

ANPASSUNG AN DEN KLIMAWANDEL

Bestandsaufnahme und
Strategie für die Stadt Karlsruhe

Impressum

Herausgeber, Redaktion und Layout

Stadt Karlsruhe, Umwelt- und Arbeitsschutz
Markgrafenstr. 14, 76131 Karlsruhe
Tel.: (0721) 133 - 3101
E-Mail: umwelt-arbeitsschutz@karlsruhe.de

Wir danken den in der städtischen Arbeitsgruppe „Klimawandel“ vertretenen Dienststellen und Institutionen für ihre Unterstützung und die Überlassung von Informationen und Textbeiträgen:

Amt für Hochbau und Gebäudewirtschaft, Bäderbetriebe, Branddirektion, Gartenbauamt, KEK - Karlsruher Energie- und Klimaschutzagentur, KVVH GmbH - Geschäftsbereich Rheinhäfen, Landratsamt Karlsruhe - Gesundheitsamt, Liegenschaftsamt - Abteilungen Forst und Landwirtschaft, LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg - Ref. 23, Regionalverband Mittlerer Oberrhein, Stadtplanungsamt, Stadtwerke Karlsruhe, Tiefbauamt, Verkehrsbetriebe Karlsruhe, Wirtschaftsförderung

Titelbild: Niedrigwasser an der Alb (nahe der Albschleuse) im April 2011

Bildnachweise

Stadt Karlsruhe, Tiefbauamt: Titelseite, Seite 107, 109 (links unten), 118, 119, 121 (rechts), 122, 123; Karlsruher Messe- und Kongress-GmbH: 26, 64; Stadt Karlsruhe, Liegenschaftsamt: 49, 53; LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: 59 (rechts); Landratsamt Bodenseekreis: 60 (links oben); Andreas Lehmann / Lange GbR: 62; Stadt Karlsruhe, Stadtplanungsamt: 71, 135 (oben); VOLKSWOHNUNG GmbH: 76; Dirk Altenkirch: 80 (oben); Grünenwald + Heyl Architekten GbR: 80 (unten); RP Karlsruhe / Peter Zimmermann: 96 (oben); Stadt Karlsruhe, Stadtarchiv: 106 (links oben); Benjamin Griebmann: 106 (links unten); Wolfgang Hennegriff / LUBW: 107 (oben); TU Berlin: 130; Karlsruher Verkehrsverbund / Verkehrsbetriebe Karlsruhe: 132, 135 (unten), 136 (rechts); Stadt Karlsruhe, Branddirektion: 132, 148, 149 (oben), 150; KVVH GmbH - Geschäftsbereich Rheinhäfen: 134, 136 (links); istockphoto.com / M_D_A: 139; dm-drogerie markt / Daniel Torz: 140; Stadt Karlsruhe, Bäderbetriebe: 142; David Domjahn / THW Karlsruhe: 146, 149 (unten).de: 32, 44 (oben), 46, 129; Stadt Karlsruhe, Umwelt- und Arbeitsschutz: 39 (unten), 42 (unten), 50, 59 (links), 60 (links unten und rechts), 78 (links), 92, 94 (Mitte links), 96 (unten), 97 (links oben und rechts), 98, 100, 101, 102, 106 (rechts), 121 (links), 127, 128 (links); Stadtwerke Karlsruhe GmbH: 41, 112, 113, 114, 115, 128 (rechts); Stadt Karlsruhe, Gartenbauamt: 42 (oben), 82 bis 90; Klaus Mastel / LTZ Augustenberg: 45, 48; Stadt Karlsruhe, Roland Fränkle: 47 (rechts), 51, 56, 120, 143, 144;

Karlsruhe, März 2013

Inhalt

Vorwort	4
1. Zusammenfassung: Wesentliche Ergebnisse im Überblick	8
2. Klimawandel: Ursachen, Beobachtungen, Szenarien	22
2.1 Die globale Perspektive	22
2.2 Die regionale Perspektive	30
3. Politische Initiativen und Rahmensetzung	38
4. Regionale Auswirkungen und kommunale Anpassungsmaßnahmen	44
4.1 Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit	44
4.2 Auswirkungen auf die Landwirtschaft	54
4.3 Auswirkungen auf Wald und Forstwirtschaft	62
4.4 Auswirkungen auf den Boden	72
4.5 Auswirkungen auf Stadtklima und Stadtplanung	78
4.6 Auswirkungen auf Gebäude	92
4.7 Auswirkungen auf das Stadtgrün	100
4.8 Auswirkungen auf Natur und biologische Vielfalt	112
4.9 Auswirkungen auf Gewässer	124
4.10 Auswirkungen auf Trinkwasserversorgung und Grundwasserbewirtschaftung	134
4.11 Auswirkungen auf die Stadtentwässerung	140
4.12 Auswirkungen auf die Energieversorgung	148
4.13 Auswirkungen auf den Verkehr	154
4.14 Auswirkungen auf Wirtschaft und Arbeitsleben	160
4.15 Auswirkungen auf Tourismus und Freizeitverhalten	166
4.16 Auswirkungen auf den Bevölkerungsschutz	170
5. Maßnahmenübersicht für die Stadt Karlsruhe	178
5.1 Übersicht: Bisherige Aktivitäten	178
5.2 Übersicht: Strategische Ansätze	184
5.3 Einzelblätter zu den strategischen Ansätzen	188
6. Anhang	214
6.1 Quellenverzeichnis	214
6.2 Informative Internetseiten zum Thema	220

Vorwort



Das Klima wandelt sich - weltweit, in Europa und in Deutschland. Veränderte Wettermuster, Hitzewellen und Trockenphasen oder vermehrte Starkniederschläge sind nur einige der Folgen, die uns auf regionaler Ebene auch in Karlsruhe betreffen können und mit großer Wahrscheinlichkeit werden. Experten rechnen mit weit reichenden Folgen für Umwelt, Wirtschaft und

Gesellschaft, wenn es nicht gelingt, die globale Klimaänderung zumindest in Schranken zu halten. Eine vorausschauende Klimapolitik sollte deshalb immer auf zwei Beinen stehen:

Zum einen müssen wir durch eine deutliche Verminderung des Treibhausgasausstoßes den Anstieg der globalen Mitteltemperatur wirksam begrenzen. Nicht irgendwann, sondern so schnell wie möglich, denn die Zeit drängt. Karlsruhe ist sich dieser Aufgabe bewusst und hat sich als ersten Zwischenschritt mit der „2-2-2-Formel“ des Klimaschutzes ehrgeizige Klimaschutzziele bis zum Jahr 2020 vorgegeben. Als langfristiges Leitbild bis zum Jahr 2050 strebt die Stadt zudem eine Klimaneutralität an. Dazu sind noch intensive Anstrengungen und viele Verbesserungen erforderlich. Dennoch wollen wir diesen Weg konsequent weiterverfolgen.

Zum anderen kommen wir nicht darum herum, uns mit den unabwendbaren Auswirkungen des Klimawandels auseinanderzusetzen. Insbesondere Städte und Ballungsräume stehen vor großen Herausforderungen. Schließlich sind hier Vermögenswerte, Infrastruktureinrichtungen und empfindliche Personengruppen auf engem Raum konzentriert, sodass klimatische Extremereignisse ein erhebliches Schadenspotenzial entfalten können. Viele klimatische Veränderungen werden zudem durch den urbanen Raum in ihrer Wirkung verstärkt. Beispielsweise ist es in der Stadt an Sommertagen schon heute deutlich heißer als im Umland. Und aufgrund der hohen Versiegelungsquote können Starkregen sehr viel schneller zu lokalen Überschwemmungen führen.

Sieht man sich die regionalen Klimaprojektionen genauer an, könnte es gegen Ende des Jahrhunderts im Oberrheingraben in etwa ähnlich warm sein wie heute schon in Marseille. Das mag für manche Mittelmeer-

liebhaber vielversprechend klingen. Tatsächlich wird die Hitzebelastung in der Stadt aber enorm ansteigen - mit allen Begleitfolgen für Gesundheit, das Arbeitsleben oder unser Stadtgrün. Vielen ist noch der Hitzesommer 2003 in Erinnerung, als die Mittagstemperaturen in Karlsruhe mehrere Wochen über 30 °C lagen und zeitweise sogar die 40 °C-Marke überschritten wurde. Gerade in der Innenstadt fand nachts keine richtige Abkühlung mehr statt. Solche „Jahrhundertssommer“ werden uns zukünftig sicher nicht jedes Jahr, aber auf jeden Fall häufiger bevorstehen.

Aus diesen Gründen wäre es geradezu fahrlässig, nicht bereits heute geeignete Anpassungsstrategien zu entwickeln. Denn viele kommunale Entscheidungen und Investitionen haben langfristigen Charakter - sei es die Ausweisung neuer Baugebiete, die Errichtung von Gebäuden oder die Baumartenwahl bei der Waldbewirtschaftung. Selbstverständlich gibt es noch etliche Unsicherheiten und demzufolge auch kein Patentrezept für einen Anpassungsprozess. Aber darauf, was aktuell schon bekannt ist oder abgeschätzt werden kann, müssen wir reagieren, um unsere Stadt rechtzeitig auf den Klimawandel vorzubereiten und den Wandel so weit möglich zu gestalten.

Mit dem Bericht „Anpassung an den Klimawandel in Karlsruhe“ wurde 2008 eine erste Zusammenfassung wissenschaftlicher Erkenntnisse und möglicher Klimafolgen für den Karlsruher Raum vorgelegt. Der Bericht war seinerzeit ausdrücklich als Einstieg gedacht. Um eine systematische Auseinandersetzung mit den Auswirkungen des Klimawandels auf einzelne Handlungsfelder zu ermöglichen, haben wir vor einiger Zeit eine dezernatsübergreifende Arbeitsgruppe eingerichtet. Die nun vorgelegte Anpassungsstrategie ist das Ergebnis dieser Arbeit. Mein ausdrücklicher Dank gilt allen, die sich in der Arbeitsgruppe eingebracht haben, insbesondere auch den Vertreterinnen und Vertretern der beteiligten Institutionen außerhalb der Stadtverwaltung.

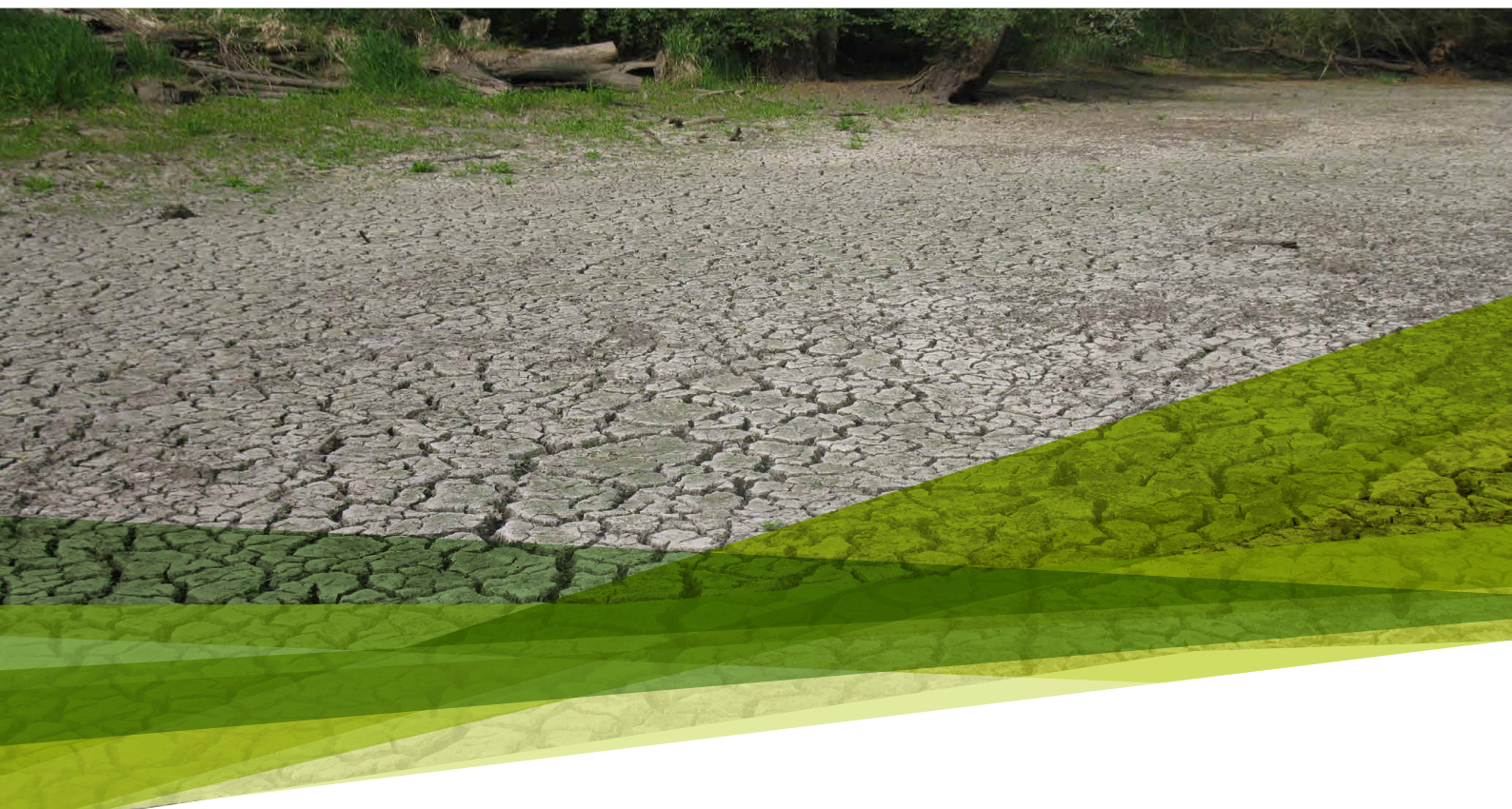
Angelegt ist die Anpassungsstrategie vor allem als umfassendere Bestandsaufnahme, in dem sie allgemeine Erkenntnisse zum Klimawandel in Deutschland mit den Karlsruher Gegebenheiten und bisherigen Aktivitäten abgleicht. Darüber hinaus zeigt sie in einer Gesamtschau Ansatzpunkte und Handlungsfelder für die zukünftige Ausrichtung eines lokalen Anpassungsprozesses auf. Die Untergliederung der kommunalen Handlungsfelder orientiert sich dabei weitgehend an den Themen der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS).

Die Anpassungsstrategie ist ausdrücklich als eine Rahmensezung zu verstehen und wird in ihren Inhalten

noch weiter konkretisiert. Als Beispiel lässt sich im Bereich Stadtplanung der derzeit in Bearbeitung befindliche „Städtebauliche Rahmenplan Klimaanpassung“ nennen. Es ist deshalb vorgesehen, in Zukunft regelmäßig in Form eines Fortschrittsberichts über neue Erkenntnisse und umgesetzte Anpassungsmaßnahmen zu berichten.



Klaus Stapf
Bürgermeister der Stadt Karlsruhe



1. Zusammenfassung: Wesentliche Ergebnisse im Überblick

1. Zusammenfassung: Wesentliche Ergebnisse im Überblick

Klimawandel: Ursachen, Beobachtungen, Szenarien

Die globale Perspektive

- Zwischen 1900 und 2005 ist die globale Durchschnittstemperatur um ca. 0,7 °C angestiegen, alleine um 0,6 °C in den letzten 50 Jahren. Aus rekonstruierten Daten (zum Beispiel Baumringanalysen) lässt sich schließen, dass die Temperaturen der letzten 50 Jahre sehr wahrscheinlich höher waren als jemals zuvor in den vergangenen 1.300 Jahren. Die Jahre 2000 bis 2009 sind die wärmste Dekade, die auf allen Kontinenten der Erde registriert wurde.
- In der Klimaforschung ist es heute - bis auf wenige Ausnahmen sog. „Klimaskeptiker“ - Konsens, dass die steigenden Konzentrationen anthropogener, also menschenverursachter Treibhausgase die wichtigste Ursache der globalen Erwärmung sind. Die Konzentration des bedeutendsten Treibhausgases CO₂ ist seit Beginn der Industrialisierung von ursprünglich ca. 280 Molekülen pro einer Millionen Luftteilchen (ppm) um fast 40 % auf ca. 390 ppm im Jahr 2011 gestiegen. An einigen Messstationen wurde bereits die „400er-Schwelle“ überschritten.
- Der häufig als Weltklimarat bezeichnete Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) wertet in regelmäßigen Abständen das gesammelte Forschungswissen zum Klimawandel aus und veröffentlicht dazu Sachstandsberichte. Für Ende 2013 ist die Veröffentlichung eines fünften Sachstandsberichts angekündigt. Im letzten Bericht von 2007 listet der IPCC zahlreiche Belege für den Klimawandel auf. Dazu zählen etwa der Anstieg des atmosphärischen Wasserdampfgehalts und die dadurch bedingte Beeinflussung des Niederschlagsgeschehens, der drastische Rückgang der meisten Gebirgsgletscher, der Rückgang des arktischen Meereises und des grönländischen Festlandseischildes, der Anstieg des Meeresspiegels oder die Zunahme extremer Wetterereignisse
- Bestandteil des Berichts sind auch sechs unterschiedliche Emissionsszenarien zur möglichen weiteren Entwicklung der Treibhausgasemissionen und darauf aufbauende Klimamodellierungen bis zum Jahr 2100. Im Ergebnis rechnet der IPCC mit einer Zunahme der globalen Durchschnittstemperatur zwischen 1,1 und 6,4 °C bis zum Jahrhundertende. Am wahrscheinlichsten betrachten die Forscher einen Anstieg von 1,8 bis 4 °C (sog. A1B-Szenario mit Mittelwert von 2,8 °C). Selbst wenn ab sofort keinerlei Treibhausgase mehr ausgestoßen würden, würde die Erderwärmung aufgrund der Trägheit des Klimasystems in den kommenden Jahrzehnten weiter ansteigen.
- Die Folgen einer ungebremsen Temperaturzunahme wären nach Ansicht des IPCC verheerend und würden von einer Zunahme extremer Wetterphänomene (Stürme, Überschwemmungen etc.) über eine sich verschärfende Wasserknappheit in vielen Regionen bis hin zu deutlichen Einschränkungen bei der Agrarproduktion führen. Durch den Meeresspiegelanstieg könnten Küstenstaaten wie Bangladesh größere Teile ihrer Landesfläche einbüßen, die Malediven sogar ganz von der Landkarte verschwinden. Für Europa gilt als sicher, dass die Gletscher in den Alpen weiter an Volumen verlieren werden. Bei einem Temperaturanstieg von 5 °C wären die Alpen noch innerhalb dieses Jahrhunderts praktisch eisfrei.
- Zu beachten sind auch ökonomischen Auswirkungen: Bereits 2006 bezifferte der vielbeachtete britische Stern-Report bei einem ungebremsen Klimawandel die Folgekosten auf fünf bis 20 Prozent des globalen Bruttosozialprodukts. Ein aktueller Bericht im Auftrag der EU schätzt die jährlichen zukünftigen Anpassungskosten durch den Klimawandel europaweit bereits in den 2020ern Jahren auf rund 20 Mrd. Euro sowie zwischen 600 Mrd. und 2.500 Mrd. Euro in den 2080ern - abhängig von der zukünftigen Entwicklung der Treibhausgasemissionen.
- Aufgrund dieser Erkenntnisse hat sich die Staatengemeinschaft im Zuge der jährlichen Weltklimagipfel mittlerweile auf das „2-Grad-Ziel“ verständigt. Es wird als Grenze von einem noch tolerablem zu einem „gefährlichen“ Klimawandel angesehen und sieht vor, dass die Erwärmung der globalen Durchschnittstemperatur in diesem Jahrhundert auf maximal 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau beschränkt werden muss.

- Ob das tatsächlich noch gelingen kann, wird immer öfter bezweifelt. Nach Berechnungen des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) müssten dazu alleine die Industrieländer noch vor 2015 den Trend ihrer CO₂-Emissionen umkehren und schon bis 2020 auf ein Drittel reduzieren. Tatsächlich haben die weltweiten CO₂-Emissionen sowohl 2010 als auch 2011 ein neues Rekordniveau erreicht. Damit übersteigt die weltweite Emissionsentwicklung den angenommenen Verlauf der meisten IPCC-Szenarien von 2007. Auch weitere vom Weltklimarat prognostizierte Entwicklungen insbesondere beim Meeresspiegelanstieg oder dem Abschmelzen des arktischen Meereises werden mittlerweile von der Realität weit übertroffen.
- Dies alles macht deutlich, dass ein ambitionierter Klimaschutz und die frühzeitige Anpassung an die unvermeidbaren Klimafolgen zu den wichtigsten Zukunftsaufgaben gehören (müssen).

Die regionale Perspektive

- Ähnlich wie im globalen Maßstab zeigen auch bei uns wichtige meteorologische Kenngrößen den Trend zum Klimawandel. Sowohl deutschlandweit als auch in Baden-Württemberg hat sich die Jahresmitteltemperatur seit 1901 um ziemlich genau 1 °C erhöht. Das vergangene Jahrzehnt (2000 bis 2009) war dabei die wärmste Dekade seit mindestens 130 Jahren. In den letzten zehn Jahren lagen mit Ausnahme von 2010 alle mittleren Jahrestemperaturen meist deutlich über dem langjährigen Durchschnitt.
- Besonders eindrücklich ist die gegenläufige Entwicklung bei klimatischen Kennwerten für das Sommer- und Winterhalbjahr. In Karlsruhe hat sich die Anzahl der Sommertage seit 1878 im Trend nahezu verdoppelt, die Anzahl der Eistage im gleichen Zeitraum dagegen halbiert.
- Signifikante Änderungen sind auch beim Gebietsniederschlag zu erkennen: Die Winterniederschläge haben zugenommen (in Süddeutschland nach Auswertungen im Rahmen des KLIWA-Forschungsvorhabens um bis zu 25 % seit 1931), im Sommer ist es, wenn auch nur leicht und nicht immer statistisch signifikant, trockener geworden.
- Um die zukünftige klimatische Entwicklung abschätzen zu können, werden regionale Klimamodelle eingesetzt, da die globalen Modelle viel zu grobmaschig sind. In Deutschland existieren hier vier unterschiedliche Modelle, die jeweils Vor- und Nachteile aufweisen und damit auch unterschiedliche Ergebnisse produzieren.
- Um zu aussagekräftigen Ergebnissen zu kommen, hat sich die Ensemblmethode bewährt, Dazu werden Simulationsläufe verschiedener Regionalmodelle zusammengefasst und statistisch gemittelt. Deutschlandweit existieren mittlerweile mehr als 30 unterschiedliche Simulationsläufe. Eine recht aktuelle Ensemble-Auswertung des Deutschen Wetterdienstes kommt zu dem Ergebnis, dass die Jahresmitteltemperatur in der „nahen“ Zukunft (2021 bis 2050) in Süddeutschland bis zu 2,5 °C steigen könnte, bis zum Ende des Jahrhunderts (2071 bis 2100) sogar um bis zu 4 °C (im Vergleich zur Referenzperiode 1961 bis 1990). Die bisherigen (gegenläufigen) Entwicklungen bei den klimatischen Sommer- und Winterkennwerten werden sich weiter fortsetzen, ebenso wie die bei der Niederschlagsverteilung im Sommer und Winter.
- In Baden-Württemberg wird die Durchschnittstemperatur bis zum Jahr 2050 nach Auswertung vorliegender Berechnungen voraussichtlich um 0,8 bis 1,7 °C steigen. Die Hitzetage treten dabei überschlägig doppelt so häufig auf. Im Gegenzug gehen die Frost- und Eistage deutlich zurück. Die Niederschläge im Winter werden je nach Region um bis zu 35 Prozent zunehmen.
- Im Rahmen des KLIWA-Vorhabens wurden bereits 2005 Klimaprojektionen für die Periode 2021 bis 2050 veröffentlicht. Für die kommunale Ebene sind diese Ergebnisse besonders interessant, da auch vergleichende Aussagen zu ausgewählten Regionen getroffen wurden - darunter Karlsruhe. Demnach würden sich in Karlsruhe alle wärmebezogenen Extremwertbetrachtungen (Sommertage, heiße Tage, Tropennächte) überdurchschnittlich entwickeln. Bei den heißen Tagen wäre beispielsweise im Mittel eine Verdopplung auf über 30 Tage wahrscheinlich. Die Anzahl der Sommertage würde im Raum Karlsruhe von derzeit knapp 60 Tagen bis Mitte des Jahrhunderts auf über 80 Tage ansteigen.
- Die damaligen Ergebnisse werden im Wesentlichen durch neuere, kleinräumigere Klimaszenarien bestätigt, die das Institut für Meteorologie und Klimaforschung am KIT berechnet hat. Mit dem gleichen Datensatz wurden auch erstmals Abschätzungen für die künftige Entwicklung von Starkregenereignissen modelliert. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich zwar die Niederschlagsmengen innerhalb eines Jahres kaum ändern werden, aber Jahre mit besonders nassen und besonders trockenen Perioden künftig wahrscheinlicher werden.
- Die vorliegenden Szenarienergebnisse ermöglichen einen guten Überblick, welche Entwicklung

uns in Karlsruhe in den nächsten Jahrzehnten mit großer Wahrscheinlichkeit bevorsteht. Kleinräumige Aussagen, welche Konsequenzen dies beispielsweise in einzelnen Stadtteilen oder sogar einzelnen Stadtquartieren hat, sind damit freilich nicht möglich. Hier besteht die Möglichkeit, die Ergebnisse eines regionalen Klimamodells durch ein statistisch-dynamisches Verfahren auf kleinere Raumeinheiten unter Berücksichtigung von lokalen Besonderheiten wie Landnutzung und Relief zu „übertragen“. Ein solches Vorgehen wurde im Rahmen des ExWoSt-Projekts im Nachbarschaftsverband Karlsruhe gewählt (siehe näher im Kapitel „Stadtplanung“).

Politische Initiativen und Rahmensetzung

- Mit der Anpassung an den Klimawandel beschäftigen sich im Grunde genommen alle staatlichen Ebenen, angefangen von den Vereinten Nationen, über die EU bis hin zu den Kommunen.
- Sowohl das auf UN-Ebene beschlossene „Rahmenabkommen zur Anpassung an den Klimawandel“ als auch das Weißbuch der EU-Kommission „Anpassung an den Klimawandel: Ein europäischer Aktionsrahmen“ sehen vor, dass auf nationalstaatlicher Ebene Anpassungsstrategien entwickelt und umgesetzt werden sollen.
- Die Bundesregierung hat 2008 die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) beschlossen. Sie soll den nationalen Rahmen für eine mittelfristige Anpassung an den Klimawandel vorgeben und enthält insbesondere eine übergreifende Darstellung der bereits eingetretenen sowie erwarteten Klimaänderungen und -folgen sowie erste Handlungsoptionen. Der im August 2011 vom Bundeskabinett verabschiedete Aktionsplan Anpassung unterlegt die DAS mit konkreten Maßnahmen und stellt vor allem die auf Bundesebene in den nächsten Jahren geplanten Aktivitäten vor.
- Parallel zu den Initiativen des Bundes entwickeln die Bundesländer eigene Anpassungsaktivitäten. Baden-Württemberg hat frühzeitig damit begonnen, den Klimawandel und seine Auswirkungen im Rahmen verschiedener Forschungsprogramme zu untersuchen (KLIWA, KLARA, „Herausforderung Klimawandel Baden-Württemberg“ und seit 2010 KLIMOPASS). Derzeit wird ressortübergreifend eine Anpassungsstrategie für Baden-Württemberg erarbeitet.
- Die strategische Beschäftigung mit dem Klimawandel auf der kommunalen Ebene steht meist noch am Anfang, gewinnt aber zunehmend an Bedeutung. Das zeigen etwa das Positionspapier „Anpassung an den Klimawandel“ des Deutschen Städtetags und erste Anpassungskonzepte wie sie in Frankfurt, Rostock oder Stuttgart erarbeitet wurden.
- In Karlsruhe wurde das Thema Klimawandel bereits in verschiedenen Zusammenhängen aufgegriffen, unter anderem durch Berücksichtigung in der Bürgerumfrage 2011, Umweltpädagogikan-

gebote, die Beteiligung der Stadt bzw. städtischer Dienststellen an einzelnen Forschungsprojekten sowie durch die Beteiligung an landes- und bundesweiten Aktivitäten oder Arbeitskreisen.

Regionale Auswirkungen und kommunale Anpassungsmaßnahmen

Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit

- Die zunehmende Hitzebelastung im Stadtgebiet stellt für anfällige Personengruppen wie ältere und pflegebedürftige Menschen sowie Kinder eine ernstzunehmende Gesundheitsgefährdung dar. Hier gilt es die Bevölkerung und die betreuenden Personen für ein angepasstes Alltagsverhalten zu sensibilisieren, aber auch (städte-)bauliche und grünordnerische Maßnahmen zur Umfeldverbesserung zu forcieren. Bestehende Informationskanäle wie der Hitzewarndienst sind bereits gut ausgebaut, eine Ausweitung auf weitere gefährdete Personengruppen und eine generell breitere Bevölkerungsansprache wären aber wünschenswert. Neue Modelle (zum Beispiel der „Trinkpaten“) aus anderen Kommunen sollen auf eine Übertragbarkeit geprüft werden. Ebenso werden verhaltensunterstützende Aktionen wie „Trinkwasser in der Schule“ weitergeführt.
- Vektorgetragene Infektionskrankheiten sind durch den Klimawandel auf dem Vormarsch. Karlsruhe ist hier, wie andere Kommunen im Oberrheingraben, besonders betroffen. Auch wenn die aktuelle Situation keinen Anlass zur Dramatisierung gibt, muss die weitere Entwicklung zum Beispiel bei der durch die Sandmücke übertragenen Leishmaniose oder dem West-Nil-Fieber (Tigermoskito) genau beobachtet werden. Da Stechmücken zu den Hauptvektoren gehören, kommt den Bekämpfungsaktionen durch die KABS (Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage e.V.) auch zukünftig eine besondere Bedeutung zu.
- Als klimabegünstigte Arten mit hohem Allergiepotenzial sind die Beifuß-Ambrosie und der Eichenprozessionsspinner in Karlsruhe bereits etabliert. Die begonnenen Bekämpfungsmaßnahmen werden fortgeführt und bei Bedarf angepasst bzw. ausgeweitet.
- Ansonsten beschränken sich die kommunalen Aktivitäten vorerst auf die Situationsbeobachtung und gegebenenfalls Unterstützung bei der Informationspolitik der Gesundheitsverwaltung.

Auswirkungen auf die Landwirtschaft

- Mit der Verlängerung der Vegetationsperiode sind bei einzelnen Hauptkulturen schnellere Ertragszuwächse und langfristig zwei Haupternten pro Saison möglich. Auch die höhere CO₂-Konzentration in der Atmosphäre führt tendenziell zu Ertragssteigerungen, kann aber Qualitätseinbußen durch verminderte Proteingehalte nach sich ziehen (zum Beispiel bei Backweizen).
- Die höheren Temperaturen begünstigen den Anbau neuer Sorten (zum Beispiel Soja, Sudanhirse),

beim Wein wird der Anbau spätreifender Reben wie Merlot langfristig möglich. Dagegen gedeihen Pflanzen mit einem geringeren Photosyntheseoptimum schlechter (Getreide, Raps, Rüben oder Kartoffeln). Insgesamt wird es im Rheintal zu Verschiebungen in der Konkurrenzkraft und des Anbauumfangs kommen, so wird ein deutlicher Rückgang der Weizenproduktion zugunsten des Maises projiziert.

- Längere Trockenphasen können den Ertrag und die Qualität des Ernteguts merklich beeinträchtigen, wie Auswertungen aus dem Hitzesommer 2003 belegen. Die Wasserverfügbarkeit wird mehr und mehr zu einem limitierenden Faktor in einzelnen Jahren. Bei Sommertrockenheit zeichnet sich deshalb auch in Karlsruhe eine Bewässerung auf mehr Flächen als heute ab.
- Die Anforderungen an den Pflanzenschutz werden steigen: Schädlinge können mehrere Generationen pro Jahr ausbilden (zum Beispiel Apfelwickler) und neue Schädlinge sich etablieren (zum Beispiel Tomatenminiermotte, Maulbeerschilddlaus). Auch für Pilzkrankheiten wie Getreideroste, Rindenbrand oder den Schorfbefall bei Obstbäumen werden die Bedingungen besser. Dies stellt gerade biologisch wirtschaftende Betriebe vor Herausforderungen und erzeugt einen wachsenden Bedarf für die Züchtung resistenter Sorten.
- Eine Anpassung an geänderte klimatische Bedingungen hat in der Landwirtschaft seit jeher stattgefunden, sie kann auch relativ flexibel auf Klimaänderungen reagieren. Allerdings müssen die pflanzenbaulichen Strategien mit Blick auf den Klimawandel proaktiv weiterentwickelt werden. Neben Anstrengungen in der Pflanzenzüchtung und Neuerungen im Sortenspektrum betrifft dies Anpassungen bei Aussaat, Fruchtfolge, Düngung, Bodenbearbeitung, Pflanzenschutz und beim Bewässerungsmanagement.
- Der Klimawandel und die Erprobung neuer Sorten und Anbaustrategien stellt einen aktuellen Schwerpunkt der landwirtschaftlichen Forschung dar. Eine wichtige Vermittlerfunktion in die Praxis hat die staatliche Landwirtschaftsberatung, die sich ebenfalls verstärkt dem Thema annimmt.
- Die Stadt Karlsruhe kann über die Pachtverhältnisse Einfluss auf die Landwirte nehmen und setzt neue Erkenntnisse auf eigen bewirtschafteten Flächen um (insbesondere Sortenwahl bei den städtischen Streuobstwiesen).

Auswirkungen auf Wald und Forstwirtschaft

- Neben der allgemeinen Temperaturerhöhung wird die Tendenz zu abnehmenden Sommerniederschlägen und häufigeren Trockenphasen die künftige Waldentwicklung erheblich beeinflussen. Besonders negativ wird sich der „Trockenstress“ dort auswirken, wo die Bäume schon heute unter Wassermangel und schlechten Standortbedingungen leiden. In Karlsruhe gelten diesbezüglich die Hardtwaldgebiete als anfällig. Zahlreiche Kiefern

weisen hier bereits große Vitalitätsverluste auf.

