.4 dargestellt, weisen die meisten der bereits zusammengestellten und kommerziell vertriebenen Staudenmischungen des „New German Style“ einen hohen Anteil von 60-100 Prozent gebietsfremder Arten auf. Die folgenden Ausführungen veranschaulichen, wie durch die Verwendung ausschließlich heimischer Wildstauden eine optimal an die lokalen Gegebenheiten angepasste, naturnahe und optisch gelungene Flächengestaltung gelingen kann. Auch für Staudenbeete sind die Standortbestimmung und eine entsprechende Auswahl der Pflanzen entscheidende Erfolgsfaktoren. Da sich die hierbei zu berücksichtigenden Aspekte weitestgehend mit den Erläuterungen für die Anlage von Blühwiesen decken, wurde auf eine separate Darstellung verzichtet.

### 9.3.1. Bodenvorbereitung

Grundvoraussetzung für alle Staudenmischungen sind unkrautfreie Böden, weshalb oftmals ein Bodenaustausch nötig ist. Hierzu sollte der Oberboden mindestens 15 bis 20 Zentimeter abgetragen werden. Wurzelunkräuter wie Quecke müssen ausgegraben und vollständig entfernt werden. Anschließend sollte der Boden in gleicher Höhe wieder mit einem für die Staudenmischung geeigneten Substrat gefüllt werden. Dieses sollte in die oberen 30 Zentimeter des bestehenden Bodens eingearbeitet werden. Um das Auflaufen der Keimlinge besonders bei mageren Böden zu unterstützen, kann vor der Ansaat zudem eine geringe Menge (zwei bis drei Zentimeter) hygienisierter, feiner Grünschnittkompost in die oberen sieben Zentimeter eingearbeitet werden.

### 9.3.2. Staudenpflanzung

Eine optimal auf die lokalen Gegebenheiten angepasste Mischung mit heimischen Arten erfordert eine detaillierte Bestimmung der Boden- und sonstiger Umweltverhältnisse und eine darauf abgestimmte Pflanzenwahl. Eine naturnahe Gestaltung kann daher – aufgrund des eventuell nötigen Bodenaustausches und der hochwertigeren und somit teureren Pflanzen – zunächst höhere Ausgangsinvestitionen verursachen. Aufgrund der besseren Anpassung an die Gegebenheiten vor Ort sind heimische Pflanzen jedoch in der Regel langlebiger, wodurch sich die höheren Investitionskosten amortisieren.

Staudenmischpflanzungen können – bei frostfreiem Boden – das ganze Jahr über angelegt werden. Optimale Zeitpunkte sind Frühling und Frühsommer, da sich unmittelbar ein Blüherfolg einstellt. Die Zwiebeln und Knollen werden im Herbst zwischen die Stauden gesteckt. Dabei werden zunächst die Gerüstbildner einzeln oder bei genügend großen Flächen (ab 100 Quadratmeter) in kleinen Trupps von zwei bis drei Stück verteilt. Anschließend werden die Begleitstauden um diese Gerüstbildner in kleinen Trupps von zwei bis fünf Stück verteilt. Die Füllpflanzen kommen in größeren Trupps von fünf bis acht Stück in die Lücken. Die noch freien Zwischenräume werden mit den Bodendeckern aufgefüllt. Hier können sich kleinere oder größere Trupps von fünf bis 15 Stück ergeben. Vor dem endgültigen Einpflanzen sollte nochmals kontrolliert werden, ob alle Stauden in etwa gleichem Abstand untereinander stehen. Dieser beträgt je nach Pflanzdichte von Staude zu Staude 20-40 Zentimeter. Um versteckte „Mitbringsel“ aus den Gärtnereien zu entfernen empfiehlt es sich, bei

Stauden – wie auch bei Rosen und Gehölzen – die oberen ein bis zwei Zentimeter des Pflanzenballens zu entfernen. Schließlich werden die Stauden zwei bis drei Zentimeter tief in das Substrat gesetzt und von oben gut mit Substrat gemulcht.

Die Qualität von Staudenbeeten als Lebensraum für Tiere kann dadurch noch erhöht werden, dass auch Strukturelemente wie Totholz, Schwemmholz, Steinhügel, Trockenmauern etc. in die Flächen integriert werden.

### 9.3.3. Pflege

Grundsätzlich gelten Staudenmischungen als eher Pflegeleicht, dennoch gilt es speziell in den ersten Jahren einige Aspekte zu beachten. Falls möglich sollten die neu angelegten Flächen circa sechs Wochen lang feucht gehalten werden. Trotz prinzipieller Unkrautfreiheit des Bodens müssen in den ersten zwei bis drei Jahren jährlich zwei bis drei Pflegegänge durchgeführt werden, um einfliegende Samenunkräuter oder übersehene Wurzelunkräuter zu entfernen. Haben sich die Mischungen etabliert müssen sie nur einmal jährlich mit Balken- oder Fadenmäher gemäht werden (vorzugsweise im Spätwinter vor Beginn des Zwiebelaustriebes). Nur in schneereichen Regionen sollte eine Herbstmahd erfolgen, ansonsten ist der Winterstand der trockenen Stauden und Gräser bis zum Austrieb der Zwiebeln im Februar/März/April zu bevorzugen. Das Mähgut darf nicht liegen bleiben. Halbgehölze wie Salbeiarten sind von der Mahd auszusparen.

## EXKURS: Akzeptanz naturnaher Flächengestaltung

Oftmals bestehen noch große Vorbehalte in Bezug auf eine naturnahe Gestaltung öffentlicher Grünflächen. Aufgrund fehlenden Fachwissens sowie des „klassischen“ Bilds einer sauberen und aufgeräumten Stadt werden naturnahe Grünflächen häufig als „wild“, „ungepflegt“ und somit „störend“ empfunden. Naturnahe Flächen entwickeln sich zudem vergleichsweise langsam und erfordern somit Geduld bis der Blüheffekt voll zur Geltung kommt. Aktuell kommt erschwerend hinzu, dass sich als Ideal einer naturnahen Flächengestaltung einjährige, bunt blühende Blumenmischung im Bewusstsein vieler Menschen etabliert haben. Hochwertige Blumenmischungen und Staudenbeete mit ausschließlich heimischen Arten wirken dagegen oft nicht bunt genug.

Folgende Aspekte können zu einer höheren Akzeptanz naturnaher Flächengestaltungen beitragen:

- Geduld und Stehvermögen gegenüber anfänglicher Kritik
- Vorbildfunktion der Kommunen durch Umgestaltung eigener Flächen oder die Anlage von Schaugärten/„Versuchsflächen“
- Beschilderung der Flächen mit erklärenden Informationen zu Arten und Ökosystemen
- Infos im Amtsblatt der Kommunen und im Lokalteil der regionalen Tageszeitung platzieren
- Veranstaltungen mit Mitmachaktionen
- „Strategie naturnah“ kommunizieren und als Kommune unterstützen
- Wird auf bislang intensiv gepflegten Flächen die Mahd reduziert, muss deutlich werden, dass dies auf eine bewusste Entscheidung hin passiert und die Fläche nicht einfach vernachlässigt wird. Hier helfen beispielsweise oben genannte Infotafeln oder aber das Mähen von Randbereichen oder „Trampelpfaden“ durch die Fläche.

- Als Argument für eine naturnahe Flächengestaltung darf nicht nur die mögliche Kosteneinsparung genannt werden. Auch Trockenheitstoleranz/ Klimawandelanpassung, Naturerfahrung etc. spielen eine wichtige Rolle<sup>331</sup>. Im Sinne des Naturschutzes ist es außerdem wichtig, die Menschen vor allem über eine emotionale Ansprache und die unmittelbare Naturerfahrung für den Eigenwert der Natur zu begeistern. Deren Schönheit und Ästhetik sollten in den Vordergrund gerückt und nicht hinter nutzungsorientierten Argumenten versteckt werden.

## 9.4. Listen heimischer Pflanzen

Bei der Pflanzenwahl mag eine ausschließlich heimische Pflanzenwahl schwierig erscheinen. Schöpft man jedoch aus dem reichhaltigen Angebot der heimischen Natur, ergeben sich vielseitige Möglichkeiten, von der auch andere heimische Tier- und Pflanzenarten profitieren. Im Folgenden werden Listen heimischer Pflanzenarten vorgestellt, die bei der Bepflanzung herangezogen werden können:

- Die in Anhang 6 zusammengestellte Liste stellt eine Beispiel-Liste dar. Aufgeführte Arten eignen sich weder für feuchte oder schattige Standorte. Für eine erfolgreiche Umsetzung ist eine vorausgehende Standortanalyse unerlässlich und weitere Beratung sollte hinzugezogen werden.
- In den vergangenen Jahren wurden bereits Projekte zum Thema „Alternative Ersatzarten für Neophyten“ durchgeführt, in deren Rahmen zum Teil auch alternative Pflanzenlisten entstanden sind. Hierzu zählen beispielsweise das Projekt „Ersatz-Pflanzenarten für die unerwünschten gebietsfremden Arten (invasive Neophyten) der Schwarzen und der Beobachtungsliste der Schweiz“ der Eidgenössisch Technischen Hochschule Zürich<sup>332</sup>, das Projekt ALTERIAS (ALTERnatives to Invasive Alien Species) der Europäischen Kommission und der regionalen Umweltbehörde in Belgien<sup>333</sup> sowie das Projekt „Plantes invasives de la région méditerranéenne“ der Agence Méditerranéenne de l'Environnement, das sich mit invasiven Arten im französischen Mittelmeerraum befasst<sup>334</sup>.
- Darüber hinaus gibt es eine Reihe weiterer Listen mit einheimischen Pflanzempfehlungen, von denen im Folgenden einige genannt werden:
  - „Bäume und Sträucher in unseren Gärten“ (Stadt Radolfzell)<sup>335</sup>
  - „Gebietsheimische Gehölze in Baden-Württemberg“ (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg)<sup>336</sup>
  - „Leitfaden zur Verwendung gebietseigener Gehölze“ (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit)<sup>337</sup>
  - „Einheimische Gehölze und ihre Eignung für verschiedene Standorte“ (Landratsamt Ludwigsburg)<sup>338</sup>,

<sup>331</sup> Zahlreiche vor allem nutzenorientierte Argumente für mehr Natur in der Stadt werden in der Broschüre „Der Wert urbanen Grüns...“ genannt: [www.kommbio.de/fileadmin/user\\_upload/files/Download/Der\\_Wert\\_urbanen\\_Gruens.pdf](http://www.kommbio.de/fileadmin/user_upload/files/Download/Der_Wert_urbanen_Gruens.pdf)

<sup>332</sup> Gignon (2007): Ersatz-Pflanzenarten für die unerwünschten gebietsfremden Arten (invasive Neophyten) der Schwarzen und der Beobachtungsliste der Schweiz. Der Gartenbau 24/2007, 1, 2-5.

<sup>333</sup> Mathys et al. 2012; [http://www.alterias.be/images/stories/downloads/folder\\_brochures/final\\_version\\_fr.pdf](http://www.alterias.be/images/stories/downloads/folder_brochures/final_version_fr.pdf)

<sup>334</sup> [www.tela-botanica.org/reseau/projet/fichiers/PELR/14436/PELR\\_14438.pdf](http://www.tela-botanica.org/reseau/projet/fichiers/PELR/14436/PELR_14438.pdf)

<sup>335</sup> [www.radolfzell.de/bausteine.net/f/10206/Gehoelzbroschuere2008.pdf?fd=2](http://www.radolfzell.de/bausteine.net/f/10206/Gehoelzbroschuere2008.pdf?fd=2)

<sup>336</sup> [www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/13938/gebietsheimische\\_gehoelze.pdf?command=downloadContent&filename=gebietsheimische\\_gehoelze.pdf](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/13938/gebietsheimische_gehoelze.pdf?command=downloadContent&filename=gebietsheimische_gehoelze.pdf)

<sup>337</sup> [www.bfn.de/fileadmin/MDb/documents/themen/recht/leitfaden\\_gehoelze.pdf](http://www.bfn.de/fileadmin/MDb/documents/themen/recht/leitfaden_gehoelze.pdf)

<sup>338</sup> [www.landkreis-ludwigsburg.de/fileadmin/kreis-lb.de/pdf-dateien/buerger-info/umwelt-und-verbraucher/naturschutz/service-genehmigungen-infos/einheimische-gehoelze.pdf](http://www.landkreis-ludwigsburg.de/fileadmin/kreis-lb.de/pdf-dateien/buerger-info/umwelt-und-verbraucher/naturschutz/service-genehmigungen-infos/einheimische-gehoelze.pdf)

- „Artenfilter Regiosaatgutarten“: Mit Hilfe dieses Online-Tools der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) lassen sich für vorgegebene Herkunftsregionen Pflanzenarten bestimmen, welche als Regiosaatgut geeignet sind.<sup>339</sup>

Um sicher zu gehen, ob eine Art heimisch ist, kann der „Bildatlas der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands“ verwendet werden, der 4.200 Arten umfasst.<sup>340</sup>

## 10. Danksagung

Wir möchten uns bei allen Garteninhabern bedanken, die uns Zugang zu ihrem privaten Garten ermöglicht haben. Besonderer Dank geht an die Technischen Betriebe der Stadt Radolfzell, speziell an Mario Jost, der Koordinator des „Teams Grün“ der Technischen Betriebe und Bianca Kleinpeter, die uns mit zahlreichen Pflanzschemata und Bestimmungshilfen zur Seite standen. Zudem danken wir der Stadt Radolfzell, für ihre Unterstützung. Heinrich Holewa und Ewald Kleiner für die Mitnahme zu den Gartenrondeloux und all denjenigen – darunter Veit Dörken, Gärtner der Uni Konstanz –, die beim Bestimmen geholfen haben. Darüber hinaus geht unser Dank an Peter Pyšek, Jan Pergl, Wayne Dawson, Marten Winter, Franz Essl, Holger Kreft und Patrick Weigelt für die Erlaubnis, die GloNAF Daten nutzen zu dürfen und an Dietmar Moser für die Zusammenstellung der Klimadaten aller GloNAF Regionen. Für die Unterstützung bei der Projektbeantragung und Durchführung danken wir Markus Zipf und Christoph Stocker. Für das Lesen der Rohfassung und die Anregungen zur Überarbeitung Beatrice Lange.

---

<sup>339</sup> <http://sup05.umwelt.uni-hannover.de/artenfilter/index.php>

<sup>340</sup> Haeupler/Thomas (2007): Bildatlas der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands.