- Als landesweiter Verlierer des Klimawandels gilt die Fichte, die in Karlsruhe im Bestand aber keine große Rolle spielt. Buchen und Eichen bekommen vor allem in der Ebene Probleme, werden in Hanggebieten und höheren Lagen aber weiterhin gedeihen. Ansonsten profitieren vor allem trockenheitsverträglichere Laubbaumarten (zum Beispiel Esskastanie, Sommer- und Winterlinde, Vogelkirsche oder Elsbeere).
- Zwar steigt in Trockenperioden auch die Gefahr von Waldbränden. Für Karlsruhe dürfte daraus aber kein größerer Anpassungsdruck erwachsen, da durch die soziale Kontrolle bzw. das hohe Freizeitaufkommen entstehende Brände erfahrungsgemäß schnell gemeldet und gelöscht werden.
- In den letzten zwanzig Jahren haben die Sturmschäden erheblich zugenommen. Ob uns in der Zukunft mehr Stürme drohen, lässt sich anhand der bisherigen Forschungsergebnisse nicht belegen, auch wenn die Sturmintensität insgesamt leicht ansteigen dürfte. Nichtsdestotrotz muss zukünftig in regelmäßigen Abständen mit „Jahrhundertstürmen“ wie „Lothar“ oder „Kyrill“ gerechnet werden.
- Als weiterer Risikofaktor gilt die Zunahme von Baumschädlingen wie dem Borkenkäfer, der in Karlsruhe wegen des geringen Fichtenanteils aber weniger in Erscheinung tritt. Besonders den Eichen setzt mittlerweile eine ganze Reihe wärmeliebender Schadinsekten zu (Eichenprachtkäfer, Heldbock, Eichenprozessionsspinner). Verstärkt aufgetreten sind in den vergangenen Jahren zudem Baumschäden durch Pilze. Gerade das aktuelle Eschentriebsterben bereitet hier Sorge. Hinzu kommen sich ausbreitende Neophyten wie die Amerikanische Traubenkirsche oder die Kermesbeere.
- Im Stadtwald Karlsruhe ist die Vielfalt der vorkommenden Baumarten schon heute sehr groß und trägt damit mit Blick auf den Klimawandel zur Risikostreuung bei.
- Eine zentrale Aufgabe der Forstverwaltung wird es zukünftig sein, in Zusammenarbeit mit der praxisbezogenen Forschung neugewonnene Erkenntnisse zum Klimawandel im Wald kleinräumig in eigene Anpassungsstrategien zu überführen und umzusetzen. Als wichtigstes Planungsinstrument wird dabei die alle zehn Jahre stattfindende Forsteinrichtung des Stadt- und Staatswalds für die Jahre 2008 bis 2017 wurden erste Ansätze zur Anpassung berücksichtigt. Dazu gehört etwa der grundsätzliche Verzicht auf anfällige Bäume wie Fichte und Lärche und der ergänzende Anbau fremdländischer Baumarten wie Douglasie, Roteiche, Esskastanie oder Nuss.

Auswirkungen auf den Boden

- Funktionsfähige Böden übernehmen als CO₂-Senke eine wichtige Klimaschutzfunktion und können dazu beitragen, die Folgen des Klimawandels ab-

zumildern (Kaltluftproduktion, Niederschlagsversickerung etc.). Andererseits wird ihre Funktionsfähigkeit selbst ohne gezielte Anpassungsmaßnahmen durch den Klimawandel gefährdet.

- Höhere Temperaturen verstärken die Mineralisierung und den Humusabbau im Boden zum Teil deutlich. Die stärkere Entwässerung in Trockenzeiten gefährdet Niedermoores sowie grund- und stauwasser geprägte Böden mit hohem organischem Anteil und kann den Stoffaustrag ins Grundwasser erhöhen.
- Zunehmende Starkregenereignisse und Winterniederschläge haben eine höhere Erosionsgefahr zur Folge. Im Stadtgebiet von Karlsruhe sind vor allem die landwirtschaftlich genutzten Böden im Bereich der Vorbergzone und die lößbedeckten Flächen der Höhenstadtteile (vielfach mit erosionsanfälligen Maisanbau) als gefährdet einzustufen.
- Wegen der zunehmenden Niederschläge im Winterhalbjahr ist mit einem Anstieg von Bodenverdichtungen durch die Befahrung mit schweren Maschinen zu rechnen (Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Baumaßnahmen wie Leitungsbau etc.).
- Die Anpassungsmöglichkeiten im Bereich Boden erfordern grundsätzlich kein spezifisch anderes Vorgehen als die bislang diskutierten Ansätze zum Bodenschutz. Die Bedeutung dieser Maßnahmen wird aber durch den Klimawandel weiter steigen.
- Wichtige Stichpunkte für eine Anpassungsstrategie lauten demnach Flächensparen und Innenentwicklung, verstärkte Berücksichtigung von Bodenschutzaspekten bei Eingriffen und Kompensationsmaßnahmen, Vermeidung von Erosion durch angepasste landwirtschaftliche Bewirtschaftung (insbesondere ganzjährige Begrünung, konservierende/pfluglose Bodenbearbeitung, organische Humuszufuhr), Erhalt von Grünland und Umbruchverzicht, Einsatz von bodendruckmindernden Befahrungstechniken sowie Sicherung von Böden mit hoher Kohlenstoffbindung (zum Beispiel durch Nutzungsextensivierung oder gezielte Wiedervernässung).
- Speziell für Waldböden wird derzeit landesweit ein Konzept zur bodenschonenden Holzernte erarbeitet. Daraus werden sich auch Ansatzpunkte für die winterliche Holzurückung in Karlsruhe ergeben.

Auswirkungen auf Stadtklima und Stadtplanung

- Aus stadtplanerischer Sicht stellen der bereits heute in den Innenstadtgebieten ausgeprägte Wärmeinseleffekt („urban heat“-Problematik) und die prognostizierte Zunahme an hochsommerlichen Hitzeperioden eine besondere Herausforderung dar.
- Mit der im Rahmen der Tragfähigkeitsstudie des Nachbarschaftsverbands Karlsruhe durchgeführten Klimaanalyse stehen kleinräumige Informationen über die derzeitigen klimaökologischen Funktionszusammenhänge bei sommerlichen Hochdruckwetterlagen zur Verfügung. Das betrifft insbesondere die bioklimatische Belastung des Siedlungs-

raums sowie die Lage und Wertigkeit kaltluftproduzierender Ausgleichsräume und Luftleitbahnen. Diese lassen sich der Klimafunktionskarte und der Planungshinweiskarte als zentrale Planwerke entnehmen.

- Die Intention des im Herbst 2012 abgeschlossenen ExWoSt-Modellprojekts „Innenentwicklung versus Klimakomfort im Nachbarschaftsverband Karlsruhe“ bestand darin, den ökologisch sinnvollen Ansatz der Innenentwicklung unter dem Aspekt des Klimawandels „zukunftsicher“ zu machen. Dazu wurde auch die wahrscheinlich zu erwartende bioklimatische Belastungssituation bis zum Jahr 2100 anhand verschiedener Klimaparameter modelliert. Die Ergebnisse zeigen, wie sich die Projektionen der regionalen Klimamodelle konkret im Stadtgebiet auswirken dürften und wo die zukünftigen „Hot Spots“ der Wärmebelastung zu verorten sind. So wird etwa die Anzahl der heißen Tage (> 30 °C) bis zur Jahrhundertmitte deutlich ansteigen, bis zum Ende des Jahrhunderts ist in etwa von einer Verdopplung auszugehen. Das würde bedeuten, dass in weiten Teilen des Stadtgebiets - auch außerhalb der Innenstadt - in Extremjahren mit bis zu 70 Hitzetagen und mehr gerechnet werden muss.
- Die allgemeinen Ansatzpunkte gegen die „urban heat“-Problematik reichen von der Sicherstellung der Kaltluftabflüsse über grünordnerische Maßnahmen (Grünflächen, Stadtbäume, Dach- und Fassadenbegrünungen etc.) bis hin zu baulichen Anpassungen (zum Beispiel Erhöhung des Abstrahlungseffektes von Bauteilen durch „Albedomanagement“). Zwar sind die konkreten Effekte nur situationsbezogen zu beurteilen, übertragbare Erkenntnisse lassen sich jedoch aus aktuellen Untersuchungen ableiten. Im Rahmen des Stadtentwicklungsplans Klima Berlin wurde zum Beispiel für Stadtbäume im Innenstadtbereich nachgewiesen, dass diese eine Temperaturabsenkung von bis zu 12 °C im unmittelbaren Aufenthaltsraum bewirken können.
- Auch im ExWoSt-Projekt wurde die Wirksamkeit verschiedener Anpassungsmaßnahmen quartiersbezogen mit Hilfe einer mikroskaligen Klimamodellierung überprüft. In mehreren Vertiefungsgebieten, darunter „Karlsruhe Ost“ entlang der Durlacher Allee, wurden zwei Planungsvarianten für mögliche Innenentwicklungen entworfen und analysiert. Als Ergebnis konnten fünf Kernaussagen für wichtige Anpassungsmaßnahmen formuliert werden:
 1. Offenhalten von Leitbahnen für die Kalt-/Frischluftlieferung während austauscharmer Strahlungswetterlagen,
 2. Quartiersbezogene Zuordnung von ausreichend großen Grünflächen,
 3. Bäume in der Stadt als verschattendes Element,
 4. Entkernung von (relativ hoch verdichteten) Blockinnenbereichen,
 5. Gebäudetypologien entwickeln, die große

grüngeprägte Abstandsflächen ermöglichen und die erforderlichen Baumassen eher über höhere Gebäudetypologien erreichen.

- Vorrangiges Instrument zur Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen ist die kommunale Bauleitplanung. Für städtebauliche Verbesserungen im Bestand kommt zudem die Ausweisung als Sanierungsgebiet in Frage (unter anderem zur Förderung von Entsiegelungsmaßnahmen im privaten Bereich).
- In Bebauungsplänen wird das Thema bislang vor allem über Festsetzungen für eine flächensparende Bauweise und zur Begrünung aufgegriffen. Außerdem werden zur besseren Beurteilung der klimatischen Auswirkungen bestimmter Vorhaben Klimagutachten in Auftrag gegeben. In den nächsten Jahren wird es darum gehen, stadtklimatische Aspekte systematisch in Planungsprozessen zu berücksichtigen und nicht nur einzelfallbezogen. Das gilt auch für Wettbewerbe und die Ausarbeitung städtebaulicher Entwürfe, wie derzeit etwa bei der „Planungswerkstatt Durlacher Allee“ gehandhabt.
- Für die aktuelle Fortschreibung des Flächennutzungsplans ist es ein erklärtes Verfahrensziel, den Aspekt der Klimaanpassung in besonderer Weise zu berücksichtigen. Auch bei der Fortschreibung des Landschaftsplans bilden die Themenbereiche Klimawandel und (klimawirksamer) Grünflächenverbund Schwerpunkte.
- Eine zentrale strategische Funktion für die weiteren Aktivitäten kommt dem geplanten „Städtebaulichen Rahmenplan Klimaanpassung“ zu. Dieser beinhaltet unter anderem vertiefende Verletzlichkeitsanalysen und eine detaillierte Betrachtung einzelner „Hot-Spot“-Quartiere im Stadtgebiet. Ziel ist die Formulierung einer räumlich differenzierten Kulisse an Anpassungsmaßnahmen für thermisch belastete Gebiete mit Wohnbebauung und die weitere Grün- und Freiflächenentwicklung. Der Rahmenplan soll bis Mitte 2014 vorliegen und wird zukünftig die Ableitung konkreter Festsetzungen für die Bebauungsplanebene erleichtern, aber auch Grundlage für gezielte Verbesserungen im Bestand sein.

Auswirkungen auf Gebäude

- Im Vordergrund steht die zunehmende sommerliche Hitzebelastung in den Stadtquartieren und die damit verbundene Aufheizung von Gebäuden. Das betrifft aufgrund der Altersstruktur zahlreiche Bestandgebäude in Karlsruhe, ebenso städtische Liegenschaften.
- Neben der Hitzethematik erzeugen auch andere Klimafolgen wie die mögliche Zunahme von Starkregenereignissen und feuchtere Winter auf der architektonischen Ebene einen gewissen Anpassungsdruck.
- Die relevanten Normen und Richtlinien für Bauplanung und -ausführung basieren derzeit weitgehend noch auf Klimadaten aus der Vergangenheit. Ein Anliegen des Deutschen Wetterdienstes ist es,

dass bei der Fortschreibung der Normen auch aktuelle Erkenntnisse des Klimawandels Berücksichtigung finden. In den Normen zur Bemessung von gebäudebezogenen Entwässerungsanlagen (insbesondere DIN 1986-100) sind bereits seit 2008 die Gefahren für vermehrt auftretende Starkregenfälle und entsprechende Zuschläge für die Berechnung von Regenwasserleitungen und Grundleitungen enthalten.

- Durch die Dämmung von Gebäuden ergeben sich offensichtliche Synergieeffekte mit dem Klimaschutz, da dies im Winter nicht nur zum Energiesparen beiträgt, sondern im Sommer auch die Erwärmung der Gebäudehülle deutlich abmildert. Die Steigerung der energetischen Sanierungsquote ist ein langfristiges Ziel der städtischen Klimaschutzpolitik und wird bereits in unterschiedlicher Form unterstützt (Bonusprogramm „Energetische Sanierung im privaten Altbaubereich“, Förderprogramm für private Modernisierungsmaßnahmen in Sanierungsgebieten, Energieberatung, Effizienz-Konvoi etc.).
- Als weitere „Anpassungsmaßnahme“ lässt sich ein zunehmender Einsatz von konventionellen Klimaanlage und Raumklimageräten beobachten. Allerdings steigt damit der Stromverbrauch stark an, was klimapolitisch kontraproduktiv ist.
- Für städtische Gebäude definiert die Leitlinie „Energieeffizienz und nachhaltiges Bauen“ verbindliche Vorgaben an die Baukonstruktion, technische Anlagen, Bauteile und Komponenten. Die Reduzierung sommerlicher Wärmelasten wird darin recht ausführlich behandelt, wobei - ganz im Sinne des Klimaschutzes - eine konventionelle Klimatisierung nur in Ausnahmefällen zulässig und die erforderliche Kühlung möglichst mit anderen Maßnahmen zu gewährleisten ist. Die Leitlinie wird seit Inkrafttreten sowohl bei Neubaumaßnahmen als auch bei Bestandssanierungen angewendet.
- Es ist geplant, eine systematische Bestandsaufnahme von städtischen Gebäude- und Nutzungstypen durchzuführen, die über ein besonderes Risiko einer hohen und steigenden Wärmebelastung verfügen. Zur Identifizierung besonders „hitzeanfälliger“ Gebäude hat das Amt für Hochbau und Gebäudewirtschaft (HGW) damit begonnen, an ausgewählten Schulen mittels Datenloggern automatisierte Temperaturmessungen in Klassenzimmern durchzuführen. Dieses Temperaturmonitoring soll systematisch ausgeweitet werden.
- Ergänzend entwickelt das HGW ein Konzept, wie bei Bestandsgebäuden mit einfachen technischen Mitteln insbesondere die Nachtkühlung effektiver genutzt werden kann (zum Beispiel durch Installation und automatische Steuerung von Nachtlüftungskappen). Die exemplarische Erprobung in einem Referenzgebäude (H-Bau des Max-Planck-Gymnasiums) ist für 2014 vorgesehen.

Auswirkungen auf das Stadtgrün

- Der Klimawandel wirkt sich in zweierlei Hinsicht auf das Stadtgrün aus: Zum einen stellt die prognostizierte Zunahme an Hitzetagen und Trockenperioden die Grünflächenpflege und die langfristige Eignung einzelner Baumarten vor große Herausforderungen. Zum anderen steigt aufgrund der klimatisch ausgleichenden Funktion von Grünflächen der innerstädtische Bedarf an Grünstrukturen - im Großen wie im Kleinen.
- Viele Stadtbäume leiden in den Sommermonaten zunehmend unter Trockenstress, wie sich zum Beispiel an den Langzeitschäden bei etlichen Ahornbäumen nach dem Hitzesommer 2003 belegen lässt. Damit nimmt gleichzeitig der Bewässerungsbedarf in einzelnen Jahren stark zu. Das Gartenbauamt berücksichtigt deshalb bei Neuanpflanzungen Bäume, die als „stadtklimafest“ gelten, also wärmeresistentere Arten mit einem geringeren Wasserbedarf. Dazu gehören sowohl bestimmte einheimische Arten und Selektionen, in eingeschränktem Maße aber auch „Exoten“ wie Gingko, Japanischer Schnurbaum oder Gleditschie. Die Artenzusammensetzung des Baumbestands ist bereits heute vergleichsweise vielfältig und wird weiterhin kontinuierlich erhöht, auch um evtl. Kalamitäten mit neuen Pflanzenschädlingen vorzubeugen.
- Von den milderen Temperaturen profitieren Pflanzenschädlinge und Neophyten. Besonders auffällig im Stadtbild sind die Schäden durch die Rosskastanien-Miniermotte. Auch Pilze (Eschentriebssterben, Massaria-Krankheit bei Platanen) und invasive Arten machen Probleme. Abhilfe ist nur durch eine gezielte Bekämpfung möglich, etwa durch konsequentes Einsammeln des Laubs (Rosskastanien-Miniermotte) oder in Ausnahmefällen durch biologische und synthetische Pflanzenschutzmittel (Eichenprozessionsspinner, Japanischer Staudenknöterich).
- Neben der regelmäßigen Baumkontrolle und -pflege sowie der Umwandlung von Rasengrün in artenreiche und klimawirksame Blumenwiesen führt das Gartenbauamt als weitere Anpassungsmaßnahme Baumsanierungen durch. Dabei wird die vorhandene Erde in den Pflanzgruben gegen ein weniger verdichtungsempfindliches Spezialsubstrat mit hohem Porenvolumen und Wasserspeichervermögen ausgetauscht. Für ausgewählte Einzelstandorte wird die Einsatzmöglichkeit geeigneter Bewässerungssysteme geprüft (zum Beispiel Unterflurbewässerung, Wasserspeicherung in Zisternen).
- Das gesamtstädtische Grünsystem wird mit dem Ziel, lineare Grünverbindungen miteinander zu vernetzen und Defizite in der Grünversorgung dicht bebauter Stadtteile auszugleichen beständig weiterentwickelt. Wichtige neue Projekte stellen insbesondere der Stadtpark Südost und der Otto-Dullenkopf-Park dar.
- Seit den 1970er Jahren konnte der Bestand an Straßenbäumen nahezu verfünffacht werden (ein-

schließlich Neubaugebiete). Weitere Baumpflanzungen im Bestand sind wegen unterschiedlicher Restriktionen (unterirdische Leitungen, Fassadenabstände) nur noch punktuell möglich. Als weitere Maßnahme wird die Begrünung von Rasengleisen vorangetrieben.

- Wichtige Impulse für Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen im privaten Bereich lassen sich über die Aktion „Grüne Höfe, Dächer und Fassaden für Karlsruhe“ setzen, die seit über 30 Jahren existiert und den Hinterhofwettbewerb sowie einen speziellen Förderprogramm beinhaltet.
- Im Rahmen der Bauleitplanung werden über Festsetzungen Standards für eine klimawirksame Freiflächen- und Bauwerksbegrünung gesichert. Bei der aktuellen Fortschreibung des Landschaftsplans bilden zudem die Themenbereiche Klimawandel und Grünflächenverbund Schwerpunkte.

Auswirkungen auf Natur und Biodiversität

- Durch den Klimawandel verlagern sich die Klimazonen in Europa nach Norden bzw. in die Höhe. Erste Vorboten lassen sich auch schon bei uns beobachten, etwa durch die frühere Ankunft von Zugvögeln oder den Zuzug wärmeliebender Arten wie der Gottesanbeterin. Da nicht alle Arten in derselben Weise und Geschwindigkeit auf klimatische Veränderungen reagieren können, wird es langfristig zu Verschiebungen bei den Artengemeinschaften und den Ökosystemen kommen. Erste Abschätzungen gehen davon aus, dass ein Temperaturanstieg von deutlich über 1 °C bundesweit zu Artenverlusten von 30 % und mehr führt. Der Klimawandel stellt insofern neben anderen maßgeblichen Gefährdungsfaktoren (Flächenverbrauch und -zerschneidung, Intensivlandwirtschaft, Nährstoffeinträge etc.) eine zunehmend bedeutsame Ursache für den Rückgang der derzeitigen Biodiversität dar.
- Ob eine Art durch den Klimawandel besonders gefährdet oder eher als „robust“ einzustufen ist, hängt von verschiedenen Bedingungen ab. Generell sind vor allem solche Arten anfällig, die sehr spezifische Lebensraumsansprüche haben (insbesondere Feuchtlebensräume) und denen nur ein kleines potenzielles Verbreitungsgebiet zur Verfügung steht oder die sich neue Lebensräume aufgrund schlechter Ausbreitungsmöglichkeiten nicht oder nur schwer erschließen können. Wärmeliebende und besonders mobile Arten sowie „Allerweltsarten“ mit einem hohen Toleranzspektrum sind dagegen kaum betroffen oder profitieren sogar vom Klimawandel.
- Neben natürlichen Wanderungsbewegungen (zum Beispiel aus dem Mittelmeerraum) fördert der Klimawandel auch die Etablierung eingeschleppter, in Mitteleuropa nicht heimischer Individuen. Besonders problematisch sind dabei „invasive“ Arten, die einen stark negativen Einfluss auf die Biodiversität ihres neuen Lebensraums ausüben. Für diese müssen gezielte Bekämpfungsstrategien entwick-

kelt werden. In Karlsruhe betrifft dies beispielsweise die Amerikanische Traubenkirsche.

- Ähnlich wie bei den Arten besteht auch bei den Lebensräumen ein starker Zusammenhang zwischen Wasserabhängigkeit und negativen Einflüssen des Klimawandels. Für die bestehenden Schutzgebiete und Naturschutzflächen in Karlsruhe lässt sich daraus ableiten, dass Feuchtlebensräume wie die temporären Gewässer in der Kinzig-Murg-Rinne (Rüppurrer Wiesen, Weingartener Moor) oder die Nass- und Feuchtwiesen im NSG „Burgau“ tendenziell deutlich stärker gefährdet sind als Trockenstandorte (wie zum Beispiel die Magerrasen des Alten Flugplatzes)
- Bei der Entwicklung von möglichen Anpassungsmaßnahmen gilt: Je größer die biologische Vielfalt eines Ökosystems ist, umso elastischer kann es auf Veränderungen reagieren. Neben der Stabilisierung vorhandener Schutzgebiete (insbesondere von Feuchtlebensräumen) besteht deshalb ein zentraler Ansatz darin, die klimabedingten Wander- und Ausweichbewegungen von Arten zu unterstützen und ein ausreichend dichtes Netz an Lebensräumen anzubieten. Mit der Biotopverbundplanung liegen in Karlsruhe dafür bereits die notwendigen konzeptionellen Grundlagen vor. Ziel ist die langfristige Sicherung von möglichst großer Kern-/Entwicklungsgebiete und kleinerer Trittsteinbiotope sowie die Beseitigung punktueller und landschaftlicher Barrieren. Die dazu formulierten Maßnahmenvorschläge sollen in den nächsten Jahren Schritt für Schritt umgesetzt werden und in übergeordnete Planungen einfließen. Neben der Darstellung von Kernflächen und Verbundbeziehungen im Flächennutzungs- und Landschaftsplan beinhaltet dies auch die Fortschreibung der Schutzgebietskulisse durch die Ausweisung weiterer Landschaftsschutzgebiete und flächenhafter Naturdenkmale.
- Darüber hinaus sind auch artspezifische Unterstützungsmaßnahmen sinnvoll und notwendig. Zwar gibt es in Karlsruhe bereits eine Reihe von Aktivitäten zum Schutz einzelner besonders gefährdeter Arten. Ein umfassendes Schutzkonzept liegt aber noch nicht vor. Als weiterer strategischer Ansatzpunkt wird deshalb die Erarbeitung eines kommunalen Artenschutzkonzeptes unter besonderer Berücksichtigung des Klimawandels angestrebt.

Auswirkungen auf Gewässer

- Datenauswertungen und Simulationen der Wasserabflüsse in Süddeutschland im Rahmen des länderübergreifenden Kooperationsprojekts KLIWA zeigen, dass Hochwasserereignisse bis zur Mitte des Jahrhunderts besonders im Winter aufgrund der Klimaänderung und der Verlagerung von Niederschlägen in das Winterhalbjahr weiter zunehmen werden.
- Aufgrund der Simulationsergebnisse wurden in Baden-Württemberg für alle relevanten Gewässer sog. Klimafaktoren entwickelt, um die Wahrscheinlichkeit für zunehmende Hochwasserereig-

nisse besser abbilden zu können. Während die Alb auf Karlsruher Gemarkung in die Faktorengruppe 2 fällt, wird die Pfalz weitgehend der Faktorengruppe 3 zugeordnet. Demnach steigt zum Beispiel die Abflusswahrscheinlichkeit für ein Hochwasserereignis, das heute im Mittel etwa alle fünf Jahre auftritt (HQ_5), bei der Alb langfristig um 45 % (Faktor 1,45), bei der Pfalz um 65 % (Faktor 1,65). Für ein 100-jährliches Hochwasser (HQ_{100}) beträgt der Klimafaktor jeweils 1,15.

- Der Oberrhein war in diesen Betrachtungen bislang nicht enthalten. Aktuelle Klimaprojektionen für die Rheinpegel kommen in einem Zukunftsszenario (Periode 2021 bis 2050) zu dem Ergebnis, dass für die mittleren Hochwasserabflüsse - im Gegensatz zu den anderen Fließgewässern - keine signifikanten Änderungen zu erwarten sind. Ob dies auch für extreme Hochwasserereignisse gilt, ist derzeit Gegenstand weiterer Untersuchungen.
- Die Anpassungsmaßnahmen bei Hochwasser sind grundsätzlich deckungsgleich mit den bislang bewährten Bausteinen des Hochwasserrisikomanagements, es ist aber eine höhere Flexibilität etwa hinsichtlich der Bemessung technischer Anlagen erforderlich.
- Besonders die Alb war in den vergangenen Jahrzehnten öfters von extremen Hochwasserereignissen betroffen, zuletzt 2002. Das in den Jahren 1983 bis 1990 errichtete System von Rückhalteräumen südlich von Karlsruhe bietet keinen ausreichenden Schutz mehr. Die Wiederherstellung des 100-jährlichen Hochwasserschutzes hat deshalb auch mit Blick auf den Klimawandel oberste Priorität. Die Städte Karlsruhe und Ettlingen haben zu diesem Zweck eine Planungsgemeinschaft gegründet. Nach Abschluss der Umweltverträglichkeitsstudie Mitte 2012 steht als nächster Schritt das Planfeststellungsverfahren an.
- Im Zuge der Umsetzung des Integrierten Rheinprogramms des Landes soll der 200-jährliche Hochwasserschutz für den Rheinabschnitt Karlsruhe durch den Bau von Retentionsräumen südlich von Iffezheim bis 2018 wieder hergestellt werden. Durch die Einweihung des Polders Söllingen/Greffern im Jahr 2005 hat sich die Sicherheit für Karlsruhe bereits auf ein 120-jährliches Hochwasser erhöht. In Karlsruhe selbst soll mit dem Hochwasserrückhalteraum Bellenkopf/Rappenwört ein gesteuerter Polder eingerichtet werden. Hier läuft derzeit noch das Planfeststellungsverfahren.
- Ein wesentliches Instrument der Hochwasservorsorge sind Hochwassergefahrenkarten. Seit Januar 2013 liegen diese für das Einzugsgebiet des nördlichen Oberrheins (Teil Rheinebene) vor. Mit der Veröffentlichung der Karten durch die Untere Wasserbehörde werden die bei einem 100-jährlichen Hochwasser potenziell überschwemmten Bereiche förmlich als Überschwemmungsgebiet festgesetzt, was unter anderem Nutzungsrestriktionen für betroffene Grundstückseigentümer zur Folge hat. Aufbauend auf den Gefahrenkarten werden

derzeit landesweit Hochwasserrisikomanagementpläne für die jeweiligen Einzugsgebiete erarbeitet.

- Als weitere Klimafolge werden Niedrigwasserereignisse tendenziell zunehmen. Negative Auswirkungen ergeben sich vor allem für die Flüsse als Lebensraum (unter anderem durch sinkende Sauerstoffgehalte), es können aber auch wirtschaftliche Nachteile entstehen. Für Alb und Pfalz wird insgesamt zwar nur eine schwache Abnahme prognostiziert, beide Gewässer weisen aber heute schon aufgrund der geringen Vorfüllung starke Niedrigwassertendenzen im Sommer auf. Eine Ausnahme bildet wiederum der Rhein: Hier ist bis zur Mitte des Jahrhunderts von keiner Verschärfung der mittleren Niedrigwasserabflüsse auszugehen. Die voraussichtliche Entwicklung bei extremen Niedrigwassern (wie zum Beispiel das vom November 2011) wird derzeit noch näher beleuchtet.
- Die Anpassungsmaßnahmen bei Niedrigwasser sind deutlich eingeschränkter. Im akuten Fall kommen vor allem Nutzungseinschränkungen in Betracht, zum Beispiel für die Kühlwasserentnahme/-einleitung von Kraftwerken und Industrieanlagen (sind in der Regel schon Bestandteil der Wasserrechte) oder Einschränkungen des Gemeingebrauchs (zum Beispiel Kanunutzung auf Alb und Pfalz).

Auswirkungen auf die Trinkwasserversorgung und Grundwasserbewirtschaftung

- In Karlsruhe beruht die Trinkwasserversorgung ausschließlich auf der Nutzung von Grundwasser. Aufgrund der Ergebnisse aktueller Modellszenarien für den Oberrhein kann davon ausgegangen werden, dass der Klimawandel in naher Zukunft zu keiner signifikanten Beeinträchtigung der Grundwasserneubildung im Jahresmittel führt. Durch die Lage der Karlsruher Wasserwerke in ausgedehnten Waldflächen besteht zudem ein effektiver Schutz gegen Stoffausträge ins Grundwasser, die klimabedingt eher zunehmen werden.
- Im Sinne einer nachhaltigen Bewirtschaftung übersteigt die jährliche Grundwasserneubildungsrate die Entnahmemenge für die Trinkwasserversorgung deutlich. Dies wird auch zukünftig selbst in trockenen Jahren so bleiben. Im jahreszeitlichen Verlauf sind aber in ausgeprägten Hitzeperioden und beim Zusammentreffen mehrerer ungünstiger Faktoren (Ausfälle von Versorgungsstrukturen) Versorgungsengpässe möglich.
- Auswirkungen auf das Verteilernetz wird es durch den Klimawandel voraussichtlich nicht geben, sämtliche Trinkwasserleitungen im Versorgungsgebiet weisen eine ausreichende Erddeckung auf. Wichtig ist zudem die Verweilzeiten des Trinkwassers im Netz durch eine entsprechende Behälter- und Netzbewirtschaftung niedrig zu halten.
- Die allgemein zur Diskussion stehenden und für Karlsruhe relevanten Anpassungsmaßnahmen für die Wasserversorgung sind in den Aktivitäten und Planungen der Stadtwerke bereits im Wesentlichen berücksichtigt. Aus Sicht der Stadtwerke kommt

dem vorgesehenen Neubau des Wasserwerk Kastenwört zur langfristigen Sicherung der Trinkwasserversorgung strategische Bedeutung zu.

Auswirkungen auf die Stadtentwässerung

- Für die Stadtentwässerung ist der Umgang mit extremen Starkregenereignissen eine wesentliche Klimafolge, da diese langfristig in Häufigkeit und Intensität zunehmen dürften. Durch die zeitweise Überlastung des Kanalnetzes kann es zu Überflutungen im Straßenraum kommen. Solche Wassereinstaus waren in den letzten Jahrzehnten auch in Karlsruhe kleinräumig immer wieder zu beobachten.
- Lang anhaltende Trockenphasen können aufgrund des ausbleibenden Regenwasserdurchflusses zu Ablagerungen im Kanal und zu Geruchsbelästigungen führen. Bislang ergab sich hier in Karlsruhe noch kein vorrangiger Handlungsbedarf.
- Für die Abwasserreinigung sind durch Starkregen oder Hitzeperioden keine wesentlichen Auswirkungen zu erwarten. Das Klärwerk und betriebsrelevante elektrische Anlagen wären aber bei einem Rheinhochwasser im Falle eines Dammbereichs überflutungsgefährdet.
- Die Bemessung der öffentlichen Entwässerungsanlagen in Karlsruhe ist derzeit ausreichend und entspricht den aktuellen Normen, die schon Ende der 1990er Jahre hinsichtlich der abzuführenden Regenmengen um 30 % erhöht wurden.
- Zur Ermittlung der potenziellen Überflutungsgefährdung bei Starkregen (wo sind Geländetiefpunkte, wo sammelt sich Wasser, wo sind oberflächige Fließwege und Flutmulden etc.) wird eine bislang testweise angewandte Analysemethodik auf GIS-Basis demnächst auf das gesamte Stadtgebiet ausgeweitet.
- Wichtige Ansatzpunkte zur Reduzierung des Regenwasserabflusses sind die Regenwasserversickerung und -rückhaltung. Im Falle der Versickerung bestehen in Karlsruhe gewisse Einschränkungen (insbesondere hohe Grundwasserstände in der Kinzig-Murg-Rinne), ansonsten wird diese im Rahmen der Bauleitplanung möglichst konsequent umgesetzt. Im Stadtgebiet gibt es darüber hinaus mehrere offene Rückhaltebecken und einzelne unterirdische Retentionsspeicher. Diese sollen hinsichtlich der Wasserbeschickung und Drosselung in den nächsten Jahren technisch optimiert werden (Aktivierung bereits unterhalb der Bemessungsjährlichkeit), um den Schutz der Unterlieger weiter zu verbessern.
- Die Einführung der gesplitteten Abwassergebühr hat vor allem im Neubaubereich Effekte erzielt. Die Systematik wird ab 2015 auf alle Grundstücke im Stadtgebiet übertragen (verpflichtend bisher nur für Grundstücke > 1.000 m²).
- Aspekte der Überflutungsvorsorge müssen zukünftig systematischer in Planungsverfahren Berücksichtigung finden. Dazu wären u.a. bei städtebaulichen Wettbewerben und Bebauungsplanverfahren

projektbezogene Aussagen zum Thema aufzunehmen. Dies erfordert auch eine intensivere Zusammenarbeit und Bewusstseinsbildung innerhalb der Stadtverwaltung.

- Ein neuer Strategieansatz zum Umgang mit Starkregenereignissen ist die „multifunktionale Flächen-nutzung“. Dabei werden Freiflächen mit anderen Hauptnutzungen (zum Beispiel öffentliche Parks oder Spielflächen) im Falle eines Starkniederschlags gezielt geflutet und als Retentionsraum verwendet. In Karlsruhe existieren erste Umsetzungsbeispiele (Technologiezentrum, Konversionsgebiete Knielingen und Neureut). Sofern ausreichend Flächen zur Verfügung stehen, soll das Konzept bei Neuplanungen zukünftig in breiter Form umgesetzt werden.
- Durch die Definition und Anlegung von Notwasserwegen können Verkehrs- und Freiflächen für einen gezielten Oberflächenabfluss genutzt werden, falls die Kapazitätsgrenzen der Kanalisation überschritten sind. Bei der Straßenneuplanung wird diesem Aspekt soweit möglich Rechnung getragen (zum Beispiel Verkipfung neuer Straßen zur Bergseite und talseitige Einbordung, Verwendung von Mittelrinnen und Erhöhung der Querneigung zur Mitte) und so ein zusätzliches Speichervolumen im Straßenbereich generiert.
- Zur Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Extremereignissen sind Objektschutzmaßnahmen im privaten Bereich erforderlich (zum Beispiel Höherlegung von Kellerfenstern, Verwallungen an Souterrainwohnungen, Einbau von Rückstauklappen etc.). Das Tiefbauamt informiert betroffene Bürgerinnen und Bürger hierzu auf unterschiedliche Weise (Vor-Ort-Beratungen auf Anfrage, Beratungsbroschüre, Öffentlichkeitsarbeit). Eine noch stärkere Sensibilisierung wäre aber wünschenswert, damit diese Aspekte bei Neu- und Umbauten noch mehr Berücksichtigung finden.

Auswirkungen auf die Energieversorgung

- Anhaltende Trockenphasen können zu Problemen bei der Kühlung großer Kraftwerke wegen des geringeren Kühlwasserdargebots führen, was gegebenenfalls Leistungsdrosselungen und im Extremfall Netzindestabilitäten sowie mögliche Zwangsabschaltungen einzelner Netzbereiche zur Folge hat. Eine solche Situation wäre im Hitzesommer 2003 beinahe eingetreten.
- Betroffen von einer solchen Entwicklung wäre auch das Rheinshafendampfkraftwerk (RDK) im Karlsruher Rheinhafen. Nach Angaben der EnBW können dort aber aufgrund verschiedener Maßnahmen (insbesondere durch den neuen Kühlturm) selbst bei starkem Rheinniedrigwasser und vergleichbaren Temperaturen wie im Sommer 2003 die Grenzwerte für eine Kühlwasserrückführung eingehalten und damit ein stabiler Betrieb gewährleistet werden. Sollte es dennoch zu Leistungsdrosselungen im RDK kommen, ergibt sich daraus für Karlsruhe keine unmittelbare Konsequenz, da die Stadtwerke

ke nur einen ganz geringen Teil ihres vermarkteten Stroms direkt aus dem Kraftwerk beziehen. Rund 95 Prozent werden über das allgemeine Verbundnetz bezogen. Auf den Betrieb des Heizkraftwerks West der Stadtwerke haben Hitzeperioden keinen Einfluss.

- Für Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien kann der Klimawandel ebenfalls negative Folgen haben. Das gilt insbesondere für die Wasserkraft in Niedrigwasserphasen.
- Die für die Netzinfrastruktur diskutierten Klimarisiken sind in Karlsruhe als sehr überschaubar zu werten. Das gilt zum Beispiel für wind- und blitzbedingte Störungen an Freileitungen, da ein Großteil des Netzes aus Erdkabeln besteht und verbleibende Niederspannungsfreileitungen sukzessive verkabelt werden.
- Auf der Nachfrageseite wird der Wärmebedarf – verstärkt durch Maßnahmen zur Gebäudesanierung – im Winter sinken, der Strombedarf für Kühlungs- und Klimatisierungszwecke im Sommer dagegen steigen. Letzteres ist klimapolitisch kontraproduktiv und entsprechende Lastspitzen können in Hitzeperioden einen stabilen Betrieb der Übertragungsnetze zusätzlich erschweren.
- Als Reaktion auf den Hitzesommer 2003 haben die Stadtwerke und ihre Netztochter umfangreiche Störungsanalysen in Karlsruhe durchgeführt und Maßnahmenpläne mit Vorgaben für kurzfristige Lastabwürfe erarbeitet. Mittlerweile sind alleine die Übertragungsnetzbetreiber (in Baden-Württemberg die TransNetBW) für die Netzstabilität verantwortlich. Die Festlegungen in den Maßnahmenplänen kämen deshalb erst im Katastrophenfall und nur bei ausdrücklicher Anordnung durch den Übertragungsnetzbetreiber zum Tragen.
- Um den zunehmenden Stromeinsatz für Klimaanlagen und die dadurch verursachten Lastspitzen zu bremsen, bietet sich gerade in Karlsruhe die Nutzung der Absorptionskältetechnik an. Dadurch kann überschüssige Fernwärme zur Kälteerzeugung genutzt werden. Zwei Demonstrationsanlagen sind bereits seit einigen Jahren im Einsatz. Die neueste Generation von Absorptionskältemaschinen mit einer trockenen Rückkühlung wird zudem beim Neubauvorhaben Gartencarré/SYNUS bundesweit erstmalig im „großem Stil“ durch die Stadtwerke als Contractor eingesetzt. Das Geschäftsfeld „Kälte aus Fernwärme“ soll nach ersten Betriebserfahrungen ab 2014 als standardisiertes Contractingangebot deutlich ausgeweitet werden.
- Als weitere Anpassungsoptionen für den Ausgleich zwischen Stromerzeugung und -nachfrage lassen sich – im Grunde aber unabhängig vom Klimawandel – das Lastmanagement und die Energiespeicherung nennen. Auch hier gibt es bei den Stadtwerken Überlegungen für innovative Pilotprojekte (thermischer Energiespeicher, „Power to Gas“)

Auswirkungen auf den Verkehr

- Für die Infrastruktur im Straßen- und Schienenverkehr ist die prognostizierte Zunahme von Starkregenereignissen, starken Stürmen und Hitzetagen von Bedeutung. Schäden an Oberleitungen durch Windwurf, durch die Unterspülung von Straßen und Gleisanlagen oder durch Hangrutschung in Böschungsbereichen gab es schon in der Vergangenheit. Sie werden durch den Klimawandel aber voraussichtlich zunehmen und lassen sich auch nur in begrenztem Umfang durch technische Maßnahmen verhindern. Einige der diskutierten Anpassungsoptionen befinden sich zudem erst im Entwicklungsstadium.
- Entgegen der landläufigen Erwartung dürften die Frostschäden im Straßenbereich durch häufigeren Frost-Tau-Wechsel im Winter nicht abnehmen.
- Im Schienenverkehr ergeben sich durch die höhere Anzahl von Hitzetagen einige besondere Herausforderungen, zum Beispiel was die Dimensionierung der Fahrleitungen anbelangt. Nicht zuletzt wird eine systematische Klimatisierung der eingesetzten Fahrzeuge unumgänglich, was mit einem höheren Energieverbrauch „erkauft“ werden muss. Die anstehende Inbetriebnahme neuer Zweisystem- und Niederflurfahrzeuge berücksichtigt diesen Aspekt bereits.
- Gleich mehrere wichtige Synergieeffekte erfüllt die Anlage von Rasengleisen, die in den nächsten Jahren weiter ausgebaut werden sollen.
- Für den Rheinhafen sind die (wirtschaftlichen) Auswirkungen durch Hoch- und Niedrigwasser die entscheidende klimabeeinflusste Größe. Mit dem Hochwassersperrtor ist das Hafengebiet ausreichend gegen Hochwasser gewappnet, ansonsten kann nur durch eine flexible Organisation und vorausschauende Disposition der Güterströme reagiert werden.

Auswirkungen auf Wirtschaft und Arbeitsleben

- Die klimatischen Veränderungen bergen für viele Unternehmen durch die Zunahme von Wetterextremen und durch längere Hitzeperioden Risiken, wobei die tatsächliche Anfälligkeit stark von der Lage, den baulichen Eigenschaften und von den Lieferkettenbeziehungen des einzelnen Betriebs abhängig ist.
- Neben Schäden an Gebäuden und der betrieblichen Infrastruktur sind auch potenzielle Beeinträchtigungen von Produktions- und Arbeitsabläufen zu beachten, zum Beispiel bei just-in-time-Prozessen oder durch eine geringere Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter bei großer Hitze.
- Gewisse Chancen des Klimawandels liegen für manche Branchen in der steigenden Nachfrage nach Anpassungstechniken und -dienstleistungen, etwa für energieeffiziente Klimatisierungslösungen.
- Zur Reduzierung der Anfälligkeit von gewerblichen Gebäuden steht ein breites Spektrum an baulichen und technischen Maßnahmen zur Verfügung (zum

Beispiel Dach- und Fassadenbegrünungen, Schaffung von Versickerungsmöglichkeiten etc.). Zunehmend Verbreitung findet das sogenannte Albedomanagement, also die Verwendung von Gebäudematerialien mit einer hohen Rückstrahlwirkung. Erheblich ansteigen wird zudem der gewerbliche Klimatisierungsbedarf. Hier muss das Ziel sein, überschüssige Abwärme oder Fernwärme zukünftig verstärkt mittels Absorptionstechnik zu nutzen.

- Über technische Lösungen hinaus sollten auch organisatorische Maßnahmen ergriffen und zum Beispiel in betrieblichen Notfallplänen dokumentiert werden.
- Die Stadt Karlsruhe kann zur Sensibilisierung von Unternehmen für das Thema beitragen, etwa durch die Vermittlung von Best-Practice-Beispielen. Ein solcher Ansatz soll beispielsweise im regionalen Netzwerk „Klimawandel und Produktivität“ verfolgt werden. Auch der städtische Wettbewerb zur Durchgrünung von Gewerbegebieten bietet entsprechende Schnittpunkte.

Auswirkungen auf Tourismus und Freizeitverhalten

- Die Auswirkungen des Klimawandels auf den Tourismus sind mit Ausnahme des Wintersports tendenziell eher günstig. Davon könnte gegebenenfalls auch Karlsruhe profitieren, vor allem als Ziel für vermehrte Städtereisen.
- Für das individuelle Freizeitverhalten der Karlsruher Bevölkerung sind gewisse Einschränkungen absehbar, sowohl im Sommer bei hoher Hitzebelastung und Trockenheit als auch im Winter, da Aktivitäten wie Skifahren und Rodeln in der Region immer seltener möglich sein werden.
- Aus städtischer Sicht ist kein erhöhter Anpassungsdruck zu erkennen. Letztlich bestehen wie etwa im Freibadbereich auch nur wenig konkrete Anpassungsmöglichkeiten.

Auswirkungen auf den Bevölkerungsschutz

- Der Umgang mit unterschiedlichen Naturereignissen und deren Folgen für Mensch und Umwelt ist seit jeher ein fester Aufgabenbestandteil des Bevölkerungsschutzes. Die maßgeblichen Akteure sind deshalb heute schon für die Bewältigung wetterbedingter Extremereignisse und Großschadenslagen gerüstet.
- Im Zuge des Klimawandels ist allerdings mit einer zunehmenden Anzahl und steigenden Intensität von Extremereignissen wie Hochwasser, Starkniederschlägen oder lang anhaltenden Hitzeperioden zu rechnen. Tatsächlich nehmen viele Einrichtungen des Bevölkerungsschutzes schon heute einen Anstieg der Einsatzzahlen aufgrund von extremen Wetterbedingungen wahr, wie eine bundesweite Umfrage zeigt. Statistisch gesicherte Daten zu klimawandelbedingten Einsatzfällen liegen (auch in Karlsruhe) nicht vor.
- Die diskutierten Anpassungsmaßnahmen für den Bevölkerungsschutz sind aufgrund seines Quer-

schnittscharakters durchweg recht allgemein gehalten.

- Die Alarm- und Einsatzpläne zur Bewältigung von Schadensereignissen durch Extremwetterlagen werden regelmäßig überprüft und angepasst (zum Beispiel für Hochwasser an den Karlsruher Gewässern oder für den Fall eines Stromausfalls in einer extremen Hitzeperiode). Ebenso ist eine Überarbeitung und Prüfung von Krankenhausalarmplänen durch eine eigens bei der Branddirektion zeitweise beschäftigte Ärztin für den Katastrophenschutz gewährleistet.
- Ein wichtiger Ansatzpunkt besteht darin, die Koordination und Zusammenarbeit der beteiligten Akteure bei unwetterbedingten Schadenslagen im Rahmen von Katastrophenschutzübungen zu verbessern (betrifft in Karlsruhe Stabsrahmenübungen mit dem Verwaltungs- und Führungsstab der Stadt Karlsruhe, regionale Stabsrahmenübungen mit benachbarten Stadt- und Landkreisen sowie Vollübungen für die Einsatzkräfte). Entsprechende Szenarien waren bereits mehrfach Bestandteil von Übungen und sollen zukünftig noch stärker Berücksichtigung finden.
- Was die technische Ausrüstung für extremwetterbedingte Katastrophenfälle anbelangt, ist Karlsruhe schon gut aufgestellt. Mit Hilfe von Bund und Land konnte insbesondere die Fahrzeugflotte in den letzten Jahren erheblich modernisiert werden.
- Eine weitere Aufgabe der lokalen Gefahrenabwehr besteht darin, Bürgerinnen und Bürger dabei zu unterstützen, sich selbst besser gegen mögliche Gefahrenlagen zu schützen. Entsprechende Informationen werden etwa beim „Tag des Katastrophenschutzes“ vermittelt und sollen weiter ausgebaut werden.

2. Klimawandel: Ursachen, Beobachtungen, Szenarien

2.1 Die globale Perspektive



2. Klimawandel: Ursachen, Beobachtungen, Szenarien

2.1 Die globale Perspektive

Der menschengemachte Klimawandel wird dem Allgemeinverständnis nach häufig mit der globalen Erwärmung gleichgesetzt. Das ist zwar nicht ganz korrekt, da auch natürliche Effekte einen gewissen Anteil daran haben, im Grunde trifft es aber den Kern der Sache.

Zwischen 1900 und 2005 ist die globale Durchschnittstemperatur um ca. 0,7 °C angestiegen, alleine um 0,6 °C in den letzten 50 Jahren. Am ausgeprägtesten war die Temperaturzunahme von 1975 bis heute: Legt man einen Referenzzeitraum von 1961-1990 zugrunde, dann sind die Jahre 2000 bis 2009 die wärmste Dekade, die jemals auf allen Kontinenten der Erde registriert wurde, gefolgt von den 1990er Jahren. Und bereits die 1980er Jahre waren wärmer als alle Jahrzehnte zuvor seit Beginn der regelmäßigen Temperaturaufzeichnungen (siehe Abbildung 1).

Nach Angaben der NASA wurden neun der zehn bislang wärmsten Jahre nach dem Jahr 2000 gemessen. Bisherige „Rekordhalter“ sind die Jahre 2010 und 2005. Auch 2012 fügt sich in diese Reihe und war das insgesamt neuntwärmste Jahr.

Rekonstruierte Daten aus Beobachtungen und anderen Quellen, wie zum Beispiel Baumringdaten, deuten darauf hin, dass die Temperaturen der letzten 50 Jahre sehr wahrscheinlich höher waren als jemals zuvor in den vergangenen 500 Jahren und wahrscheinlich höher als in den vergangenen 1.300 Jahren.

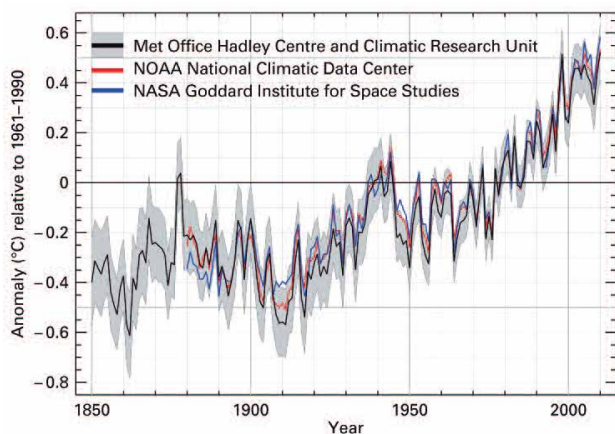


Abb. 1: Globaler Temperaturverlauf von 1850 bis 2010. Die Grafik zeigt die Abweichung der Jahresmitteltemperatur von der Durchschnittstemperatur der Bezugsperiode 1961-1990. (Quelle: LUBW/LfU Bayern u.a. 2012, S. 5)

Ursachen der Erwärmung

In der Klimaforschung ist es heute - bis auf wenige Ausnahmen sog. „Klimaskeptiker“ - Konsens, dass die steigenden Konzentrationen anthropogener, also menschengemachter Treibhausgase die wichtigste Ursache der globalen Erwärmung sind. Der IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), dessen Analysen den weltweiten Forschungsstand auf diesem Gebiet abdecken, spricht in seinem vierten, und nach wie vor aktuellen Sachstandsbericht von 2007 davon, dass dies „sehr wahrscheinlich“ ist, was einer mindestens 90-prozentigen Wahrscheinlichkeit gleichkommt.

Die Menschheit setzt seit Beginn der Industrialisierung durch eine Vielzahl von Prozessen große Mengen an Treibhausgasen frei: Von der Verbrennung fossiler Energieträger (Erdöl, Kohle, Gas) zur Energiegewinnung über die großflächige Änderung der Landnutzung (zum Beispiel Rodung von Wäldern, Trockenlegung von

Mooren) und intensivierte landwirtschaftliche Tätigkeiten (insbesondere Viehhaltung und Reisanbau) bis hin zu industriellen Prozessen und dem Verkehr.

Zu den wichtigsten Treibhausgasen zählen Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Distickstoffoxid (N₂O, Lachgas). Auch wenn das Treibhauspotenzial von Methan und Lachgas um ein Vielfaches höher liegt, machen die CO₂-Emissionen mit fast 2/3 den Hauptanteil des menschlichen Treibhauseffekts aus und bestimmen deshalb auch im Wesentlichen die aktuelle Klimatschutzdiskussion (siehe Abbildung 2).

Spurengas	Anthropogene Herkunft	Derzeitige (und vorindustrielle) Konzentration	Konzentrationsanstieg pro Jahr (Durchschnitt 1998-2008)	Anteil am anthropogenen Treibhauseffekt (seit 1750)	Treibhauspotential pro Teilchen, CO ₂ = 1
Kohlendioxid (CO ₂)	Verbrennung fossiler Energieträger; Waldrodungen und Bodenerosion; Holzverbrennung	ca. 387 (280) ppm	1,93 ppm	63,5%	1
Methan (CH ₄)	Reisanbau; Viehhaltung; Erdgaslecks; Verbrennung von Biomasse; Mülldeponien; Nutzung fossiler Energien	ca. 1797 ppb (730 ppb)	2,5 ppb	18,2%	ca. 23
Distickstoffoxid (N ₂ O, Lachgas)	Verbrennen von Biomasse und fossilen Energieträgern; Düngemiteleininsatz	319 321,8 (270) ppb	0,788 ppb	6,2 %	ca. 200-300

Ppm/ppb (parts per million/billion = Teilchen pro Million/Milliarde Teilchen): Relative Maßangabe, die in der Klimawissenschaft beispielsweise das Konzentrationsniveau von Treibhausgasen in der Atmosphäre beziffert. Eine atmosphärische Konzentration von 387 ppm bedeutet, dass das Volumen von 387 Teilchen CO₂ im Volumen von einer Millionen Luftteilchen enthalten ist. Quelle: WMO 2008

Abb. 2: Die wichtigsten anthropogenen Treibhausgase (Quelle: Germanwatch 2010, S. 21)

IPCC

(Intergovernmental Panel on Climate Change)

Der "Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen" wird im Allgemeinsprachgebrauch auch oft als "Weltklimarat" bezeichnet. Er wurde 1988 von der WMO (World Meteorological Organization) und dem Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) vor dem Hintergrund des weltweiten Klimawandels gegründet. Als Experten-Ausschuss betreibt der IPCC selbst keine eigenständige Klimaforschung. Seine Aufgabe besteht vielmehr darin, die aktuellen Forschungsergebnisse, die weltweit zu dem Thema publiziert werden, umfassend, objektiv und transparent zusammenzutragen und zu bewerten. Dazu veröffentlicht der IPCC in regelmäßigen Abständen umfassende Sachstandsberichte. In den Jahren 1990, 1995, 2001 und 2007 wurden insgesamt vier Sachstandsberichte erstellt. Der weiterhin aktuelle UN-Klimabericht entstand 2007 unter dem Titel „Climate Change 2007 - The Physical Basis“ und hat wegen seiner eindringlichen Aussagen weltweit ein großes Echo hervorgerufen. Ein fünfter Sachstandsbericht befindet sich derzeit in Abstimmung, seine Veröffentlichung ist für September 2013 angekündigt.

Die Konzentration von CO₂ ist seit Beginn der Industrialisierung von ursprünglich ca. 280 Molekülen pro einer Millionen Luftteilchen (ppm, parts per million) um fast 40 % auf ca. 390 ppm im Jahr 2011 gestiegen. Über die Auswertung von Sediment- und Eisbohrkernen ist bekannt, dass die CO₂-Konzentration zumindest in den letzten 800.000 Jahren nie mehr als 300 ppm betrug.

Im Frühjahr 2012 meldeten Klimaforscher, dass an einer Messstation in der Arktis zum ersten Mal über einen Monat lang der „Schwellenwert“ von 400 ppm überschritten wurde. Auch an einigen weiteren Stationen in der nördlichen Hemisphäre wurde der Wert zumindest kurzzeitig gemessen. Insofern ist damit zu rechnen, dass diese Marke schon bald weltweit den neuen Ist-Stand markiert.

Neben der Temperaturzunahme fasst der IPCC-Bericht auch weitere Belege für den Klimawandel bzw. direkte klimatische Folgen der Erderwärmung zusammen. Dazu zählen etwa der Anstieg des atmosphärischen Wasserdampfgehalts und die dadurch bedingte Beeinflussung des Niederschlagsgeschehens, der drastische Rückgang der meisten Gebirgsgletscher, der Rückgang des arktischen Meereises und des grönländischen Festlandseisschildes, der Anstieg des Meeresspiegels oder die Zunahme extremer Wetterereignisse (vgl. dazu die Zusammenfassung unter www.awi.de/de/aktuelles_und_presse/selected_topics/klimawandel/ipcc_bericht_2007/summary).

Szenarien für die Zukunft - globale Klimamodelle

Wie viele Treibhausgase künftig in die Atmosphäre gelangen werden, hängt von vielen Einflüssen ab, zum Beispiel wie sich die Bevölkerung, das Wirtschaftswachstum, der Energieverbrauch, die Landnutzung oder der technologische Fortschritt (Effizienztechnologien) entwickeln. Um mit diesen Unsicherheiten umzugehen, hat der IPCC in seinem letzten Sachstandsbericht sechs verschiedene Emissionsszenarien definiert, die mögliche Entwicklungen der menschlichen Gesellschaft und unserer Umwelt innerhalb dieses Jahrhunderts beschreiben (Abbildung 3).

würden, würde die Erderwärmung aufgrund der Trägheit des Klimasystems in den kommenden Jahrzehnten weiter ansteigen.

Bei der Bewertung dieser Projektionen ist zu beachten, dass sie auf einer begrenzten Anzahl von Annahmen beruhen. Sie können also keine sicheren Prognosen liefern, bieten aber selbst bei den verbleibenden Unsicherheiten eine wichtige Grundlage gerade für politische Entscheidungen.

Szenarien-familie	Leitgedanken	Technologien / wirtschaftliche Strukturen	Weltbevölkerung
A1	Konvergenz zwischen Regionen	Schnelles Wirtschaftswachstum, schnelle Einführung effizienter Technologien (A1FI: fossil-intensiv, A1T: nicht-fossil, A1B: gemischt)	Ab Mitte 21. Jh. abnehmend
A2	Heterogene Welt, Entwicklung aus eigener Kraft	Technologische Entwicklung und Wachstum der Pro-Kopf-Einkommen langsam und regional stark unterschiedlich	Kontinuierlich wachsend
B1	Konvergenz zwischen Regionen, Fokus auf Nachhaltigkeit + Gerechtigkeit	Schneller Wandel in Richtung Dienstleistungs- und Informationsökonomie, abnehmende Materialintensität, saubere + ressourcenschonende Technologien	Ab Mitte 21. Jh. abnehmend
B2	Heterogene Welt, Fokus auf Nachhaltigkeit + Gerechtigkeit	Entwicklung relativ langsam und sehr heterogen	Wachsend (aber langsamer als in A2)

Abb. 3: Grundannahmen für die IPCC-Szenarien (Quelle: Germanwatch 2010, S. 25, nach IPCC 2007)

Diese Emissionsszenarien dienen wiederum als Input für globale rechnergestützte Klimamodelle, mit deren Hilfe die dreidimensionale Atmosphäre abgebildet und die ablaufenden physikalischen und chemischen Prozesse simuliert werden. Dadurch ist es möglich, die voraussichtliche Entwicklung wesentlicher Klimaparameter zu berechnen und in Klimaszenarien zu „übersetzen“.

Auf Basis dieser Modellierungen rechnet der IPCC je nach Emissionsszenario und dem angewandten Modell mit einer Zunahme der globalen Durchschnittstemperatur zwischen 1,1 und 6,4 °C bis zum Ende des Jahrhunderts (Abbildung 4). Die Spanne der Temperaturerhöhung reicht dabei im besten Fall (niedrigstes Szenario B1) von im Mittel 1,8 °C (Spanne: 1,1 bis 2,9 °C) bis zu 4 °C im Mittel im ungünstigen Verlauf (A1FI-Szenario mit Spanne von 2,4 bis 6,4 °C). Am wahrscheinlichsten betrachten die Forscher einen Anstieg von 1,8 bis 4 °C (sog. A1B-Szenario mit Mittelwert von 2,8 °C). Der Klimawandel findet dabei nicht überall gleichmäßig statt. Besonders stark werden sich die Kontinente der mittleren und nördlichen Breiten sowie die Antarktis erwärmen, weniger stark die Ozeane. Selbst wenn ab sofort keinerlei Treibhausgase mehr ausgestoßen

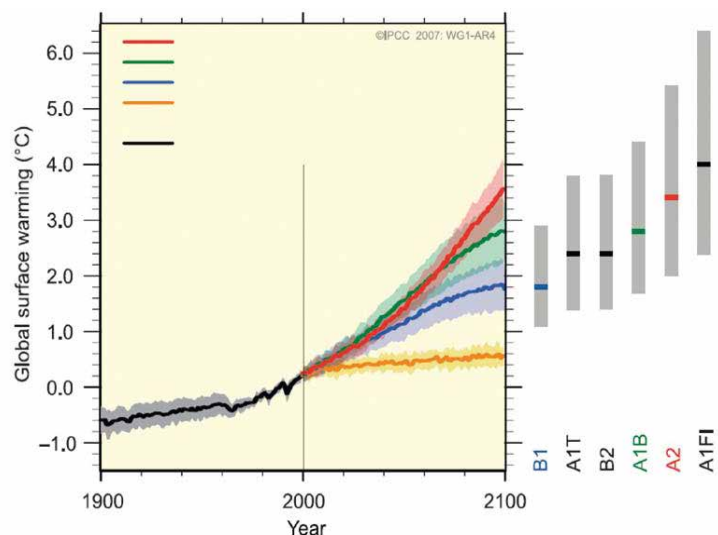


Abb. 4: Prognostizierter Temperaturverlauf der IPCC-Leitszenarien. Die schwarze Linie in der linken Hälfte des Diagramms zeigt die Messwerte bis zum Jahr 2000. Die drei oberen Linien stehen für drei standardisierte Szenarien zum weiteren CO₂-Ausstoß. Besonders warm würde es demnach im A2-Szenario werden (rote Linie). Die orange Linie zeigt den Anstieg der Globaltemperatur, wenn alle Emissionen im Jahr 2000 gestoppt worden wären. Die Balken rechts repräsentieren die Spannweite der Resultate aller IPCC-Klimamodelle (Quelle: IPCC 2007).

Wesentliche Auswirkungen und Folgen

Unter der Annahme, dass die Klimaänderungen in Zukunft durch engagierte Anpassungsmaßnahmen nicht wesentlich abgemildert werden, erwartet der IPCC für das 21. Jahrhundert weltweit weitreichende Folgen für Mensch und Umwelt. Diese reichen von einer Überlastung der meisten Ökosysteme (zum Beispiel dem großflächigen Absterben von Korallenriffen) über die zunehmende Wasserknappheit in vielen Regionen bis hin zu Einschränkungen bei der Agrarproduktion. Durch den Meeresspiegelanstieg könnte Bangladesh bis zu 20 % seiner Landesfläche einbüßen, die Malediven sogar ganz von der Landkarte verschwinden. Generell ist mit einer steigenden Intensität von Extremwetterereignissen wie Stürmen, Hitzewellen und Dürreperioden zu rechnen (siehe Abbildung 5).

In Europa dürften sich vor allem die bereits heute schon gegenläufigen Niederschlagstrends im Norden und im Süden verstärken. Demnach wird sich Südeuropa noch weit häufiger als bislang mit andauernden Hitze- und Dürreperioden konfrontiert sehen, während in Skandinavien die Niederschläge deutlich zunehmen – und zwar mehr Regen als Schnee. Als weitgehend sicher gilt, dass die Gletscher in den Alpen weiter an Volumen verlieren werden. Nach neuesten Schätzungen könnte bei einem Temperaturanstieg im Sommerhalbjahr von 3 °C etwa 80 % der 1990 noch vorhandenen Eismasse bis zum Jahrhundertende verloren gehen. Bei einem Temperaturanstieg von 5 °C wären die Alpen noch innerhalb dieses Jahrhunderts praktisch eisfrei.

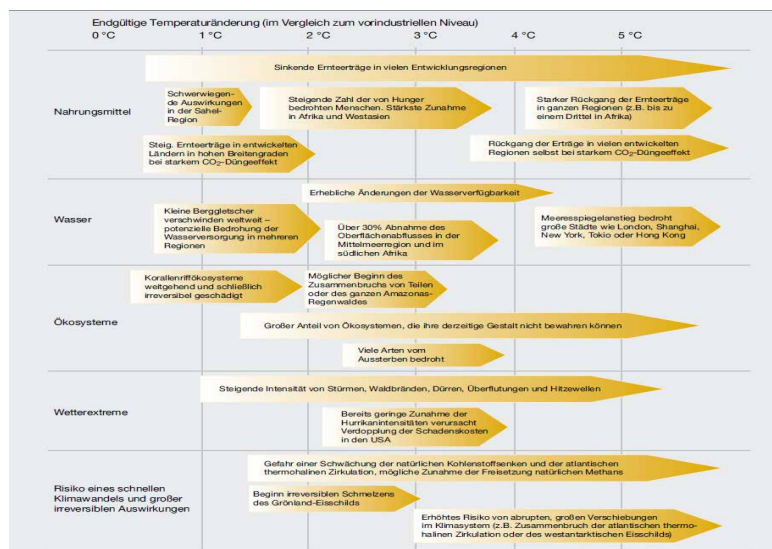


Abb. 5: Beispielsweise für erwartete globale Auswirkungen des Klimawandels in Abhängigkeit von der Temperaturzunahme gegenüber 1880 (Quelle: Germanwatch 2010, S. 34, nach WBGU 2007)

Kippelemente im Klimasystem

Der globale Klimawandel erscheint für menschliche Maßstäbe eher langsam und graduell abzulaufen. In bestimmten Regionen der Erde kann der anthropogene Einfluss auf das Klimasystem jedoch sprunghafte und teilweise unumkehrbare Entwicklungen anstoßen. In der wissenschaftlichen Diskussion haben diese so genannten Kippelemente („Tipping Points“) in den letzten Jahren eine besondere Aufmerksamkeit erlangt, da sie den Klimawandel zusätzlich verschärfen und den ohnehin hohen Anpassungsdruck nochmals erhöhen. Bei vielen dieser diskutierten Elemente wird ein Umkippen bei einem Temperaturanstieg von zwei bis drei Grad gegenüber dem vorindustriellen Niveau als sehr wahrscheinlich eingeschätzt (siehe Abbildung 6).

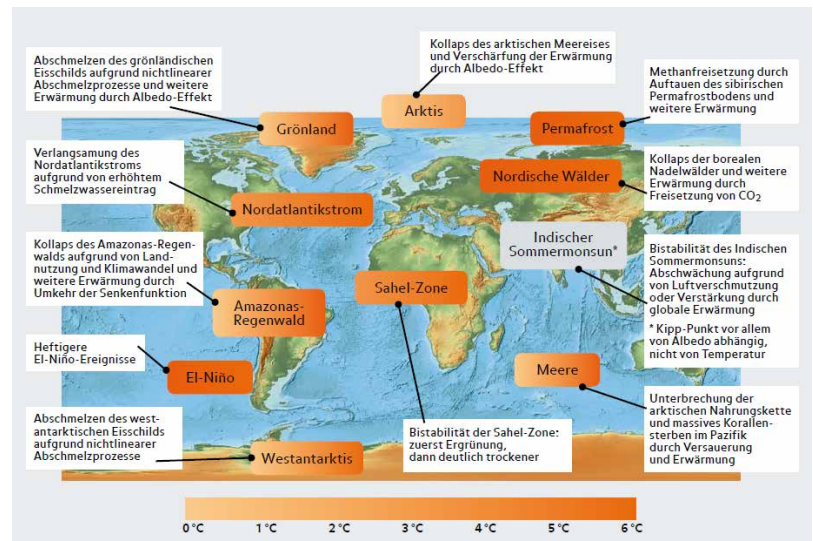


Abb. 6: Kipp-Elemente mit Temperaturschwellen (gegenüber 1880), die in diesem Jahrhundert angestoßen werden könnten (Quelle: Germanwatch 2010, S. 30)

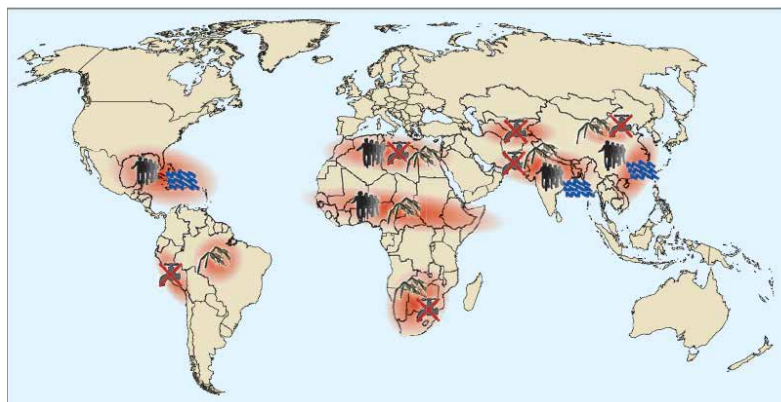
Das gilt beispielsweise für das Abschmelzen des grönländischen Eisschildes, bei dem Wissenschaftler von einer kritischen Grenze von etwa drei Grad Celsius lokaler Erwärmung ausgehen, ab der die - auch jetzt schon laufenden - Schmelzprozesse irreversibel beschleunigt werden. Im schlimmsten Fall könnte der Eispanzer dann innerhalb von 300 Jahren abschmelzen und den Meeresspiegel um bis zu sieben Metern anheben.