# 11. Literaturverzeichnis

- Adolphe, K. (2015): Anmerkungen zu einigen sich möglicherweise einbürgernden Neophyten. Braunschweiger Geobotanische Arbeiten 11: 137–153.
- Agence Méditerranéenne de l'Environnement, Conservatoire Botanique National Méditerranéen de Porquerolles (2003): Plantes envahissantes de la région méditerranéenne. Agence Méditerranéenne de l'Environnement. Agence Régionale Pour l'Environnement Provence-Alpes-Côte d'Azur. Seite 48.
- Akademie für Raumforschung und Landesplanung (2013): Glossar. Klimawandel und Raumentwicklung. Zweite, überarbeitete Fassung. Hannover.
- Alexander, J./ Diez, J./ Levine J. (2015): Novel competitors shape species' responses to climate change. *Nature*.
- Arbeitskreis KLIWA (2005): Langzeitverhalten der Lufttemperatur in Baden-Württemberg und Bayern. KLIWA-Berichte. Heft 5. Karlsruhe, München, Offenbach.
- Arbeitskreis KLIWA (2005): Langzeitverhalten des Gebietsniederschlags in Baden-Württemberg und Bayern. KLIWA-Berichte. Heft 7. Karlsruhe, München, Offenbach.
- Arbeitskreis KLIWA (2006): Langzeitverhalten der Starkniederschläge in Baden-Württemberg und Bayern. KLIWA-Berichte. Heft 8. Karlsruhe, München, Offenbach.
- Arbeitskreis KLIWA (2009): Modellunterstützte Untersuchungen zum Einfluss des Klimas auf den Bodensee. KLIWA-Berichte. Heft 13. Karlsruhe.
- Arbeitskreis KLIWA (2012): Auswirkungen des Klimawandels auf Bodenwasserhaushalt und Grundwasserneubildung in Baden-Württemberg, Bayern, und Rheinland-Pfalz. KLIWA-Berichte. Heft 17. Karlsruhe, Hof, Mainz, Offenbach.
- Arbeitskreis KLIWA (2012): Klimawandel im Süden Deutschlands. Ausmaß – Auswirkungen – Anpassung. Folgen für die Wasserwirtschaft. Karlsruhe, Augsburg, Mainz, Offenbach.
- Arbeitskreis KLIWA (2012): Klimawandel im Süden Deutschlands. Ausmaß – Folgen – Strategien. Auswirkungen auf die Wasserwirtschaft. Karlsruhe, Augsburg, Mainz, Offenbach.
- Baker, H. (1965): Characteristics and modes of origin of weeds. In: Baker HG, Stebbins GL. eds. *The genetics of colonizing species*. New York Academic Press. Seiten 147–172.
- Baker, H. (1974): The evolution of weeds. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5. Seiten 1–24.
- Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft (2014): Heimische Gehölze. Neustadt a. d. Aisch
- Bethan, B./ Wilcove, D./ Oppenheimer, M. (2010): Climate change increases risk of plant invasion in the Eastern United States. In: *Biological Invasions* 12. Seite 1855–1872.
- Böll, S./ Schönfeld, P/ Körber, K./ Herrmann, V. (2014) Stadtbäume unter Stress. Projekt „Stadtgrün 2021“ untersucht Stadtbäume im Zeichen des Klimawandels. LWF aktuell 98/2014. Seiten 4-8.
- Breunig, T. / Edler, C./ Vogel, P. (2012): Stadtflora und Klimawandel. Auswirkungen des Klimawandels auf die Pflanzenwelt Baden-Württembergs am Beispiel der Stadtflora. Karlsruhe.
- Breunig, T./ Schach, J./ Brinkmeier, P. (2002): Gebietsheimische Gehölze in Baden-Württemberg. Das richtige Grüne am richtigen Ort. Karlsruhe.
- Bruse, M. (2003): Stadtgrün und Stadtklima. Wie sich Grünflächen auf das Mikroklima in Städten auswirken. In: Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten (Hrsg.): *LÖBF-Mitteilungen* 1/03. Seite 66-70. Recklinghausen.

Bund Deutscher Baumschulen (BdB) (2008): Grün ist Leben. Forschungsstudien: Klimawandel und Gehölze. Pinneberg.

Bund Deutscher Landschaftsarchitekten (BDL) (2011): Staudenmischungen. Innovative Konzepte für pflegereduzierte Pflanzungen im öffentlichen Grün. Weinheim, Bergstraße.

Bund für Umwelt- und Naturschutz Deutschland (BUND). Landesverband Bremen (o.J.): Schmetterlings-Tankstellen. Ein Ratgeber für nachhaltigen Falterschutz im Siedlungsbereich. Bremen.

Bund Schweizer Baumpflege (BSB) (o.J.): Bäume pflanzen – aber richtig. Reinach.

Bundesamt für Naturschutz (BfN) (2012): Daten zur Natur 2012. Münster.

Bundesamt für Naturschutz (BfN) (2013): Stadtbrachen als Chance. Perspektiven für mehr Grün in den Städten. Bonn.

Bundeshauptstadt Berlin. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (2011): Stadtentwicklungsplan Klima. Urbane Lebensqualität im Klimawandel sichern. Berlin.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2012): Leitfaden zur Verwendung gebietseigener Gehölze. Berlin.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Bonn.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (2013): Heute Zukunft gestalten. Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel. Berlin.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (2013): Methodenhandbuch zur regionalen Klimafolgenbewertung in der räumlichen Planung. Systematisierung der Grundlagen regionalplanerischer Klimafolgenbewertung. Berlin, Bonn.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (2013): Urbane Strategien zum Klimawandel. Dokumentation der Auftaktkonferenz 2010 zum ExWoSt-Forschungsfeld. Berlin.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)/ Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2009): Ursachen und Folgen des Klimawandels durch urbane Konzepte begegnen. Skizzierung einer klimawandelgerechten Stadtentwicklung. BBSR-Online-Publikation 22/2009. Berlin.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)/ Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2009): Klimawandelgerechte Stadtentwicklung. Wirkfolgen des Klimawandels. BBSR-Online-Publikation, Nr. 23/2009. Berlin.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)/ Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2009): Klimawandelgerechte Stadtentwicklung. Rolle der bestehenden städtebaulichen Leitbilder und Instrumente. BBSR-Online-Publikation, Nr. 24/2009. Berlin.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)/ Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2009): Klimawandelgerechte Stadtentwicklung. Planungspraxis. BBSR-Online-Publikation, Nr. 25/2009. Berlin.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)/ Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2009): Klimawandelgerechte Stadtentwicklung. "Climate-Proof Planning". BBSR-Online-Publikation, Nr. 26/2009. Berlin.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)/ Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2009): Klimawandelgerechte Stadtentwicklung Ursachen und Folgen des Klimawandels durch urbane Konzepte begegnen. Forschungen Heft 149. Berlin.

- Burns, J./ Ashman, T./ Steets, J./ Harmon-Threatt, A./ Knight, T. (2011): A phylogenetically controlled analysis of the roles of reproductive traits in plant invasions. *Oecologia* 166. Seiten 1009–1017.
- Cayuela, L./ Oksanen, J. (2012): Taxonstand: An R package for species names standardisation in vegetation databases. In: *Methods in Ecology and Evolution* Vol 3, 6. Seiten 1078–1083.
- Climate Service Center 2.0 (2014): *Gesundheit und Klimawandel. Handeln, um Risiken zu minimieren.* Hamburg
- Convention on Biological Diversity (CBD) (2000): Global strategy on invasive alien species. Convention on Biological Diversity, UNEP/CBD/SBSTTA/6/INF/9. Seiten 1-52.
- Convention on Biological Diversity (CBD) (2000): Global strategy on invasive alien species. Convention on Biological Diversity.
- Convention on Biological Diversity (CBD) (2002): Alien species that threaten ecosystems, habitats or species. COP VI/23.
- D'Antonio, C./ Dudley, T./ Mack, M. (2000): Disturbance and biological invasions: Direct effects and feedbacks. In: Walker LR, ed. *Ecosystems of disturbed ground*, Vol. 16. New York, NY, USA: Elsevier Science. Seiten 429–468.
- D'Antonio, C./ Hobbie, S. (2005): Plant species effects on ecosystem processes. In: Sax DF, Stachowicz JJ, Gaines SD, eds. *Species invasions: insights from ecology, evolution and biogeography.* Sunderland, MA, USA: Sinauer Associates. Seiten 65–84.
- Darwin, C. (1859): *The origin of species.* John Murray, London.
- Dawson, W./ Fischer, M./ van Kleunen, M. (2012): Common and rare plant species respond differently to fertilisation and competition, whether they are alien or native. *Ecology letters*, 15(8). Seiten 873-880.
- Dawson, W./ Rohr, R./ van Kleunen, M./ Fischer, M. (2012): Alien plant species with a wider global distribution are better able to capitalize on increased resource availability. *New Phytologist*, 194(3). Seiten 859-867.
- Dehnen-Schmutz, K./ Touza, J./ Perrings, C. / Williamson, M. (2007): A century of the ornamental plant trade and its impact on invasion success. *Divers. Distrib.* 13. Seiten 527–34.
- Deutsche Umwelthilfe (DUH) (2012): *Natur in Städten und Gemeinden schützen, fördern und erleben. Gute Beispiele aus dem Wettbewerb „Bundeshauptstadt der Biodiversität 2011.* Radolfzell.
- Deutscher Städtetag (2012): *Positionspapier. Anpassung an den Klimawandel. Empfehlungen und Maßnahmen der Städte.* Berlin.
- [Ellenberg, H./ Leuschner, C. \(2010\): \*Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Zusatzmaterialien zum UTB-Band. Zeigerwerte der Pflanzen Mitteleuropas.\* Stuttgart.](#)
- Endlicher, W./ Kress, A. (2008): „Wir müssen unsere Städte neu erfinden.“ Anpassungsstrategien für Stadtregionen. In: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.): *Informationen zur Raumentwicklung.* Heft 6/7.2008. Seiten 437-445. Berlin
- Essl, F. et al. (2015): Crossing Frontiers in Tackling Pathways of Biological Invasions. *BioScience*. 65, 8. Seiten 769-782.
- Essl, F./ Dullinger, S./ Rabitsch, W./ Hulme, P./ Hülber, K./ Jarošík, V./ Pyšek, P. et al. (2011): Socioeconomic legacy yields an invasion debt. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(1). Seiten 203-207.

- Fuchs, F. (2012): Klimawandel und die Eignung von Stadtbäumen im Pannonischen Raum. Mödling, Baden, Wiener Neustadt. Masterarbeit. Wien.
- Gartenamtsleiterkonferenz (GALK)/ Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) (2003): Rosskastanien-Miniermotte. Für die Praxis. Krankheiten und Schädlingen an Gehölzen. Bonn.
- Gignon, A. (2007): Ersatz-Pflanzenarten für die unerwünschten gebietsfremden Arten (invasive Neophyten) der Schwarzen und der Beobachtungsliste der Schweiz. Der Gartenbau 24/2007. Seiten 2-5.
- Gillner, S. (2012): Stadtbäume im Klimawandel – Dendrochronologische und physiologische Untersuchungen zur Identifikation der Trockenstressempfindlichkeit häufig verwendeter Stadtbaumarten in Dresden. Dissertation. Dresden.
- Gürke, J. (2014): Blumenwiesen anlegen und pflegen. Basel.
- Haeupler, H./ Thomas Muer, T. (2007): Bildatlas der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands.
- Hamilton, M./ Murray, B./ Cadotte M./ Hose G./ Baker, A./ Harris, C./ Licari, D. (2005): Life-history correlates of plant invasiveness at regional and continental scales. Ecology Letter . Seite 1066–1074.
- Hansjürgens, B./ Neßhöver, C./ Schniewind, I. (2012): Der Nutzen von Ökonomie und Ökosystemleistungen für die Naturschutzpraxis. Leipzig.
- Hemberger, C./ Utz, J. (2013): Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels Fachgutachten für das Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung. Langfassung. Stuttgart.
- Herron, P./ Martine, C./ Latimer, A./ Leicht-Young, S. (2007): Invasive plants and their ecological strategies: prediction and explanation of woody plant invasion in New England. Diversity and Distributions, 13(5). Seiten 633-644.
- Heywood, V./ Sharrock, S. (2013): European Code of Conduct for Botanic Gardens on Invasive Alien Species. Council of Europe, Strasbourg, Botanic Gardens Conservation International, Richmond.
- Hijmans, R./ Cameron, S./ Parra, J./ Jones, P./ Jarvis, A. (2005): Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. Int. J. Climatol. 25. Seiten 1965–1978.
- Hohegger, K./ Schürz, H. (2003): Die Naturgartenwiese. Der NÖ Naturgarten-Ratgeber Natur im Garten – Gesund halten, was uns gesund hält. St. Pölten.
- Hulme, P. (2012): Weed risk assessment: a way forward or a waste of time? Journal of applied ecology 49. Seiten 10-19.
- Internationale Bodensee Tourismus GmbH (o.J.): Positionierung der Tourismusregion Internationaler Bodensee zur Optimierung des Destinationsmanagements. Konstanz.
- Jeschke, J./ Strayer, D. (2005): Invasion success of vertebrates in Europe and North America. Proceedings of the National Academy of Sciences (USA) 102. Seiten 7198–7202.
- Jumpertz, E. (2012): Die Bedeutung naturnaher Freiräume in urbanen Räumen. In: Deutsche Umwelthilfe (Hrsg.): Umweltgerechtigkeit und biologische Vielfalt. Stadtnatur und ihre soziale Dimension in Umweltbildung und Stadtentwicklung. Seite 10/11. Radolfzell.
- Kanton Zürich/ Internationale Bodenseekonferenz (2007): Auswirkungen des Klimawandels und mögliche Anpassungsstrategien. Erste Standortbestimmung. Zürich.

- Kleinbauer, I./ Dullinger, S./ Klingenstein, F./ May, R./ Nehring, S./ Essl, F. (2010): Ausbreitungspotenzial ausgewählter neophytischer Gefäßpflanzen unter Klimawandel in Deutschland und Österreich. *BfN-Skripten* 275.
- Knapp, S./ Kühn, I. (2012): Origin matters: widely distributed native and non-native species benefit from different functional traits. *Ecology Letters* 15. Seiten 696–703.
- Kolar, C./ Lodge, D. (2001): Progress in invasion biology: predicting invaders. *Trends in Ecology and Evolution* 16. Seite 199–204.
- Kommunen für biologische Vielfalt (2013): Städte und Gemeinden im Wandel. Welchen Platz hat die biologische Vielfalt? Radolfzell.
- Kowarik, I. (1992): Das Besondere der städtischen Flora und Vegetation. In: Deutscher Rat für Landschaftspflege (Hrsg.): *Natur in der Stadt. Der Beitrag der Landespflege zur Stadtentwicklung*. Seiten 33-47. Meckenheim.
- Kowarik, I. (2003): Biologische Invasionen: Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa. Stuttgart.
- Kowarik, I. (2003): Human agency in biological invasions: secondary releases foster naturalisation and population expansion of alien plant species. *Biological Invasions* 5. Seiten 293–312.
- Kowarik, I. (2012): Stadtnatur in der Dynamik der Großstadt Berlin. In: Stiftung Natur und Umwelt Rheinland-Pfalz (Hrsg.): *Denkanstöße. Stadtlandschaft – die Kulturlandschaft von Morgen?* Heft 9. Januar 2012. Mainz. Seiten 18-24.
- Kowarik, I./ Heink, U./ Starfinger, U. (2003): Bewertung gebietsfremder Pflanzenarten. Kernpunkte eines Verfahrens zur Risikobewertung bei sekundären Ausbringungen. *BMVEL „Angewandte Wissenschaft“* Heft 498. Seiten 131-144.
- Küffer, C./ Pysek, P./ Richardson, D. (2014) Integrative invasion science: model systems, multi-site studies, focused meta-analysis and invasion syndromes. *New Phytologist*, 200. Seiten 615–633.
- Kumschick, S./ Richardson, D. (2013): Species-based risk assessments for biological invasions: advances and challenges. *Diversity and Distributions* 19. Seiten 1095–1105.
- Kunzmann, R./ Schröder, D. (2010): Entwicklung und praktische Umsetzung naturschutzfachlicher Mindestanforderungen an einen Herkunftsnachweis für gebietseigenen Wildpflanzensaatgut krautiger Pflanzen. Unveröffentlichter Abschlussbericht DBH gefördertes Projekt, LU Hannover, Institut für Umweltplanung.
- Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (LUBW) (2011): Länderübergreifende Wasserstandsvorhersage für den Bodensee. Karlsruhe.
- Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (LUBW) (2012): Klimawandel in Baden-Württemberg. Fakten-Folgen-Perspektiven. 2. Auflage. Stuttgart.
- Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (LUBW) (2013): Zukünftige Klimaentwicklung in Baden-Württemberg. Perspektiven aus regionalen Klimamodellen. Langfassung. Karlsruhe.
- Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (LUBW) (2013): Signale aus der Natur. Von der Biologischen zur Medienübergreifenden Umweltbeobachtung in Baden-Württemberg. Karlsruhe.
- Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (LUBW) (2013): Zukünftige Klimaentwicklung in Baden-Württemberg. Perspektiven aus regionalen Klimamodellen. Langfassung.