Ein Kipp-Punkt, der möglicherweise schon fast erreicht ist, ist das Tauen der arktischen Permafrostböden: Wenn der Dauerfrost abbricht, werden große Mengen Methan freigesetzt. Wissenschaftler der Universität Edinburgh haben zwischen 2003 und 2007 bereits einen Anstieg des ausgasenden Methans um ein Drittel festgestellt.

Die Ungerechtigkeiten im Treibhaus Erde

Die schwerwiegendsten Folgen des Klimawandels sind in den politisch und ökologisch labilen Gebieten der Welt, den subtropischen und tropischen Ländern des Südens, zu erwarten. Die Bevölkerungen dieser Länder leiden bereits heute erheblich unter Wetterextremen wie Überschwemmungen, Stürmen oder Dürren, weil die klimatischen Prozesse in den äquatorialen Regionen deutlich ausgeprägter sind. Da sie zudem nur sehr begrenzte Kapazitäten haben, um sich an den Klimawandel anzupassen, trifft sie der Klimawandel um ein Vielfaches stärker als die Industrienationen. Dies wirft vor allem Fragen im Hinblick auf die soziale Gerechtigkeit auf, denn damit werden diejenigen die Hauptleidtragenden des Klimawandels sein, die bisher am wenigsten pro Kopf zur globalen Erwärmung beigetragen haben.

Der „Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen“ (WBGU) sieht in diesem Umstand auch eine Bedrohung der internationalen Sicherheit. So könnte etwa ein klimabedingter Rückgang der Nahrungsmittelproduktion durch häufigere Trockenphasen regionale Ernährungskrisen auslösen und zu einer gesellschaftlichen Destabilisierung bis hin zu gewalttätigen Konflikten führen. Dies könnte Migrationsströme ungeahnter Größe aus Nordafrika und dem Sahel nach Europa auslösen. Erschwerend kommt hinzu, dass instabile und arme Länder aus eigener Kraft nur begrenzt effektiven Klimaschutz betreiben können und daher auf internationale Unterstützung angewiesen sind. Eine aktive Klimaschutzpolitik muss deshalb letztlich auch als vorsorgende Sicherheitspolitik verstanden werden.



Konfliktkonstellationen in ausgewählten Brennpunkten



Klimabedingte Degradation von Süßwasserressourcen



Klimabedingter Rückgang der Nahrungsmittelproduktion



Klimabedingte Zunahme von Sturm- und Flutkatastrophen



Umweltbedingte Migration

Die ökonomische Dimension des Klimawandels

Die Klimaerwärmung dürfte auch volkswirtschaftlich zu Problemen führen. Wenn extreme Wetterereignisse wie Stürme, Hagel oder Überschwemmungen häufiger und intensiver auftreten, steigen damit zwangsläufig die Schäden an Gebäuden, Fahrzeugen oder in der Land- und Forstwirtschaft an.

Welche ökonomischen Folgewirkungen einzelne Extremwetterereignisse haben können, veranschaulichen die folgenden Beispiele:

- Im Weltbankbericht „Dreht die Hitze runter“ vom November 2012 geben die Autoren an, dass die extreme Hitzewelle aus dem Jahr 2010 in Russland nach ersten Schätzungen Tausende von Menschen das Leben gekostet, die Ernte um ein Viertel verringert und 15 Mrd. Dollar an volkswirtschaftlichen Schäden verursacht hat.
- Für den Hitzesommer 2003 geht die Münchner Rückversicherungs-Gesellschaft europaweit bei rund 70.000 Todesfällen von einem wirtschaftlichen Gesamtschaden von knapp zwölf Mrd. Euro aus.
- Die „Jahrhundertflut“ an der Elbe im Jahr 2002 verursachte alleine in Deutschland Schäden von über 11 Milliarden Euro.
- Der Wintersturm „Kyrill“ vom Januar 2007 hat deutschlandweit Schäden von 7,6 Mrd. Euro nach sich gezogen.

Die Münchner Rückversicherungs-Gesellschaft betreibt weltweit die größte Datenbank zu Naturkatastrophen und veröffentlicht seit Jahren regelmäßig entsprechende Übersichten. Sowohl weltweit als auch in Deutschland lässt sich in den letzten Jahrzehnten im Trend ein deutlicher Anstieg der Naturkatastrophen und der damit verbundenen Schäden belegen (siehe Abbildungen 8 und 9).

Der Gesamtverband der Deutschen Versicherer hat im Jahr 2011 Szenarien erarbeiten lassen, die für Deutschland bis zum Jahr 2100 eine Zunahme der Schäden aus Sturm, Hagel und Überflutungsereignissen um mehr als 50 % prognostizieren. Ein besonders schadensträchtiges Sturmereignis von einer Intensität, wie wir es heute alle 50 Jahre erleben, kann demnach zukünftig alle zehn Jahre eintreten. Für die Versicherer würde das bedeuten, dass sie bis zum Ende des 21. Jahrhunderts allein für Extremstürme alle zehn Jahre 7 bis 8 Milliarden Euro zahlen müssten. Das wäre eine Verdreifachung der Schadenssumme gegenüber dem heutigen Durchschnitt.

Abb. 7: Sicherheitsrisiken durch Klimawandel: ausgewählte Brennpunkte (Quelle: WBGU 2007, S. 4)

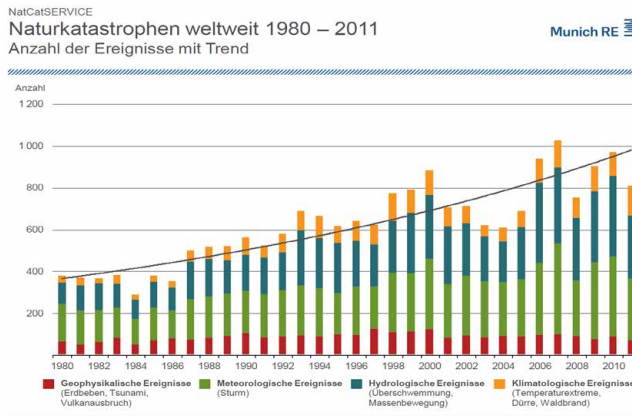


Abb. 8: Naturkatastrophen weltweit 1980 bis 2011, Anzahl der Ereignisse mit Trend (Quelle: NatCatSERVICE Munich Re, www.munichre.com/de/reinsurance/business/non-life/georisks/natcatservice/default.aspx)

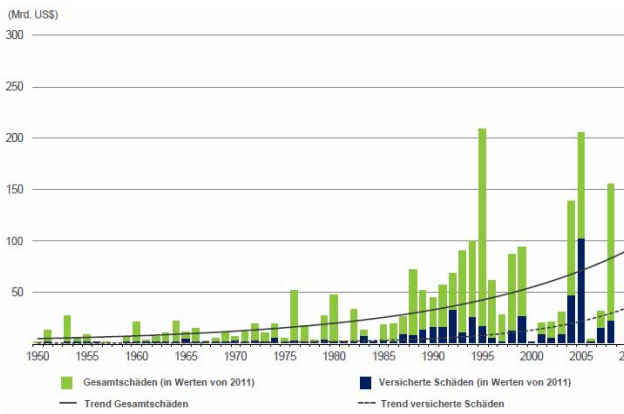


Abb. 9: Große Naturkatastrophen weltweit 1950 bis 2011, Gesamtschäden und versicherte Schäden mit Trend (Quelle: NatCatSERVICE Munich Re)

Ein aktueller Bericht im Auftrag der EU schätzt die jährlichen zukünftigen Anpassungskosten durch den Klimawandel europaweit auf rund 20 Mrd. Euro in den 2020er Jahren, auf 90 bis 150 Mrd. Euro in den 2050er Jahren und zwischen 600 Mrd. und 2.500 Mrd. Euro in den 2080ern - abhängig von der zukünftigen Entwicklung der Treibhausgasemissionen.

Alleine diese Spanne zwischen den möglichen Schadenssummen macht deutlich, wie dringlich ein ambitionierter Klimaschutz auch aus ökonomischer Sicht geboten ist. Bereits 2006 bezifferte der vielbeachtete britische Stern-Report bei einem ungebremsten Klimawandel die Folgekosten auf fünf bis 20 Prozent des globalen Bruttosozialprodukts. Die jährlichen Kosten für Maßnahmen für eine Stabilisierung der Treibhausgaskonzentration auf einem langfristigen Niveau zwischen 500 und 550 ppm Kohlendioxidäquivalenten wären dagegen mit etwa einem Prozent des globalen Bruttosozialprodukts zu veranschlagen.

Ein ähnliches Verhältnis ergibt sich auch bei der volkswirtschaftlichen Betrachtung von Anpassungsmaßnahmen: So schätzt die genannte EU-Studie die durchschnittlichen Kosten der Anpassung an einen erhöhten Meeresspiegelanstieg EU-weit auf 1 Mrd. Euro pro Jahr

in 2020 und 1,5 Mrd. Euro in 2050. Die Kosten der Anpassung an Hochwasser im Binnenland werden mit 1,7 bzw. 3,4 Mrd. Euro pro Jahr angegeben. Dem gegenüber steht ein Nutzen durch vermiedene Schäden: Im Falle des Meeresspiegelanstiegs überschlägig zwischen 2,5 Mrd. Euro pro Jahr in 2020 und 7,1 Mrd. Euro in 2050. Für vermiedene Schäden aus Hochwasserereignissen im Binnenland wird der Nutzen sogar noch größer angenommen: 8,3 Mrd. Euro in 2020 und 19 Mrd. Euro in 2050.

Auch wenn die genannten Zahlen teilweise sehr überschlägig berechnet wurden und naturgemäß mit vielen Unsicherheiten behaftet sind, zeigen sie doch recht eindrücklich, dass sich sowohl ein ambitionierter Klimaschutz als auch eine frühzeitige Anpassung an die unvermeidbaren Klimafolgen im Endeffekt langfristig bezahlt machen.

Konsens ohne Konsequenz: Das 2-Grad-Ziel

Als Grenze von einem noch tolerablem zu einem „gefährlichen“ Klimawandel hat sich in der Klimapolitik das sog. 2-Grad-Ziel etabliert, das in diesem Jahrhundert eine Erwärmung der globalen Durchschnittstemperatur von maximal 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau vorsieht. 2009 wurde dieses 2-Grad-Ziel im Abschlussdokument der UN-Klimakonferenz in Kopenhagen verankert und auf der UN-Klimakonferenz in Cancun (Mexiko) im Dezember 2010 erstmals offiziell akzeptiert. Auch die G8-Staaten haben im Juli 2009 dieses klimapolitische Ziel formuliert.

Schwierig zu beantworten ist die Frage, welche Treibhausgasemissionen noch emittiert werden dürften, um die 2-Grad-Grenze nicht zu überschreiten. Hierzu gibt es unterschiedliche Berechnungen. Klar ist allerdings, dass das Zeitfenster für ein konsequentes Handeln immer enger wird. Der WBGU beispielsweise ging in einem Sondergutachten von 2009 davon aus, dass das 2-Grad-Ziel nur erreicht werden kann, wenn die Industrieländer noch vor 2015 den Trend ihrer CO₂-Emissionen umkehren und bis 2020 auf ein Drittel reduzieren. Bei erfolgreicher Einführung eines weltweiten Emissionshandels wäre für diese Reduktion allenfalls noch bis 2025 Zeit. Schwellenländer wie etwa China, Indien oder Brasilien müssten aufgrund ihrer nachholenden Entwicklung die Trendumkehr zwischen 2020 und 2025 erreichen.

Tatsächlich haben die weltweiten CO₂-Emissionen nach Angaben der Weltenergieagentur 2010 ein neues Rekordniveau erreicht und sind 2011 nach vorläufigen Berechnungen etwa des Internationalen Wirtschaftsforum Regenerative Energien (IWR) mit einem Gesamtausstoß von 34 Milliarden Tonnen Kohlendioxid nochmals angestiegen.

Damit übersteigt die weltweite Emissionsentwicklung den angenommenen Verlauf der meisten IPCC-Szenarien von 2007. Das gilt insbesondere für das „mittlere

re“ A1B-Szenario, das in seinem Verlauf bis dato als am wahrscheinlichsten eingeschätzt wurde und auch Grundlage für die meisten Regionalisierungsmodelle ist.

Pünktlich vor dem letzten Weltklimagipfel im Dezember 2012 in Doha machte die Weltbank mit ihrem Bericht „Dreht die Hitze herunter“ (Turn Down the Heat: Why a 4°C Warmer World Must be Avoided) auf die dramatischen Folge einer ungebremsen Klimaerwärmung aufmerksam. Zusammenfassend stellt die durch das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) erstellte Studie fest, dass sich die Welt wahrscheinlich um mehr als drei Grad bis zum Ende des Jahrhunderts erwärmt, wenn es keine weiteren Verpflichtungen und Aktionen zur Verringerung der Treibhausgasemissionen über die bislang zugesagten Reduktionsziele einzelner Staaten gibt. Und würden die bisherigen Reduktionsverpflichtungen nicht in die Tat umgesetzt, besteht eine große Wahrscheinlichkeit, dass die Viergradmarke noch vor Ablauf des Jahrhunderts erreicht wird - im schlimmsten Fall schon um das Jahr 2060.

Auch wenn die endgültige Veröffentlichung des 5. Sachstandsberichts abzuwarten bleibt, kann davon ausgegangen werden, dass der IPCC seine Szenarien für die zukünftig mögliche Klimaentwicklung und die konkreten Folgen in vielen Bereichen deutlich anpassen wird. Erste Details sickerten bereits schon durch und wurden in der Presse in unterschiedlicher Weise aufgegriffen.

Das betrifft etwa den zukünftigen Anstieg des Meeresspiegels. In seinem Bericht von 2007 geht der IPCC noch von einem Meeresspiegelanstieg von 2 mm pro Jahr ab dem Jahr 1990 aus. Eine aktuelle Auswertung von Satellitendaten, die eine Wissenschaftlergruppe unter Federführung des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) vorgenommen hat, zeigen für den Zeitraum zwischen 1990 und 2011 dagegen einen Meeresspiegelanstieg von 3,2 mm pro Jahr auf. Damit steigen die Ozeane 60 Prozent schneller als nach der mittleren Prognose des Weltklimarats vorhergesagt. Neue Studien halten deshalb einen Meeresspiegelanstieg bis zum Ende des Jahrhunderts zwischen 0,5 und 1,9 Meter für möglich - der IPCC ging 2007 noch von einer Spanne zwischen 0,18 und 0,59 Metern aus. Eine Ursache dafür ist auch der deutlich schnellere Rückgang des arktischen Meereises. Im September 2012 wurde berichtet, dass sich die arktischen Eismassen seit 1973 halbiert haben. Am 16.09.2012 wurde die bisher kleinste je gemessene Meereisfläche registriert. Auch dieser Schwund liegt signifikant unter den Annahmen, die dem letzten IPCC-Bericht zugrunde lagen.

Diese Ergebnisse verdeutlichen einmal mehr, dass es bislang nur schwer möglich ist, die Ausmaße und Folgen des Klimawandels präzise abzuschätzen. Die ständig neuen Zahlen aus der Klimaforschung ergeben zwar ein immer klareres Bild davon, wie sich die Erde in Zukunft verändern wird. Eindeutige Aussagen lassen sie aber nicht zu - höchstens die, dass der Klimawandel insgesamt extremer verläuft als bislang angenommen.

2.1 Die regionale Perspektive



2.2 Die regionale Perspektive

Deutschlandweite Beobachtungen

In Deutschland hat sich die Jahresmitteltemperatur von 1901 bis 2011 im Trend um knapp $1,0^{\circ}\text{C}$ erhöht. Laut dem Deutschen Wetterdienst (DWD) war das vergangene Jahrzehnt (2000 bis 2009) mit einer Jahresdurchschnittstemperatur von $9,4^{\circ}\text{C}$ die wärmste Dekade seit mindestens 130 Jahren. Dabei ist der beobachtete Temperaturanstieg im Südwesten Deutschlands besonders hoch. Selbst das „kühlste“ Jahr der Dekade, 2004, lag mit einer Durchschnittstemperatur von $9,0^{\circ}\text{C}$ deutlich über dem langjährigen klimatologischen Mittel für Deutschland von $8,2^{\circ}\text{C}$.

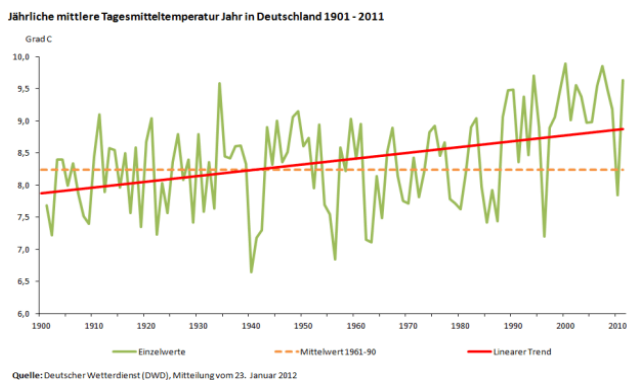


Abb. 10: Entwicklung der Jahresmitteltemperatur in Deutschland 1901 - 2011 (Quelle: Umweltbundesamt, www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeident=2845)

Zu berücksichtigen ist, dass der Temperaturanstieg in den verschiedenen Jahreszeiten unterschiedlich stark ausfällt: Für die Temperaturen im Frühling zeigen die Auswertungen des DWD einen schwächeren Anstieg als das Jahresmittel. Aber auch hier waren die Früh-

lingsjahre seit 1990 besonders warm, gleich sechs davon gehören zu den zehn wärmsten seit Beginn der Zeitreihe. Erheblich mehr trägt der Sommer zum Trend der Jahresmitteltemperatur bei. Hier findet sich ein statistisch signifikanter Anstieg von rund $1,1^{\circ}\text{C}$. Seinen bisherigen Spitzenwert fand diese Entwicklung im „Jahrhundertsommer“ 2003, der im Mittel um über 1 Grad wärmer als alle bisherigen Sommer seit 1901 war. Dies war besonders in Süddeutschland deutlich zu spüren, wo die Temperatur in Karlsruhe am 13. August 2003 auf $40,2^{\circ}\text{C}$ kletterte. In den Sommern ab 2000 lagen die Mitteltemperaturen immer über dem Durchschnitt. Vier der zehn wärmsten Sommer traten in diesem Zeitraum auf.

Der Herbst zeigt zwar ebenfalls einen markanten Temperaturanstieg, der allerdings zu einem großen Teil auf einer raschen Erwärmung in den 1920er Jahren beruht. Seitdem sind die Herbsttemperaturen recht konstant, nur der Herbst 2006 sticht als bei weitem wärmster Herbst seit Beginn des 20. Jahrhunderts heraus. Im Winter ist für den gesamten Zeitraum ein relativ geringer, statistisch noch nicht signifikanter Trend zu beobachten. Die Zeitreihe ist durch eine Häufung besonders kalter Winter und das Fehlen sehr warmer Winter in der Mitte des 20. Jahrhunderts gekennzeichnet. Die Jahre ab 1990 waren allerdings auch hier wieder überwiegend sehr mild. 15 dieser 22 Winter lagen über dem Durchschnitt, sechs davon gehören zu den zehn wärmsten der letzten 111 Jahre.

Auch beim Niederschlag lassen sich Veränderungen beobachten. Gegenüber dem Beginn des 20. Jahrhunderts ist das Gebietsmittel der jährlichen Niederschlagsmenge in Deutschland für die Jahre 1901 bis 2008 um etwa 10 % angestiegen, obwohl die beiden ersten Dekaden des 20. Jahrhunderts vergleichsweise trocken waren und das Ergebnis stark beeinflussen. Die Menge des Niederschlags hat vor allem im Früh-

jahr zugenommen. Für den Monat März errechnet sich für den 108-jährigen Betrachtungszeitraum gegenüber dem entsprechenden Monatsmittel der „Klimanormalperiode“ (1961 bis 1990) eine mittlere Zunahme um 34 %. Im Sommer ergibt sich insgesamt kein wesentlicher Trend. Allerdings hat sich die Verteilung der Niederschlagsmengen innerhalb der Sommermonate geändert: geringeren Niederschlagsmengen im Juli und August stehen stärkere Niederschläge im Juni gegenüber. Die Winterniederschläge nahmen dagegen generell um 19 % zu.

Die vermehrten Niederschläge im Winter sind auf die Zunahme bestimmter Großwetterlagen über Mitteleuropa zurückzuführen. Zeitreihenanalysen seit 1881 belegen, dass sich vor allem in den Monaten Dezember bis Februar die so genannten zonalen Zirkulationen häufen. Dazu gehört insbesondere die „Westlage zyklonal“, die von einem Azorenhoch und einem Islandtief angetrieben wird. Diese vom Atlantik nach Westeuropa reichende Strömung bringt oft ergiebige Niederschläge mit sich. Zonale Großwetterlagen sind aber auch für heftige Winterstürme verantwortlich, etwa dem Sturm „Lothar“, der im Dezember 1999 große Verwüstungen in Westeuropa anrichtete, ähnlich wie „Kyrill“ im Januar 2007 und „Xynthia“ Ende Februar 2010.

Beobachtungen in Baden-Württemberg

Die Jahresmitteltemperatur in Baden-Württemberg stieg seit 1901 bis heute von rund 8 °C auf über 9 °C an. Analog zur Bundesebene erfolgte der größte Anstieg erst in den letzten 30 Jahren seit 1980 (Abbildung 11).

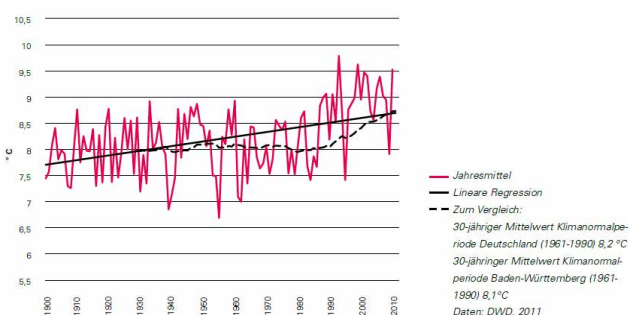


Abb. 11: Entwicklung der Jahresmitteltemperatur in Baden-Württemberg 1901 - 2011 (Quelle: UM BW/LUBW 2012, S. 7)

Ergänzende Daten stehen aus dem „Monitoringbericht 2011“ des Kooperationsvorhabens KLIWA (Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft) der Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern und

Rheinland Pfalz zur Verfügung. Für den Bericht, der alle fünf Jahre aktualisiert wird, wurden alleine in Baden-Württemberg rund 250 Wetterstationen ausgewertet (Betrachtungszeitraum 1931 ff.). Demnach ist der Klimawandel in Baden-Württemberg in den letzten zehn Jahren weiterhin klar zu belegen. Während der durchschnittliche Temperaturanstieg im Zeitraum 1931 bis 2000 noch bei 0,8 °C lag, ist für den Zeitraum 1931 bis 2010 eine Zunahme von 1,1 °C aus den Messwerten abzuleiten. In den letzten zehn Jahren lagen zudem nahezu alle mittleren Jahrestemperaturen erheblich über dem langjährigen Durchschnitt. Eine Ausnahme stellt lediglich das Jahr 2010 dar, das den Trend des Temperaturanstiegs etwas abmilderte. Der Bericht zeigt auch, dass die Erhöhung der durchschnittlichen Lufttemperatur in den Sommermonaten in den letzten Jahren deutlich stärker ausgefallen ist als in den Wintermonaten.

Ein zunehmender Trend wie bei den Temperaturen ist in Baden-Württemberg bei den Niederschlägen in den vergangenen zehn Jahren nicht feststellbar. Die mittlere Niederschlagshöhe ist aber seit 1931 im Winterhalbjahr um bis zu 25 Prozent gestiegen, für das Sommerhalbjahr hingegen ist die Veränderung der Niederschlagshöhe eher gering (siehe Abbildung 12). Für die eintägigen Starkniederschläge lässt sich tendenziell eine Zunahme im Winter- und auch im Sommerhalbjahr feststellen.

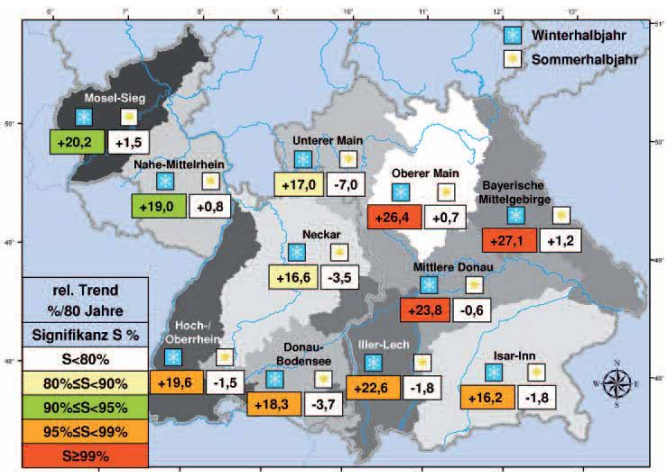


Abb. 12: Änderung der Niederschläge in den KLIWA-Gebieten 1931 bis 2010. Die Darstellung zeigt die Änderung der Gebietsmittelwerte in den hydrologischen Halbjahren und deren statistische Signifikanz. Im Einzugsgebiet Hoch-/Oberrhein, zu dem auch Karlsruhe gehört, beträgt die Zunahmen im Winterhalbjahr fast 20 %. Die Abnahme im Sommerhalbjahr ist dagegen mit 1,5 % gering und statistisch weniger signifikant (Quelle: LUBW/LfU Bayern u.a. 2012, S. 11)

Ob der Anstieg der Häufigkeit von Unwettern mit dem Klimawandel zu tun hat, ist noch nicht eindeutig be-

legt. Allerdings gab es in den letzten 20 Jahren mehr schwere Winterstürme als in den Dekaden davor, die auch Baden-Württemberg trafen. Die dabei aufgetretenen Böengeschwindigkeiten reichten von 150 km/h über dem Flachland bis über 200 km/h über den Mittelgebirgsregionen. Eine landesweite Auswertung an verschiedenen Wetterstationen ergab, dass die Böengeschwindigkeiten an Talstationen im Gegensatz zu Bergstationen in der Vergangenheit leicht zugenommen haben. Ebenfalls gestiegen sind die Häufigkeit und Intensität von Hagelstürmen. Eine Auswertung der Gebäudeversicherungsdaten für Baden-Württemberg kommt zu dem Ergebnis, dass zwischen 1986 und 2008 die Schadenssummen stark gewachsen sind. Die Zahl der Tage, an denen Hagelschäden gemeldet wurden, lag in den 1980er Jahren bei etwa zehn pro Jahr, stieg in den 1990ern auf 20 an und liegt nun zwischen 30 und 40 Tagen.

Ergänzende Werte für Karlsruhe

Wie nicht anders zu erwarten, ist auch in Karlsruhe ein signifikanter Trend bei der Zunahme der Jahresmitteltemperaturen zu beobachten. In Abbildung 13 ist die Entwicklung ab dem Jahr 1947 dargestellt (Hinweis: aufgrund des verkürzten Zeithorizonts ist kein direkter Vergleich mit den zuvor aufgezeigten Entwicklungen auf Bundes- und Landesebene möglich).

Mit Ausnahme von 1996 und 2010 lagen in Karlsruhe seit 1990 alle Jahre, und das meist deutlich über dem langjährigen Mittel der Jahre 1961 bis 1990. In Abbildung 14 sind zum Vergleich die Karlsruher Klimadaten für die Jahre 2000 bis 2011 aufgeführt.

Besonders eindrücklich ist die gegenläufige Entwicklung bei klimatischen Kennwerten für das Sommer- und Winterhalbjahr. In Abbildung 15 ist diese seit 1878 für die Kennwerte „Sommertage“ und „Eistage“ aufgetragen. Danach hat sich die Anzahl der Sommertage in Karlsruhe (also solcher Tage, an denen die Temperatur im Tagesverlauf über 25 °C steigt) im Trend nahezu verdoppelt. Die Anzahl der Eistage (Temperaturmaximum liegt dauerhaft unter 0 °C) hat sich im gleichen Zeitraum dagegen halbiert.

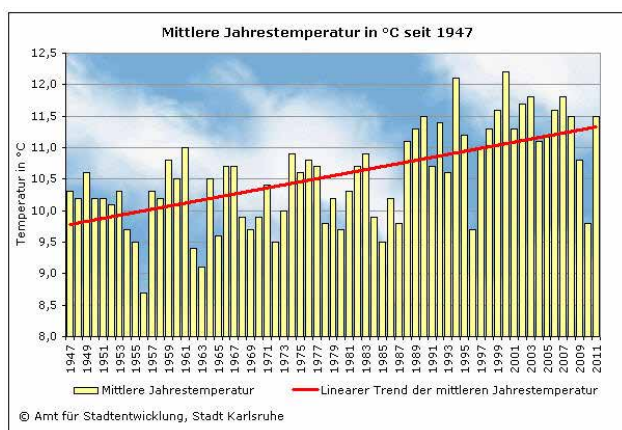


Abb. 13: Entwicklung der Jahresmitteltemperatur in Karlsruhe 1947 - 2011 (Quelle: Amt für Stadtentwicklung, Statistikstelle)

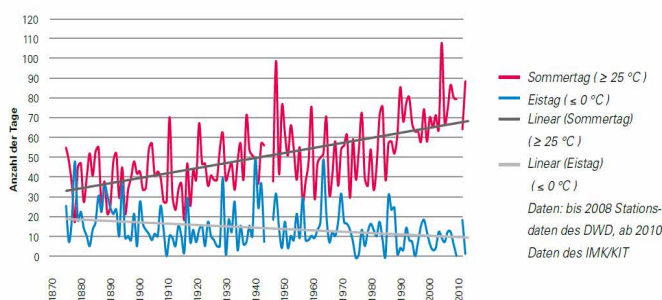


Abb. 15: Jährliche Anzahl der Sommer- und Eistage in Karlsruhe 1878 - 2011 (Quelle: UM BW/LUBW 2012, S. 7)

KARLSRUHER KLIMADATEN 2000 - 2011 ¹⁾													
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mittlere Jahrestemperatur	°C	12,2	11,3	11,7	11,8	11,1	11,2	11,6	11,8	11,5	10,8	9,8	11,5
Abweichung vom langjährigen Mittel ²⁾	°C	1,9	1,0	1,4	1,5	0,8	0,9	1,3	1,5	1,2	0,9	-0,1	1,6
Jahresniederschlag	mm	755,8	873,8	981,1	566,2	658,8	603,1	850,8	782,9	766,7	752,0	846,0	628,5
Sonnenscheindauer	Std.	1.771	1.838	1.737	2.328	1.841	1.935	1.899	1.944	1.730	1.798	1.628	2.023
Abweichung der Sonnenscheindauer vom langjährigen Mittel ³⁾	Messziffer	105	109	99	138	109	114	112	115	102	112	101	126

¹⁾ Quelle: Stadt Karlsruhe, Amt für Stadtentwicklung

Daten: Deutscher Wetterdienst (bis 31.10.2008 Wetterstation Karlsruhe; ab 01.11.2008 Wetterstation Rheinstetten)

²⁾ Langjähriges Mittel ist der Durchschnittswert der Jahre 1961 - 1990 (bis 2008 Station Karlsruhe: 10,3 °C; ab 2009 Station Rheinstetten: 9,9 °C)

³⁾ Langjähriges Mittel ist der Durchschnittswert der Jahre 1961 - 1990 (bis 2008 Station Karlsruhe: 1.691 Stunden = 100; ab 2009 Station Rheinstetten: 1.609 Stunden=100)

Abb. 14: Karlsruher Klimadaten 2000 - 2011 (Quelle: Stadtwerke Karlsruhe)

Szenarien für die Zukunft - Regionale Klimamodelle

Globale Klimamodelle haben eine viel zu grobe Auflösung, um Klimaentwicklungen in einer Region angemessen darstellen zu können. Die Auflösung der für den letzten IPCC-Bericht verwendeten Klimamodelle lag beispielsweise bei einem Gitterabstand von ca. 200 x 200 km. Für regionale Klimaszenarien werden deshalb regionale Klimamodelle verwendet, die ihre Simulationsläufe auf ein bestimmtes Gebiet begrenzen und daher eine deutlich geringere Auflösung rechnen können (20 x 20 oder 10 x 10 km). Als Eingangsgröße werden in der Regel Ergebnisse der globalen Modelle verwendet („Nesting“).

Für Deutschland gibt es bislang vier relevante regionale Klimamodelle:

- Das dynamische Regionalmodell REMO vom Max-Planck-Institut für Meteorologie
- Das ebenfalls dynamische regionale Klimamodell COSMO-CLM (früher CLM = Climate Local Model). Dieses Modell ist eine Gemeinschaftsentwicklung von etwa 25 verschiedenen Institutionen, darunter auch das Karlsruher Institut für Technologie (KIT).
- Das privatwirtschaftlich entwickelte statistische regionale Klimamodell WETTREG
- Das statistische Regionalmodell STAR vom Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK).

Dynamische Regionalmodelle haben generell den Vorteil, dass sie auch grundsätzlich neue klimatische Verhältnisse abbilden können. Sie sind jedoch sehr rechenaufwendig. Statistische Modelle sind stark von den zugrunde liegenden Messdaten abhängig und für neue klimatische Verhältnisse wenig geeignet. Wegen der geringeren Rechenzeit eignen sie sich jedoch bei hoher Auflösung für kurz- und mittelfristige Projektionen in kleinen Räumen.

Szenarienergebnisse für Deutschland

Die ersten umfassenden Klimaszenarien für Deutschland wurden im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) mit den Regionalmodellen REMO und WETTREG gerechnet und 2006 veröffentlicht (betrachteter Zeitraum 1950 bis 2100). Im Auftrag des Bundesforschungsministeriums (BMBF) hat das Max-Planck-Institut für Meteorologie zudem mehrere Simulationsläufe für Deutschland mit dem CLM-Modell durchgeführt (Zeitraum 1960 bis 2100), die seit 2007 verfügbar sind. Mittlerweile liegen für die Projektion des zukünftigen Klimas in Deutschland über 30 Simulationsläufe auf regionaler Skala vor - naturgemäß mit teilweise sehr unterschiedlichen Ergebnissen.

Im Vorfeld des 2011 verabschiedeten „Aktionsplans Anpassung“ der Bundesregierung hat der Deutsche Wetterdienst 19 dieser Simulationsläufe mit einem Zeithorizont bis zum Jahr 2100 als sog. Ensemble zusammengefasst und statistisch ausgewertet. Dabei

wurden die Änderungssignale für eine „nahe“ (2021 bis 2050) und eine „ferne“ (2071 bis 2100) Zukunft im Vergleich zu der Referenzperiode 1961 bis 1990 analysiert. Beispielphaft dargestellt sind in den Abbildungen 16 und 17 die flächenhaften Ergebnisse für die Änderung des Jahresmittels der Lufttemperatur und die Kennzahl „Heiße Tage“.

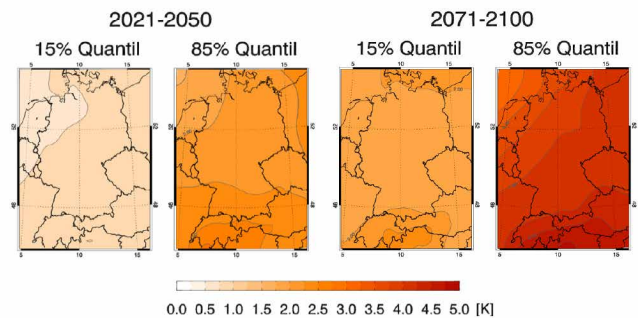


Abb. 16: Änderung des Jahresmittels der Lufttemperatur, Mittel über die Projektionszeiträume 2021 - 2050 (links) und 2071 - 2100 (rechts) (Quelle: BMU 2011, Anlage H.1)

Hinweis: Zur Ableitung interpretierbarer Spannbreiten wurden die 15 %- und 85 %-Quantile des Klimaprojektionsensembles ausgewiesen. 15 %-Quantil bedeutet: Mit einer 85 %igen Wahrscheinlichkeit werden die dargestellten Änderungssignale im Ensemble überschritten, das heißt 85 % der Projektionen prognostizieren höhere und 15 % die dargestellten oder niedrigere Änderungsraten. 85 %-Quantil heißt: Mit einer 85 %igen Wahrscheinlichkeit werden die dargestellten Änderungssignale im Ensemble nicht überschritten, das heißt 85 % des Ensembles prognostizieren die dargestellten oder niedrigere Änderungsraten und 15 % prognostizieren höhere Änderungsraten.

Für die Änderung der Jahresmitteltemperatur im Zeitraum 2021 bis 2050 liegt die größte Wahrscheinlichkeit für eine Zunahme zwischen 0,5 °C und 2 °C (Norddeutschland) bzw. 2,5 °C (Süddeutschland). Für den Zeitraum 2071 bis 2100 kann eine Erhöhung der mittleren Lufttemperatur von mindestens 1,5 °C und maximal 3,5 °C in Norddeutschland bzw. 4 °C in Süddeutschland als wahrscheinlich angesehen werden.

Die Kennzahl „Heiße Tage“ (Auszählung der Tage mit Tagesmaxima von mindesten 30°C) lässt sich als Maßzahl für ein „extremes Wetter“ heranziehen. Es sind für Menschen häufig Tage mit hoher Wärmebelastung. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist mit hoher Wahrscheinlichkeit mit einer Zunahme zwischen fünf und zehn „heißen Tagen“ in Norddeutschland bzw. zehn bis 15 „heißen Tagen“ in Süddeutschland zu rechnen. Für das Ende des Jahrhunderts ist eine maximale Zunahme der „heißen Tage“ um zehn bis 15 Tage (Norddeutschland) bzw. 30 bis 35 Tage (Südwestdeutschland) wahrscheinlich.

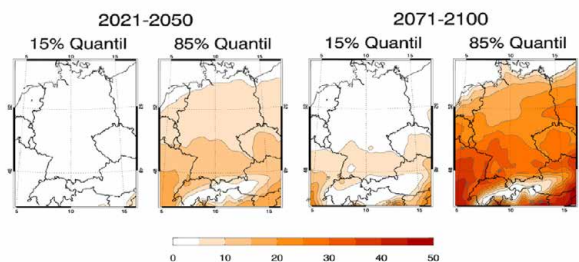


Abb. 17: Änderung der Anzahl Heiße Tage ($T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$), Mittel über die Projektionszeiträume 2021 - 2050 (links) und 2071 - 2100 (rechts) (Quelle: BMU 2011, Anlage H.1)

Bei der Betrachtung der Niederschläge zeigt sich, dass sich die gegenläufige Entwicklung zwischen Sommer- und Winterniederschlägen weiter fortsetzen wird. Die projizierten relativen Änderungen des mittleren Sommerniederschlags weisen eine Spanne zwischen einer sehr geringen und einer Abnahme von bis zu 15 % für den Zeitraum bis zur Jahrhundertmitte und bis zu 25 % für den Zeitraum 2071 bis 2100 auf. Für die Winterniederschläge ist für den Zeitraum 2021 bis 2050 eine eher geringe Zunahme von bis zu 10% am wahrscheinlichsten, für den Zeitraum 2071 bis 2100 kann von einer wahrscheinlichen Zunahme bis zu 15 % ausgegangen werden.

In der Zwischenzeit hat der DWD die Anzahl der Simulationsläufe für die Ensemblebetrachtung nochmals erhöht. Die Ergebnisse wurden für die Allgemeinheit anschaulich aufbereitet und können über die Internetseite „Deutscher Klimaatlas“ (www.dwd.de/klimaatlas) aufgerufen werden.

Szenarienergebnisse für Baden-Württemberg und den Raum Karlsruhe

Nach Auswertung der bislang vorliegenden Klimaszenarien wird die Durchschnittstemperatur in Baden-Württemberg bis zum Jahr 2050 um 0,8 bis 1,7 °C steigen. Die Hitzetage treten dabei überschlägig doppelt so häufig auf. Im Gegenzug gehen die Frost- und Eistage deutlich zurück. Die Niederschläge im Winter werden je nach Region um bis zu 35 Prozent zunehmen und übersteigen damit deutlich die prognostizierten Zunahmen auf Bundesebene (siehe Abbildung 18).

Im Rahmen des KLIWA-Vorhabens wurden bereits zwischen 2001 und 2004 Klimaprojektionen mit drei unterschiedlichen Regionalisierungsverfahren als Ensembleansatz entwickelt. Der betrachtete Simulationszeitraum umfasste die Periode 2021 bis 2050 und den Vergleichszeitraum 1971 bis 2000, ging also nicht über die Jahrhundertmitte hinaus. Für die kommunale Ebene sind diese Ergebnisse besonders interessant, da auch vergleichende Aussagen zu ausgewählten Regionen getroffen wurden - darunter auch Karlsruhe. Demnach würden sich in Karlsruhe alle wärmebezogenen Extremwertbetrachtungen (Sommertage, heiße Tage, Tropennächte) überdurchschnittlich entwickeln. Bei

den heißen Tagen wäre beispielsweise im Mittel eine Verdopplung auf über 30 Tage wahrscheinlich (siehe Abbildung 19). Die Anzahl der Sommertage würde im Raum Karlsruhe von derzeit knapp 60 Tagen bis Mitte des Jahrhunderts auf über 80 Tage ansteigen. Da die einzelnen Ergebnisgrafiken für die untersuchten Parameter bereits im Bericht „Anpassung an den Klimawandel in Karlsruhe“ von 2008 zu finden sind (S. 14 ff.), wird hier auf eine erneute ausführliche Darstellung verzichtet.

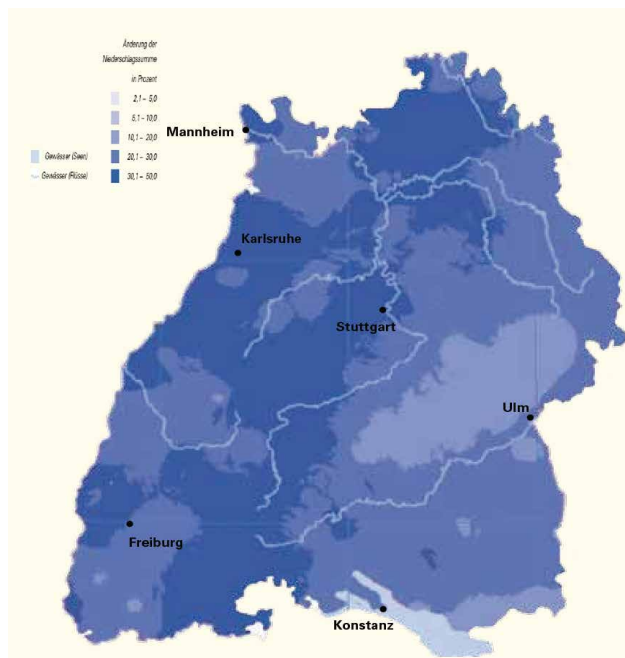


Abb. 18: Entwicklung des Winterniederschlags bis 2050 (Quelle UM BW/LUBW 2012, S. 19)

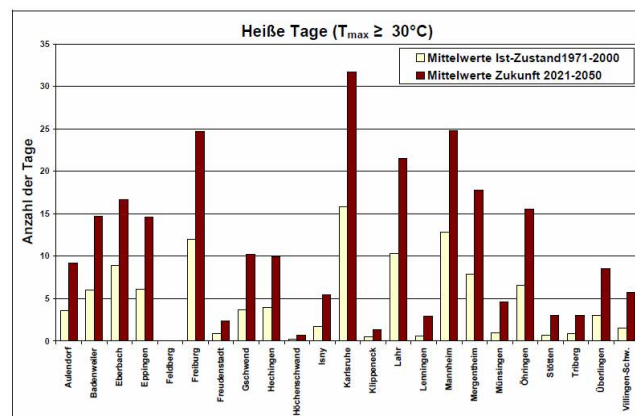


Abb. 19: Anzahl der bisherigen und künftigen heißen Tage ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) pro Jahr (Quelle: LUBW 2005)

Mittlerweile liegen gerade für die Extremwertbetrachtungen noch kleinräumigere Klimaszenarien vor. Das Institut für Meteorologie und Klimaforschung am KIT führte im Forschungsprogramm „Herausforderung Klimawandel Baden-Württemberg“ eine Reihe von regionalen Klimasimulationen für die jüngere Vergangenheit (1971 bis 2000) und die Zukunft (2011 bis 2040) durch. Dazu benutzten die Forscher erstmals das regionale Klimamodell COSMO-CLM in einer Auflösung von sieben

Kilometern. In den Abbildungen 20 und 21 sind die flächenhaften Ergebnisse für die Entwicklung der Sommertage und der „Frosttage“ (Tage, an denen das Minimum der Lufttemperatur unter 0 °C liegt) dargestellt.

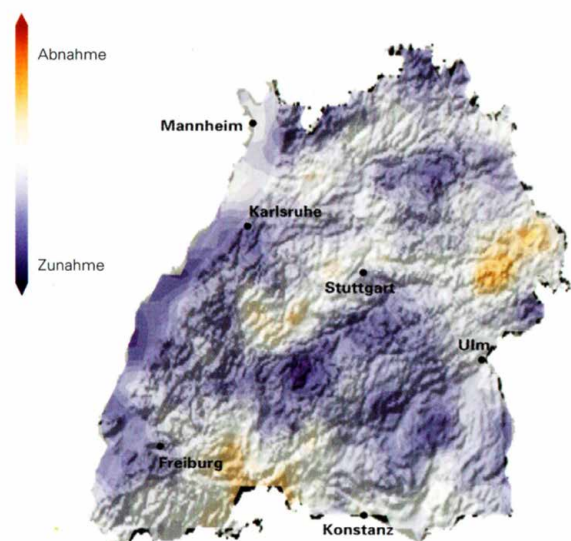
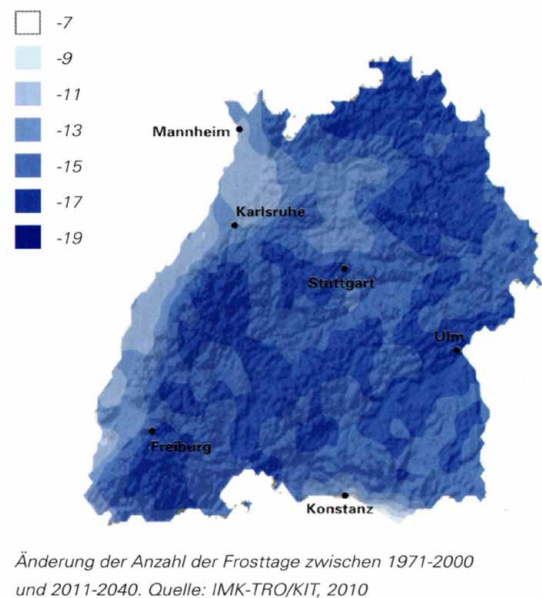
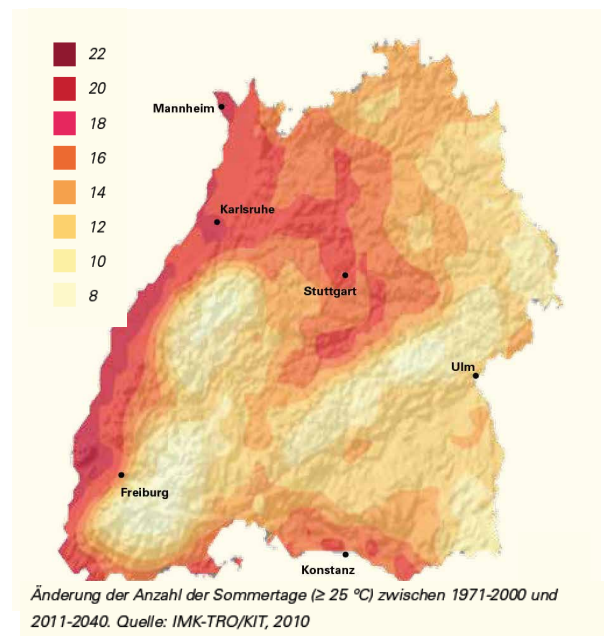
Das KIT untersuchte auch, wie wahrscheinlich es ist, dass Starkregen in Baden-Württemberg künftig zunehmen. Um die Aussagesicherheit zu verbessern, wurde dabei weltweit erstmals die Ensemblemethode mit einer solch hohen Auflösung verwendet. Die Ergebniskarte (Abbildung 22) zeigt, dass in bestimmten Regionen des Landes - so auch im Raum Karlsruhe - die Wahrscheinlichkeit für häufigere und intensivere sommerliche Starkniederschläge in der Zukunft steigt (blaue Flächen). In einigen Gebieten bleibt sie gleich, nur in wenigen geht sie zurück. Die Klimasimulationen deuten darauf hin, dass sich zwar die Niederschlagsmengen innerhalb eines Jahres kaum ändern werden, aber dass sie sich anders verteilen. Jahre mit besonders nassen und besonders trockenen Perioden werden künftig wahrscheinlicher. Insgesamt werden die Extreme in Baden- Württemberg also zunehmen.

Anzumerken bleibt, dass derzeit nicht alle Prozesse des Klimasystems voll verstanden und in den Klimamodellen abgebildet werden können. Die angewandten Verfahren zur Erzeugung regionaler Klimaprojektionen befinden sich deshalb in ständiger Weiterentwicklung. Außerdem werden sich mit der Veröffentlichung des nächsten IPCC-Sachstandsberichts voraussichtlich die Emissionsszenarien und damit die Ausgangsgrößen für die globalen Klimamodelle ändern. Die damit verbundenen Unsicherheiten zeigen sich unter anderem in der Bandbreite der Ergebnisse unterschiedlicher Modellläufe. Allerdings weisen die ermittelten Veränderungen für die wesentlichen meteorologischen Größen tendenziell fast ausnahmslos in die gleiche Richtung, was letztlich als Indiz für die Zuverlässigkeit der Aussagen gewertet werden kann.

Weitere räumliche Konkretisierung in Karlsruhe

Die vorliegenden Szenarienergebnisse ermöglichen einen guten Überblick, welche Entwicklung uns in Karlsruhe in den nächsten Jahrzehnten mit großer Wahrscheinlichkeit bevorsteht. Kleinräumige Aussagen, welche Konsequenzen dies beispielsweise in einzelnen Stadtteilen oder sogar einzelnen Stadtquartieren hat, sind damit freilich nicht möglich. Hier besteht die Möglichkeit, die Ergebnisse eines regionalen Klimamodells durch ein statistisch-dynamisches Verfahren auf kleinere Raumeinheiten unter Berücksichtigung von lokalen Besonderheiten wie Landnutzung und Relief zu „übertragen“. Ein solches Vorgehen wurde im Rahmen des ExWoSt-Projekts im Nachbarschaftsverband Karlsruhe gewählt. Weitere Ausführungen dazu und die Ergebnisse dieser Berechnungen finden sich im Kapitel „Stadtplanung“.

Abb. 20, 21 und 22: Entwicklungen bei der Anzahl der Sommertage (rechts oben), der Anzahl der Frosttage (Mitte) und der Starkniederschläge im Sommer (unten) (Quelle: UM BW/ LUBW 2012, S. 9)



3. Politische Initiativen und Rahmensetzung



3. Politische Initiativen und Rahmensetzung

Mit der Anpassung an den Klimawandel beschäftigen sich im Grunde genommen alle staatlichen Ebenen, angefangen von den Vereinten Nationen, über die EU bis hin zu den Kommunen.

Internationale Ebene

International gesehen stellt das Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) von 1992 die wichtigste Grundlage zur Anpassung an den Klimawandel dar. Zu den 194 Vertragsstaaten gehört auch Deutschland. Das Hauptziel des Übereinkommens - das unter anderem Ausgangspunkt für die jährlichen UN-Klimakonferenzen ist - besteht darin, eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems zu verhindern und die globale Erwärmung zu verlangsamen. Es finden sich aber ebenso erste Ansätze für einen Anpassungsprozess. So fordert Artikel 4, dass alle Vertragsparteien Programme erarbeiten, die neben Maßnahmen zum Klimaschutz auch solche „zur Erleichterung einer angemessenen Anpassung an Klimaänderungen“ enthalten. Die Vertragsparteien haben bei der Klimakonferenz COP 16 2010 in Cancun in einem „Rahmenabkommen zur Anpassung an den Klimawandel“ explizit festgehalten, dass alle Unterzeichner nationale Anpassungsstrategien entwickeln und umsetzen.

Europa

Als europäischen Beitrag zur Umsetzung der UNFCCC-Beschlüsse hat die EU-Kommission 2009 das Weißbuch „Anpassung an den Klimawandel: Ein europäischer Aktionsrahmen“ veröffentlicht. Neben grundsätzlichen

Überlegungen und Vorschlägen schlägt das Weißbuch die Entwicklung nationaler Anpassungsstrategien in den Mitgliedsstaaten spätestens bis zum Jahr 2012 vor. Noch im Jahr 2013 will die Europäische Kommission zudem eine eigene EU-Klimaanpassungsstrategie mit konkreten Maßnahmen auf europäischer Ebene vorlegen. Als Grundlage dafür hat die Europäische Umweltagentur (EEA) 2012 einen umfangreichen Bericht vorgelegt, der bisherige Beobachtungen und zukünftige Auswirkungen des Klimawandels zusammenfasst („Climate Change. Impacts und Vulnerability in Europe 2012“).

Deutschland

Ende 2008 hat das Bundeskabinett die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) beschlossen. Sie soll den nationalen Rahmen für eine mittelfristige Anpassung an den Klimawandel vorgeben und ist als ein Prozess angelegt, in dem schrittweise gemeinsam mit den Bundesländern und gesellschaftlichen Gruppen Anpassungsmaßnahmen entwickelt und umgesetzt werden. Die DAS enthält insbesondere eine übergreifende Darstellung der bereits eingetretenen sowie erwarteten Klimaänderungen und -folgen sowie erste Handlungsoptionen. Folgende Handlungsfelder werden dabei betrachtet: Menschliche Gesundheit, Bauwesen, Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz, Boden, Biologische Vielfalt, Landwirtschaft, Wald- und Forstwirtschaft, Fischerei, Energiewirtschaft, Finanzwirtschaft, Verkehr, Verkehrsinfrastruktur, Industrie und Gewerbe, Tourismuswirtschaft. Als Querschnittsthemen sind die Raum-, Regional- und Bauleitplanung und der Bevölkerungsschutz angesprochen.

Der im August 2011 vom Bundeskabinett verabschiedete Aktionsplan Anpassung unterlegt die DAS mit konkreten Maßnahmen und stellt vor allem die auf Bundesebene in den nächsten Jahren geplanten Aktivitäten vor. Diese sind vier handlungsfeldübergreifenden strategischen Säulen zugeordnet:

- Säule 1: Wissen bereitstellen, Informieren, Befähigen
- Säule 2: Rahmensetzung durch den Bund
- Säule 3: Aktivitäten in direkter Bundesverantwortung
- Säule 4: Internationale Verantwortung

Neben der Erforschung von Grundlagen zum Klimawandel und seinen Folgen fördert der Bund unter dem Dach der DAS eine Reihe von Projekten, um Anpassungskonzepte modellhaft mit Praxispartnern in Städten und Regionen zu erproben. Zu nennen sind hier etwa das von Bundesministerium für Bildung und Forschung getragene Förderkonzept KLIMZUG („Klimawandel in Regionen“) oder die auf Ebene der Raumordnung und Stadtentwicklung angesiedelten Forschungsprogramme KlimaMORO („Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel“) und ExWoSt („Urbane Strategien zum Klimawandel“).



Grundlageninformationen zu den Themen Klimawandel und Anpassungsaktivitäten: Broschüren des Bundes- und Landesumweltministeriums

Als nationale Dienstleistungseinrichtungen, die Wissen zum Thema Anpassung vermitteln sollen, wurden das Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass) beim Umweltbundesamt sowie das zum GKSS-Forschungszentrum gehörige Climate Service Centre (CSC) eingerichtet.

Baden-Württemberg

Parallel zu den Initiativen des Bundes entwickelten die Bundesländer eigene Anpassungsaktivitäten. Baden-Württemberg hat frühzeitig damit begonnen, den Klimawandel und seine Auswirkungen im Rahmen verschiedener Forschungsprogramme zu untersuchen:

- Bereits seit 1998 besteht über das Verbundprojekt KLIWA („Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“) eine längerfristige gebiets- und fachübergreifende Zusammenarbeit der Länder Baden-Württemberg und Bayern (seit 2007 auch unter Beteiligung von Rheinland-Pfalz) sowie des Deutschen Wetterdienstes. Ziel ist es, künftige Veränderungen des Wasserhaushalts durch den Klimawandel zu ermitteln und nachhaltige wasserwirtschaftliche Vorsorgekonzepte auszuarbeiten.
- Im Verbundprojekt KLARA „Klimawandel - Auswirkungen, Risiken, Anpassung“ (Abschluss 2005) wurden Fragestellungen in den Bereichen Gesundheitsgefahren, Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Tourismus, Naturschutz, Schifffahrt und Energieerzeugung untersucht.
- Aufbauend auf den Ergebnissen von KLARA startete das Landesumweltministerium das Forschungsprogramm „Herausforderung Klimawandel Baden-Württemberg“, um ausgewählte Aspekte in sechs Forschungsverbünden vertieft zu untersuchen (Laufzeit 2006 bis 2010). Dazu gehörten unter anderem die Entwicklung von „Strategien zur Reduzierung des Sturmschadensrisikos für Wälder (RESTER)“ oder die „Auswirkungen des Klimawandels auf Biotop Baden-Württembergs (KLIBB)“.
- Seit dem Jahr 2010 wird die Forschung zum Klimawandel in Baden-Württemberg mit dem neuen Programm „Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg (KLIMOPASS)“ fortgesetzt. Angestrebt wird die Förderung von sektor- bzw. themenübergreifenden Verbundprojekten, an denen sich mehrere Institutionen beteiligen. Im Forschungswettbewerb sollen grundlegende Arbeiten zu regionalen Klimafolgen und Anpassungen bearbeitet werden.

Eine aktuelle Zusammenfassung der Erkenntnisse zum Klimawandel in Baden-Württemberg findet sich in der

Broschüre „Klimawandel in Baden-Württemberg, Fakten - Folgen - Perspektiven“ aus dem Jahr 2010.

Unter Federführung des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft wird derzeit ressortübergreifend eine Anpassungsstrategie für Baden-Württemberg erarbeitet.

Die kommunale Ebene

Die strategische Beschäftigung mit dem Klimawandel auf der kommunalen Ebene steht meist noch am Anfang. Sie gewinnt aber zunehmend an Bedeutung - auch als Ergänzung zu kommunalen Klimaschutzkonzepten, die es mittlerweile in vielen Städten und Gemeinden gibt.

Der Stellenwert kommunaler Anpassungsprozesse äußert sich unter anderem daran, dass auf Bundesebene seit 2012 ein eigenes kommunales Förderprogramm für Anpassungsmaßnahmen existiert, mit dem in erster Linie Initiativen zur Bewusstseinsbildung sowie zur Vernetzung und Kooperation unterstützt werden. Auch das Förderprogramm KLIMOPASS des Landes Baden-Württemberg richtet sich mit seinem praxisorientierten Teil unter anderem ausdrücklich an Kommunen.

Der Deutsche Städtetag veröffentlichte im Juni 2012 ein Positionspapier „Anpassung an den Klimawandel - Empfehlungen und Maßnahmen der Städte“. Es soll als eine Arbeitsgrundlage für die Erarbeitung städtischer Anpassungsstrategien dienen.

Einige Kommunen, vor allem Großstädte, haben bereits solche Anpassungsstrategien erarbeitet - zum Teil in Eigenregie durch die Einberufung einer verwaltungsinternen Arbeitsgruppe, zum Teil durch die Einbindung externer Büros. Als konkrete Beispiele lassen sich unter anderem nennen:

- Frankfurter Anpassungsstrategie (2011)
- Rahmenkonzept zur Anpassung an den Klimawandel in der Hansestadt Rostock (2012)
- Klimaanpassungskonzept Stuttgart KLIMAKS (2012)

Übergreifende Aktivitäten in Karlsruhe

In Karlsruhe wurde das Thema Klimawandel bereits in verschiedenen Zusammenhängen aufgegriffen:

Im Rahmen der repräsentativen Bürgerumfrage 2011 zum Thema Lebensqualität in Karlsruhe konnte erstmalig ein kleiner Fragenblock zum Klimaschutz/Klimawandel integriert werden. Ziel war es, die Sichtweise der Bürgerinnen und Bürger zu städtischen Klimaschutzaktivitäten, zum persönlichen Klimaschutzverhalten und zu den Auswirkungen des Klimawandels näher zu beleuchten.

Wie stark wird der Klimawandel nach Ihrer Einschätzung Ihr persönliches Leben in Zukunft beeinträchtigen?	Beeinträchtigung durch Klimawandel			
	sehr stark	stark	weniger stark	überhaupt nicht
	Anteile an den Befragten			
Karlsruhe insgesamt 2011	18,3%	42,3%	32,5%	6,9%
Altersgruppen				
18 bis unter 30 Jahre	22,1%	42,2%	29,3%	6,5%
30 bis unter 45 Jahre	19,3%	46,2%	29,2%	5,3%
45 bis unter 60 Jahre	19,3%	42,7%	31,2%	6,8%
60 bis unter 75 Jahre	13,7%	40,3%	38,8%	7,1%
75 Jahre und älter	12,8%	34,7%	39,8%	12,8%

Tab. 1: Auszug aus der Auswertung der Bürgerumfrage 2011- Themenblock Klima und Verkehr

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Karlsruherinnen und Karlsruher der Bedeutung des Klimawandels für ihre eigene Zukunft durchaus bewusst sind. Jedenfalls sehen sich mehr als 60 % der Befragten zukünftig „sehr stark“ oder „stark“ durch die Folgen des Klimawandels beeinträchtigt. Nur knapp 7 % aller Befragten gehen von überhaupt keiner Betroffenheit aus. Ein Blick auf die Altersstruktur zeigt, dass sich vor allem die jüngere und die mittlere Generation eher kritisch mit den Folgen des Klimawandels auseinandersetzen, während in der Gruppe der 60-jährigen und älter die persönliche Betroffenheit geringer eingeschätzt wird (siehe Tabelle 1). Als größte Risiken für die Region werden besonders häufig heißere und schwülere Sommer(-nächte) sowie zunehmende Wetterextreme und Hochwasser-/Überflutungsereignisse genannt, was sich mit den allgemeinen Erkenntnissen deckt.

Im Bereich der Umweltpädagogik spielt der Klimawandel ebenfalls eine Rolle. Beispielsweise enthalten die vom Umwelt- und Arbeitsschutz angebotenen Unterrichtseinheiten für Karlsruher Schulen mehrere Angebote, die sich mit den Folgen des Klimawandels und den Möglichkeiten zum Klimaschutz beschäftigen. Vereinzelt wurde das Thema auch schon über die Waldpädagogik oder im Rahmen von Vorträgen (zum Beispiel stadtklimatische Bedeutung des Alten Flugplatzes) oder Führungen (zum Beispiel zum Thema Klimawandel im Wald) aufgegriffen.

Generell wertvolle Erfahrungen konnten durch die Beteiligung der Stadt bzw. städtischer Dienststellen an einzelnen Forschungsprojekten gewonnen werden. Zu nennen sind hier in erster Linie:

- **ExWoSt-Modellvorhaben** „Innenentwicklung versus Klimakomfort im Nachbarschaftsverband Karlsruhe“: Der Nachbarschaftsverband Karlsruhe bewarb sich Ende 2009 auf den Aufruf des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) zum Modellvorhaben „Urbane Strategien zum Klimawandel“ im Programm „Experimenteller Wohnungs- und Städtebau“ (ExWoSt) und wurde als eine von neun bundesweiten Modellregionen für eine Förderung ausgewählt. Die Intention des im Herbst 2012 abgeschlossenen Modellprojekts bestand insbesondere darin, den aus ökologischer Sicht sinnvollen stadtplanerischen Ansatz der Innenentwicklung auch unter dem Aspekt des Klimawandels „zukunftsicher“ zu machen (siehe

dazu näher im Kapitel „Stadtplanung“).

- StadtKlimaLotse: Ebenfalls im Rahmen des ExWoSt-Forschungsprogramms wurde als Arbeitshilfe insbesondere für kleine und mittlere Kommunen ein internetbasierte Entscheidungsunterstützung für Klimaanpassungsmaßnahmen entwickelt. Die Stadt Karlsruhe war einer der Praxisstädte, die das Modul getestet und damit die Entwicklung unterstützt haben.
- KIBEX - Kritische Infrastrukturen und Bevölkerung(-sschutz) im Kontext klimawandelbeeinflusster Extremwetterereignisse: Ziel dieses von der UN-Universität in Bonn betreuten Projekts ist die Verwundbarkeitsabschätzung von Bevölkerung und Kritischer Infrastruktur gegenüber klimawandelbedingten Extremwetterereignissen (Starkregen, Hitzewelle, Dürre). Neben der Entwicklung von Kriterien und Methoden zur Verwundbarkeitsabschätzung sollten mögliche Folgen durch Wirkungsketten und Abhängigkeiten abgeschätzt werden. Die Stadt Karlsruhe und die Stadtwerke Karlsruhe unterstützten das Projekt als kommunaler Praxispartner, wobei schwerpunktmäßig die Auswirkungen von Hitzeperioden am Beispiel des Hitzesommers 2003 untersucht wurden (insbesondere die möglichen Folgen eines hitzebedingten Stromausfalls).

kungen urbaner Starkregen und hat 2010/2011 zwei überregionale Fachveranstaltungen in Karlsruhe zum gleichen Thema mitorganisiert und fachlich unterstützt.

Als strategischen Einstieg in einen übergreifenden Anpassungsprozess erarbeitete der Umwelt- und Arbeitsschutz mit Unterstützung weiterer Dienststellen 2008 einen ersten Bericht zur Anpassung an den Klimawandel.

2011 wurde eine dezernatsübergreifende Arbeitsgruppe eingerichtet, um die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf einzelne Handlungsfelder vertiefter zu beleuchten und strategische Anpassungsmaßnahmen abzustimmen. In der Arbeitsgruppen waren teilweise auch externe Institutionen vertreten (siehe im Impressum dieses Berichts), die zusätzliche Anregungen einbrachten.

Weitere Aktivitäten und konkrete Handlungsansätze in den unterschiedlichen kommunalen Handlungsfeldern werden in den nächsten Abschnitten ausführlicher erläutert.