- Landeshauptstadt Hannover (2012): Anpassungsstrategie zum Klimawandel. Informationen zu den Folgen des Klimawandels für die Stadt Hannover und die daraus resultierenden notwendigen Anpassungsmaßnahmen. Hannover.
- Landeshauptstadt Saarbrücken (2012): Städtische Freiraumplanung als Handlungsfeld für Adaptionsmaßnahmen. Saarbrücken.
- Landratsamt Ludwigsburg (o.J.): Einheimische Gehölze und ihre Eignung für verschiedene Standorte. Eine Übersicht für Bepflanzungsmaßnahmen. Ludwigsburg.
- Mathey, J./ Rößler, S./ Lehmann, I./ Bräuer, A./ Goldberg, V. (2011): Anpassung an den Klimawandel durch Stadtgrün – klimatische Ausgleichspotentiale städtischer Vegetationsstrukturen und planerische Aspekte. In: Reinhard Böcker (Hrsg.): Die Natur der Stadt im Wandel des Klimas – eine Herausforderung für Ökologie und Planung. Seite 79-88. Darmstadt.
- Mathey, J./ Rößler, S./ Lehmann, I./ Bräuer, A./ Goldberg, V./ Kurbjuhn, C./ Westbeld, A. (2011): Noch wärmer, noch trockener? Stadtnatur und Freiraumstrukturen im Klimawandel. Abschlussbericht zur Voruntersuchung für das Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Noch wärmer, noch trockener? Stadtnatur und Freiraumstrukturen im Klimawandel“. Bonn 2011.
- Mathys, C./ Halford, M./ Heemers, L./ Mahy, G. (2012): LIFE and AlterIAS project (Alternatives for invasive plants: 2010 – 2013). Des alternatives aux invasives. Plantons autrement.
- Ministerium für Umwelt- und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2011): Handbuch Stadtklima. Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel. Düsseldorf.
- Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg (2012): Städtebauliche Klimafibel. Hinweise für die Bauleitplanung. Stuttgart.
- Mühr, B./ Endler, C. (2012): Klimatologische Messdaten von Baden-Württemberg. Bestandsaufnahme von klimatologischen Messdaten Baden-Württembergs und Erstellung einer Metadatenbank. Karlsruhe.
- NABU-Bundesverband (2010): StadtKlimaWandel. Rezepte für mehr Lebensqualität und ein besseres Klima in der Stadt. Berlin.
- Naturkapital Deutschland – TEEB DE (2012): Der Wert der Natur für Wirtschaft und Gesellschaft – Eine Einführung. Leipzig.
- Nehring, S./ Essl, F./ Rabitsch, W. (2013): Methodik der naturschutzfachlichen Invasivitätsbewertung für gebietsfremde Arten. BfN-Skripten 340.
- Nehring, S./ Kowarik, I./ Rabitsch, W./ Essl, F. (2013): Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertungen für in Deutschland wild lebende gebietsfremde Gefäßpflanzen. BfN-Skripten 352. Bad Godesberg.
- Ostendorp, W. (2007): Auswirkungen des globalen Klimawandels auf den Bodensee. In: Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees und seiner Umgebung, 125. Heft 2007, S. 199-244.
- Pandit, M. (2006): Continuing the search for pattern among rare plants: are diploid species more likely to be rare? *Evolutionary Ecology Research* 8. Seiten 543–52.
- Perrings, C./ Dehnen-Schmutz, K./ Touza, J./ Williamson, M. (2005): How to manage biological invasions under globalization. *Trends in Ecology & Evolution* 20. Seiten 212–215.
- Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK) (2005): KLARA. Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung. Potsdam.

- Powell, K./ Krakos, K./ Knight, T. (2011): Comparing the reproductive success and pollination biology of an invasive plants to its rare and common native congeners: A case study in the genus *Cirsium* (Asteraceae). *Biological Invasions* 13. Seite 905–917.
- Pyšek, P./ Jarošík, V./ Pergl, J. (2009): The global invasion success of Central European plants is related to distribution characteristics in their native range and species traits. *Diversity and Distributions*, 15. Seiten 891–903.
- Pyšek, P./ Richardson, D. (2006): The biogeography of naturalization in alien plants. *Journal of Biogeography* 33. Seiten 2040-2050.
- Pyšek, P./ Richardson, D./ Rejmánek, M./ Webster, G./ Williamson, M./ Kirschner, J. (2004): Alien plants in checklists and floras. Towards better communication between taxonomists and ecologists. *Taxon* 53 (1). Seiten 131-143.
- Pyšek, P./ Jarošík, V. (2005): Residence time determines the distribution of alien plants. In: Inderjit (ed) *Invasive plants: ecological and agricultural aspects*. Birkhäuser, Base. Seiten 77–96.
- Quinn, L./ Alleen, D., Stewart, D. (2010): Bioenergy Invasiveness potential of *Miscanthus sinensis*: Implications for bioenergy production in the United States. *GCB Bioenergy* 2. Seiten 310–320.
- Rabitsch, W./ Gollasch, S./ Isermann, M./ Starfinger, U./ Nehring, S. (2013): Erstellung einer Warnliste in Deutschland noch nicht vorkommender invasiver Tiere und Pflanzen. BfN-Skripten 331.
- Regionalverband Bodensee-Oberschwaben (2010): Klimafibel. Ergebnisse der Klimaanalyse für die Region Bodensee-Oberschwaben und ihre Anwendung in der regionalen und kommunalen Planung. Info-Heft Nr. 11. Ravensburg.
- Regionalverband FrankfurtRheinMain (2011): Kommune im Klimawandel – Wege zur Anpassung. Frankfurt am Main.
- Regionalverband Hochrhein-Bodensee (2008): Landschaftsrahmenplanung Hochrhein-Bodensee. Waldshut-Tiengen.
- Regionalverband Hochrhein-Bodensee (2008): Landschaftsrahmenplanung Hochrhein-Bodensee. Klima und Luft. Waldshut-Tiengen.
- Rejmánek, M. (1998): Invasive plant species and invadible ecosystems. In: Sandlund, O./ Schei, P./ Vilken, A. (Hrsg.): *Invasive species and biodiversity management*. Kluwer, Dordrecht. Seiten 79-102.
- Rejmánek, M./ Randall, J. (2004): The total number of naturalized species can be a reliable predictor of the number of alien pest species. *Divers. Distrib.* 10. Seiten 367–369.
- Rejmánek, M./ Richardson, D. (2013): Trees and shrubs as invasive alien species – 2013 update of the global database. *Diversity and Distributions*, 19. Seiten 1093–1094.
- Richardson, D./ Pyšek, P./ Rejmánek, M./ Barbour, M./ Panetta, F./ West, C. (2000): Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and distributions*, 6(2). Seiten 93-107.
- Rieger, E. (2013): Fehler bei Anlage und Pflege von Blumenwiesen und –säumen vermeiden. In: *Neue Landschaft* 11/2013 Berlin. Hannover. Seiten 25-30.
- Rittel, K./ Bredow, L./ Wanka, E./ Hokema, D. / Schuppe, G./ Wilke, T./ Nowak, D./ Heiland, S. (2014): Grün, natürlich, gesund: Die Potentiale multifunktionaler städtischer Räume. BfN-Skripten 371. Bonn-Bad Godesberg.
- Rittel, K./ Wilke, C./ Heiland, S. (2011): Anpassung an den Klimawandel in städtischen Siedlungsräumen – Wirksamkeit und Potentiale kleinräumiger Maßnahmen in verschiedenen Stadtstrukturtypen. Dargestellt am Beispiel des Stadtentwicklungsplans in Berlin. In: Reinhard Böcker

(Hrsg.): Die Natur der Stadt im Wandel des Klimas – eine Herausforderung für Ökologie und Planung. Seite 67-77. Darmstadt.

Robert Koch Institut (2010): Klimawandel und Gesundheit. Ein Sachstandsbericht. Berlin.

Roloff A, Grundmann B (2008): Klimawandel und Baumarten-Verwendung für Waldökosysteme. KLAM-Liste.

Roloff A./ Rust S. (2007): Reaktionen von Bäumen auf die Klimaänderung und Konsequenzen für die Verwendung. In: Urbane Gehölzverwendung im Klimawandel und aktuelle Fragen der Baumpflege. Tagungsband zu den Dresdner StadtBaumtage. Tharandt. S. 16-28.

Roloff, A. (2013): Stadt- und Straßenbäume der Zukunft – welche Arten sind geeignet? In: Roloff, A. (Hrsg.): Aktuelle Fragen der Stadtbaumplanung, -pflege und -verwendung. Tagungsband Dresdner StadtBaumtage 14./15.03.2013. Göttingen. Seiten 173-187.

Roloff, A./ Grundmann, B. (2008): Klimawandel und Baumarten-Verwendung für Waldökosysteme. KLAM-Liste.

Schlumprecht, H. (2013): Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels. Fachgutachten für das Handlungsfeld Naturschutz und Biodiversität. Langfassung. Stuttgart.

Schweizerische Eidgenossenschaft. Bundesamt für Gesundheit BAG und Bundesamt für Umwelt (2007): Schutz bei Hitzewelle. Vorsorge treffen – Todesfälle verhindern. Bern.

Schweizerische Eidgenossenschaft. Bundesamt für Gesundheit BAG und Bundesamt für Umwelt BAFU (2007): Schutz bei Hitzewelle. Vorsorge treffen – Todesfälle verhindern. Bern.

Stadt Bad Liebenwerda (2013): Die Klimaanpassungsstrategie. Bad Liebenwerda – Eine Stadt zum Wohlfühlen im Klimawandel. Bad Liebenwerda.

Stadt Frankfurt am Main (2014): Frankfurter Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Frankfurt am Main.

Stadt Jena (2010): Handbuch Klimawandelgerechte Stadtentwicklung für Jena. ExWoSt-Modellprojekt – Jenaer Klimaanpassungsstrategie JenKAS. Jena.

Stadt Karlsruhe (2011): Bestandsaufnahme und Strategie für die Stadt Karlsruhe. Anpassung an den Klimawandel. Karlsruhe.

Stadt Nürnberg. Umweltamt (2012): Handbuch Klimaanpassung. Bausteine für die Nürnberger Anpassungsstrategie. Nürnberg.

Stadt Stuttgart (2012): Klimaanpassungskonzept Stuttgart. KLIMAKS. Stuttgart.

Stadt Syke (2012): Verantwortlich Handeln im Klimawandel. Syker Klimaanpassungsstrategie. Syke.

Stadt Wien (o.J.): Wiener Hitzeratgeber. Seite 5.

Starfinger, U./ Kowarik, I./ Rode, M./ Schepker, H. (2003): From desirable ornamental plant to pest to accepted addition to the flora? – The perception of an alien tree species through the centuries. Biological Invasions 5. Seite 323–335.

Steinmetz, H./ Wieprecht, S./ Bárdossy, A. (2013): Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels Fachgutachten für das Handlungsfeld Wasserhaushalt. Kurzfassung. Stuttgart.

Team, R. (2013): R Development Core Team. RA Lang Environ Stat Comput.

- Thompson, D./ Stuckey, R./ Thompson, E. (1987): Spread, impact, and control of purple loosestrife (*Lythrum salicaria*) in North American wetlands. Fish and Wildlife Research 2. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service. Washington, DC.
- Umweltamt Radolfzell (2008): Einheimisch Bäume und Sträucher in unseren Gärten. Stadt Radolfzell, Fachbereich Bauen, Umweltamt.
- Umweltbundesamt (2013): Themenblatt: Anpassung an Klimaänderung in Deutschland. Anpassung an den Klimawandel. Natur in der Stadt. Städtische Grünflächen und –Räume. Dessau.
- van Kleunen M, Dawson W, Essl F, Pergl J, Winter M, et al. (2015): Global exchange and accumulation of non-native plants. *Nature* 525,100–103.
- van Kleunen, M./ Dawson, M./ Schaeffer, D./ Jeschke, J./ Fischer, M. (2010): Are invaders different? A conceptual framework of comparative approaches for assessing determinants of invasiveness. *Ecology Letters*, 13. Seiten 947-958.
- van Kleunen, M./ Dawson, W./ Maurel, N. (2015): Characteristics of successful alien plants. *Molecular Ecology* 24. Seiten 1954-1968.
- van Kleunen, M./ Richardson, D. (2007): Invasion biology and conservation biology – time to join forces to explore the links between species traits and extinction risk and invasiveness. *Progr. Phys. Geogr.*, 31. Seite 447–450.
- van Kleunen, M./ Weber, E./ Fischer, M. (2010): A meta analysis of trait differences between invasive and non-invasive plant species. *Ecology Letters*, 13. Seiten 235–245.
- Vilà, M./ Basnou, C./ Pyšek, P./ Josefsson, M./ Genovesi, P./ Gollasch, S. (2010): How well do we understand the impacts of alien species on ecosystem services? A pan-European, cross-taxa assessment. *Front. Ecol. Environ.* 8. Seiten 135– 144.
- Wagner, A./ Gerlinger, K./ Chomoev, E./ Aigner, D. (2013): Statistische Analyse eines zeitlich und räumlich hochaufgelösten Ensembles regionaler Klimaprojektionen für Baden-Württemberg. Karlsruhe.
- Weber, E. (2003): *Invasive Plant Species of the World: A Reference Guide to Environmental Weeds*. CABI Publishing, Wallingford, UK. (updated version, edition 2, not yet published)
- Weber, E./ Gut, D. (2004): Assessing the risk of potentially invasive plant species in central Europe. *Journal for Nature Conservation*, 12. Seiten 171–179.
- Weischet, W. (2002): Einführung in die Allgemeine Klimatologie. Physikalische und meteorologische Grundlagen. Studienbücher der Geographie. Berlin Stuttgart.
- Werner, P. (2010): Grün in der Stadt im Zeichen des Klimawandels. Klimagerechte Gestaltung für Mensch und Natur. In: *umweltfairbund 4-2010*. Seiten 3-7.
- Werner, P./ Zahner, R. (2009): *Biologische Vielfalt und Städte. Eine Übersicht und Bibliographie*. Bonn/Bad Godesberg.
- Whitney, K./ Gabler, C. (2008): Rapid evolution in introduced species, ‘invasive traits’ and recipient communities: challenges for predicting invasive potential. *Diversity and Distributions* 14. Seiten 569–580.
- Wilczek, L. (2014): Die Bedeutung von Grünanlagen für naturnahe Angebote im Städtetourismus unter genauer Betrachtung des Fallbeispiels Düsseldorf.
- Wilde, M. (2011): Bäume und ihre Wohlfahrtswirkungen im städtischen Siedlungsraum oder warum wir sorgsamer mit unseren Bäumen umgehen sollten. Lengerich.

Williamson, M./ Fitter, A. (1996): The varying success of invaders. *Ecology* 77. Seite 1661–1666.

Wilson, J./ Richardson, D./ Rouget, M./ Proches, S./ Amis, M./ Henderson, L./ Thuiller, W. (2007): Residence time and potential range: crucial considerations in modelling plant invasions. *Diversity and Distributions*. V13(1). Seiten 11-22.

Witt, R./ Dittrich, B. (1996): Blumenwiesen. Anlage, Pflege, Praxisbeispiele. Mit Wiesenpflanzen-Lexikon. München.

Zentralverband Gartenbau (2008): Umgang mit invasiven Arten. Empfehlungen für Gärtner, Planer und Verwender. Berlin.

Zentralverband Gartenbau (2008): Umgang mit invasiven Arten. Empfehlungen für Gärtner, Planer und Verwender. Zentralverband Gartenbau e.V., Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und Bundesamt für Naturschutz. Berlin.

## 12. Links

Bund deutscher Staudengärtner (BdS):

[www.bund-deutscher-staudengaertner.de](http://www.bund-deutscher-staudengaertner.de)

Bund Region Hannover:

<http://region-hannover.bund.net/startseite>

Bundesamt für Naturschutz:

[www.bfn.de](http://www.bfn.de)

Convention on Biological Diversity

[www.cbd.int](http://www.cbd.int)

Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz e.V.:

[www.galk.de](http://www.galk.de)

Deutscher Wetterdienst:

[www.dwd.de](http://www.dwd.de)

European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO):

[www.eppo.int](http://www.eppo.int)

FloraWeb:

<http://www.floraweb.de>

Gesundheitliche Auswirkungen von Hitze:

[www.hitze.nrw.de](http://www.hitze.nrw.de)

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover:

[www.uni-hannover.de](http://www.uni-hannover.de)

Great Britain Non-native Species Secretariat (NNSS):

[www.nonnativespecies.org](http://www.nonnativespecies.org)

Info Flora GENÈVE:

[www.infoflora.de](http://www.infoflora.de)

Klamis. Klimaanpassung Mittel-/Südthess:

[www.moro-klamis.de](http://www.moro-klamis.de)

Klimadiagramme weltweit:

[www.klimadiagramme.de](http://www.klimadiagramme.de)

KlimafolgenOnline:

[www.klimafolgenonline.com](http://www.klimafolgenonline.com)

Kommunen für biologische Vielfalt e.V.:

[www.kommbio.de](http://www.kommbio.de)

Korina. Koordinationsstelle Invasive Neophyten in Schutzgebieten:

[www.korina.info](http://www.korina.info)

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg:

[www.lubw.baden-wuerttemberg.de](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de)

Landkreis Konstanz

[www.lrakn.de](http://www.lrakn.de)

Landkreis Ludwigsburg:

[www.landkreis-ludwigsburg.de](http://www.landkreis-ludwigsburg.de)

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg:

[www.uni-halle.de](http://www.uni-halle.de)

Naturgarten e.V.

[www.naturgarten.org/](http://www.naturgarten.org/)

Neobiota.de: Gebietsfremde und invasive Arten in Deutschland:

<https://neobiota.bfn.de>

Regional- und Strukturdatenbank:

[www.statistik.baden-wuerttemberg.de/SRDB](http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/SRDB)

Stadt Frankfurt am Main:

[www.stadt.frankfurt.de](http://www.stadt.frankfurt.de)

Stadt Radolfzell am Bodensee:

[www.radolfzell.de](http://www.radolfzell.de)

Stiftung Die Grüne Stadt:

[www.die-grüne-stadt.de](http://www.die-grüne-stadt.de)

Südkurier:

[www.suedkurier.de](http://www.suedkurier.de)

Tela Botanica Le réseau des botanistes francophones:

[www.tela-botanica.org](http://www.tela-botanica.org)

The Plant List. A working list of all plant species:

[www.theplantlist.org](http://www.theplantlist.org)

Umweltbundesamt (UBA):

[www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

WorldClim - Global Climate Data:

[www.worldclim.org](http://www.worldclim.org)

# 13. Abbildungsverzeichnis

|         |   |
|---------|---|
| Abb. 1  | Mitteltemperatur Landkreis Konstanz [°C]                            |
| Abb. 2  | Sommertage Landkreis Konstanz                                       |
| Abb. 3  | Heiße Tage Landkreis Konstanz                                       |
| Abb. 4  | Maximale Andauer Sommertage Landkreis Konstanz                      |
| Abb. 5  | Maximale Andauer heiße Tage Landkreis Konstanz                      |
| Abb. 6  | Frosttage Landkreis Konstanz  |
| Abb. 7  | Jährliche Niederschlagsmenge Landkreis Konstanz [l/m <sup>2</sup> ] |
| Abb. 8  | Niederschlagsmenge Sommer Landkreis Konstanz [l/m <sup>2</sup> ]    |
| Abb. 9  | Tage ohne Niederschlag Landkreis Konstanz                           |
| Abb. 10 | Wasserbilanz Sommer Landkreis Konstanz [l/m <sup>2</sup> ]          |
| Abb. 11 | Mitteltemperatur Landkreis Konstanz [°C]                            |
| Abb. 12 | Mitteltemperatur Baden-Württemberg [°C]                             |
| Abb. 13 | Heiße Tage Landkreis Konstanz                                       |
| Abb. 14 | Heiße Tage Baden-Württemberg  |
| Abb. 15 | Andauer heiße Tage Landkreis Konstanz                               |
| Abb. 16 | Andauer heiße Tage Baden-Württemberg                                |
| Abb. 17 | Schwületage Landkreis Konstanz                                      |
| Abb. 18 | Schwületage Baden-Württemberg                                       |
| Abb. 19 | Mitteltemperatur Sommer Landkreis Konstanz [°C]                     |
| Abb. 20 | Mitteltemperatur Sommer Baden-Württemberg [°C]                      |
| Abb. 21 | Maximaltemperatur Sommer Landkreis Konstanz [°C]                    |
| Abb. 22 | Maximaltemperatur Sommer Baden-Württemberg [°C]                     |
| Abb. 23 | Minimaltemperatur Sommer Landkreis Konstanz [°C]                    |
| Abb. 24 | Minimaltemperatur Sommer Baden-Württemberg [°C]                     |
| Abb. 25 | Anteil „Über-75-jährige [%]“  |
| Abb. 26 | Anzahl „Über-75-jährige“  |
| Abb. 27 | Anteil „Unter-fünf-jährige“ [%]                                     |
| Abb. 28 | Anzahl „Unter-fünf-jährige“   |
| Abb. 29 | Siedlungsdichte 2013 [Einwohner/km <sup>2</sup> ]                   |
| Abb. 30 | Vergleich Siedlungsdichte 2013 [Einwohner/km <sup>2</sup> ]         |
| Abb. 31 | Anteil der Erholungsfläche 2013 [%]                                 |
| Abb. 32 | Erholungsfläche pro Einwohner 2013 [m <sup>2</sup> ]                |
| Abb. 33 | Mitteltemperatur Winter Landkreis Konstanz [°C]                     |

- Abb. 34 Mitteltemperatur Winter Baden-Württemberg [°C]
- Abb. 35 Anzahl Schneetage (> 10 cm) Landkreis Konstanz
- Abb. 36 Anzahl Schneetage (> 10 cm) Baden-Württemberg
- Abb. 37 Mitteltemperatur Sommer Landkreis Konstanz [°C]
- Abb. 38 Mitteltemperatur Sommer Baden-Württemberg [°C]
- Abb. 39 Heiße Tage Landkreis Konstanz [°C]
- Abb. 40 Heiße Tage Baden-Württemberg [°C]
- Abb. 41 Niederschlag Winter Landkreis Konstanz [l/m<sup>2</sup>]
- Abb. 42 Niederschlag Winter Baden-Württemberg [l/m<sup>2</sup>]
- Abb. 43 Niederschlagsmenge Sommer Landkreis Konstanz [l/m<sup>2</sup>]
- Abb. 44 Niederschlagsmenge Sommer Baden-Württemberg [l/m<sup>2</sup>]
- Abb. 45 Tage ohne Niederschlag Landkreis Konstanz
- Abb. 46 Tage ohne Niederschlag Baden-Württemberg
- Abb. 47 Siedlungsdichte 2013 [Einwohner/m<sup>2</sup>]
- Abb. 48 Vergleich Siedlungsdichte 2013 [Einwohner/m<sup>2</sup>]
- Abb. 49 Mitteltemperatur Frühjahr Landkreis Konstanz [°C]
- Abb. 50 Mitteltemperatur Frühjahr Baden-Württemberg [°C]
- Abb. 51 Mitteltemperatur Herbst Landkreis Konstanz [°C]
- Abb. 52 Mitteltemperatur Herbst Baden-Württemberg [°C]
- Abb. 53 Tage ohne Niederschlag Landkreis Konstanz
- Abb. 54 Tage ohne Niederschlag Baden-Württemberg
- Abb. 55 Badetage Landkreis Konstanz
- Abb. 56 Badetage Baden-Württemberg
- Abb. 57 Wirtschaftszahlen Gastgewerbe 2013 [%]
- Abb. 58 Übernachtungen pro Einwohner 2013
- Abb. 59 Übernachtungen Stadt Konstanz
- Abb. 60 Übernachtungen Stadt Radolfzell
- Abb. 61 Waldbrandindex Stufe 5 Landkreis Konstanz [Tage]
- Abb. 62 Waldbrandindex Stufe 5 Baden-Württemberg [Tage]
- Abb. 63 Holzwuchs Kiefer Landkreis Konstanz [m<sup>2</sup>/ha/Jahr]
- Abb. 64 Weinblüte Landkreis Konstanz [Tage nach Jahresbeginn]
- Abb. 65 Huglin-Index Landkreis Konstanz
- Abb. 66 Mitteltemperatur Landkreis Konstanz [°C]
- Abb. 67 Jährliche Niederschlagsmenge Landkreis Konstanz [l/m<sup>2</sup>]
- Abb. 68 Niederschlagsmenge Sommer Landkreis Konstanz [l/m<sup>2</sup>]

- Abb. 69 Anzahl an gebietsfremden Arten der Vorwarnliste, die sich bei einer jährlichen Niederschlagssumme von 750 mm zu verschiedenen Jahresmitteltemperaturen klimatisch eignen.
- Abb. 70 A) Prozentuale Verteilung der pflanzengeographischen Kontinente (siehe van Kleunen 2015b, Abbildung 2a), aus denen die in Radolfzell vorkommenden gebietsfremden Taxa laut den Datenbanken KEW (Royal Botanical Gardens) und GRIN (Germplasm Resources Information Network) ursprünglich stammen, b) laut GloNAF bereits eingebürgert sind.

## 14. Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1 Kaltluftentstehung/Vegetationsstruktur
- Tabelle 2 Albedowerte
- Tabelle 3 Methodik der naturschutzfachlichen Kategorisierung von Einbürgerungspotentialen gebietsfremder Pflanzentaxa anhand von GloNAF 1.1.
- Tabelle 4 Aktuelle Klimavariablen-Bereiche für die Kommune Radolfzell und die entsprechenden Simulationswerte (RCP8.5 gering bis hoch) für den Landkreis Konstanz von Jahresdurchschnittstemperatur, Summe des Jahresniederschlags, Sommerregen und Maximal / Minimal Temperatur des wärmsten / kältesten Monats
- Tabelle 5 Dargestellt sind die Anzahlen der Vorwarnliste-Arten für verschiedene Temperatursimulationen, geordnet nach dem Verbreitungsgrad anderswo und der lokalen Häufigkeit in der Kommune Radolfzell, aufgeteilt in öffentlich und privat angelegten Flächen.
- Tabelle 6 Dargestellt sind die fünf Klimavariablen mit entsprechenden Klimawandelsimulationen und die Anzahlen der Vorwarnlistearten, die sich für die jeweilige Variable klimatisch eignen. Für jede Klimavariablen wurde, wie bereits bei Tabelle 2 erläutert, ein Intervall um jeden Ist- und Prognose-Wert gelegt.
- Tabelle 7 Aufgeführt sind fünf gängige Saatmischungen. Dargestellt sind Anzahlen und Anteile an einheimischen und gebietsfremden Arten und Arten, die der Vorwarnliste dieser Studie zugeordnet wurden. Zu den einheimischen Arten werden Archäophyten mit dazu gerechnet.
- Tabelle 8 Instrumente und Maßnahmen zur Klimaanpassung von und durch Grünflächen

## 15. Anhänge

- Anhang 1: Vorwarnliste
- Anhang 2: Top 30-Liste
- Anhang 3: „Anderswo invasiv“-Liste
- Anhang 4: Aktionsliste
- Anhang 5: Weiße Liste
- Anhang 6: Liste heimischer, trockenheits- und salzunempfindlicher Arten