Aktuelle Forschungsprojekte:

- KLIMOPASS: Mit finanzieller Unterstützung aus dem Forschungsprogramm KLIMOPASS des Landes erarbeitet das Stadtplanungsamt derzeit als landesweites Pilotprojekt einen „Städtebaulichen Rahmenplan Klimaanpassung“ (siehe dazu näher im Kapitel „Stadtplanung“)
- Kooperationsbörse Klimawandel: Im Auftrag des Umweltbundesamtes wird das Modell einer Ideen- und Kooperationsbörsen bundesweit in drei Pilotstädten erstmals getestet. Ziel ist es, das Thema Klimaanpassung bekannter zu machen, Netzwerke zwischen bereits Aktiven und Interessierten zu knüpfen und erste gemeinsame und freiwillige Initiativen zur Anpassung zwischen Kommune, Wirtschaft, gesellschaftlichen Akteuren und Wissenschaft auf den Weg zu bringen. Eine erste Veranstaltung fand im Oktober 2012 in Bremerhaven statt. Zwei weitere Veranstaltungen sollen im ersten Halbjahr 2013 in Essen und in Karlsruhe stattfinden. Die Stadt unterstützt die Durchführung einer solchen Kooperationsbörse als Projektpartner, wobei eine thematische Eingrenzung auf das Thema „Hitze in der Stadt“ vorgesehen ist.

Darüber hinaus sind einzelne Dienststellen und Gesellschaften in landes- und bundesweite Aktivitäten oder Arbeitskreise eingebunden und bringen hier ihr Fachwissen ein. Die Karlsruher Stadtentwässerung beispielsweise beteiligt sich derzeit an der Erstellung eines bundesweiten Leitfadens zum Schutz vor den Auswir-

4. Regionale Auswirkungen und kommunale Anpassungsmaßnahmen

4.1 Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit



4. Regionale Auswirkungen und kommunale Anpassungsmaßnahmen

4.1 Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit

Klimaänderungen beeinflussen die menschliche Gesundheit in unterschiedlicher Weise - direkt und indirekt. Ein ernstzunehmendes Gesundheitsrisiko für die Stadtbevölkerung stellt vor allem die mit dem Klimawandel einhergehende Zunahme von heißen Tagen, Tropennächten oder Hitzeperioden dar. Der Klimawandel beschert uns auch neue Krankheiten, indem er Allergie auslösenden Pflanzenarten oder parasitären Überträgern von Infektionen bessere Lebensbedingungen bietet. Nicht außer Acht gelassen werden sollte zudem die unmittelbare Gesundheitsgefährdung durch steigende Häufigkeit von Extremereignissen wie Stürme oder Gewitter. Damit ergeben sich auch für Kommunen neue Herausforderungen.

Klimafolgen

Hyperthermie und hitzebedingte Veränderungen der Sterblichkeit

Der menschliche Organismus kann sich zwar an thermische Verhältnisse anpassen. So ist für Menschen aus Südeuropa eine gefühlte Temperatur von 30°C zumindest nichts Ungewöhnliches. Für Menschen in Deutschland kann eine solche Temperatur dagegen schon zu einer erheblichen Belastung des Organismus führen. Empfindliche Bevölkerungsgruppen sind auf Grund eingeschränkter Funktionsreserven in erster Linie äl-

tere und pflegebedürftige Menschen sowie chronisch Kranke. Aber auch Kinder sind betroffen, da sie nur über einen reduzierten Wärmeausgleich verfügen und schneller einen Hitzschlag erleiden können.

Besondere Gefahren ergeben sich auch aus (beruflichen) Tätigkeiten, bei denen schwere körperliche Anstrengungen mit starker Sonneneinstrahlung und hoher Strahlungstemperatur der umgebenden Flächen einhergehen - oft in Verbindung mit erhöhter Luftbelastung (zum Beispiel Ozon). Dies kann alle Arbeiten betreffen, die ungeschützt im Freien verrichtet werden (etwa Straßenbau, Dachdeckerei). Zu verhaltensbezogenen Risikogruppen gehören außerdem Kinder und Jugendliche in verschiedenen Institutionen (Kindergärten, Schulen, Sportvereine) und Teilnehmer von gesellschaftlichen oder sportlichen Großveranstaltungen (Sportfeste, Marathons, Popkonzerte). Ebenfalls werden gewisse Risiken im Zusammenhang mit sozialen Gesichtspunkten gesehen, weil beispielsweise einkommensschwächere Bevölkerungsgruppen häufiger in Wohnungen leben, die der Hitze stärker ausgesetzt sind (Dachwohnungen oder Gebäude mit schlechtem Wärmeschutz).

Als Referenzbeispiel für hitzebedingte Auswirkungen auf die Gesundheit lässt sich der Hitzesommer im Jahr 2003 anführen: Im August 2003 wurden in Karlsruhe an zwei Tagen Maximaltemperaturen von 40,2 °C registriert. Für mehr als drei Wochen traten nahezu durchgängig heiße Tage mit Temperaturen oberhalb von 30 °C sowie zahlreiche tropische Nächte mit Temperaturen über 20 °C auf. Eine Abkühlung fand insbesondere in den dicht bebauten Gebieten der Karlsruher Innenstadt kaum noch statt. Aufgrund dieser extremen klimatischen Situation kam es zu einer Vielzahl an Hyperthermieerkrankungen (Überwärmung des Körpers). Alleine in Karlsruhe wurden durch entsprechende Recherchen 79 Erkrankungsfälle und 27 Todesfälle in 18 Pflegehei-

men erfasst. Die Erkrankungen traten primär als Lungenentzündungen in Erscheinung; zunächst wurden Infektionen als Ursache vermutet. Der Deutsche Wetterdienst berechnete 2003 für ganz Baden-Württemberg einen Anstieg der Sterblichkeit gegenüber dem langjährigen Mittelwert um mehr als 10 %. Dies entspricht einer Anzahl von zusätzlich 1.100 Hitzetoten für die ersten zwei Augustwochen.

Einfluss auf reiseassoziierte und endemische Infektionskrankheiten

Ein wärmeres Klima begünstigt die Lebensbedingungen verschiedener Krankheitsüberträger (Vektoren). In Baden-Württemberg ist hiervon ganz besonders der Oberrheingraben als eine der wärmsten Zonen Deutschlands betroffen. Dabei muss man unterscheiden zwischen Krankheitsüberträgern, die bereits heimisch sind und sich durch die wärmere Witterung weiter ausbreiten, und solchen, die auf Grund steigender Temperaturen einwandern und heimisch werden. Die nachfolgend genannten Beispiele für besonders häufig diskutierte Infektionskrankheiten und ausgewählte Überträger sind nicht abschließend, sondern als erster Überblick zu verstehen. Die Literatur verweist auf etliche weitere gesundheitliche Gefahren und nennt auch weitere Vektoren.



Stechmücken gehören zu den wichtigsten Krankheitsüberträgern. Allgemein ist damit zu rechnen, dass bei feuchteren und wärmeren Klimaverhältnissen zukünftig mehr Generationen pro Jahr als bislang aufwachsen können. Das bedeutet ein höheres Risiko, gestochen zu werden.

Asiatische Tigermücke und West-Nil-Fieber

Beim West-Nil-Fieber handelt es sich um eine virusbedingte Erkrankung, die beim Menschen zumeist mit grippeähnlichen Symptomen, in einigen Fällen (etwa bei jedem 150. Erkrankten) mit schwerwiegenden neurologischen Folgen verläuft. Seit Jahren findet eine

Epidemie mit zahlreichen Todesfällen in den USA statt, 2010 wurde in Griechenland ein Ausbruch mit 34 Toten und Hunderten Erkrankten beobachtet.

Das Virus infiziert in der Regel Vögel, kann aber auch durch Stechmücken auf den Menschen und andere Säugetiere übertragen werden. Einige dieser Stechmücken sind in Deutschland heimisch. Das Virus konnte mittlerweile fast überall in Europa nachgewiesen werden, so etwa in Österreich und England. Entsprechende Untersuchungsprogramme in Deutschland haben aber erst begonnen, sodass sich noch keine Aussage zur tatsächlichen Verbreitung bei uns treffen lassen.

Zu den Überträgern des West-Nil-Fiebers (aber auch des Gelb-, Dengue- oder des Chikungunya-Fiebers) gehört die Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*). Sie wurde im September 2007 erstmals im Landkreis Rastatt gesichtet. Der letzte Einzelfund erfolgte im Sommer 2011. Die Einzelfunde wurden vermutlich durch Transportverkehr eingeschleppt. Bisher ist keine eigenständige Population bekannt. Untersuchungen zeigen aber, dass eine dauerhafte Etablierung von *Aedes albopictus* innerhalb der Oberrheinischen Tiefebene aufgrund der hier herrschenden günstigen Klimabedingungen möglich ist.

Malaria und Denguefieber

Malaria war in Deutschland (Ruhrgebiet) bis in das 19. Jahrhundert heimisch. Voraussetzung für die endemische Etablierung der Erkrankung sind einerseits ganzjährig aktive Vektoren (Anopheles-Mücken), andererseits aber auch ein steter Import der Erreger. Ein solcher findet derzeit nicht statt. Aus wissenschaftlicher Sicht wird selbst bei langfristig geeigneten Temperaturbedingungen eine Etablierung der Malaria höchstens für Südeuropa, nicht jedoch für Mitteleuropa als wahrscheinlich angesehen. Ähnliches gilt bei dem vektorübertragbaren Denguefieber. Die Verbreitungsgebiete für Denguefieber sind so weit entfernt, dass ein stetiger Import unwahrscheinlich ist. Die hierzulande gemeldeten Infektionen wurden alle bei Reisen in tropische Länder erworben.

Rötelmaus und Hantainfektionen

Hantaviren gehörten noch vor wenigen Jahren zu den seltenen „exotischen Viren“. Seit zwei Hantavirus-Epidemien in den Jahren 2007 und 2010 stellt sich die Situation leider anders dar. Hantaviren werden durch das Einatmen infizierter Exkremente von Nagetieren auf den Menschen übertragen. Der in Süddeutschland verbreitete Untertyp „Puumala“ wird durch Mäuse, vor allem durch die Rötelmaus und die Waldmaus weiter-

gegeben. Als Infektionsmöglichkeiten für den Menschen lassen sich beispielsweise Reinigungsarbeiten in Gartenhäuschen oder Kellern, Waldarbeiten und ähnliches nennen.



Hauptüberträger für das Hantavirus: Die Rötelmaus

Die Virusinfektion verläuft häufig unbemerkt, ansonsten meist grippeähnlich und kann in schweren Fällen mit Blutdruckabfall und Nierenfunktionsstörungen bis zum akuten Nierenversagen einhergehen. Aktuell steht keine Impfung zur Verfügung. Wichtigste Maßnahme zur Infektionsverhütung ist deshalb die Vermeidung des Kontakts mit Ausscheidungen der Nager. Daneben ist die Bekämpfung der Nagetiere wichtig. Ebenso sollten bestimmte Schutz- und Vorbeugemaßnahmen bei gefährdeten Arbeiten eingehalten werden, etwa das Befeuchten von Flächen vor Reinigungsarbeiten (Staubbindung) oder das Tragen von Staubschutzmasken und Einmalkitteln, um das Verschleppen von erregertem Staub zu verhindern.

Die Häufigkeit von Infektionen ist von der Bestandsgröße der Nagetiere abhängig. In milden Wintern, die durch den Klimawandel immer mehr zu erwarten sind, überleben grundsätzlich mehr Tiere als in kalten Wintern. Wichtigste Nahrungsquelle der Rötelmäuse sind außerdem Bucheckern. Jahre, in denen die Buchen besonders stark mit Bucheckern behangen sind (so genannte Buchenmast) - wie zuletzt 2011 nach einem relativ trockenen Sommer - begünstigen die Vermehrung von Rötelmäusen damit zusätzlich. So ging den in den letzten Jahren aufgetretenen Hantavirus-Ausbrüchen regelmäßig eine Buchenmast im Vorjahr voraus. Betroffen sind insbesondere Landkreise mit hohem Buchenwaldanteil. Der Schwerpunkt des Infektionsgeschehens liegt in Baden-Württemberg bislang im Bereich der Schwäbischen Alb. 2012 war das Jahr mit der höchsten Anzahl an Hantavirusinfektionen. Landesweit wurden fast 1.700 Fälle gemeldet, davon 16 in Karlsruhe (siehe Tabelle 2).

Zecken und FSME / Lyme-Borreliose

Der Gemeine Holzbock (*Ixodes ricinus*) ist ein heimischer Parasit und gehört zur Familie der Schildzecken. Zecken lieben Feuchtigkeit und Wärme und beherbergen viele Krankheitserreger, die mit dem Stich auch auf Menschen übertragen werden. Einschlägig in Deutschland sind hier insbesondere die Borreliose und FSME.

Generell kann davon ausgegangen werden, dass sich die Aktivität der Zecken durch den Klimawandel zukünftig auf einen längeren Zeitraum des Jahres erstrecken wird und damit auch das Infektionsrisiko zunimmt. Einen wesentlichen Einfluss auf die Erkrankungshäufigkeit hat allerdings auch das Freizeitverhalten der Bevölkerung.

Jahr	Anzahl	Jahr	Anzahl
2001	2	2007	7
2002	5	2008	4
2003	4	2009	2
2004	1	2010	16
2005	4	2011	1
2006	1	2012	16

Tab. 2: Gemeldete Hantaviruserkrankungen im Stadtkreis Karlsruhe (Quelle: Robert-Koch-Institut: SurvStat, www3.rki.de/SurvStat, Datenstand: 30.01.2013)

FSME (Frühsommermeningoencephalitis) ist eine Erkrankung durch Flaviviren. Nach Untersuchungen des Landesgesundheitsamtes (LGA) beträgt die Durchseuchung der Zecken mit FSME-Viren in Baden-Württemberg zwischen 0,5 und 4 %. Wie fast ausnahmslos alle Landkreise südlich der Mainlinie ist auch der Stadtkreis Karlsruhe nach der Klassifikation des Robert-Koch-Instituts als FSME-Risikogebiet eingestuft. Gebiete mit besonders hoher Verbreitung der FSME (sogenannte Endemiegebiete) wurden bisher anhand der Lokalisation der Erkrankungsfälle ermittelt. Danach galt der Südwesten Baden-Württembergs als besonders stark betroffen. Neuere Untersuchungsergebnisse des LGA ergeben jedoch ein anderes Bild: Auf Grund der Antikörperbestimmung bei über 4.000 Forstbediensteten ist inzwischen mit dem Vorkommen von FSME-Viren in ganz Baden-Württemberg zu rechnen.

Die Meldezahlen für die in der Stadt Karlsruhe wohnenden Erkrankten zeigen für die vergangenen zehn Jahre eher eine fallende Tendenz, evtl. auch beeinflusst durch die Tatsache, dass intensiv aufgeklärt wurde und die Erkrankung durch eine Impfung verhindert werden kann.

Jahr	Anzahl	Jahr	Anzahl
2001	5	2007	1
2002	4	2008	4
2003	7	2009	4
2004	7	2010	4
2005	7	2011	2
2006	8	2012	1

Tab. 3: Gemeldete FSME-Fälle im Stadtkreis Karlsruhe (Quelle: Robert-Koch-Institut: SurvStat, www3.rki.de/SurvStat, Datenstand: 30.01.2013)

Die durch eine bakterielle Infektion hervorgerufene Borreliose ist die häufigste durch Zecken übertragene

Krankheit in Deutschland. Sie kann nahezu jedes Organsystem betreffen und eine Vielzahl unterschiedlicher Beschwerden hervorrufen. Bei Borrelien beträgt die durchschnittliche Zecken-Durchseuchungsrate etwa 15 %, in Hochendemiegebieten sogar über 40 %. Seit Untersuchungen des LGA und der Universität Heidelberg bei Borrelien eine Übertragungsrate von 25 % ergeben haben, muss davon ausgegangen werden, dass in Hochendemiegebieten jeder zehnte Zeckenstich zu einer Borrelieninfektion führt. Es existieren aber keine belastbaren Daten zur tatsächlichen Häufigkeit der Erkrankung, da eine Meldepflicht in Baden-Württemberg nicht existiert.

Im Gegensatz zur FSME gibt es keine Impfung gegen die Borreliose, die Behandlung erfolgt mit Antibiotika. Gegenwärtig arbeitet die medizinische Forschung an der erfolgversprechenden Entwicklung eines Gels, das nach einem Stich unmittelbar aufgetragen werden kann und die Bakterien abtötet.

Sandmücken und Leishmaniose

Leishmaniosen sind Krankheiten, bei denen Protozoen (tierische Einzeller) durch Sandmücken als Vektor übertragen werden. Sie kommen in vielen tropischen und subtropischen Regionen vor - aber auch im Mittelmeerraum, in den von Deutschland aus jährlich ungefähr 18 Millionen Reisen unternommen werden, sodass eine große Anzahl von Menschen bereits jetzt dort potenziell exponiert ist. Ein Import der Leishmanien durch Reiserückkehrer sowie durch aus den Mittelmeerländern importierte Hunde kommt durchaus häufig vor (in manchen Gegenden Südeuropas liegt die Infektionsrate bei Hunden bei bis zu 20 %).

Für eine Etablierung der Leishmanien bei uns ist ein Vorkommen geeigneter Überträger, also der Sandmücken erforderlich. Deren Verbreitung in Deutschland konzentriert sich bisher vor allem auf einige Gebiete innerhalb von Baden-Württemberg entlang der Rheinschneise (siehe Abbildung 23). Hier wurden in einer Untersuchung von Juli bis August 2008 für die Sandmückenart *Phlebotomus mascittii* zahlreiche neue Standorte nachgewiesen. Insgesamt wurden in Baden-Württemberg 24 Exemplare an 15 verschiedenen Standorten in zwölf Orten gefangen. Ein weiterer Standort existiert weiter nördlich in Rheinland-Pfalz (Cochem-Dortebachtal). Ebenfalls in Rheinland-Pfalz sind zwei Standorte der Spezies *Phlebotomus perniciosus* bekannt.

Insgesamt halten Epidemiologen unter den derzeitigen Bedingungen das Risiko von autochthonen Infektionen beim Menschen für eher unwahrscheinlich. Es ist jedoch davon auszugehen, dass sich die Sandmücken im Zuge des Klimawandels weiter ausbreiten und dann zumindest eine Infektion bei Hunden endemisch werden kann.

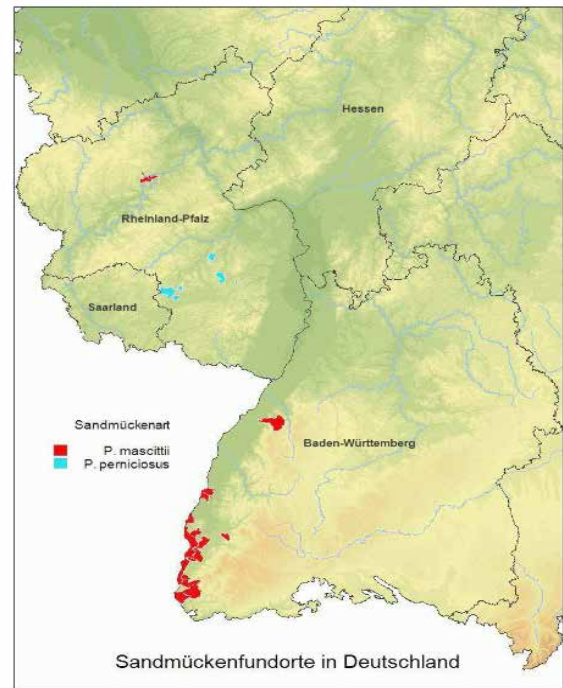


Abb. 23: Verbreitung der Sandmücken in Deutschland (Quelle: Kimmig/Mackenstedt u.a. 2009, S. 53)

Erhöhung der Allergenexposition

13 % der Kinder und 20 % der Erwachsenen in Deutschland leiden unter Heuschnupfen. Sowohl die Häufigkeit von Heuschnupfen als auch die Häufigkeit von Bronchialasthma hat in den letzten Jahrzehnten signifikant zugenommen, was auch auf den Klimawandel zurückgeführt werden kann. Denn mit der Temperaturerhöhung beginnt die Blühperiode früher und verlängert sich bis in den Herbst hinein. Die damit einhergehende Ausweitung der Pollenflugsaison macht Allergikern zunehmend zu schaffen, wobei sich die Situation in den nächsten Jahrzehnten weiter verschärfen dürfte.



Problematische Günstlinge des Klimawandels: Beifuß-Ambrosie und Eichenprozessionsspinner

Neue Allergene: *Ambrosia artemisiifolia*

Mit Sorge betrachten Allergologen als weiteren Faktor das Auftreten von Pflanzarten mit hohem Allergiepotezial, deren Ausbreitung durch den Klimawandel begünstigt wird. Dazu zählt vor allem das Beifußblättrige Traubenkraut (*Ambrosia artemisiifolia*), auch Hohe Ambrosie oder Beifuß-Ambrosie genannt. Seine Pollen können zu allergischen Haut- und Atemwegserkrankungen führen. Hinzu kommt die vergleichsweise späte Blütezeit von August bis in den Oktober hinein, was die Pollenflugsaison zusätzlich verlängert. Die aus Nordamerika stammende Pflanzenart breitet sich seit einiger Zeit stark in einigen europäischen Ländern aus und tritt seit Beginn der 1990er Jahre auch vermehrt in Deutschland auf, wobei die Rheinschiene zu den Hauptverbreitungsgebieten gehört. Die landesweite Kartierung der *Ambrosia*-Bestände durch die LUBW zeigt, dass die Umgebung von Karlsruhe hier gewissermaßen zu den „Hot Spots“, also zu den Gebieten mit einer sehr hohen Individuendichte zählt.

Neben dem Nachweis von Einzelexemplaren und kleineren Beständen in verschiedenen Teilen des Karlsruher Stadtgebietes wurden seit 2006 größere Bestände der Beifuß-Ambrosie insbesondere im Hardtwald, nahe der Raffinerie und entlang der Linkenheimer Landstraße registriert. Ein einzelnes Vorkommen der ebenfalls als allergen eingestuften Stauden-Ambrosie (*Ambrosia coronopifolia*) trat zudem in der Nähe der Rheinstrandsiedlung auf.

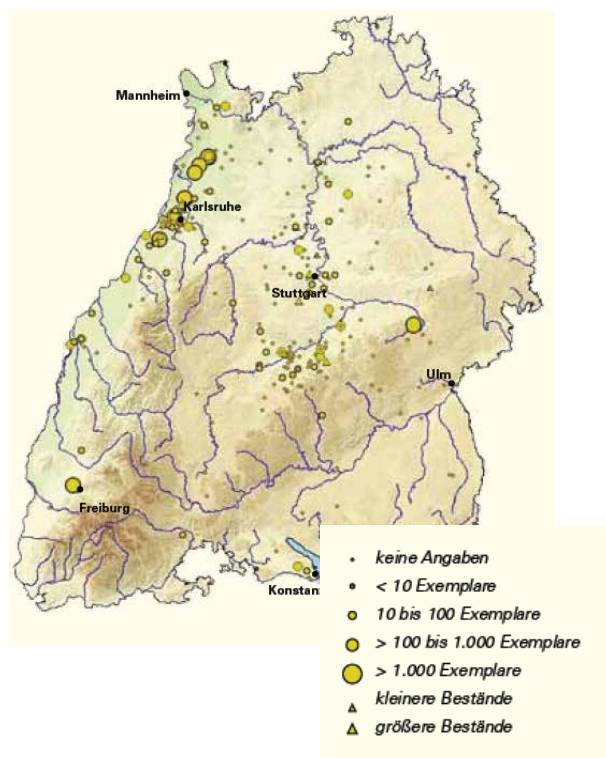


Abb. 24: Ausbreitung der Beifuß-Ambrosie in Baden-Württemberg, Bestandsgrößen 2009 (Quelle: UM BW/LUBW 2012, S.15)

Beispiel: Entwicklung des *Ambrosia*-Bestands in der Linkenheimer Landstraße

Seit 2007 sind die Vorkommen entlang der Linkenheimer Landstraße (Begleitgrün zwischen Straße und Radweg) und auf Grünflächen im angrenzenden Gewerbegebiet „Sandfeld“ bekannt. Die Bekämpfung durch jährliche Mahd im Zuge der städtischen Grünflächenpflege brachte zunächst keinen durchschlagenden Erfolg. So nahm der Bestand beiderseits der Linkenheimer Landstraße in Richtung Stadtzentrum jährlich zu - von einigen hundert Pflanzen im Jahr 2007, auf 3.400 Exemplare (2008) und auf 7.500 Pflanzen (2009) sowie auf rund 30.000 Individuen im Jahr 2010. Ein Grund hierfür ist, dass die Pflanzen unterhalb der Schnittstelle erneut austrieben, blühten und Samen bildeten. Die Wüchsigkeit einzelner Pflanzen hat zwar nach jahrelanger Pflege deutlich abgenommen und konkurrierende, ausdauernde Arten der Ruderalvegetation haben die Beifuß-Ambrosie teilweise zurückgedrängt. Dennoch ist die Anzahl der geschätzten Pflanzen im Jahr 2012 auf über 40.000 Exemplare angestiegen, wobei es sich dabei vielfach um sehr kleine, fast unscheinbare, aber dennoch blühende Exemplare handelt. Diese Entwicklung zeigt, dass ein kontinuierliches Beobachten von größeren Beständen unerlässlich ist und es bei Bedarf einer Anpassung der Bekämpfungsstrategie bedarf.

Eichenprozessionsspinner

Milde Winter und heiße trockene Sommer begünstigen die Ausbreitung und Massenvermehrung des Eichenprozessionsspinners (*Thaumetopoea processionea*). Der wärmeliebende Falter hat sich in den vergangenen Jahren fest in Baden-Württemberg etabliert. Das Problem: Die Tiere schädigen nicht nur die Bäume selbst, sondern bergen auch Gesundheitsrisiken für den Menschen, da die Larven mit silbrigen Brennhaaren überzogen sind, die das Nesselgift Thaumetopoein enthalten. Der Kontakt mit den Raupenhaaren kann Hautirritationen und allergieähnliche Symptome wie Hautausschlag hervorrufen. Werden die Nesselhaare eingeatmet, kann es zu schmerzhaftem Husten und Asthmaanfällen, in schweren Fällen zu Übelkeit, Schwindel und Atemnot kommen. Die feinen Härchen können sich von den Tieren lösen und mit dem Wind über weite Strecken verweht werden. Sie lagern sich dann im Unterholz bzw. Bodenbewuchs an und haften an Schuhen und Kleider. Auch in Karlsruhe lässt sich eine deutliche Ausbreitung des Eichenprozessionsspinners belegen. Die Bekämpfung erfolgt seit einigen Jahren durch die präventive Behandlung von in der Vergangenheit befallenen oder als gefährdet eingestuften Bäumen mit einem speziellen biologischen Wirkstoff (*Bacillus thuringiensis kurstaki*). Dieser ist für den Menschen unbedenklich und wirkt ausschließlich auf die Prozessionsspinnerraupen. Waren anfänglich noch knapp 600 Bäume in das Programm des Gartenbauamts einbezogen, sind es mittlerweile zwischen 800 und 1.200 Bäumen, was die Dynamik unterstreicht.

Anpassungsmöglichkeiten und bisherige Aktivitäten

Hitzerelevante Maßnahmen

Eine wesentliche Vorsorgemaßnahme bei auftretenden Hitzeperioden ist die Information und die Vermittlung von Verhaltensregeln an die Bevölkerung und besonders betroffene Personenkreise. Als Konsequenz aus dem Hitzesommer 2003 wurden deutschlandweit in allen Bundesländern bis auf Landkreisebene Hitzewarnsysteme in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Wetterdienst eingerichtet, um kritische Einrichtungen wie etwa Krankenhäuser, Alten- und Pflegeheime zeitnah über drohende Hitzeextremlagen zu informieren. Gewarnt wird täglich per E-Mail und per Fax für den aktuellen und den Folgetag, wenn die „gefühlte Temperatur“ die Warnschwelle von 32 °C (Warnung vor starker Wärmebelastung) bzw. 38 °C (Warnung vor extremer Wärmebelastung) überschreitet. Der Service wurde zwischenzeitlich erweitert, sodass sich betroffene Einrichtungen selbständig anmelden und die Verteilwege bei Bedarf anpassen können.

Sommerhitze: Gesundheitsamt mahnt zur Vorsicht [2]

Karlsruhe (ps) - Das Gesundheitsamt im Landratsamt Karlsruhe weist angesichts der anhaltenden tropischen Temperaturen darauf hin, dass mit der Hitze auch gesundheitliche Gefahren verbunden sind.



Aus den Erfahrungen des "Hitzesommers" 2003 weiß man, dass insbesondere die fehlende nächtliche Abkühlung bei konstant tropischen Nächten über 20 Grad die Voraussetzung war, dass nachweislich viele alte Menschen in Mitteleuropa an Überhitzung (Hyperthermie) gestorben sind. Auch in Karlsruher Pflegeheimen hat es damals Todesopfer gegeben. Eine wissenschaftliche Studie hat ergeben, dass sich insbesondere die Bettlägerigkeit von alten Menschen in schlecht klimatisierten Wohnungen als Risikofaktor erwiesen hat, eine Überhitzung zu entwickeln.

Deutschland schwitzt: Möglicherweise wird in diesem Jahr der bisherige Juli-Rekord von 2006 geknackt.

Foto:

Ausreichend Trinken und Räume verdunkeln

Das Gesundheitsamt weist deshalb darauf hin, dass während einer Hitzeperiode unbedingt auf eine ausreichende Trinkmenge zu achten ist und alles unternommen werden sollte, um die Raumtemperaturen nicht zu sehr ansteigen zu lassen. So sollten zum Beispiel die Räume möglichst spätabends, nachts und frühmorgens gelüftet werden, während tagsüber die Fenster besser geschlossen und die Räume mit Vorhängen und Rollläden verdunkelt sein sollten. Es sollte leichte, luftdurchlässige Kleidung getragen werden und im Bett möglichst nur ein Laken als Zudecke verwendet werden.

Abb. 25: Zur breiten Information der Bevölkerung trägt die allgemeine Pressearbeit bei, hier ein Ausschnitt aus einem Bericht von ka-news v. 13.07.2010

Darüber hinaus ist die Schulung und Sensibilisierung des Betreuungspersonals (Lehr- und Pflegekräfte) ein wichtiger Ansatzpunkt. Das Gesundheitsamt hat in den vergangenen Jahren Aufklärungsaktionen über das Auftreten von Hyperthermieerkrankungen in Form von Schulungen in Alten- und Pflegeheimen durchgeführt und Informationsblätter mit Verhaltenshinweisen verteilt. Fortbildungen für Ärzte und medizinisches Personal fanden ebenfalls statt. Wesentliche Verhaltensmaßnahmen sind unter anderem die „richtige“ Bekleidung, ausreichende Flüssigkeitszufuhr oder die Vermeidung/Einschränkung des Aufenthalts im Freien. Solche

Verhaltensregeln sollten in spezifischen Notfallplänen festgehalten sein, um den erhöhten Pflegeaufwand an Extremhitzetagen zu dokumentieren.

Für Kindergärten und Schulen sind Mindestanforderungen hinsichtlich der thermischen Belastung zu stellen. Ebenso muss bei der Planung von Pflegeheimen zukünftig vermehrt auf die klimatischen Aspekte geachtet werden, sowohl was die Standortwahl anbelangt als auch bei den baulichen Gegebenheiten. Bei Neubauten von Schulen und Kindergärten wird das Thema „Kühlung im Sommer“ bereits berücksichtigt. Ziel ist dabei, auf energieaufwändige Kühlsysteme zu verzichten und kühlende Effekte durch konstruktive Lösungen oder die Bauteilaktivierung von Böden, Wänden und Decken zu erreichen. Bei der Planung und Durchführung von Sanierungsmaßnahmen städtischer Gebäude (Schulen etc.) spielt die Reduzierung der sommerlichen Wärmebelastung - neben anderen Aspekten wie Substanzerhalt, Energieeinsparung etc. - ebenfalls eine Rolle.

Als eine Maßnahme zur Förderung der Flüssigkeitsaufnahme an heißen Tagen wird die Installation von öffentlich zugänglichen Trinkwasserspendern empfohlen. Mit der „Karlsruher Wasserbar“ haben die Stadtwerke Karlsruhe ein entsprechendes Angebot für gewerbliche Kunden entwickelt. Die Sprudlergeräte können direkt an das Trinkwassernetz angeschlossen werden. Sie sind teilweise auch in öffentlichen Einrichtungen (zum Beispiel im Rathaus vor dem Bürgerbüro) und bei einzelnen Alten- oder Pflegeheimen im Einsatz.

Mit dem Projekt „Trinkwasser in der Schule“ wurde die Idee zudem auf den Schulbereich übertragen. Der Wettbewerb ging 2012 bereits in die dritte Runde und ermöglicht in jedem Jahr drei Schulen die kostenlose Installation einer Trinkwasserbar. Die Kosten für die Erstinstallation tragen dabei die Stadtwerke, die laufenden Kosten finanziert das Schul- und Sportamt. Praktische Kunststoff-wasserflaschen zum Befüllen können die Schülerinnen und Schüler beim jeweiligen Hausmeister zu einem geringen Schutzbetrag erwerben. Über den Wettbewerb hinaus stattet das Schul- und Sportamt auch weitere Schulen mit den Geräten aus. Bislang verfügen insgesamt 18 Schulen über die „Wasserbar“.



„Trinkwasser in der Schule“: Schüler der Schloss-Schule beim Befüllen ihrer Wasserflaschen

Infektionskrankheiten und Allergiepotenzial

In Bezug auf die Vermeidung von Infektionskrankheiten stellen die Mückenbekämpfungsaktionen der KABS (Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage e.V.) eine zentrale Maßnahme dar. Die Stadt Karlsruhe gehört zu den 98 Städten, Gemeinden und Landkreisen entlang des Oberrheins, in denen der Verband im Auftrag der Kommunen entsprechende Maßnahmen durchführt. Nach Auskunft der KABS können grundsätzlich auch die „exotischen“ Stechmücken durch den eingesetzten biologischen Wirkstoff *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) bekämpft werden. Der Wirkstoff wird als Eisgranulat vom Hubschrauber ausgestreut oder als wässrige Emulsion per Rückenspritze ausgebracht. Haushalte in Karlsruhe können das Mittel in Tablettenform für den Einsatz im Außenbereich (Regentonne, Gartenteiche etc.) kostenlos über das Gartenbauamt und die Ortsverwaltungen beziehen.