|   |   |      |      |      |        |        |        |     |     |     |     |     |    |    |         |         |         |   |
|---|---|------|------|------|--------|--------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|---------|---------|---------|---|
| Rodgersia podophylla                                      | 4 | -1,7 | ng   | ng   | 113,2  | 213,2  | 13,2   | 1   | 1   | ng  | ng  | 1   | na | na | na      | niedrig | H       |   |
| Cotoneaster acuminatus                                    | 4 | -1,2 | ng   | ng   | -70,6  | 29,4   | -170,6 | 1   | 1   | 1   | ng  | 1   | na | na | na      | niedrig | S       |   |
| Juniperus chinensis                                       | 4 | 11,4 | 9,4  | 7,4  | ng     | ng     | 947,5  | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | na | na | na      | niedrig | T       |   |
| Phlomis russeliana  | 4 | -0,3 | ng   | ng   | 195,4  | 295,4  | 95,4   | 1   | 1   | ng  | ng  | 1   | na | na | niedrig | niedrig | H       |   |
| Echinops bannaticus                                       | 4 | -1,2 | ng   | ng   | 227,5  | 327,5  | 127,5  | 1   | 1   | ng  | ng  | 1   | na | na | niedrig | niedrig | H       |   |
| Salix acutifolia *  | 3 | -2,0 | ng   | ng   | ng     | -113,5 | ng     | ng  | 1   | ng  | ng  | 1   | na | na | niedrig | na      | S       |   |
| Tsuga canadensis  | 3 | -2,0 | -4,0 | ng   | -221,0 | -121,0 | -321,0 | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | na | na | niedrig | niedrig | T       |   |
| Metasequoia glyptostroboides                              | 3 | -2,5 | ng   | ng   | ng     | ng     | 57,1   | 1   | 1   | 1   | 0   | 1   | na | na | niedrig | na      | T       |   |
| Salvia viridis  | 3 | -1,5 | ng   | ng   | -221,0 | -121,0 | ng     | 0   | 1   | 1   | 0   | 1   | na | na | niedrig | na      | H       |   |
| Clarkia amoena  | 3 | -1,5 | ng   | ng   | 157,9  | 257,9  | 57,9   | 1   | 1   | 1   | 0   | 1   | na | na | na      | niedrig | H       |   |
| Crataegus pedicellata                                     | 3 | -0,4 | -2,4 | ng   | -70,6  | 29,4   | ng     | ng  | 1   | 1   | 1   | ng  | 1  | na | na      | niedrig | na      | T |
| Nemophila maculata  | 3 | 1,2  | -0,8 | -2,8 | 180,8  | 280,8  | 80,8   | 1   | 1   | 1   | 1   | ng  | na | na | niedrig | na      | H       |   |
| Verbascum bombyciferum                                    | 3 | 2,0  | 0,0  | -2,0 | -0,3   | 99,7   | -100,3 | ng  | 1   | 1   | 1   | 1   | na | na | niedrig | na      | H       |   |
| Cyclamen coum   | 3 | -0,4 | -2,4 | ng   | -0,3   | 99,7   | -100,3 | ng  | 1   | 1   | 1   | ng  | 1  | na | na      | na      | niedrig | H |
| Fallopia aubertii   | 3 | 0,6  | -1,4 | -3,4 | 809,5  | 909,5  | 709,5  | 1   | 1   | 1   | 1   | ng  | 1  | na | na      | na      | niedrig | V |
| Tricyrtis hirta   | 3 | -0,7 | -2,7 | ng   | 207,6  | 307,6  | 107,6  | 1   | 1   | 1   | 1   | ng  | na | na | na      | niedrig | H       |   |
| Silphium integrifolium                                    | 3 | -1,2 | -3,2 | ng   | -120,6 | -20,6  | -220,6 | 1   | 1   | 1   | 1   | ng  | na | na | na      | niedrig | H       |   |
| Viola cornuta   | 3 | -0,9 | ng   | ng   | 297,0  | 397,0  | 197,0  | 1   | 1   | ng  | ng  | 1   | na | na | hoch    | hoch    | H       |   |
| Sedum kamtschaticum                                       | 3 | -1,5 | ng   | ng   | -70,6  | 29,4   | -170,6 | ng  | 1   | 1   | 1   | ng  | 1  | na | na      | niedrig | hoch    | S |
| Ceratostigma plumbaginoides                               | 3 | ng   | -0,7 | ng   | 146,5  | ng     | 46,5   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | na | na | niedrig | hoch    | H       |   |
| Phupsis stylisosa   | 3 | -0,9 | ng   | ng   | 228,9  | 328,9  | 128,9  | 1   | 1   | ng  | ng  | 1   | na | na | niedrig | na      | H       |   |
| Spiraea arguta  | 3 | -1,5 | ng   | ng   | 157,9  | 257,9  | 57,9   | 1   | 1   | ng  | ng  | 1   | na | na | niedrig | na      | S       |   |
| Artemisia ludoviciana albula                              | 3 | 0,5  | -1,5 | -3,5 | ng     | ng     | 79,9   | 1   | ng  | ng  | 1   | 1   | na | na | niedrig | na      | H       |   |
| Lonicera acuminata  | 3 | -0,4 | ng   | ng   | 12,9   | 112,9  | -87,1  | ng  | 1   | ng  | ng  | 1   | na | na | na      | niedrig | V       |   |
| Actinidia deliciosa                                       | 3 | ng   | -0,3 | -2,3 | ng     | ng     | 709,5  | 1   | ng  | ng  | ng  | 1   | na | na | na      | niedrig | V       |   |
| Crocsmia masoniorum                                       | 3 | -1,2 | ng   | ng   | 228,9  | 328,9  | 128,9  | 1   | 1   | ng  | ng  | 1   | na | na | na      | niedrig | H       |   |
| Geranium psilostemon                                      | 3 | -1,5 | ng   | ng   | 157,9  | 257,9  | 57,9   | 1   | 1   | ng  | ng  | 1   | na | na | na      | niedrig | H       |   |
| Lysichiton camtschaticensis                               | 3 | -7,3 | ng   | ng   | -70,6  | 29,4   | -170,6 | 1   | 1   | 1   | ng  | 1   | na | na | na      | niedrig | H       |   |
| Monarda fistulosa   | 3 | -0,4 | ng   | ng   | 280,7  | 380,7  | 180,7  | 1   | 1   | 1   | 1   | ng  | na | na | na      | niedrig | H       |   |
| Isolepis cernua   | 3 | ng   | 6,5  | 4,5  | 1042,7 | 1142,7 | 942,7  | 1   | 1   | ng  | 1   | 1   | na | na | na      | niedrig | H       |   |
| Convolvulus sabatius                                      | 3 | ng   | 2,1  | 0,1  | -141,6 | -41,6  | -241,6 | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | na | na | na      | niedrig | H       |   |
| Astilbe arendsii  | 3 | -0,9 | ng   | ng   | 297,0  | 397,0  | 197,0  | 1   | 1   | ng  | ng  | 1   | na | na | niedrig | niedrig | H       |   |
| Campanula carpatica                                       | 3 | -0,4 | ng   | ng   | -32,3  | ng     | -132,3 | 1   | 1   | 1   | ng  | 1   | na | na | niedrig | niedrig | H       |   |
| Archontophoenix cunninghamiana ***                        | 2 | ng   | 1,0  | -1,0 | 323,1  | 423,1  | 223,1  | 1   | 1   | 1   | ng  | 1   | na | 1  | niedrig | na      | T       |   |
| Salvia argentea   | 2 | 0,8  | -1,2 | -3,2 | -62,2  | 37,8   | -162,2 | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | na | na | na      | hoch    | H       |   |
| Sequoiadendron giganteum                                  | 2 | 1,1  | -0,9 | ng   | -4,1   | 95,9   | -104,1 | 1   | 1   | 1   | 0   | 0   | na | na | na      | niedrig | T       |   |
| Fuchsia hybrida   | 2 | ng   | ng   | 3,6  | 432,5  | 532,5  | 332,5  | 1   | 1   | 1   | 1   | 0   | na | na | niedrig | hoch    | S       |   |
| Althaea armeniaca   | 2 | -0,6 | ng   | ng   | 239,5  | 339,5  | 139,5  | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | na | na | na      | niedrig | S       |   |
| Althaea cannabina   | 2 | ng   | 0,0  | ng   | -25,0  | 75,0   | -125,0 | 1   | 1   | 1   | 1   | 0   | na | na | na      | niedrig | S       |   |
| Opuntia polyacantha                                       | 2 | ng   | ng   | 2,1  | ng     | -261,2 | ng     | 0   | 1   | 1   | 1   | 0   | na | na | na      | niedrig | H       |   |
| Daboecia cantabrica                                       | 2 | ng   | 1,0  | -1,0 | 293,6  | 393,6  | 193,6  | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | na | na | na      | niedrig | H       |   |
| Allium atropurpureum                                      | 2 | -0,3 | ng   | ng   | ng     | -80,7  | ng     | 0   | 1   | 1   | 0   | 0   | na | na | na      | niedrig | H       |   |
| Narcissus triandrus                                       | 2 | 0,8  | -1,2 | ng   | -35,5  | 64,5   | ng     | ng  | 1   | 1   | ng  | 1   | na | na | na      | niedrig | H       |   |
| Hypericum moserianum                                      | 2 | 1,2  | -0,8 | -2,8 | 218,2  | 318,2  | 118,2  | 1   | 1   | 1   | 1   | ng  | na | na | niedrig | niedrig | S       |   |
| Silene uniflora   | 2 | ng   | ng   | 0,1  | 2,7    | ng     | ng     | ng  | ng  | 1   | ng  | 1   | na | na | na      | hoch    | H       |   |
| Silene schafta  | 2 | -0,3 | ng   | ng   | -28,9  | 71,1   | ng     | ng  | 1   | ng  | ng  | 1   | na | na | na      | hoch    | H       |   |
| Narcissus cyclamineus                                     | 2 | -0,6 | ng   | ng   | 113,2  | 213,2  | 13,2   | ng  | 1   | ng  | ng  | 1   | na | na | niedrig | na      | H       |   |
| Symphytichum ericoides                                    | 2 | ng   | 5,4  | 3,4  | 597,0  | ng     | 497,0  | 1   | 1   | 1   | ng  | 1   | na | na | niedrig | na      | H       |   |
| Solidago ptarmicoides                                     | 2 | ng   | 1,4  | -0,6 | 429,8  | ng     | 329,8  | 1   | 1   | 1   | 1   | ng  | na | na | niedrig | na      | H       |   |
| Ilex opaca  | 2 | -1,8 | ng   | ng   | 162,3  | ng     | 62,3   | 1   | ng  | ng  | ng  | ng  | na | na | na      | niedrig | S       |   |
| Geranium cantabrigense                                    | 2 | -0,6 | ng   | ng   | 113,2  | 213,2  | 13,2   | ng  | 1   | ng  | ng  | 1   | na | na | na      | niedrig | H       |   |
| Ligularia przewalskii                                     | 2 | -2,7 | ng   | ng   | ng     | -42,0  | ng     | ng  | 1   | ng  | ng  | 1   | na | na | na      | niedrig | H       |   |
| Geranium himalayense                                      | 2 | -1,4 | ng   | ng   | 153,7  | 253,7  | 53,7   | 1   | 1   | ng  | ng  | 1   | na | na | na      | niedrig | H       |   |
| Holodiscus discolor                                       | 2 | -1,4 | ng   | ng   | 153,7  | 253,7  | 53,7   | 1   | 1   | ng  | ng  | 1   | na | na | na      | niedrig | S       |   |
| Lonicera heckrottii                                       | 2 | ng   | 2,3  | 0,3  | ng     | ng     | 258,5  | 1   | ng  | ng  | 1   | 1   | na | na | na      | niedrig | V       |   |
| Euphorbia characias wulfenii                              | 2 | -0,6 | ng   | ng   | 113,2  | 213,2  | 13,2   | ng  | 1   | ng  | ng  | 1   | na | na | niedrig | niedrig | H       |   |
| Gaultheria procumbens                                     | 2 | -0,6 | ng   | ng   | 113,2  | 213,2  | 13,2   | ng  | 1   | ng  | ng  | 1   | na | na | niedrig | niedrig | H - S   |   |
| Acer rufinerve ***  | 1 | -0,2 | ng   | ng   | 12,9   | ng     | ng     | ng  | 1   | ng  | ng  | 1   | na | 1  | niedrig | niedrig | T       |   |
| Ipheion uniflorum   | 1 | ng   | ng   | 0,2  | ng     | -47,2  | ng     | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | na | na | na      | niedrig | H       |   |
| Clethra alnifolia   | 1 | -0,2 | ng   | ng   | 12,9   | ng     | ng     | ng  | 1   | ng  | ng  | 1   | na | na | niedrig | na      | S       |   |
| Clinopodium nepeta  | 1 | -0,2 | ng   | ng   | 12,9   | ng     | ng     | ng  | 1   | ng  | ng  | 1   | na | na | niedrig | na      | H       |   |
| Catananche caerulea                                       | 1 | -0,4 | ng   | ng   | ng     | 29,4   | ng     | ng  | 1   | ng  | ng  | 1   | na | na | niedrig | na      | H       |   |
| Arenaria montana  | 1 | ng   | 0,0  | ng   | -0,3   | ng     | ng     | ng  | ng  | 1   | ng  | ng  | na | na | na      | niedrig | H       |   |
| Acorus gramineus  | 1 | -0,4 | ng   | ng   | ng     | 29,4   | ng     | ng  | 1   | ng  | ng  | 1   | na | na | na      | niedrig | W       |   |
| Kalmia latifolia  | 1 | -0,4 | ng   | ng   | ng     | 29,4   | ng     | ng  | 1   | ng  | ng  | 1   | na | na | na      | niedrig | S       |   |
| Rheum palmatum  | 1 | ng   | -0,1 | ng   | 12,7   | ng     | ng     | ng  | 1   | ng  | ng  | 1   | na | na | na      | niedrig | H       |   |
| Santolina rosmarinifolia                                  | 1 | ng   | -0,1 | ng   | 12,7   | ng     | ng     | ng  | 1   | ng  | ng  | 1   | na | na | niedrig | niedrig | H - S   |   |
| SUMME der geeigneten Taxa für die entsprechende Variable. |   | 481  | 452  | 399  | 532    | 521    | 530    | 484 | 509 | 474 | 380 | 477 | 58 | 63 | 298     | 412     | 518     |   |

**Anhang 2: Top 30-Liste**

Alle 30 Arten der Warnliste die, häufig in der Kommune angepflanzt werden. D.h. gebietsfremde Arten, die anderswo häufig eingebürgert sind, sich klimatisch für die Bodenseeregion oder dessen Klimawandelprognosen eignen und zudem häufig angepflanzt werden.

**Legende:** na\_nicht vorgefunden

| Lateinischer Name                   | Deutscher Name                 | Vorkommen<br>in x GloNAF<br>Regionen | Häufigkeit Radolfzell |         |
|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|---------|
|                                     |                                |                                      | Städtisch             | Privat  |
| <i>Cymbalaria muralis</i>           | Zimbelkraut                    | 112                                  | hoch                  | hoch    |
| <i>Tagetes erecta</i>               | Aufrechte Studentenblume       | 110                                  | hoch                  | hoch    |
| <i>Cyanus segetum</i>               | Kornblume                      | 109                                  | hoch                  | hoch    |
| <i>Cosmos bipinnatus</i>            | Schmuckkörbchen                | 89                                   | hoch                  | hoch    |
| <i>Rudbeckia hirta</i>              | Tiger Eye                      | 68                                   | hoch                  | hoch    |
| <i>Lantana camara</i>               | Wandelröschen                  | 197                                  | hoch                  | niedrig |
| <i>Canna indica</i>                 | Indisches Blumenrohr           | 147                                  | hoch                  | niedrig |
| <i>Amaranthus caudatus</i>          | Garten-Fuchsschwanz            | 116                                  | hoch                  | niedrig |
| <i>Salvia coccinea</i>              | Blut-Salbei                    | 104                                  | hoch                  | niedrig |
| <i>Pennisetum setaceum</i>          | Afrikanisches Lampenputzergras | 85                                   | hoch                  | niedrig |
| <i>Zinnia elegans</i>               | Zinnie                         | 58                                   | hoch                  | niedrig |
| <i>Pyracantha coccinea</i>          | Mittelmeer Feuerdorn           | 53                                   | hoch                  | niedrig |
| <i>Plectranthus scutellarioides</i> | Buntnessel                     | 49                                   | hoch                  | niedrig |
| <i>Echium plantagineum</i>          | Wegerichblättriger Natternkopf | 104                                  | hoch                  | na      |
| <i>Glebionis segetum</i>            | Saat-Wucherblume               | 59                                   | hoch                  | na      |
| <i>Lobularia maritima</i>           | Strand-Silberkraut             | 141                                  | niedrig               | hoch    |
| <i>Impatiens balsamina</i>          | Balsam-Springkraut             | 117                                  | niedrig               | hoch    |
| <i>Dianthus barbatus</i>            | Bartnelke                      | 82                                   | niedrig               | hoch    |
| <i>Hemerocallis fulva</i>           | Gelbrote Taglilie              | 79                                   | niedrig               | hoch    |
| <i>Hibiscus syriacus</i>            | Straucheibisch                 | 62                                   | niedrig               | hoch    |
| <i>Impatiens walleriana</i>         | Fleißige Lieschen              | 61                                   | niedrig               | hoch    |
| <i>Antirrhinum majus</i>            | Garten-Löwenmaul               | 58                                   | niedrig               | hoch    |
| <i>Symphyotrichum novi-belgii</i>   | Glattblattaster                | 58                                   | niedrig               | hoch    |
| <i>Centranthus ruber</i>            | Rote Spornblume                | 56                                   | niedrig               | hoch    |
| <i>Verbena rigida</i>               | Steifes Eisenkraut             | 56                                   | niedrig               | hoch    |
| <i>Cerastium tomentosum</i>         | filziges Hornkraut             | 55                                   | niedrig               | hoch    |
| <i>Pennisetum purpureum</i>         | Napierras                      | 175                                  | na                    | hoch    |
| <i>Reynoutria sachalinensis</i>     | Sachalin-Staudenknöterich      | 71                                   | na                    | hoch    |
| <i>Phyla nodiflora</i>              | Teppichverbene                 | 67                                   | na                    | hoch    |
| <i>Gaillardia pulchella</i>         | Kurzlebige Kokardenblume       | 58                                   | na                    | hoch    |

**Anhang 3: "Anderswo invasiv"- Liste.** Liste jener 101 Arten der Vorwarnliste, die laut Weber (2003, aktualisierte Version) oder Rejmánek und Richardson (2013) anderswo in der Welt bereits als invasiv eingestuft wurden und sich als klimatisch passend für den Bodenseeraum herausstellen.

**Legende:** na\_nicht in Deutschland eingebürgert; 1\_invasiv, 0\_nicht erfasst; Wuchsform: H\_Kraut, S\_Busch, T\_Baum, W\_Wasserpflanze, V\_Kletterpflanze.

| Lateinischer Name       | Deutscher Name                    | Invasiv anderswo laut |             | Einbürgerungsstatus Deutschland BfN_24 | in Aktionsliste_13 |
|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-------------|--|--------------------|
|                         |                                   | Weber_58              | Rejmánek_65 |  |                    |
| Acer negundo            | Eschenahorn                       | 1                     | 1           | eingebürgerter Neophyt                 | 0                  |
| Ailanthus altissima     | Goetterbaum                       | 1                     | 1           | eingebürgerter Neophyt                 | 1                  |
| Albizia julibrissin     | Seifenbaum                        | 1                     | 1           | na                                     | 0                  |
| Amorpha fruticosa       | Bleibusch, Falscher Indigo        | 1                     | 1           | in Einbürgerung befindlicher Neophyt   | 0                  |
| Berberis thunbergii     | Thunberg-Berberitze               | 1                     | 1           | na                                     | 0                  |
| Buddleja davidii        | Schmetterlingsflieder             | 1                     | 1           | eingebürgerter Neophyt                 | 1                  |
| Cotoneaster divaricatus | Sparrige Zwergmispel              | 1                     | 1           | in Einbürgerung befindlicher Neophyt   | 0                  |
| Erica arborea           | Baumheide                         | 1                     | 1           | na                                     | 0                  |
| Ficus carica            | Feige                             | 1                     | 1           | na                                     | 0                  |
| Gleditsia triacanthos   | Amerikanische Gleditschie         | 1                     | 1           | na                                     | 1                  |
| Lantana camara          | Wandelröschen                     | 1                     | 1           | na                                     | 0                  |
| Lavandula stoechas      | Schopflavendel                    | 1                     | 1           | na                                     | 0                  |
| Lonicera maackii        | Maacks Heckenkirsche              | 1                     | 1           | na                                     | 0                  |
| Olea europaea           | Olivenbaum                        | 1                     | 1           | na                                     | 0                  |
| Paulownia tomentosa     | Blauglockenbaum                   | 1                     | 1           | eingebürgerter Neophyt                 | 1                  |
| Rhododendron ponticum   | Pontischer Rhododendron           | 1                     | 1           | na                                     | 0                  |
| Ricinus communis        | Carmenita Rot, Wunderbaum         | 1                     | 1           | na                                     | 0                  |
| Robinia pseudoacacia    | Scheinakazie                      | 1                     | 1           | eingebürgerter Neophyt                 | 1                  |
| Rosa rugosa             | Kartoffelrose                     | 1                     | 1           | eingebürgerter Neophyt                 | 0                  |
| Salix babylonica        | Echte Trauerweide                 | 1                     | 1           | na                                     | 0                  |
| Spiraea japonica        | Japanischer Spierstrauch          | 1                     | 1           | lokal eingebürgerter Neophyt           | 0                  |
| Tamarix ramosissima     | Tamariske                         | 1                     | 1           | na                                     | 0                  |
| Agapanthus praecox      | Schmucklilien                     | 1                     | 0           | na                                     | 0                  |
| Agave americana         | Hundertjährige Agave              | 1                     | 0           | na                                     | 0                  |
| Akebia quinata          | Fingerblättrige Akebie            | 1                     | 0           | na                                     | 0                  |
| Aponogeton distachyos   | Zweiährige Wasserähre             | 1                     | 0           | na                                     | 0                  |
| Asparagus densiflorus   | Zier-Spargel                      | 1                     | 0           | na                                     | 0                  |
| Azolla filiculoides     | Große Algenfarn                   | 1                     | 0           | eingebürgerter Neophyt                 | 0                  |
| Berberis aquifolium     | Gewöhnliche Mahonie               | 1                     | 0           | eingebürgerter Neophyt                 | 1                  |
| Celastrus orbiculatus   | Rundblättriger Baumwürger         | 1                     | 0           | na                                     | 0                  |
| Cortaderia selloana     | Pampasgras                        | 1                     | 0           | na                                     | 0                  |
| Cynara cardunculus      | Artischocke                       | 1                     | 0           | na                                     | 0                  |
| Echium plantagineum     | Wegerichblättriger Natternkopf    | 1                     | 0           | na                                     | 0                  |
| Erigeron karvinskianus  | Mexikanische Berufkraut           | 1                     | 0           | na                                     | 1                  |
| Euonymus fortunei       | immergruene Kriechspindel         | 1                     | 0           | na                                     | 0                  |
| Helianthus tuberosus    | Topinambur                        | 1                     | 0           | eingebürgerter Neophyt                 | 0                  |
| Hesperis matronalis     | Gewöhnliche Nachtviole            | 1                     | 0           | eingebürgerter Neophyt                 | 0                  |
| Hypericum androsaemum   | Blutjohanniskraut                 | 1                     | 0           | na                                     | 0                  |
| Hypericum calycinum     | Großkelchige Johanniskraut        | 1                     | 0           | na                                     | 0                  |
| Imperata cylindrica     | Silberhaargras                    | 1                     | 0           | na                                     | 0                  |
| Leycesteria formosa     | Schöne Lycesterie                 | 1                     | 0           | na                                     | 0                  |
| Lupinus polyphyllus     | Vielblättrige Lupine              | 1                     | 0           | eingebürgerter Neophyt                 | 0                  |
| Nandina domestica       | Heiliger Bambus                   | 1                     | 0           | na                                     | 0                  |
| Nassella tenuissima     | Mexikanisches Fiedergras          | 1                     | 0           | na                                     | 0                  |
| Oxalis purpurea         | Südafrikanischer Herbst-Sauerklee | 1                     | 0           | na                                     | 0                  |

|                                |                                 |   |   |                                      |   |
|--------------------------------|---------------------------------|---|---|--------------------------------------|---|
| Pennisetum purpureum           | Napiergas                       | 1 | 0 | na                                   | 0 |
| Pennisetum setaceum            | Afrikanisches Lampenputzergras  | 1 | 0 | na                                   | 0 |
| Pilosella officinarum          | Kleinens Habichtskraut          | 1 | 0 | na                                   | 0 |
| Prunus cerasifera              | Kirschlorde                     | 1 | 0 | eingebürgerter Neophyt               | 0 |
| Prunus laurocerasus            | Lorbeerkirsche                  | 1 | 0 | na                                   | 0 |
| Reynoutria japonica            | Japanischer Staudenknoeterich   | 1 | 0 | na                                   | 1 |
| Solanum laxum                  | Jasminblütige Nachtschatten     | 1 | 0 | na                                   | 0 |
| Solidago canadensis            | Kanadische Goldrute             | 1 | 0 | eingebürgerter Neophyt               | 1 |
| Solidago gigantea              | Riesen-Goldrute                 | 1 | 0 | eingebürgerter Neophyt               | 1 |
| Verbena bonariensis            | Patagonisches Eisenkraut        | 1 | 0 | na                                   | 1 |
| Vinca major                    | Große Immergrün                 | 1 | 0 | na                                   | 0 |
| Wisteria floribunda            | Blauregen                       | 1 | 0 | na                                   | 0 |
| Zantedeschia aethiopica        | Zimmercalla                     | 1 | 0 | na                                   | 0 |
| Abies balsamea                 | Balsam-Tanne                    | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Abies procera                  | Pazifische Edel-Tanne           | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Acer buergerianum              | Dreispiß-Ahorn                  | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Acer rufinerve                 | Rotnerviger Schlangenhaut-Ahorn | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Amelanchier lamarckii          | Felsenbirne                     | 0 | 1 | eingebürgerter Neophyt               | 0 |
| Aralia elata                   | japanische aralie               | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Araucaria araucana             | Chilenische Araukarie           | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Archontophoenix cunninghamiana | Hasenohr                        | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Brugmansia suaveolens          | Brugmansia                      | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Callistemon viminalis          | Zylinderputzer                  | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Cestrum elegans                | Hammerstrauch                   | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Cornus alba                    | Hartriegel                      | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Cornus sericea                 | Seidige Hartriegel              | 0 | 1 | eingebürgerter Neophyt               | 0 |
| Cotoneaster dielsianus         | Diels Zwergmispel               | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Cotoneaster franchetii         | Franchets Zwergmispel           | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Cotoneaster horizontalis       | Fächer-Zwergmispel              | 0 | 1 | in Einbürgerung befindlicher Neophyt | 0 |
| Cotoneaster microphyllus       | Kleinblättrige Zwergmispel      | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Cotoneaster salicifolius       | Weidenblättrige Zwergmispel     | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Cryptomeria japonica           | Sicheltanne                     | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Elaeagnus pungens              | Dornige Ölweide                 | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Euonymus alatus                | Flügel-Spindelstrauch           | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Gaultheria mucronata           | Torfmyrte                       | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Gaultheria shallon             | Shallon-Scheinbeere             | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Juglans regia                  | Echter Walnussbaum              | 0 | 1 | eingebürgerter Neophyt               | 1 |
| Larix kaempferi                | Japanische Lärche               | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Laurus nobilis                 | Echter Lorbeer                  | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Mahonia bealei                 | Beals Mahonie                   | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Nerium oleander                | Oleander                        | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Phoenix canariensis            | Dattelpalme                     | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Picea sitchensis               | Sitkafichte                     | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Populus canadensis             | Bastard-Schwarz-Pappel          | 0 | 1 | eingebürgerter Neophyt               | 0 |
| Prunus persica                 | Pfirsich                        | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Punica granatum                | Granatapfel                     | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Pyracantha coccinea            | Mittelmeer Feudorn              | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Pyracantha koidzumii           | Feudorn                         | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Pyracantha rogersiana          | Feudorn                         | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Quercus rubra                  | Roteiche                        | 0 | 1 | eingebürgerter Neophyt               | 1 |
| Spartium junceum               | Pfriemenginster                 | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Spiraea alba                   | Spierstrauch                    | 0 | 1 | eingebürgerter Neophyt               | 0 |
| Thuja plicata                  | Riesen-Lebensbaum               | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Trachycarpus fortunei          | Chinesische Hanfpalme           | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Viburnum tinus                 | Lorbeerblättrige Schneeball     | 0 | 1 | na                                   | 0 |
| Vitex agnus-castus             | Mönchspfeffer                   | 0 | 1 | na                                   | 0 |

**Anhang 4: Aktionsliste**

Jene 78 Vorwarnlisten-Arten, die bereits auf dem Weg der Verwildering sind. Die ersten 31 Arten sind weder als Neophyt noch als potentiell invasiver Neophyt in den letzten fünf Spalten gelistet.

**Legende:** 1\_In Liste erfasst, 0\_Nicht in Liste erfasst; Wuchsform: H\_Kraut, S\_Busch, T\_Baum, W\_Wasserpflanze, V\_Kletterpflanze;

| Lateinischer Name               | Deutscher Name                  | Wuchsform | In Vorwarnliste | In der Kommune erfasst | Invasiv anderswo lt. Weber, Rejmanek | Bfn_als Neophyt gelistet | <a href="#">BfN_Graue o. schwarze Liste</a> | <a href="#">Korina</a> | <a href="#">CH</a> | <a href="#">Eppo</a> | <a href="#">Uni Halle</a> |
|---------------------------------|---------------------------------|-----------|-----------------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------|---|------------------------|--------------------|----------------------|---------------------------|
| Verbena bonariensis             | Patagonisches Eisenkraut        | H         | 1               | 1                      | 1                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Erigeron karvinskianus          | Mexikanisches Berufkraut        | H         | 1               | 1                      | 1                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Lysichiton camtschatcensis      | Weißer Scheinkalla              | H         | 1               | 1                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Zinnia elegans                  | Zinnie                          | H         | 1               | 1                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Amaranthus caudatus             | Garten-Fuchsschwanz             | H         | 1               | 1                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Tagetes erecta                  | Aufrechte Studentenblume        | H         | 1               | 1                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Euphorbia myrsinites            | Walzen Wolfsmilch               | H         | 1               | 1                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Tropaeolum majus                | Kapuzinerkresse                 | H         | 1               | 1                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Mirabilis jalapa                | Wunderblume                     | H         | 1               | 1                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Lonicera ligustrina pileata     | Heckenkirsche                   | S         | 1               | 1                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Lonicera ligustrina yunnanensis | Heckenkirsche                   | S         | 1               | 1                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Catalpa bignonioides            | Gewöhnlicher Trompetenbaum      | T         | 1               | 1                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Koelreuteria paniculata         | Blasenesche                     | T         | 1               | 1                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Liriodendron tulipifera         | Tuplenbaum                      | T         | 1               | 1                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Lathyrus odoratus               | Duftende Platterbse             | V         | 1               | 1                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Digitalis mertonensis           | Garten-Fingerhut                | H         | 0               | 1                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Digitalis purpurea              | Roter Fingerhut                 | H         | 0               | 0                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Lysimachia lutea                | Gelber Gilbweiderich            | H         | 0               | 0                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Helleborus dumetorum atrorubens | Dunkelrote Hecken-Nieswurz      | H         | 0               | 1                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Perovskia atriplicifolia        | Silberstrauch, Russischer Salbe | H         | 0               | 1                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Eragrostis spectabilis          | Purpur-Liebesgras               | H         | 0               | 1                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Cleome spinosa                  | Senorita Blanca, Spinnenblume   | H         | 0               | 1                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Acanthus hungaricus             | Balkan Bärenklau                | H         | 0               | 1                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Bambus (verschiedene Arten)     |                                 | S         | 0               | 0                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Symphoricarpos doorenbosii      | Perlmutterbeere                 | S         | 0               | 0                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Rosa multiflora                 | Büschel-Rose, Vielblütige Rose  | S         | 0               | 0                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Celtis australis                | Europäischer Zürgelbaum         | T         | 0               | 0                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Picea mariana                   | Schwarz-Fichte                  | T         | 0               | 0                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Juglans cinerea                 | Butternuss                      | T         | 0               | 0                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Alnus cordata                   | Herzblättrige Erle              | T         | 0               | 0                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Petunia hybrida                 | Hybrid Petunie                  | H         | 1               | 1                      | 0                                    | 0                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Viburnum rhytidophyllum         | Zungen-Schneeball               | H         | 1               | 1                      | 0                                    | 0                        | 1   | 1                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Symphotrichum novae-angliae     | Raublattaster                   | H         | 1               | 1                      | 0                                    | 1                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Hyssopus officinalis            | Ysop                            | H         | 1               | 1                      | 0                                    | 1                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Cymbalaria muralis              | Zimbelkraut                     | H         | 1               | 1                      | 0                                    | 1                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |
| Aurinia saxatilis               | Steinkraut                      | H         | 1               | 1                      | 0                                    | 1                        | 0   | 0                      | 0                  | 0                    | 0                         |

|  |                               |   |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |
|--|-------------------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|
| Mimulus guttatus                               | Gelbe Gauklerblume            | H | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |   |
| Galinsoga parviflora                           | Kleinblütiges Franzosenkraut  | H | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |   |
| Campanula medium                               | Marien-Glockenblume           | H | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |   |
| Rudbeckia hirta                                | Tiger Eye                     | H | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |   |
| Lysimachia punctata                            | Punktierter Gilbweiderich     | H | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |   |
| Geranium macrorrhizum                          | Balkan-Storchschnabel         | H | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |   |
| Lathyrus latifolius                            | Breitblättrige Platterbse     | H | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |   |
| Antirrhinum majus                              | Garten-Löwenmaul              | H | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |   |
| Berberis aquifolium                            | Gewöhnliche Mahonie           | S | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |   |
| Juglans regia                                  | Echter Walnussbaum            | T | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |   |
| Elymus elongatus                               | Stumpfblüchtige Quecke        | H | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |   |
| Lamium galeobdolon argentatum                  | Goldnessel, Gold-Taubnessel   | H | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |   |
| Cerastium tomentosum                           | filziges Hornkraut            | H | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1 |   |
| Nicandra physalodes                            | Giftbeere                     | S | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1 |   |
| Celtis occidentalis                            | Amerikanischer Zürgelbaum     | T | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1 |   |
| Reynoutria sachalinensis                       | Sachalin-Staudenknöterich     | H | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0 |   |
| Reynoutria japonica                            | Japanischer Staudenknöterich  | S | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0 |   |
| Lonicera acuminata                             | Geißblatt                     | S | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0 |   |
| Euthamia graminifolia                          | grassblättrige Goldrute       | H | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0 |   |
| Rhus typhina                                   | Essigbaum                     | T | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0 |   |
| Symphoricarpos albus                           | Gewöhnliche Schneebeere       | S | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0 |   |
| Paulownia tomentosa                            | Blauglockenbaum               | T | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0 |   |
| Cotoneaster dammeri                            | Teppich-Zwergmispel           | S | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0 |   |
| Dianthus giganteus                             | Riesen-Nelke                  | H | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0 |   |
| Bunias orientalis                              | Orientalische Zackenschötchen | H | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0 |   |
| Bunias orientalis                              | Orientalische Zackenschötchen | H | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0 |   |
| Phytolacca americana                           | Amerikanische Kermesbeere     | S | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1 |   |
| Buddleja davidii                               | Schmetterlingsflieder         | S | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0 |   |
| Impatiens glandulifera                         | Drüsiges Springkraut          | H | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0 |   |
| Lysichiton americanus                          | Gelbe Scheinkalla             | H | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0 |   |
| Robinia pseudoacacia                           | Scheinakazie                  | T | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0 |   |
| Syringa vulgaris                               | Gewöhnlicher Flieder          | S | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0 |   |
| Quercus rubra                                  | Roteiche                      | T | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1 |   |
| Symphyotrichum novi-belgii                     | Glattblattaster               | H | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0 |   |
| Solidago gigantea                              | Riesen-Goldrute               | H | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0 |   |
| Solidago canadensis                            | Kanadische Goldrute           | H | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0 |   |
| Ailanthus altissima                            | Goetterbaum                   | T | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0 |   |
| Heracleum mantegazzianum                       | Riesenbärenklau               | H | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0 |   |
| Gleditsia triacanthos                          | Amerikanische Gleditschie     | T | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0 |   |
| Miscanthus sinensis                            | Chinaschilf                   | H | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0 |   |
| Rudbeckia hirta                                | Schwarzäugige Rudbeckie       | H | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |   |
| Centranthus ruber                              | Rote Spornblume               | H | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |   |
| Summe aller in einer Liste vorkommenden Arten. |                               |   | 78 | 52 | 60 | 13 | 36 | 22 | 20 | 19 | 8 | 5 |

**Anhang 5: Weiße Liste**

Liste aller 467 gebietsfremden Arten, von denen bislang keine Bedrohung ausgeht, da sie entweder nicht in GloNAF verzeichnet sind oder sich als klimatisch ungeeignet für den Bodenseeraum herausstellen.