Zum Thema Infektionskrankheiten haben die Gesundheitsämter Informationen und Vorsorgeempfehlungen für betroffene Bevölkerungskreise und Ärzte erarbeitet, beispielsweise zum Umgang mit Hantaviren. Ein weiteres Ziel ist die Berücksichtigung der durch den Klimawandel hervorgerufenen Gesundheitsprobleme in den Programmen für die öffentliche Gesundheitspflege, so dass geeignete Impfungen und die Eindämmung der Krankheitsüberträger durchgeführt werden können und Notfallpläne in medizinischen Einrichtungen vorhanden sind. Von großer Bedeutung ist nicht zuletzt das Monitoring von Infektionen und der Verbreitung potenzieller Vektoren: Die Gesundheitsverwaltung und einschlägige Institutionen (z. B. Robert-Koch-Institut) beobachten die Erkrankungsfälle und erforschen die Verbreitung und Lebensbedingungen der Krankheitsüberträger. Im Rahmen der KABS existiert seit 2005 ein spezielles Monitoringprogramm für invasive Mückenarten wie den Tigermoskito, bei dem ein Überwachungssystem entlang der A5 eingerichtet wurde.

Für die Ambrosienbekämpfung sind in Karlsruhe die flächenbewirtschaftenden Ämter zuständig (Liegenschaftsamt - Abteilungen Forst und Landwirtschaft, Gartenbauamt, Ortsverwaltungen und Tiefbauamt). Eine Koordinationsfunktion übernimmt der Umwelt- und Arbeitsschutz, der auch ein zentrales Register mit befallenen Flächen und durchgeführten Maßnahmen pflegt. Kleinere Ambrosia-Bestände werden händisch entfernt. Ist dies zu aufwändig oder personell nicht leistbar, werden die Flächen gemäht und zum Teil gemulcht. Wichtig ist dabei, dass die zweite Mahd frühzeitig erfolgt, um eine Notblüte zu verhindern. Zugleich trägt die Mahd dazu bei, dass sich die Vegetationsdecke schließt und die Ambrosie durch natürliche Konkurrenz zurückgedrängt wird.

Etwas problematisch aber nur bedingt beeinflussbar sind Ambrosia-Bestände auf privaten Flächen. Zwar werden die betroffenen Personen bei entsprechenden Meldungen angeschrieben oder persönlich angesprochen. Aufgrund der fehlenden gesetzlichen Verpflich-

tung werden die Pflanzen jedoch nicht zwangsläufig entfernt oder es bleibt beim einmaligen Herausreißen. Eine allgemeine Öffentlichkeitsarbeit zum Thema Ambrosia findet bislang schon über Presse und das Internet statt (etwa was den Hauptverbreitungsweg über verunreinigtes Vogelfutter anbelangt). Die Erfahrung zeigt aber, dass die Ambrosie nur in seltenen Fällen von Laien als solche erkannt wird.

Die Bekämpfungsmaßnahmen gegen den Eichenprozessionsspinner führen im Auftrag des Gartenbauamts externe Fachfirmen durch. Wie bereits dargelegt sind derzeit knapp 1.200 Bäume in das Programm einbezogen. Obwohl sich die vorsorgliche Besprühung der Bäume als sehr effektiv erwiesen hat, kommen pro Jahr ca. 80 bis 120 Akutfälle im Stadtgebiet hinzu, bei denen ausgebildete Nester der Tiere unter Sicherheitsvorkehrungen ebenfalls durch Fachfirmen entfernt werden müssen. Dabei wird die Population mit einem Haftlack überzogen und dann per Hand oder mit einer speziellen Saugvorrichtung eingesammelt und unter strengen Auflagen entsorgt.



Ausbringung des biologischen Wirkstoffs gegen den Eichenprozessionsspinner durch Besprühung



Hier tut Aufklärung Not: Stattliches Exemplar der Beifuß-Ambrosie als Vorgartenpflanze

Strategie für Karlsruhe

Die derzeit praktizierten Hitzewarnsysteme und -maßnahmen sollen auf ihre Effektivität evaluiert und nach Möglichkeit für besonders tangierte Bevölkerungsgruppen und die Allgemeinbevölkerung weiter ausgebaut werden. So sind die Hitzewarnsysteme zwar im stationären Altenpflegebereich, teilweise auch in der ambulanten Pflege weitgehend eingerichtet. Für die weiteren Bereiche besteht jedoch noch Handlungsbedarf. Für die Ansprache der Bevölkerung könnten auch unkonventionelle Kommunikationsformen in Frage kommen. In Stuttgart beispielsweise wird geprüft, ob sich für die Verbreitung von Hitzewarnungen die dynamischen Fahrzielanzeiger an den ÖPNV-Haltestellen nutzen lassen.

In anderen Städten und Regionen werden derzeit Modelle erprobt, wie insbesondere bei alleine lebenden und nicht durch Pflegedienste versorgten älteren Menschen hitzebedingte Erkrankungen vorgebeugt werden können, zum Beispiel das Konzept der Trinkpaten (Unterstützung durch Ehrenamtliche). Hier soll nach dem Vorliegen aussagekräftiger Ergebnisse entschieden werden, ob und welche dieser Ansätze evtl. auch für Karlsruhe eine geeignete Lösung darstellen.

Die Stadtwerke planen das Projekt „Trinkwasser in der Schule“ auch in den kommenden Jahren weiterzuführen. Ebenso wird das Schul- und Sportamt weitere Schulen unabhängig vom Wettbewerb mit Trinkwasserspendern ausrüsten.

Im Rahmen des Klima-MORO-Forschungsprojekts in den Regionen Nordschwarzwald/Mittlerer Oberrhein (Laufzeit 2009 bis 2011) soll als eines von insgesamt neun ebenenübergreifenden Folgeprojekten das Thema „Standorte für hitzesensible Einrichtungen“ aufgegriffen werden. Ziel ist die Etablierung eines Akteursnetzwerks Hitze und Gesundheit. Die Etablierung eines solchen Netzwerks wäre aus städtischer Sicht zu begrüßen und könnte einen guten Anknüpfungspunkt dafür bieten, die beiden zuvor genannten Strategieansätze im regionalen Maßstab zu diskutieren und anzugehen.

Gerade für Karlsruhe mit seiner hohen thermischen Vorbelastung sind aus gesundheitlicher Sicht die Berücksichtigung des Wärmeinseleffektes und die Ableitung konkreter Maßnahmen für die Flächen- und Bebauungsplanung einschließlich der innerstädtischen Grünordnung von besonderer Bedeutung. Dazu wird auf die näheren Ausführungen in den weiteren Kapiteln und insbesondere die geplante Erarbeitung eines städtebaulichen Rahmenplans zur Klimaanpassung verwiesen. Für die Identifizierung von besonders wärmebelastenden Quartieren werden hier unter anderem gesundheitsrelevante Faktoren wie etwa demographische Informationen (in welchen Quartieren leben besonders viele ältere oder pflegebedürftige Menschen?) oder die Lage von Gesundheits-, Pflege- oder Schuleinrichtungen herangezogen (siehe Kapitel "Stadtplanung").

Die Mückenbekämpfungsaktionen im Rahmen der KABS gilt es konsequent weiterzuführen, nicht zuletzt nach Einrichtung des Polders Bellenkopf/Rappenwört.

Im Hinblick auf die Ambrosien-Problematik ist vorgesehen, die Aktivitäten der flächenbewirtschaftenden Ämter noch besser zu vernetzen und die Bekämpfungsstrategie bei „Hot-Spots“ wie der Linkenheimer Landstraße anzupassen (zum Beispiel Ergänzung durch gezielte Übersaat). Zusätzlich sollen die Öffentlichkeitsarbeit ausgebaut und zielgerichtete Informationen im Internet bereitgestellt werden (zum Beispiel jahreszeitlich aktuelle Ambrosienwuchsformen aus Karlsruhe, das heißt regelmäßig wechselndes Bild).

Ansonsten beschränken sich die kommunalen Aktivitäten vorerst auf die Situationsbeobachtung und gegebenenfalls Unterstützung bei der Informationspolitik der Gesundheitsverwaltung.

4.2 Auswirkungen auf die Landwirtschaft



Foto: uschi dreiucker / PIXELIO

4.2 Auswirkungen auf die Landwirtschaft

Im Stadtkreis Karlsruhe unterliegen derzeit knapp 23 % der Fläche und damit mehr als 3.900 ha einer landwirtschaftlichen Nutzung (Acker-, Wiesen- und Weideflächen, ferner Flächen für Sonderkulturen, den Erwerbsgartenbau und den Obstbau). Sie werden von 65 landwirtschaftlichen Betrieben bewirtschaftet, den meisten im Nebenerwerb. Der Anteil landwirtschaftlicher Flächen hat in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich abgenommen, was vorrangig auf die Inanspruchnahme durch Siedlungsentwicklung oder andere Nutzungen zurückzuführen ist. Die Zahlen belegen dennoch einen nach wie vor hohen Stellenwert, den die Landwirtschaft selbst in einem Ballungsraum wie Karlsruhe einnimmt. Mit seiner direkten Abhängigkeit von Witterungsverläufen ist der Agrarsektor dabei als ein besonders klimasensibler Bereich einzustufen: Denn Änderungen von Temperatur, Niederschlag oder CO₂-Konzentration haben einen direkten Einfluss auf das Pflanzenwachstum und damit den landwirtschaftlichen Ertrag. Ebenso können zunehmende Extremwetterereignisse wie Hagel, Sturm oder Dürre Ackerkulturen zerstören und zu Ernteeinbußen führen. Bei näherer Betrachtung zeigt sich aber, dass die Landwirtschaft in Teilen sogar vom Klimawandel profitiert und im Gegensatz zu anderen Sektoren relativ kurzfristig auf entsprechende Anpassungserfordernisse reagieren kann.

Klimafolgen

Auswirkungen auf die Pflanzenproduktion und den Ertrag



Foto: Rainer Sturm / PIXELIO



Foto: Petra Bork / PIXELIO

Während der Mais von höheren Temperaturen profitiert, werden beim Weizenanbau Einbußen erwartet.

Mit einer Jahresdurchschnitts-Temperatur von mehr als 11 °C im langjährigen Mittel gehört der Oberrhein schon jetzt zu den wärmsten Gebieten in Deutschland. Durch den Klimawandel wird sich die Vegetationsperiode zukünftig noch weiter ausdehnen. Bereits in den letzten beiden Jahrzehnten hat sich der phänologische Frühling immer weiter nach vorne verschoben. Im Rahmen des KLARA-Projekts konnte dies anschaulich für

den Beginn der Apfelblüte unter Beweis gestellt werden, die landesweit im Zeitraum 1991 bis 2005 um durchschnittlich elf Tage früher als im Vergleichszeitraum von 1961 bis 1990 begann. Für die Pflanzenproduktion hat dies zunächst einmal Vorteile: So ermöglichen längere Vegetationsperioden beispielsweise beim Grünland mehr, das heißt bis zu vier oder fünf Schnitte im Jahr. Ebenso könnten bei bestimmten Hauptkulturen zukünftig zwei Ernten pro Saison möglich sein.

Die Tatsache, dass es insgesamt wärmer werden wird, führt dagegen zu unterschiedlichen Entwicklungen. Während Pflanzen mit einer längeren Reifephase und einem höheren Photosyntheseoptimum wie insbesondere Mais positiv auf ein wärmeres Klima reagieren, gedeihen so genannte C3-Pflanzen, zu denen Getreide, Raps, Rüben oder Kartoffeln zählen, mit zunehmenden Temperaturen eher schlechter. Versuche in Baden-Württemberg ergaben einen Ertragsverlust von bis zu 8 % pro Grad Erhöhung der Mitteltemperatur zwischen März und Juli in einem Bereich von 12 bis 16 °C. Hier sind besonders die ohnehin warmen Regionen des Landes wie die Oberrheinebene betroffen.

Insofern ist es wahrscheinlich, dass es zu gewissen Verschiebungen in der Konkurrenzkraft und des Anbauumfangs kommen wird. Im Projekt KLARA wurde im Rheintal ein deutlicher Rückgang der Weizenproduktion zugunsten des Mais projiziert. Zuckerrüben dürften ebenfalls Anbauflächen verlieren. Wärme liebende Kulturen wie Soja und Sonnenblumen könnten ihren Flächenanteil dagegen ausweiten. Auch der Freilandanbau mancher Gemüsesorten wie Paprika, Auberginen oder Artischocken liegt im Bereich des Möglichen. Im Biomasseanbau dürfte das Spektrum durch schnellwachsende und wassereffiziente Arten wie Sudangras oder Zuckerhirse ergänzt werden.

Neben höheren Mitteltemperaturen ist zukünftig mit heißeren und trockeneren Sommern zu rechnen. Extrem hohe Temperaturen sind für die Pflanzenentwicklung allerdings abträglich und können in sensiblen Phasen den Ertrag und die Qualität des Ernteguts merklich beeinträchtigen.

Verstärkt wird dieser Effekt durch eine höhere Bodentrockenheit vor allem in Trockenphasen, was unter anderem eine verminderte Nährstoffverfügbarkeit nach sich zieht. Der aufgezeigte Ernterückgang beim Silomais 2003 belegt, dass letztlich auch Pflanzen, die durch höhere photosynthetische Leistung im Vorteil sind, ihr Potenzial nur entfalten können, wenn genügend Wasser für eine hohe Biomassebildung zur Verfüg-

2003 als Schaufenster in die Zukunft?



Trockenschäden auf einem Maisfeld bei Karlsruhe

Einen Ausblick auf die Auswirkungen besonders heißer und trockener Phasen erlaubt der Hitzesommer 2003. Das Landwirtschaftliche Technologiezentrum Augustenberg (LTZ) hat die Erträge für dieses Jahr in ganz Baden-Württemberg untersucht und dabei den Landkreis Karlsruhe als eines von zwei Referenzgebieten herangezogen. Im Landesdurchschnitt verschlechterten sich die Ernten im Vergleich zum Vorjahr je nach Kulturpflanze zwischen 12 % (Winterweizen und -gerste) und fast 30 % (Zuckerrüben). Auch Kartoffeln (- 21 %) und Silomais (- 14 %) entwickelten sich unterdurchschnittlich. Nur die Sommergerste legte leicht zu. Im Landkreis Karlsruhe wurde dabei in der Periode 1983 bis 2002 bei allen betrachteten Kulturen ein niedrigerer Ertrag erzielt. Die Schlussfolgerung: Landwirte in wärmeren Gegenden - und damit auch in weiten Teilen Karlsruhes - müssen ihre Bewirtschaftung noch schneller an den Klimawandel anpassen als ihre Kollegen in nördlich Landesteilen oder auf der Alb.

ung steht. Bei Sommertrockenheit zeichnet sich deshalb auch in Karlsruhe zukünftig eine Bewässerung auf mehr Flächen als heute ab.

Die Pflanzenentwicklung wird darüber hinaus durch das Auftreten von Früh und Spätfrösten stark beeinflusst. Untersuchungen zeigen, dass sich die frostfreie Periode insgesamt deutlich verlängern wird, das heißt es ist sowohl im Frühjahr mit einem früheren Ende der Spätfröste als auch im Späthjahr mit einem späteren Eintreten der Frühfröste zu rechnen. Diese Entwicklung eröffnet einerseits Vorteile, weil sich Ertragseinbußen durch Frostschäden insgesamt verringern dürften. Andererseits könnten die wirtschaftlich Schäden bei ein-

zelen verbleibenden Frühfrostereignissen größer werden, da sich die Pflanzen durch den früheren Vegetationsbeginn in einem frostempfindlicheren Stadium befinden. Ein Rückgang der Fröste ist zudem für die Böden von Nachteil, da bei Vernässungen oder leichten Verdichtungserscheinungen die „Heilungswirkung“ von Frosttagen (Frostgare) vermindert wird.

Zwischen Hoffen und Bangen: Landwirte in der Region fürchten um Ernte [1]

Karlsruhe (feb) - Die Sonne scheint wohin man schaut. Temperaturen um die 30 Grad sorgten bereits im April für sommerliches Badewetter. Den Sonnenanbetern kam das nur recht. Aber die Landwirte in Karlsruhe und der Region stöhnen aufgrund des zu heißen und trockenen Wetters: Sie müssen mit ernsthaften Ernteaussfällen rechnen. Landwirte und Verbände hoffen auf Regen in den kommenden Wochen. Auch die Tierwelt könnte angesichts der Trockenheit Schaden nehmen.



Nur noch ganz wenig sattes Grün: Die anhaltende Trockenheit macht Landwirten, Gärtnern, Obst- und Gemüsebauern in Deutschland zu schaffen. Die ausgedörrten Böden brauchen dringend Wasser. (Symbolbild)

Foto: (Pieul, dpa)

Temperaturen wie im Hochsommer erleben die Karlsruher bereits seit einigen Wochen. Bis auf kleinere Regenschauer gibt sich das Wetter durchweg sonnig. Ein Segen für die sonnenliebenden Bürger - ein Fluch für die Landwirte. "Seit Mitte April ist die Lage prekär", beschreibt Werner Kunz die Situation der landwirtschaftlichen Nutzflächen in Karlsruhe und der Region.

"Jeder Tag ohne Regen im Mai lässt die Situation dramatischer werden"

Der Vorsitzende des Kreisbauernverbands Karlsruhe erinnert sich im Gespräch mit ka-news daran, dass das Jahr eigentlich gar nicht so schlecht begonnen hatte. Man habe eine relativ gute Winterfeuchte festgestellt und

Anfang März habe man dann ideale Aussaatbedingungen gehabt, so Kunz. Der März sei dann aber deutlich zu trocken gewesen: "Wir hatten nur um die 20 Liter Niederschlag. Normal sind 60 Liter."

Abb. 26: Ausnahmen bestätigen die Regel... Im Jahr 2011 war der Sommer vergleichsweise feucht, dafür das Frühjahr extrem trocken - mit entsprechenden Folgen für die Landwirtschaft (Ausschnitt aus einem Bericht auf ka-news vom 23.05.2011)

Ein steigender CO_2 -Gehalt führt tendenziell zu Ertragssteigerungen, da die Photosynthese von Pflanzen stimuliert und Verdunstungsverluste über die Spaltöffnungen der Blätter vermindert werden (so genannter CO_2 -Düngungseffekt). Felduntersuchungen mit einem erhöhten CO_2 -Gehalt der Umgebungsluft ergaben je nach Kultur Ertragssteigerungen von etwa 10-15 %. Im Gegensatz dazu kann eine erhöhte CO_2 -Konzentration einen verminderten Proteingehalt in Blättern und Früchten und damit einen Qualitätsverlust zur Folge haben. Letzteres spielt vor allem bei Futterpflanzen eine wichtige Rolle. Hohe Proteingehalte sind außerdem beim Backweizen unentbehrlich und bestimmen hier letztlich den Preis mehr als die reine Ertragsmenge.

Auswirkungen für den Pflanzen- und Bodenschutz



Der Aufwand für den Pflanzenschutz steigt

Eher negative Auswirkungen durch den Klimawandel sind im Hinblick auf den Pflanzenschutz zu erwarten. Mildere Temperaturen im Winterhalbjahr beschleunigen zum Beispiel die Entwicklung von Unkräutern und führen zu steigenden Überlebensraten von Pflanzenschädlingen (Blattläuse, Nacktschnecken etc.). Gefördert werden zudem Wärme liebende Pilze wie die Getreideroste, Rindenbrand oder der Esskastanienkrebs. Obstbauern müssen in den nächsten Jahrzehnten mit deutlich mehr Schorfbefall rechnen, weil die Infektionsgefahr mit Pilzsporen im feuchten Frühjahr steigt. Auch Reben könnte der höhere Pilzdruck durch Schwarzfäule zu schaffen machen.

Durch die höheren Jahresdurchschnittstemperaturen und nicht zuletzt die Globalisierung werden neue Schädlinge eingeschleppt oder verschieben ihre Verbreitungsgrenze weiter nach Norden. Als Beispiele lassen sich hier die Tomatenminiermotte, der Baumwollkapselwurm (Tomatenschädling), der Buchsbaumzünsler oder die Maulbeerschildlaus bei Obstbäumen und Beerensträuchern nennen. Bei bereits etablierten Schädlingen wie Maiszünsler, Getreidehähnchen oder Apfelwickler fördern höhere Temperaturen außerdem das Auftreten mehrerer Generationen. Untersuchungen beim Apfelwickler am Bodensee haben gezeigt, dass zukünftig eine zweite Larvengeneration in zwei von drei Jahren auftritt, anstatt wie bislang nur in einem von fünf Jahren.

Insgesamt müssen die Landwirte und Obstbauern also mit einem erhöhten Aufwand und damit höhere Kosten für den Pflanzenschutz rechnen. Aus Umweltsicht eine wenig erfreuliche Aussicht und ein besonderes Problem für ökologisch wirtschaftende Landwirte, die keine synthetischen Pflanzenschutzmittel einsetzen dürfen. Insofern wird die Bedeutung von Resistenzzüchtungen steigen (müssen).

Neben dem Pflanzenschutz wird sich beim Ackerbau ein weiteres Augenmerk auf die Vermeidung von Bodenerosionen und Humusabbau richten müssen. Beide Phänomene werden durch den Klimawandel verstärkt und bedürfen spezieller Anpassungsmaßnahmen (siehe dazu näher im Kapitel „Boden“)

Auswirkungen auf Tierhaltung, Weinbau und Gewächshauskulturen



Extreme Wetterlagen mit Temperatur- und Luftfeuchteschwankungen werden sich in der Tierhaltung bemerkbar machen: Höhere Temperaturen haben unmittelbare Auswirkungen auf das Wohlbefinden der Tiere. Wenn es heiß ist, geben zum Beispiel Kühe weniger Milch. Bereits bei 20 bis 25 °C lässt ihre Milchleistung nach (in Karlsruhe gibt es zwar kaum noch milchviehhaltende Betriebe, dafür aber einen größeren Schweinemastbetrieb). Zusätzlich sind stärkere gesundheitliche Beeinträchtigungen möglich, etwa durch vorhandene Parasiten, die besser gedeihen, oder durch neue, vektorgetragene Krankheiten. Ein Beispiel ist die vor einigen Jahren erstmals in Deutschland aufgetretene Blauzungenkrankheit, eine Viruskrankheit bei Wiederkäuern. Auf der anderen Seite werden die Voraussetzungen für die Haltung „exotischer“ Nutztiere besser. So könnte etwa die Haltung von Straußen, Wasserbüffeln, Lamas oder Kamelen weitere Verbreitung finden.

Für Gewächshauskulturen, die auch in Karlsruhe in größerer Anzahl betrieben werden, kann durch die milderen Winter mit einem sinkenden Energieverbrauch gerechnet werden. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an die Luftentfeuchtung, um einen erhöhten Befallsdruck durch Pilzkrankheiten entgegenzuwirken. Im Sommer können außerdem zusätzliche Maßnahmen bei der Beschattung und/oder Belüftung erforderlich werden, um Überhitzungseffekte zu vermeiden.

Am wenigsten dürfte der Weinbau vom Klimawandel betroffen sein. Hier bestehen Chancen zur Qualitätsverbesserung und -stabilisierung, da in zunehmendem Maße auch spätreifende Rebsorten angebaut werden können. Welche Weinsorten wo gedeihen, zeigt der sogenannte Huglin-Index. Er bilanziert die Wärmesumme über Tagesmittel- und Tagesmaximumwerte im Zeitraum von April bis September. In der Regel gilt: Je höher die Temperatursumme, desto mehr und spätreifende Weinsorten können die Winzer anbauen. Während der Müller-Thurgau bereits mit einem Huglin-Index von 1500 auskommt, benötigt ein Merlot 1900. Für die Region Karlsruhe wird bis zum Jahr 2030 ein Anstieg des Huglin-Index auf 1900 bis 2000 vorhergesagt, sodass zum Beispiel der Anbau von Cabernet Sauvignon oder eben Merlot möglich wäre. Dies könnte

auch beim Staatsweingut am Durlacher Turmberg langfristig zu einer Anpassung bzw. Erweiterung des bisherigen Sortenspektrums führen.



Weinhänge am Turmberg

Risiken stellen demgegenüber eine stärkere Fäulnisbildung in der Reifephase (bei höheren Temperaturen in Verbindung mit stärkeren Niederschlägen im Herbst) und ein geändertes Schädlingsaufkommen dar.

Anpassungsmöglichkeiten und bisherige Aktivitäten

Eine Anpassung an geänderte klimatische Bedingungen hat in der Landwirtschaft seit jeher stattgefunden. Im Gegensatz zu anderen Sektoren kann die Landwirtschaft auch relativ kurzfristig und flexibel auf Klimaänderungen reagieren. Um die Herausforderungen des anthropogenen Klimawandels zu bewältigen, müssen allerdings die pflanzenbaulichen Strategien proaktiv weiterentwickelt werden. Neben Anstrengungen in der Pflanzenzüchtung und Neuerungen im Sortenspektrum betrifft dies Anpassungen bei Aussaat, Fruchtfolge, Düngung, Bodenbearbeitung, Pflanzenschutz und beim Bewässerungsmanagement. Einige Beispiele:

- Veränderung der Aussaattermine: Im Frühjahr wird die Aussaat von Sommerungen früher möglich und sinnvoll sein, um Ertragsverluste durch Trockenheit im Sommer zu minimieren. Bereits heute werden in der Rheinebene frühe Weizensorten angebaut, die schnell abreifen und damit der Hitze im Sommer entkommen („escape-Effekt“). Winterungen sollten im Herbst eher später gesät werden. So lässt sich der Befallsdruck mit Krankheiten, Schädlingen und Unkräutern gering halten.
- Fruchtartenwahl und Sortenstrategie: Bei der Fruchtartenwahl sind zukünftig vor allem Sorten mit einer höheren Klimatoleranz und einer geringeren Anfälligkeit gegenüber Schädlingsbefall gefragt. Gewisse Züchtungsfortschritte sind ebenfalls in Hinsicht auf die Trockentoleranz zu erwarten. Zudem besteht die Möglichkeit, dass zukünftig andere, noch wärmebedürftigere Kulturen wie die Sorghum-Hirse zum Anbau kommen, die aufgrund des geringeren Wasseranspruchs den Mais teilweise ersetzen könnte. Generell trägt eine Diversifizierung des Fruchtartenspektrums dazu bei, die Ge-

fahr hoher Ernteausfälle bei Wetterextremen und Schädlingsbefall zu reduzieren.

- **Bewässerung/Wassermanagement:** Zur Ertrags- und Qualitätssicherung in trockenen Jahren ist auch in Karlsruhe mit einer Zunahme von bewässerten Ackerflächen zu rechnen. Bislang beschränken sich diese weitgehend auf den Sonderkulturen- und Gemüseanbau im Bereich Durlach und Wolfartsweier. Wegen der großen Grundwasservorkommen in unserer Region sind die Voraussetzungen dafür zwar grundsätzlich gegeben. Dennoch kann ein steigender Beregnungsbedarf in langen Trockenperioden zu Konflikten mit dem Naturschutz und insbesondere der Wasserwirtschaft führen (siehe dazu näher im Kapitel „Trinkwasserversorgung“). Deshalb besteht Bedarf, die Effizienz der bislang verbreiteten Bewässerungsmethoden durch eine bedarfsgerechte Bemessung der Wassermenge zu verbessern und unproduktive Wasserverluste zu vermeiden (zum Beispiel durch Tropfschlauchbewässerung anstelle Überkopfbewässerung, durch sensorgesteuerte Beregnung oder den Einsatz von Folien und Vlieseinsätzen).

Insgesamt ist im Hinblick auf die genannten Problemstellungen noch ein intensiverer Forschungsbedarf zu konstatieren. Ein wichtiger Akteur in Baden-Württemberg ist das Landwirtschaftliche Technologiezentrum (LZT) am Karlsruher Augustenberg, wo unter anderem neuen Sorten und Anbaustrategien getestet werden.



Versuchsfeld des LZT Augustenberg mit Tröpfchenbewässerung beim Mais

Die neu gewonnenen Erkenntnisse fließen laufend in die staatlich getragene Landwirtschaftsberatung ein (insbesondere Pflanzenbau-, Boden-, und Pflanzenschutzberatung). Diese ist für den Stadt- und Landkreis Karlsruhe beim Landwirtschaftsamt in Bruchsal als Außenstelle des Landratsamts Karlsruhe angesiedelt. Dort wurde vor einigen Jahren als erste Reaktion auf die bereits eingetretenen Klimaveränderungen auch die Stel-

le einer übergeordnetlich tätigen Bewässerungsberatung installiert.

Mittelfristig sollte auf Bundesebene eine Weiterentwicklung der guten fachlichen Praxis um die aufgezeigten Anpassungsstrategien angestrebt werden, um den Anpassungsbedarf in der Landwirtschaft mit einem stärkeren Verbindlichkeitscharakter zu versehen. Letztlich bleibt es aber die Entscheidung eines jeden Landwirtschaftsbetriebs, auf welche Strategie(n) er setzt und mit welchen Maßnahmen er seine Wirtschaftsweise den zukünftigen Anforderungen anpasst.

Ansatzpunkte aus städtischer Sicht

Für die Stadt Karlsruhe als Akteur (Landwirtschaftsabteilung im Liegenschaftsamt) ergeben sich insbesondere folgende zwei Ansatzpunkte:

Vorgaben für städtische Pachtflächen

Knapp 533 ha Fläche im Besitz der Stadt sind zur landwirtschaftlichen Nutzung verpachtet (Ackerflächen und Grünland - ohne Flächen der Ortsverwaltungen Neureut, Grötzingen und Wettersbach, hier erfolgt eine eigenständige Flächenverwaltung). Es liegt im ur-eigensten Interesse der Stadt, dass diese Flächen möglichst bodenschonend und nachhaltig bewirtschaftet werden. Konkrete Bewirtschaftungsvorgaben im Detail erfolgen zwar nicht. Dies wäre aufgrund der höchst unterschiedlichen Nutzungsanforderungen (Anbauformen, wechselnde Fruchtfolgen etc.) sowie der Langfristigkeit der Verträge nicht praxisgerecht und bei annähernd 2.000 Pachtverhältnissen auch kaum handhabbar. Vertragsgrundlage für alle Pachtflächen ist aber ein allgemeines Verschlechterungsverbot für den Boden und die Einhaltung der guten fachlichen Praxis. Gerade mit Pächtern in erosionsgefährdeten Lagen wie zum Beispiel in Wettersbach wird zudem ein intensiver Informationsaustausch zur Bewirtschaftungsstrategie gepflegt.

Die ordnungsgemäße Bewirtschaftung der Flächen kontrolliert das Liegenschaftsamt in unregelmäßigen Abständen oder im Falle von Beschwerden direkt vor Ort. In der Regel lassen sich kleinere Missstände im unmittelbaren Gespräch mit den Landwirten schnell beheben. Bei schweren Verstößen wird allerdings das Landwirtschaftsamt informiert und das Pachtverhältnis erforderlichenfalls gekündigt. Außerdem wird das Liegenschaftsamt teilweise im Rahmen der Amtshilfe in staatliche Kontrollen (insbesondere Cross Compliance-Anforderungen) von Karlsruher Betrieben eingebunden.

Umsetzung der Erkenntnisse auf eigen bewirtschafteten Flächen

Die städtische Landwirtschaftsabteilung pflegt neben Grünlandstandorten und Biotopschutzflächen auch zahlreiche Streuobstwiesen in Eigenregie. Die Flächen werden nach der Verordnung der Europäischen Union über den kontrolliert ökologischen Landbau bewirtschaftet. Ein Schwerpunkt bei der Sortenwahl liegt auf alten, heimischen Sorten wie etwa dem Speierling. Mit Blick auf den Klimawandel (längere Trockenphasen, steigender Schädlingsdruck) gelten diese im Vergleich zu den sonst verbreiteten Zuchtformen als besonders widerstandsfähig.



Städtische Streuobstwiese

Strategie für Karlsruhe

Zur regionalen Risikoanalyse und der Entwicklung abgestimmter landwirtschaftlicher Strategien wird die Einberufung einer regionalen Arbeitsgruppe unter Beteiligung der städtischen Landwirtschaftsabteilung für sinnvoll erachtet.

Denkbar wäre darüber hinaus die aktive Begleitung von möglichen Forschungsvorhaben im Stadtkreis Karlsruhe, zum Beispiel zur Erosionsminderung durch Streifenbearbeitungsverfahren beim Maisanbau (ganzjährige Bedeckung der Fläche mit organischem Material, die Bearbeitung findet nur in den Saatreihen statt), etwa auf Standorten in Hohenwettersbach oder Stupferich.

Ein weiteres Anliegen ist die zunehmende Etablierung des integrierten und ökologischen Landbaus auf den Pachtflächen. Hier wird es insbesondere durch den anstehenden Pächterwechsel beim Hofgut Maxau zu einem deutlichen Ausbau der ökologischen Bewirtschaftung kommen.

Ansonsten werden die weitere Entwicklung und die aktuellen Aktivitäten im Forschungsbereich genau beobachtet.

4.3 Auswirkungen auf Wald und Forstwirtschaft



4.3 Auswirkungen auf Wald und Forstwirtschaft

Karlsruhe weist mit einem Anteil von 26 % an der Gemarkungsfläche im Vergleich zu anderen urbanen Räumen einen relativ hohen Waldbestand auf. Knapp die Hälfte davon befindet sich in städtischem Besitz (Stadtwald), die andere Hälfte ist im Eigentum des Landes (Staatswald), wobei die Bewirtschaftung in beiden Fällen durch die Abteilung Forst im Liegenschaftsamt der Stadt erfolgt. Als Speicher von Kohlendioxid sind unsere Wälder im Zeitalter des Klimawandels unentbehrlich. Auch die wirtschaftliche Nutzung spielt eine Rolle: Jährlich werden im Stadt- und Staatswald Karlsruhe immerhin etwa 25.000 Kubikmeter Holz geerntet und vermarktet. Und die Nachfrage nach dem CO₂-neutralen Rohstoff Holz wird tendenziell weiter steigen. Hinzu kommt die breite Funktionsvielfalt des Waldes, die sich in seiner hohen Bedeutung für die Erholung, die Freizeitnutzung, den Wasser- und Immissionsschutz oder den Biotop- und Artenschutz widerspiegelt. Gerade in der Forstwirtschaft zeigt sich dabei, wie wichtig eine frühzeitige Beschäftigung mit den Folgen des Klimawandels ist. Denn Waldbesitzer und Forstleute denken in langen Zeiträumen und heute angepflanzte Bäume sind für weit mehr als eine Generation bestimmt.