**Legende:** 1\_In Liste erfasst, 0\_Nicht in Liste erfasst, na\_nicht untersucht; Wuchsform: H\_Kraut, S\_Busch, T\_Baum, W\_Wasserpflanze, V\_Kletterpflanze

| Lateinischer Name                 | In GloNAF | Ungeeignet in                 |                         | Wuchsform |
|-----------------------------------|-----------|-------------------------------|-------------------------|-----------|
|                                   |           | Jahresdurchschnittstemperatur | Jährlichem Niederschlag |           |
| <i>Anthemis sancti-johannis</i>   | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Aquilegia flabellata</i>       | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Arabis ferdinandi-coburgii</i> | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Gentiana sino-ornata</i>       | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Abeliophyllum distichum</i>    | 0         | na                            | na                      | S         |
| <i>Abies homolepis</i>            | 0         | na                            | na                      | T         |
| <i>Abies koreana</i>              | 0         | na                            | na                      | T         |
| <i>Acaena buchananii</i>          | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Acaena microphylla</i>         | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Acanthus hungaricus</i>        | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Achillea clypeolata</i>        | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Aconitum carmichaelii</i>      | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Actaea rubra</i>               | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Aeonium aguajilvense</i>       | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Aesculus carnea</i>            | 0         | na                            | na                      | T         |
| <i>Agastache hybridum</i>         | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Agastache mexicana</i>         | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Agave victoriae-reginae</i>    | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Ajania pacifica</i>            | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Alcea rosea ficifolia</i>      | 0         | na                            | na                      | S         |
| <i>Allium aflatunense</i>         | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Allium caeruleum</i>           | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Allium cernuum</i>             | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Allium giganteum</i>           | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Allium karataviense</i>        | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Allium macleanii</i>           | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Allium schubertii</i>          | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Allium stipitatum</i>          | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Amorpha canescens</i>          | 0         | na                            | na                      | S         |
| <i>Anaphalis triplinervis</i>     | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Anemone hupehensis</i>         | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Arabis arendsii</i>            | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Arabis blepharophylla</i>      | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Aristolochia sempervirens</i>  | 0         | na                            | na                      | V         |
| <i>Asphodeline lutea</i>          | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Aster dumosus</i>              | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Aster tongolensis</i>          | 0         | na                            | na                      | H         |
| <i>Astilbe rubra</i>              | 0         | na                            | na                      | H         |

|   |   |    |    |       |
|---|---|----|----|-------|
| <i>Astilbe thunbergii</i>                 | 0 | na | na | H     |
| <i>Astilboides tabularis</i>              | 0 | na | na | H     |
| <i>Aubrieta cultorum</i>                  | 0 | na | na | H     |
| <i>Azorella trifurcata</i>                | 0 | na | na | H     |
| <i>Barbarea rupicola</i>                  | 0 | na | na | H     |
| <i>Begonia boliviensis</i>                | 0 | na | na | H     |
| <i>Begonia hybrida</i>                    | 0 | na | na | H     |
| <i>Begonia picta</i>                      | 0 | na | na | H     |
| <i>Begonia tuberhybrida</i>               | 0 | na | na | H     |
| <i>Bellis annua</i>                       | 0 | na | na | H     |
| <i>Berberis ottawensis</i>                | 0 | na | na | S     |
| <i>Bergenia purpurascens</i>              | 0 | na | na | H     |
| <i>Betula utilis</i>                      | 0 | na | na | T     |
| <i>Brachyscome iberidifolia</i>           | 0 | na | na | H     |
| <i>Browallia speciosa</i>                 | 0 | na | na | H     |
| <i>Calceolaria herbeohybrida</i>          | 0 | na | na | H     |
| <i>Calceolaria integrifolia</i>           | 0 | na | na | H     |
| <i>Calibrachoa hybrida</i>                | 0 | na | na | H     |
| <i>Callicarpa bodinieri</i>               | 0 | na | na | S     |
| <i>Calycanthus chinensis</i>              | 0 | na | na | T     |
| <i>Camassia leichtlinii</i>               | 0 | na | na | H     |
| <i>Carex albula</i>                       | 0 | na | na | H     |
| <i>Carex flabellata</i>                   | 0 | na | na | H     |
| <i>Carex morrowii</i>                     | 0 | na | na | H     |
| <i>Carex oshimensis</i>                   | 0 | na | na | H     |
| <i>Caryopteris incana</i>                 | 0 | na | na | H     |
| <i>Ceanothus delilianus</i>               | 0 | na | na | S     |
| <i>Ceanothus pallidus</i>                 | 0 | na | na | S     |
| <i>Chaenostoma cordatum</i>               | 0 | na | na | H     |
| <i>Chiastophyllum oppositifolium</i>      | 0 | na | na | H     |
| <i>Chrysanthemum grandiflorum</i>         | 0 | na | na | H     |
| <i>Chrysanthemum hybridum</i>             | 0 | na | na | H     |
| <i>Clarkia amoena lindleyi</i>            | 0 | na | na | H     |
| <i>Coleostephus multicaulis</i>           | 0 | na | na | H - S |
| <i>Cornus canadensis</i>                  | 0 | na | na | H     |
| <i>Cornus controversa</i>                 | 0 | na | na | S     |
| <i>Cornus florida</i>                     | 0 | na | na | T     |
| <i>Cornus kousa chinensis</i>             | 0 | na | na | T     |
| <i>Cornus nuttallii</i>                   | 0 | na | na | T     |
| <i>Corokia cotoneaster</i>                | 0 | na | na | S     |
| <i>Corylopsis pauciflora</i>              | 0 | na | na | S     |
| <i>Corylopsis sinensis</i>                | 0 | na | na | S     |
| <i>Corylopsis spicata</i>                 | 0 | na | na | S     |
| <i>Cotoneaster adpressus praecox</i>      | 0 | na | na | S     |
| <i>Cotoneaster salicifolius floccosus</i> | 0 | na | na | S     |
| <i>Crassula exilis</i>                    | 0 | na | na | H     |
| <i>Croptilon divaricatum</i>              | 0 | na | na | H     |
| <i>Cyclamen persicum</i>                  | 0 | na | na | H     |
| <i>Cytisus beanii</i>                     | 0 | na | na | S     |
| <i>Dahlia hybrida</i>                     | 0 | na | na | H     |

|                                |   |    |    |       |
|--------------------------------|---|----|----|-------|
| Dahlia hybridum                | 0 | na | na | H     |
| Daphne burkwoodii              | 0 | na | na | S     |
| Dasiphora fruticosa            | 0 | na | na | S     |
| Delosperma cooperi             | 0 | na | na | H     |
| Delosperma lineare             | 0 | na | na | H     |
| Delosperma sutherlandii        | 0 | na | na | H     |
| Diamantina lombardii           | 0 | na | na | V     |
| Dianthus alpinus               | 0 | na | na | H     |
| Dichondra argentea             | 0 | na | na | H     |
| Dichondra sericea              | 0 | na | na | H     |
| Digitalis mertonensis          | 0 | na | na | H     |
| Dorotheanthus criniflorus      | 0 | na | na | H     |
| Echeveria derenbergii setosa   | 0 | na | na | H     |
| Echeveria elegans              | 0 | na | na | H     |
| Echeveria gibbiflora           | 0 | na | na | H     |
| Echinacea tennesseensis        | 0 | na | na | H     |
| Echinopsis peruviana           | 0 | na | na | H     |
| Echinopsis peruviana christata | 0 | na | na | H     |
| Echinopsis peruviana monstrosa | 0 | na | na | H     |
| Epimedium grandiflorum         | 0 | na | na | H     |
| Epimedium perralchicum         | 0 | na | na | H     |
| Eremurus himalaicus            | 0 | na | na | H     |
| Eremurus hybridum              | 0 | na | na | H     |
| Eremurus stenophyllus          | 0 | na | na | H     |
| Erica gracilis                 | 0 | na | na | H - S |
| Erodium variabile              | 0 | na | na | H     |
| Eryngium alpinum               | 0 | na | na | H     |
| Eryngium yuccifolium           | 0 | na | na | H     |
| Erysimum linifolium            | 0 | na | na | H     |
| Euphorbia bubalina             | 0 | na | na | H     |
| Euphorbia cereiformis          | 0 | na | na | H     |
| Euphorbia griffithii           | 0 | na | na | H     |
| Euphorbia hybridum             | 0 | na | na | H     |
| Euphorbia seguieriana niciana  | 0 | na | na | H     |
| Euryops pectinatus             | 0 | na | na | S     |
| Exochorda macrantha            | 0 | na | na | S     |
| Fargesia murielae              | 0 | na | na | S     |
| Fargesia nitida                | 0 | na | na | S     |
| Fargesia robusta               | 0 | na | na | S     |
| Festuca cinerea                | 0 | na | na | H     |
| Festuca glauca                 | 0 | na | na | H     |
| Festuca mairei                 | 0 | na | na | H     |
| Forsythia intermedia           | 0 | na | na | S     |
| Fothergilla major              | 0 | na | na | S     |
| Fuchsia crassistipula          | 0 | na | na | S     |
| Fuchsia fulgens                | 0 | na | na | S     |
| Fuchsia venusta                | 0 | na | na | S     |
| Geissorhiza exscapa            | 0 | na | na | H     |
| Geranium cinereum              | 0 | na | na | H     |
| Geranium dalmaticum            | 0 | na | na | H     |

|                                   |   |    |    |   |
|-----------------------------------|---|----|----|---|
| Geranium wlassovianum             | 0 | na | na | H |
| Geum coccineum                    | 0 | na | na | H |
| Gomphrena haageana                | 0 | na | na | H |
| Goniolimon tataricum              | 0 | na | na | H |
| Gypsophila hybridum               | 0 | na | na | H |
| Haemanthus coccineus              | 0 | na | na | H |
| Hamamelis japonica                | 0 | na | na | T |
| Hamamelis mollis                  | 0 | na | na | T |
| Hebe andersonii                   | 0 | na | na | S |
| Hebe gracillima                   | 0 | na | na | S |
| Hebe pinguifolia                  | 0 | na | na | S |
| Hebe topiaria                     | 0 | na | na | H |
| Hedychium gracile                 | 0 | na | na | H |
| Helenium hybrida                  | 0 | na | na | H |
| Helichrysum italicum              | 0 | na | na | H |
| Helichrysum italicum microphyllum | 0 | na | na | H |
| Helichrysum thianschanicum        | 0 | na | na | H |
| Helictotrichon sempervirens       | 0 | na | na | H |
| Helleborus dumetorum atrorubens   | 0 | na | na | H |
| Hemerocallis citrina              | 0 | na | na | H |
| Hemerocallis hybridum             | 0 | na | na | H |
| Hemerocallis thunbergii           | 0 | na | na | H |
| Heptacodium miconioides           | 0 | na | na | T |
| Heuchera americana                | 0 | na | na | H |
| Heuchera micrantha                | 0 | na | na | H |
| Holodiscus ariifolius             | 0 | na | na | S |
| Hosta hybridum                    | 0 | na | na | H |
| Hosta longipes                    | 0 | na | na | H |
| Hosta sieboldiana                 | 0 | na | na | H |
| Hosta undulata                    | 0 | na | na | H |
| Hosta venusta                     | 0 | na | na | H |
| Hydrangea anomala                 | 0 | na | na | V |
| Hydrangea aspera                  | 0 | na | na | S |
| Hydrangea macrophylla serrata     | 0 | na | na | S |
| Hydrangea petiolaris              | 0 | na | na | S |
| Hydrangea sargentiana             | 0 | na | na | S |
| Hypericum polyphyllum             | 0 | na | na | S |
| Iberis saxatilis                  | 0 | na | na | H |
| Ilex aquifolium perado            | 0 | na | na | S |
| Ilex meserveae                    | 0 | na | na | S |
| Impatiens hawkeri                 | 0 | na | na | H |
| Incarvillea sinensis              | 0 | na | na | H |
| Inula magnifica                   | 0 | na | na | H |
| Ipomoea imperialis                | 0 | na | na | V |
| Isotoma axillaris                 | 0 | na | na | H |
| Ixiolirion tataricum              | 0 | na | na | H |
| Juniperus horizontalis            | 0 | na | na | S |
| Juniperus media                   | 0 | na | na | S |
| Juniperus procumbens              | 0 | na | na | S |
| Juniperus scopulorum              | 0 | na | na | T |

|                                      |   |    |    |       |
|--------------------------------------|---|----|----|-------|
| <i>Juniperus squamata</i>            | 0 | na | na | S     |
| <i>Knautia macedonica</i>            | 0 | na | na | H     |
| <i>Kniphofia galpinii</i>            | 0 | na | na | H     |
| <i>Kniphofia hybrida</i>             | 0 | na | na | H     |
| <i>Kochia childsii</i>               | 0 | na | na | H     |
| <i>Lablab purpureus bengalensis</i>  | 0 | na | na | V     |
| <i>Lavandula chaytoriae</i>          | 0 | na | na | H - S |
| <i>Lavandula heterophylla</i>        | 0 | na | na | H - S |
| <i>Lavandula intermedia</i>          | 0 | na | na | H - S |
| <i>Lavandula lanata</i>              | 0 | na | na | H     |
| <i>Leucophyta brownii</i>            | 0 | na | na | H     |
| <i>Lewisia cotyledon</i>             | 0 | na | na | H     |
| <i>Lilium hybridum</i>               | 0 | na | na | H     |
| <i>Lilium maculatum</i>              | 0 | na | na | H     |
| <i>Linum rubrum</i>                  | 0 | na | na | H     |
| <i>Lobelia siphilitica</i>           | 0 | na | na | H     |
| <i>Lobelia speciosa</i>              | 0 | na | na | H     |
| <i>Lomelosia caucasica</i>           | 0 | na | na | H     |
| <i>Lonicera tellmanniana</i>         | 0 | na | na | V     |
| <i>Lychnis arkwrightii</i>           | 0 | na | na | H     |
| <i>Lysimachia congestiflora</i>      | 0 | na | na | H     |
| <i>Magnolia liliiflora</i>           | 0 | na | na | T     |
| <i>Magnolia sieboldii</i>            | 0 | na | na | T     |
| <i>Maianthemum racemosum</i>         | 0 | na | na | H     |
| <i>Malus floribunda</i>              | 0 | na | na | T     |
| <i>Malus hybrida</i>                 | 0 | na | na | T     |
| <i>Malus toringo</i>                 | 0 | na | na | T     |
| <i>Malus tschonoskii</i>             | 0 | na | na | T     |
| <i>Mammillaria rhodantha</i>         | 0 | na | na | H     |
| <i>Mandevilla sanderi</i>            | 0 | na | na | V     |
| <i>Mazus reptans</i>                 | 0 | na | na | H     |
| <i>Mecardonia hybridum</i>           | 0 | na | na | H     |
| <i>Meconopsis betonicifolia</i>      | 0 | na | na | H     |
| <i>Melampodium paludosum</i>         | 0 | na | na | H     |
| <i>Monarda fistulosa menthifolia</i> | 0 | na | na | H     |
| <i>Muehlenbeckia axillaris</i>       | 0 | na | na | S     |
| <i>Muscari latifolium</i>            | 0 | na | na | H     |
| <i>Narcissus hybridum</i>            | 0 | na | na | H     |
| <i>Nemesia fruticans</i>             | 0 | na | na | H     |
| <i>Nemesia hybridum</i>              | 0 | na | na | H     |
| <i>Nemophila menziesii insignis</i>  | 0 | na | na | H     |
| <i>Nicotiana langsdorffii</i>        | 0 | na | na | H     |
| <i>Nothofagus antarctica</i>         | 0 | na | na | T     |
| <i>Nuphar rubrodisca</i>             | 0 | na | na | W     |
| <i>Nymphaea cultorum</i>             | 0 | na | na | W     |
| <i>Oenothera missouriensis</i>       | 0 | na | na | H     |
| <i>Opuntia cylindrica</i>            | 0 | na | na | H     |
| <i>Opuntia rafinesquei</i>           | 0 | na | na | H     |
| <i>Origanum laevigatum</i>           | 0 | na | na | H     |
| <i>Oritrophium peruvianum</i>        | 0 | na | na | H     |

|  |   |    |    |   |
|--|---|----|----|---|
| <i>Orostachys malacophylla</i>           | 0 | na | na | H |
| <i>Ostrya carpinifolia</i>               | 0 | na | na | T |
| <i>Paeonia suffruticosa</i>              | 0 | na | na | H |
| <i>Pallenis maritima</i>                 | 0 | na | na | H |
| <i>Panax japonicus</i>                   | 0 | na | na | H |
| <i>Panicum virgatum</i>                  | 0 | na | na | H |
| <i>Papaver lateritium</i>                | 0 | na | na | H |
| <i>Parodia leninghausii</i>              | 0 | na | na | H |
| <i>Parrotia persica</i>                  | 0 | na | na | T |
| <i>Pelargonium hederifolium</i>          | 0 | na | na | H |
| <i>Pelargonium hybridum</i>              | 0 | na | na | H |
| <i>Pelargonium peltatum hederifolium</i> | 0 | na | na | H |
| <i>Penstemon coccineus</i>               | 0 | na | na | H |
| <i>Penstemon hartwegii</i>               | 0 | na | na | H |
| <i>Penstemon mexicanus</i>               | 0 | na | na | H |
| <i>Pericallis cruenta</i>                | 0 | na | na | H |
| <i>Perovskia abrotanoides</i>            | 0 | na | na | H |
| <i>Philadelphus grandiflorus</i>         | 0 | na | na | S |
| <i>Phlomis samia</i>                     | 0 | na | na | H |
| <i>Phlox covillei</i>                    | 0 | na | na | H |
| <i>Physalis fendleri</i>                 | 0 | na | na | H |
| <i>Physoplexis comosa</i>                | 0 | na | na | H |
| <i>Picea breweriana</i>                  | 0 | na | na | T |
| <i>Platanus hispanica</i>                | 0 | na | na | T |
| <i>Plectranthus argentatus</i>           | 0 | na | na | H |
| <i>Plectranthus argentifolius</i>        | 0 | na | na | H |
| <i>Plectranthus glabratus</i>            | 0 | na | na | H |
| <i>Polygonum affine</i>                  | 0 | na | na | H |
| <i>Polygonum microcephalum</i>           | 0 | na | na | H |
| <i>Potentilla thurberi</i>               | 0 | na | na | H |
| <i>Primula denticulata</i>               | 0 | na | na | H |
| <i>Primula lactiflora</i>                | 0 | na | na | H |
| <i>Prunus cistena</i>                    | 0 | na | na | T |
| <i>Prunus salicifolia</i>                | 0 | na | na | T |
| <i>Psylliostachys suworowi</i>           | 0 | na | na | H |
| <i>Pycnosorus globosus</i>               | 0 | na | na | H |
| <i>Rhodanthe chlorocephala rosea</i>     | 0 | na | na | H |
| <i>Rhodanthe manglesii</i>               | 0 | na | na | H |
| <i>Rhodanthemum hosmariense</i>          | 0 | na | na | H |
| <i>Rhodochiton atosanguineum</i>         | 0 | na | na | V |
| <i>Rhododendron calophytum</i>           | 0 | na | na | S |
| <i>Rhododendron fortunei</i>             | 0 | na | na | S |
| <i>Rhododendron molle</i>                | 0 | na | na | S |
| <i>Rhododendron yakushmanum</i>          | 0 | na | na | S |
| <i>Ribes nidigrolaria</i>                | 0 | na | na | S |
| <i>Salvia lyrata</i>                     | 0 | na | na | H |
| <i>Salvia patens</i>                     | 0 | na | na | H |
| <i>Saxifraga arendsii</i>                | 0 | na | na | H |
| <i>Saxifraga cotyledon</i>               | 0 | na | na | H |
| <i>Saxifraga fortunei</i>                | 0 | na | na | H |

|                                 |   |    |    |   |
|---------------------------------|---|----|----|---|
| Saxifraga hybrida               | 0 | na | na | H |
| Saxifraga trifurcata            | 0 | na | na | H |
| Scaevola aemula                 | 0 | na | na | H |
| Schizanthus hybridum            | 0 | na | na | H |
| Sciadopitys verticillata        | 0 | na | na | T |
| Sedum cyaneum                   | 0 | na | na | H |
| Sedum rubrotinctum              | 0 | na | na | H |
| Sedum spectabile                | 0 | na | na | H |
| Sedum tetractinum               | 0 | na | na | H |
| Selaginella lepidophylla        | 0 | na | na | H |
| Sesleria nitida                 | 0 | na | na | H |
| Skimmia japonica                | 0 | na | na | S |
| Solidago caesia                 | 0 | na | na | H |
| Sorbus abscondita               | 0 | na | na | T |
| Spiraea altaica                 | 0 | na | na | S |
| Spiraea bumalda                 | 0 | na | na | S |
| Spiraea cinerea                 | 0 | na | na | S |
| Sporobolus heterolepis          | 0 | na | na | H |
| Stachys menthifolia             | 0 | na | na | H |
| Stipa barbata                   | 0 | na | na | H |
| Stipa gigantea                  | 0 | na | na | H |
| Stipa tenuifolia                | 0 | na | na | H |
| Sutera cordata                  | 0 | na | na | H |
| Symphoricarpos albus chenaultii | 0 | na | na | S |
| Syringa hyacinthiflora          | 0 | na | na | S |
| Syringa komarowii               | 0 | na | na | S |
| Syringa persica                 | 0 | na | na | S |
| Syringa pubescens               | 0 | na | na | S |
| Syringa pubescens microphylla   | 0 | na | na | S |
| Syringa pubescens patula        | 0 | na | na | S |
| Syringa swegiflexa              | 0 | na | na | S |
| Taxus media                     | 0 | na | na | T |
| Thujopsis dolabrata             | 0 | na | na | T |
| Thymus citriodorus              | 0 | na | na | H |
| Tiarella hybrida                | 0 | na | na | H |
| Tiarella hybridum               | 0 | na | na | H |
| Tradescantia andersoniana       | 0 | na | na | H |
| Triteleia hyacinthina           | 0 | na | na | H |
| Trollius chinensis              | 0 | na | na | H |
| Tulipa hypanica                 | 0 | na | na | H |
| Tulipa praestans                | 0 | na | na | H |
| Verbena hybridum                | 0 | na | na | H |
| Veronica peduncularis           | 0 | na | na | H |
| Viburnum bodnantense            | 0 | na | na | S |
| Viburnum burkwoodii             | 0 | na | na | S |
| Viburnum cinnamomifolium        | 0 | na | na | S |
| Viburnum davidii                | 0 | na | na | S |
| Viburnum farreri                | 0 | na | na | S |
| Waldsteinia ternata             | 0 | na | na | H |
| Begonia reniformis              | 1 | 0  | 0  | H |

|                             |   |   |   |   |
|-----------------------------|---|---|---|---|
| Dichondra repens            | 1 | 0 | 0 | H |
| Dyssodia tenuiloba          | 1 | 0 | 0 | H |
| Gladiolus hortulanus        | 1 | 0 | 0 | H |
| Verbena hybrida             | 1 | 0 | 0 | H |
| Asclepias tuberosa          | 1 | 0 | 1 | H |
| Calycanthus floridus        | 1 | 0 | 1 | T |
| Campsis tagliabuana         | 1 | 0 | 1 | V |
| Clematis florida            | 1 | 0 | 1 | V |
| Coreopsis tripteris         | 1 | 0 | 1 | H |
| Cornus kousa                | 1 | 0 | 1 | T |
| Gypsophila cerastoides      | 1 | 0 | 1 | H |
| Hunnemannia fumariifolia    | 1 | 0 | 1 | H |
| Hydrangea arborescens       | 1 | 0 | 1 | S |
| Hydrangea quercifolia       | 1 | 0 | 1 | S |
| Hypericum beanii            | 1 | 0 | 1 | S |
| Isotoma fluviatilis         | 1 | 0 | 1 | H |
| Lycianthes rantonnetii      | 1 | 0 | 1 | S |
| Magnolia kobus              | 1 | 0 | 1 | T |
| Magnolia macrophylla        | 1 | 0 | 1 | T |
| Mauranthemum paludosum      | 1 | 0 | 1 | H |
| Pinus palustris             | 1 | 0 | 1 | T |
| Platycodon grandiflorus     | 1 | 0 | 1 | H |
| Rhododendron japonicum      | 1 | 0 | 1 | S |
| Scabiosa stellata           | 1 | 0 | 1 | H |
| Sorghastrum nutans          | 1 | 0 | 1 | H |
| Stylophorum diphyllum       | 1 | 0 | 1 | S |
| Weigela floribunda          | 1 | 0 | 1 | S |
| Hibiscus rosa-sinensis      | 1 | 1 | 0 | S |
| Abelia grandiflora          | 1 | 1 | 0 | S |
| Acer buergerianum           | 1 | 1 | 0 | T |
| Acer rubrum                 | 1 | 1 | 0 | T |
| Actaea racemosa             | 1 | 1 | 0 | H |
| Allium flavum               | 1 | 1 | 0 | H |
| Alocasia macrorrhizos       | 1 | 1 | 0 | H |
| Arabis procurrens           | 1 | 1 | 0 | H |
| Brachyscome multifida       | 1 | 1 | 0 | H |
| Caryopteris clandonensis    | 1 | 1 | 0 | H |
| Cercis canadensis           | 1 | 1 | 0 | T |
| Chamaerops humilis          | 1 | 1 | 0 | S |
| Clarkia unguiculata         | 1 | 1 | 0 | H |
| Cotoneaster multiflorus     | 1 | 1 | 0 | S |
| Cuphea ignea                | 1 | 1 | 0 | S |
| Cupressus nootkatensis      | 1 | 1 | 0 | T |
| Cytisus decumbens           | 1 | 1 | 0 | S |
| Delphinium elatum           | 1 | 1 | 0 | H |
| Dichorisandra thyrsoiflora  | 1 | 1 | 0 | H |
| Doronicum orientale         | 1 | 1 | 0 | H |
| Dorotheanthus bellidiformis | 1 | 1 | 0 | H |
| Echinops ritro              | 1 | 1 | 0 | H |
| Eragrostis spectabilis      | 1 | 1 | 0 | H |

|                                 |   |   |   |       |
|---------------------------------|---|---|---|-------|
| Gloriosa superba                | 1 | 1 | 0 | H     |
| Helianthus petiolaris canescens | 1 | 1 | 0 | H     |
| Hemerocallis minor              | 1 | 1 | 0 | H     |
| Hibiscus moscheutos             | 1 | 1 | 0 | H - S |
| Hypoestes phyllostachya         | 1 | 1 | 0 | H     |
| Ipomoea tricolor                | 1 | 1 | 0 | H     |
| Iresine herbstii                | 1 | 1 | 0 | H     |
| Liatris spicata                 | 1 | 1 | 0 | H     |
| Maurandya scandens              | 1 | 1 | 0 | V     |
| Nepeta grandiflora              | 1 | 1 | 0 | H     |
| Oxalis dillenii                 | 1 | 1 | 0 | H     |
| Pentas lanceolata               | 1 | 1 | 0 | H     |
| Phacelia campanularia           | 1 | 1 | 0 | H     |
| Pinus peuce                     | 1 | 1 | 0 | T     |
| Prunus americana                | 1 | 1 | 0 | T     |
| Pycnanthemum tenuifolium        | 1 | 1 | 0 | H     |
| Sedum hybridum                  | 1 | 1 | 0 | H     |
| Spiraea betulifolia             | 1 | 1 | 0 | S     |
| Veronica austriaca teucrium     | 1 | 1 | 0 | H     |
| Veronica spicata                | 1 | 1 | 0 | H     |
| Veronica spicata incana         | 1 | 1 | 0 | H     |
| Viburnum carlesii               | 1 | 1 | 0 | S     |
| Waldsteinia geoides             | 1 | 1 | 0 | H     |
| Abutilon hybridum               | 1 | 1 | 1 | S     |
| Acer japonicum                  | 1 | 1 | 1 | T     |
| Achillea tomentosa              | 1 | 1 | 1 | H     |
| Acmella oleracea                | 1 | 1 | 1 | H     |
| Agapanthus africanus            | 1 | 1 | 1 | H     |
| Alternanthera reineckii         | 1 | 1 | 1 | V     |
| Berlandiera lyrata              | 1 | 1 | 1 | H     |
| Bidens ferulifolia              | 1 | 1 | 1 | H     |
| Calamagrostis acutiflora        | 1 | 1 | 1 | H     |
| Chamaecyparis obtusa            | 1 | 1 | 1 | T     |
| Chelone obliqua                 | 1 | 1 | 1 | H     |
| Chrysanthemum morifolium        | 1 | 1 | 1 | H     |
| Cleome spinosa                  | 1 | 1 | 1 | H     |
| Corylus colurna                 | 1 | 1 | 1 | T     |
| Crassula pellucida              | 1 | 1 | 1 | H     |
| Dahlia hortensis                | 1 | 1 | 1 | H     |
| Deutzia magnifica               | 1 | 1 | 1 | S     |
| Diascia barberae                | 1 | 1 | 1 | H     |
| Ecchremocarpus scaber           | 1 | 1 | 1 | H     |
| Echinocactus grusonii           | 1 | 1 | 1 | H     |
| Euonymus sachalinensis          | 1 | 1 | 1 | S     |
| Fritillaria imperialis          | 1 | 1 | 1 | H     |
| Galatella sedifolia             | 1 | 1 | 1 | H     |
| Gerbera jamesonii               | 1 | 1 | 1 | H     |
| Gladiolus murielae              | 1 | 1 | 1 | H     |
| Hemerocallis hybrida            | 1 | 1 | 1 | H     |
| Kalanchoe blossfeldiana         | 1 | 1 | 1 | H     |

|                            |   |   |   |   |
|----------------------------|---|---|---|---|
| Laburnum watereri          | 1 | 1 | 1 | T |
| Lilium regale              | 1 | 1 | 1 | H |
| Linum narbonense           | 1 | 1 | 1 | H |
| Mimulus hybridus           | 1 | 1 | 1 | H |
| Oenothera macrocarpa       | 1 | 1 | 1 | H |
| Opuntia erinacea           | 1 | 1 | 1 | H |
| Penstemon barbatus         | 1 | 1 | 1 | H |
| Penstemon hirsutus         | 1 | 1 | 1 | H |
| Perovskia atriplicifolia   | 1 | 1 | 1 | H |
| Photinia fraseri           | 1 | 1 | 1 | S |
| Picea omorika              | 1 | 1 | 1 | T |
| Picea orientalis           | 1 | 1 | 1 | T |
| Pieris japonica            | 1 | 1 | 1 | S |
| Primula obconica           | 1 | 1 | 1 | H |
| Rosa hybrida               | 1 | 1 | 1 | S |
| Schizachyrium scoparium    | 1 | 1 | 1 | H |
| Sedum sieboldii            | 1 | 1 | 1 | H |
| Spiraea nipponica          | 1 | 1 | 1 | S |
| Stachys affinis            | 1 | 1 | 1 | H |
| Strelitzia reginae         | 1 | 1 | 1 | S |
| Symphyotrichum cordifolium | 1 | 1 | 1 | H |
| Symphytum azureum          | 1 | 1 | 1 | H |
| Syringa oblata             | 1 | 1 | 1 | S |
| Tagetes tenuifolia         | 1 | 1 | 1 | H |
| Tiarella cordifolia        | 1 | 1 | 1 | H |
| Tulipa hybrida             | 1 | 1 | 1 | H |
| Tulipa kaufmanniana        | 1 | 1 | 1 | H |
| Yucca gigantea             | 1 | 1 | 1 | T |
| Zinnia angustifolia        | 1 | 1 | 1 | H |