Klimafolgen

Laut den Klimaprojektionen werden sich die Durchschnittstemperaturen im Karlsruher Raum in den nächsten 50 Jahren stärker als in anderen Landesteilen nach oben entwickeln. Für die Forstwirtschaft kann dies ähnlich wie bei der Landwirtschaft zunächst von Vorteil sein. Nach Berechnungen für Baden-Württemberg über alle Laubwaldflächen hinweg wird die Buche in Zukunft drei Tage früher und die Eiche sogar sechs Tage

früher austreiben. Neben dem zeitigeren Blattaustrieb wird die Vegetationsperiode weiter in den Herbst hineinreichen, was beim einzelnen Baum über das Jahr gesehen zu einer Produktivitätssteigerung führen kann. Andererseits ist zu berücksichtigen, dass sich die Baumartenanteile hin zu den zwachsschwächeren Baumarten (Buche, Eiche) verschieben dürften. Und letztlich gilt auch hier: Stärkere Holzzuwächse setzen ein ausreichendes Wasserdargebot während der Wachstumsphase voraus.

Gerade die Tendenz zu abnehmenden Sommerniederschlägen und häufigeren Trockenphasen dürfte sich demnach als der wesentliche limitierende Faktor erweisen. Weitere Risiken stellen der zunehmende Druck durch wärmeliebende Baumschädlinge und das unvermindert hohe Sturmwurfisiko dar. Letztlich wird der Klimawandel erhebliche Auswirkungen auf die Zusammensetzung unserer Wälder und die Auswahl geeigneter Baumarten haben.

Auswirkungen durch zunehmende Sommertrockenheit

Nicht alle heimischen Baumarten können mit einer länger anhaltender Trockenheit bzw. Wasserknappheit leben. Daher befürchten Forstwissenschaftler, dass bestimmte Baumarten abnehmen oder langfristig ganz verschwinden. Bereits nach dem Trockensommer 2003 zeigten die Hauptbaumarten Buche und Fichte in ganz Baden-Württemberg markante Schäden auf. Auch in Karlsruhe wurde aufgrund des Trockenstresses eine vorübergehende Schadholzzunahme in den Folgejahren von 20 bis 40 % festgestellt. Zwar erholten sich die Bäume teilweise wieder. Und in den letzten drei Jahren war die Wasserversorgung über die Sommermonate gut, so dass weitere Dürreschäden nur ganz vereinzelt und meist in Verbindung mit anderen Baumerkrankungen vorkamen. Doch mehrere heiße und trockene Jah-

re hintereinander können viele Bäume generell schlecht ausgleichen.

Besonders deutlich werden sich solche Veränderungen dort auswirken, wo die Bäume schon heute unter Wassermangel und schlechten Standortbedingungen leiden. In Karlsruhe gelten in dieser Hinsicht die Hardtwaldgebiete als anfällig, da sie durch sandige, nährstoffarme Böden (geringe Wasserhaltekapazität) sowie tief liegendes und damit nicht pflanzenverfügbares Grundwasser geprägt sind. Die eigentlich genügsamen und Trockenheit ertragenden Kiefern der Hardtwälder sind schon heute nicht mehr besonders vital. Viele geschwächte Kiefern sind mit Misteln (*Viscum album*) besetzt. Dies bedeutet eine zusätzliche Wasserkonkurrenz und damit eine weitere Schwächung bis hin zum Absterben des Baumes. Derzeit handelt es sich lediglich um absterbende Einzelbäume, über das Jahr gesehen kann sich das „Dürrholz“ bei der Kiefer aber auf mehrere Hundert Kubikmeter Holz summieren (2012: 400 Festmeter).

Die trockenbedingte Schwächung einzelner Bäume führt zudem wie zum Beispiel bei Alteichen zu Bewirtschaftungsschwernissen. So verursachen die vielen Dürräste und kränkelnden Bäume Konflikte mit der Verkehrssicherungspflicht des Waldbesitzers. Häufige Baumkontrollen, Abstimmungen mit den Naturschutzbehörden und privaten Naturschutzverbänden haben vom Umfang her ganz erheblich zugenommen und erfordern einen steigenden Personal- und Ressourceneinsatz. Dem steht der positive Artenaspekt gegenüber.

Darüber hinaus steigt bei lang anhaltenden Hitzeperioden die Gefahr von Waldbränden. In Karlsruhe ist hier insbesondere der Hardtwald mit der Kiefer als Hauptbaumart gefährdet. Die intensive Nutzung und das dichte Wegenetz erhöhen grundsätzlich das Entstehungsrisiko eines Brandes (zum Beispiel durch Wegwerfen von Zigarettenkippen). Risikomindernd wirkt sich dagegen der hohe Anteil an Laubbäumen aus, die mittlerweile in den Kieferbeständen verbreitet vorkommen. Außerdem zeigen die Erfahrungen aus der Vergangenheit, dass der Freizeitdruck mit einer hohen sozialen Kontrolle einhergeht. Brände werden in der Regel sehr schnell entdeckt und gemeldet und können durch die Feuerwehr meist schon in der Entstehungsphase gelöscht werden. Insgesamt dürfte dieser Aspekt in Karlsruhe deshalb auch zukünftig nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Windwurf

Windwurf als Folge schwerer Stürme und Orkane ist eine Problematik, die die Forstwirtschaft schon immer begleitet hat. In den letzten zwanzig Jahren sind die Sturmschäden allerdings deutlich angestiegen. Die Orkane „Wiebke“ und „Vivian“ (1990), „Lothar“ (1999), „Kyrill“ (2007) und „Xynthia“ (2010) haben landesweit zu teilweise großflächigen Waldverlusten geführt und in der Folge die Anfälligkeit für Schädlinge, Waldbrände und Erosion erhöht. Deutliche Spuren im Karlsruher Wald hat vor allem der Orkan „Lothar“ hinterlassen (siehe Infokasten). Bei den beiden letzten Orkantiefs „Kyrill“ und „Xynthia“ blieb der Karlsruher Wald dagegen von Schäden weitgehend verschont.



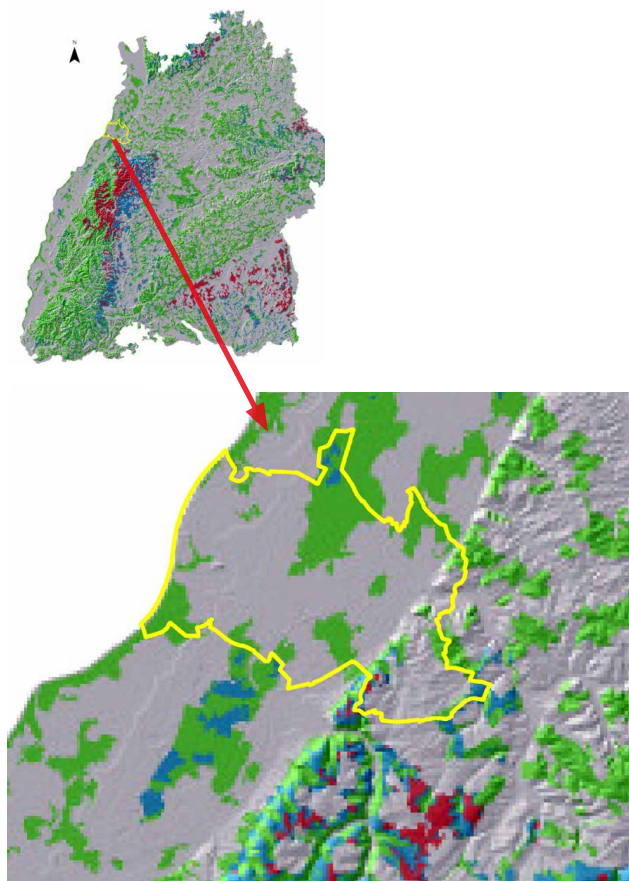
„Lotharpfad“ im Karlsruher Bergwald

Ob uns in der Zukunft mehr solcher Stürme drohen, lässt sich anhand der bisherigen Forschungsergebnisse nicht eindeutig belegen. Aktuelle Berechnungen mit dem regionalen Klimamodell COSMO-CLM für Süddeutschland zeigen, dass die mittlere Windgeschwindigkeit in den nächsten Jahrzehnten zwar leicht zunehmen wird. Allerdings lässt sich kein signifikanter Trend ableiten, wonach diese höheren Windgeschwindigkeiten künftig häufiger auftreten. Nichtsdestotrotz muss auch zukünftig in regelmäßigen Abständen mit ähnlichen „Jahrhundertstürmen“ gerechnet werden.

Im Rahmen des Verbundprojekts RESTER (Strategien zur Reduzierung des Sturmschadenrisikos für Wälder) wurden auf der Grundlage flächiger Schäden durch die Winterstürme „Wiebke“ und „Lothar“ Sturmschadenswahrscheinlichkeiten für die Wälder Baden-Württembergs berechnet und in einer Risikokarte verdichtet. Die höchsten Sturmschadenswahrscheinlichkeiten treten demnach – vorausgesetzt die maximale Böengeschwindigkeit überschreitet 126 km/h – vor allem dort auf, wo Nadelwald auf stark expo-

Lothar: Die Folgen eines Jahrhundertsturms

Am zweiten Weihnachtsfeiertag 1999 fegte der Orkan „Lothar“ über Deutschland hinweg. Ohne große zeitliche Vorwarnung verursachte der Sturm binnen weniger Minuten auch in Karlsruhe verheerende Schäden durch umgestürzte Baukräne und Gerüste oder zerstörte Dächer und Autos. Die Bilanz für den Wald: In ganz Baden-Württemberg fielen fast 30 Millionen Kubikmeter Sturmholz an und es entstanden 40.000 Hektar Kahlfelder. Im Karlsruher Stadtwald waren auf 61 Sturmflächen mit 72 Hektar Kahlfeldfläche ungefähr 50.000 Kubikmeter Sturmholz angefallen. Das ist dreimal so viel, wie normalerweise in einem ganzen Jahr eingeschlagen wird. Die Landesforstverwaltung organisierte daraufhin ein gebietsübergreifendes Krisenmanagement, um zusätzlich zu den eigenen Mitarbeitern weitere Maschinen und fachlich gut ausgebildete Arbeitskräfte zu mobilisieren. Dadurch gelang es in weiten Teilen das Sturmholz möglichst schnell aufzuarbeiten und zu verkaufen oder in Nasslager einzulagern. Parallel zur Holzaufarbeitung wurde ein Konzept zur Wiederbewaldung erarbeitet. Im Stadtwald Karlsruhe wurde etwa die Hälfte der Sturmflächen durch Anpflanzungen wieder aufgeforstet und die andere Hälfte der natürlichen Verjüngung überlassen. Bei vielen Pflanzungen haben sich Vereine, Feuerwehren und andere Gruppen aktiv eingebracht. Eine Informationstafel in Stupferich erinnert noch heute daran - ebenso wie der kurze „Lotharpfad“ am Walderlebnispfad „Waldwelt“ im Bergwald.



nierten Standorten mit wechselfeuchten Böden über Buntsandstein vorkommt. Für den Raum Karlsruhe kann von einer überwiegend geringen Sturmschadenswahrscheinlichkeit ausgegangen werden (siehe Abbildung 27 in grün). Teilbereiche mit einer mittleren Wahrscheinlichkeit (blau) oder sogar einem hohen Risiko (rot) finden sich fast ausschließlich im Bereich der Hangkanten im Bezirk Bergwald sowie im Hardtwald (westlicher Wildpark).

Erhöhter Schädlingsdruck

Auswirkungen durch den Klimawandel sind auch für die Entwicklung und Populationsdynamik von Baumschädlingen zu erwarten. Bei den Waldmäkern zum Beispiel kommen verstärkt Individuen mit einer verkürzt dreijährigen Entwicklungsdauer vor. Wo früher an einem Standort nur Engerlinge desselben Entwicklungsalters zu finden waren, treten seit Mitte der 90er Jahre Engerlinge mehrerer oder gar aller Entwicklungsstadien nebeneinander auf. Beim Borkenkäfer wiederum ist mit der Ausbildung einer dritten Generation zu rechnen, was bei entsprechenden Geschwisterbruten zu einer exponentiellen Erhöhung der Population führen kann. Das Borkenkäferisiko ist in Karlsruhe durch den vergleichsweise geringen Fichtenanteil allerdings zu vernachlässigen.

Besonders den Eichen setzt mittlerweile eine ganze Reihe wärmeliebender Schadinsekten zu. So haben sich seit Mitte der 90er Jahre der Eichenwickler, der Frostspanner und der Eichenprachtkäfer zum Dauerschädling entwickelt. Ebenfalls signifikant ist die Zunahme des Eichen-Heldbocks. Dieser Riese unter den heimischen Käferarten besiedelt nur geschwächte und absterbende Eichen. Die derzeit hohe Dichte des Käfers nahezu komplett über das Karlsruher Stadtgebiet ist zwar hinsichtlich des Artenschutzes von besonderer Bedeutung; aus forstwirtschaftlicher Sicht ist es jedoch besorgniserregend, da dies zeigt, wie umfassend der Vitalitätsverlust bei alten Eichen bereits fortgeschritten ist. Als weitere an Eichen angepasste Insektenart tritt der Eichenprozessionsspinner zunehmend in Erscheinung. Er ist zugleich ein gutes Beispiel dafür, wie sich invasive Arten infolge des Klimawandels neue Lebensräume erschließen. Seit Mitte der 90er Jahre ist er besonders auffällig und hat sein Verbreitungsgebiet mittlerweile auf das gesamte Eichenvorkommen in Baden-Württemberg erweitert. Es ist zu erwarten, dass zukünftig auch andere Insektenarten aus dem Mittelmeerraum, wie etwa der Pinienprozessionsspinner über die Burgundische Pforte in das Rheintal einwandern werden. Die ursprünglich mediterran an der Linde vorkommende Malvenwanze hat diesen Schritt bereits vollzogen. Erste Massenvermehrungen aus dem Südwesten Baden-Württembergs sind hier bekannt.

Abb. 27: Sturmschadensanfälligkeit für Wälder in Baden-Württemberg auf der Basis der Winterstürme Wiebke und Lothar (Quelle: Mayer/Schindler u.a. 2010, S. 135)



Ein stattliches Exemplar des Eichen-Heldbocks im Gewann Rissnert



Als typischer Vertreter der Neophyten breitet sich die Kermesbeere in Karlsruhe immer weiter aus.

Verstärkt aufgetreten sind in den vergangenen Jahren Baumschäden durch Pilze. So kam es 2005 zu einem großflächigeren Befall an Ahorn durch den Rindenpilz *Cryptostroma corticale* (Schwächeparasit). Ab 2007 wurden in Karlsruhe außerdem die ersten Symptome des sog. Eschentriebsterbens beobachtet. Diese durch den Pilz *Hymenoscyphus pseudoalbidus* verursachte Erkrankung zeigt sich in Karlsruhe in allen Eschenbeständen in unterschiedlicher Ausprägung. Neben gesunden Bäumen stehen Bäume mit stark geschädigten Kronen, bei denen eine Gesundung ausgeschlossen erscheint. Betroffen sind alle Altersstadien von der Jungpflanze bis zum Altbaum. Im Jahr 2012 war der Austrieb der Esche witterungsbedingt meistens sehr gut, im Laufe des Sommers haben sich dann aber wieder deutliche Kronenverlichtungen gezeigt. Neuerdings werden neben Kronenschäden auch sog. Stammfußnekrosen beobachtet, die zu einer Fäule im Holz führen. Derzeit baut die städtische Forstverwaltung als Konsequenz keine Eschen mehr aktiv an.

In der Südpfalz breitet sich aktuell der ursprünglich aus Asien stammende Esskastanien-Rindenkrebs (*Cryphonectria parasitica*) massiv aus - mit der Tendenz auf angrenzende Regionen wie Karlsruhe übergzugreifen. Hier laufen vielversprechende Versuche, den Pilz mit Hilfe eines natürlich vorkommenden Virus zu bekämpfen bzw. zumindest stark einzudämmen.

Neben den genannten Baumschädlingen verursachen auch einige pflanzliche „Eindringlinge“ Probleme. Sie

schädigen die Bäume zwar nicht direkt, können aber durch Konkurrenzdruck den Jungaufwuchs stören und die Artenvielfalt negativ beeinflussen. Dazu gehört in Karlsruhe insbesondere die Amerikanische Traubenkirsche (*Prunus serotina*) (siehe dazu näher im Kapitel „Natur“). In den letzten Jahren hat sich zudem die Kermesbeere (*Phytolacca*) an vielen Stellen breit gemacht. Die im Hardtwald an mehreren Stellen vorkommende Beifuß-Ambrosie gilt ebenfalls als invasiver Neophyt, ist aber mehr aus gesundheitlicher Perspektive als aus waldökologischer Sicht problematisch.



Links: Befall durch *Cryptostroma corticale* an einem Ahorn im Stadtwald Karlsruhe (Distrikt Vokkenau)

Rechts: Geschädigte Esche durch das Eschentriebsterben

Veränderung der Waldgesellschaften

Die bislang aufgezeigten Auswirkungen und die unterschiedlichen Sensibilitäten der Baumarten gegenüber klimatischen Änderungen werden die Waldentwicklung in den nächsten Jahrzehnten verändern. Bei einer prognostizierten Erwärmung um 3 °C bis zum Ende des Jahrhunderts würden sich beispielsweise die Höhengrenzen der Waldgesellschaften um 300 bis 500 Meter nach oben verschieben. Für Buchen- und Eichenwälder würden dann noch bis in über 1.000 Meter Höhe gute Wachstumsbedingungen vorherrschen.

Die forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg beschäftigt sich im Rahmen des Projektes „Auswirkungen des Klimawandels auf die Wälder Baden-Württembergs,“ intensiv mit der Frage der zukünftigen Eignung der Hauptbaumarten in Südwestdeutschland. Als erstes Zwischenergebnis wurden Karten veröffentlicht, die eine Neueinschätzung der Eignung ausgewählter Hauptbaumarten in Baden-Württemberg im Maßstab 1:50.000 bis auf Kreisebene erlauben. In die Bewertung flossen die Kriterien Konkurrenzstärke, Standortpfleglichkeit, Schadresistenz und Ertragsleistung ein. Für den Raum Karlsruhe lassen sich die Ergebnisse für Buche, Eiche und Fichte den Abbildungen 28 bis 33 entnehmen:

Aus dem Kartenvergleich wird deutlich, dass sich im Stadtgebiet zukünftig die Bedingungen für alle drei

Baumarten verschlechtern werden. Während die Buche im Hardtwald heute noch passable Bedingungen vorfindet, stellen sich die Waldflächen in der Ebene 2050 größtenteils nur noch als wenig geeignet dar. In den Höhenlagen des Stadtgebiets und an den Hängen des Bergwalds wird der Anbau der Buche dagegen auch zur Jahrhundertmitte möglich sein. Die derzeitigen Bemühungen, im Hardtwald noch mehr zuwuchsschwächere Laubbäume wie Buchen und Eichen zu fördern, sind durch die aufgezeigten Entwicklungen in Frage gestellt. Anders sieht es für die Fichte aus, die ihre heute schon geringe Bedeutung im Stadtkreis nahezu komplett verlieren wird. Durch das hohe Borkenkäfer-Risiko wird diese Baumart bei der aktiven Waldverjüngung durch Pflanzung ohnehin nicht mehr berücksichtigt.

Insgesamt gehen Fachleute davon aus, dass mitteleuropäische Wälder teilweise norditalienische Charakterzüge annehmen. Mit dem Klimawandel wird sich vor allem das durch Fichten geprägte Bild des Schwarzwalds ändern: Die Fichte wird dann zunehmend durch Tanne, Buche und Douglasie verdrängt. Außerdem können sich Laubbaumarten wie die Esskastanie, Sommer- und Winterlinde, Hainbuche, Vogelkirsche oder Elsbeere vermutlich besser entfalten, während der Spitzahorn stagniert.

Positiv zu bewerten ist unter diesen Vorzeichen, dass gerade im Stadtwald Karlsruhe die Vielfalt der vorkommenden Baumarten schon heute sehr groß ist und damit die Risiken breiter gestreut sind (siehe Abb. 34). Zudem gibt es abgesehen vom Hardtwald viele Waldflächen in der Rheinniederung, in der Kinzig-Murg-Rinne und im Bergwald, wo die Bäume entweder direkten Grundwasseranschluss haben oder die Böden über ein relativ hohes Wasserspeichervermögen verfügen.

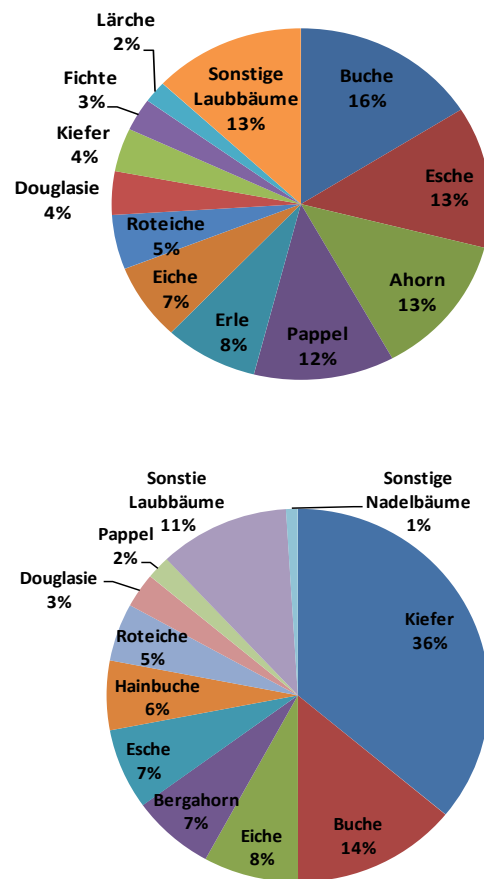
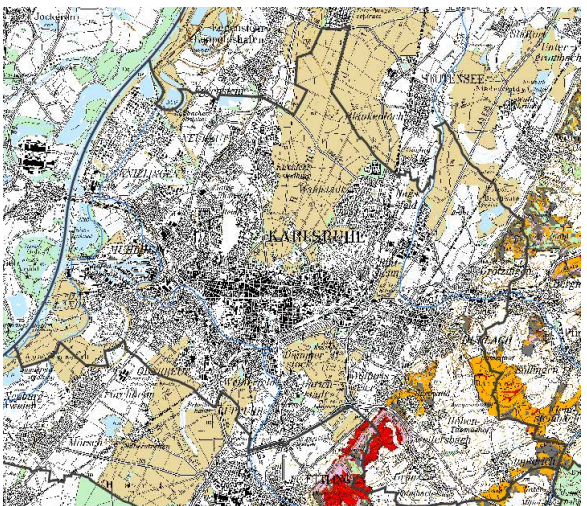
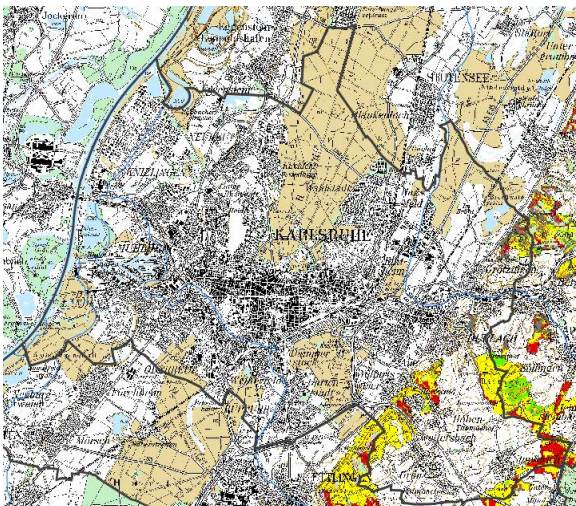
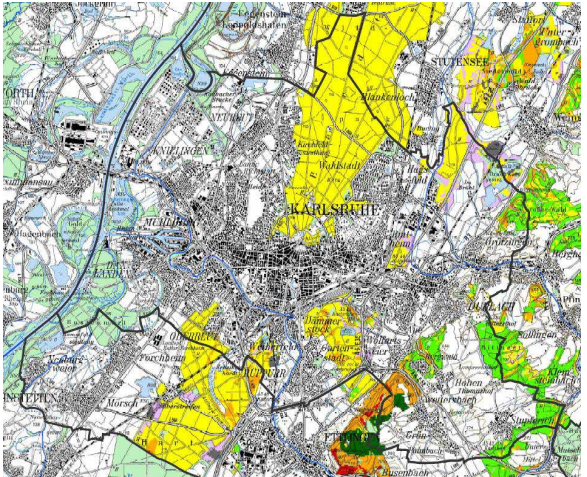
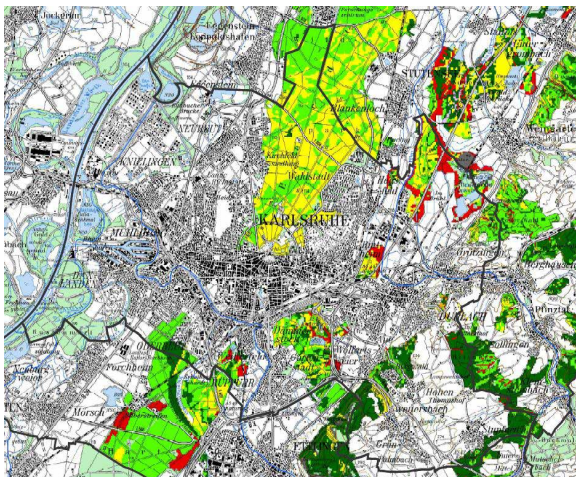
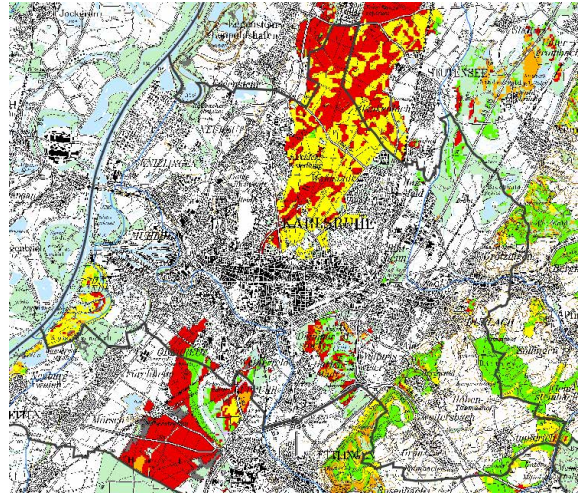
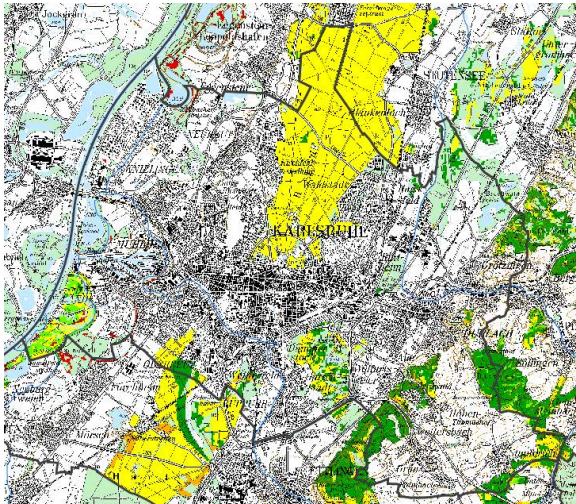


Abb. 34: Baumartenverteilung Stadtwald (oben) und Staatswald Karlsruhe (unten) (Quelle: Forsteinrichtung 2008)



Stufen der Baumarteneignung

- geeignet
- geeignet bis möglich
- möglich
- möglich bis wenig geeignet
- wenig geeignet
- wenig geeignet bis ungeeignet
- ungeeignet
- aktuelle Randzone des Anbaus (keine Hauptwirtschaftsbaumart)
- Landkreis-Grenze

* Unterstellt wurde für den Szenarienvergleich eine allgemeine Klimaerwärmung bis zum Jahr 2050 um etwa 2 °C (IPP-Szenario B2), eine Verringerung des Jahresniederschlags von 25 mm sowie eine veränderte jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge in der Vegetationszeit (Quelle: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, www.fva-bw.de/forschung/index2.html)

Abb. 28 und 29 (oben): Projektion der Baumarteneignung für die Buche im Vergleich für die Jahre 2010 (links) und 2050 (rechts)*

Abb. 30 und 31 (Mitte): Projektion der Baumarteneignung für die Traubeneiche im Vergleich für die Jahre 2010 (links) und 2050 (rechts)*

Abb. 32 und 33 (unten): Projektion der Baumarteneignung für die Fichte im Vergleich für die Jahre 2010 (links) und 2050 (rechts)*

Anpassungsmöglichkeiten und bisherige Aktivitäten

Entscheidend für die Entwicklung des Waldes wird die Geschwindigkeit der Klimaveränderung sein. Schreitet diese schneller als die Anpassung voran, kann dies gravierende Folgen haben. Hauptaufgabe der Forstwirtschaft ist es deshalb, zukünftig Wälder zu entwickeln, die in sich weitgehend stabil sind, sich schnell regenerieren und den veränderten Klimabedingungen anpassen können.

Konkrete Ansatzpunkte für den Staats- und Stadtwald Karlsruhe wurden zum großen Teil schon bei der letzten Forsteinrichtung für den Zeitraum von 2008 bis 2017 in der waldbaulichen Planung verankert und werden nun kontinuierlich umgesetzt. Dazu gehören insbesondere:

Umbau des Waldes/Baumartenwahl

- Naturnahe, kleinflächige und multifunktionale Waldbewirtschaftung als Grundprinzip
- Förderung von Mischbeständen
- Erhöhung der Baumartenvielfalt zur Risikostreuung
- Kleinflächige, situationsangepasste Waldbewirtschaftung (erfordert intensiven Überblick durch das Forstpersonal)
- Förderung geeigneter heimischer Baumarten gegen Trockenheit/Hitzestress und ergänzender Anbau fremdländischer Baumarten (unter Beachtung von Artenschutzaspekten), zum Beispiel Douglasie, Roteiche, Esskastanie oder Nuss (letztere wird derzeit in einem Testfeld angebaut)
- Verzicht auf Anbau anfälliger Baumarten, das heißt insbesondere Reduzierung des Anteils von Fichte und Lärche (sowie zumindest vorübergehend der Esche, solange keine wirtschaftliche Bekämpfungsmöglichkeit gegen das Eschensterben existiert).
- Förderung tief wurzelnder Baumarten in sturmgefährdeten Bereichen zur Minderung des Sturm-schadensrisikos

Optimierung der Bewirtschaftungspraxis/Risikomanagement

- Ausnutzung der natürlichen Waldverjüngung zur besseren Wurzelentwicklung (erfordert allerdings zwingend eine Anpassung der Rehwild-Bestände durch intensive Bejagung!)
- Bei der Kiefer im Hardtwald Verzicht auf die Auswahl von sog. Zukunftsbäumen mit Wertästung (das Risiko, dass sich die Investition lohnt, ist zu hoch)
- Stärkung der Vitalität von Einzelbäumen durch frühzeitige Kronenentwicklung
- Eher häufigere Durchführung von Durchforstungen, aber mit geringeren Eingriffsstärken je Eingriff (keine plötzlichen Änderung der Lebensbedingungen von Bäumen)
- Schonung bzw. Begünstigung vitaler Bäume (zum Beispiel Eschen) bei Durchforstungen, das heißt die Vitalität ist das Hauptkriterium bei der Arbeit in Waldbeständen

- Änderung der Bewirtschaftungskonzepte, zum Beispiel Wiedervernässung von Auenwäldern (Rheinauwald durch Integriertes Rheinprogramm)

Vorsorge gegen Waldbrände

- Umbau von Nadelholzreinbeständen in laubholzreiche Misch- oder reine Laubbaumbestände
- Sensibilisierung und Aufklärung der Bevölkerung

Reduzierung zusätzlicher Stressoren

- Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit durch Belassen von Rest- und Totholz in der Waldfläche
- Bedarfsorientierte Bodenschutzkalkungen (die letzte große Kalkungsaktion fand im März 2012 im Staatswald auf etwa 1.250 Hektar statt)
- Vermeidung von Störungen empfindlicher Waldökosysteme
- Bodenschonende Bewirtschaftung und Holzernte zur Minimierung von Verdichtungserscheinungen (siehe dazu näher im Kapitel „Boden“)



Kalkungsaktion im Karlsruher Hardtwald

Der Karlsruher Stadtwald ist darüber hinaus ebenso wie der Staatswald nach den internationalen Standard PEFC zertifiziert und unterliegt damit einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung.

Strategie für Karlsruhe

Die Entwicklung geeigneter Anpassungsstrategien ist derzeit ein Schwerpunkt der waldbezogenen Forschung. Viele Fragen im Hinblick auf die Auswirkungen des Klimawandels sind derzeit noch offen und werden näher untersucht, beispielsweise: Was ist „naturnah“ unter sich ändernden Klimabedingungen? Welche Baumarten und welche Herkünfte sind auf welchem Standort zum langfristigen Anbau geeignet? Soll man verstärkt auf fremdländische Baumarten wie etwa die Flaumeiche setzen? Wie sehen Schutzkonzepte künftig aus (Waldschutzgebiete, dynamische Schutzkonzepte)? Kann man extreme Witterungsereignisse regional vorhersagen und eingrenzen? Die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg beabsichtigt regional angepasste Handlungsstrategien zu erarbeiten und zieht dafür auch Waldflächen in Europa

heran, die heute bereits ein Klima vorweisen, das dem hier langfristig erwarteten entspricht.

Eine zentrale Aufgabe der Forstverwaltung wird es zukünftig sein, in Zusammenarbeit mit der praxisbezogenen Forschung die neugewonnenen Erkenntnisse kleinräumig in eigene Anpassungsstrategien zu überführen und umzusetzen. Als wichtigstes Planungsinstrument wird dabei weiterhin die alle zehn Jahre stattfindende Forsteinrichtung dienen. Die Ausarbeitung der neuen Forsteinrichtung für Karlsruhe ist für das Jahr 2017 vorgesehen.

Auf Landesebene wird zudem die Ausweisung von sogenannten Gefahrenzonen angestrebt, in denen besondere forstwirtschaftliche Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel erfolgen sollen. Dazu gehören zum Beispiel eine Anpassung der Baumhöhen in sturmwurfgefährdeten Gebieten durch frühzeitige und stärkere Durchforstungen bzw. einen früheren Erntezeitpunkt oder eine gestufte Ausprägung der Waldaußenränder zur Minderung von Sturmschäden. Da sich diese Gefahrenzonen vor allem auf größere Fichtenbestände konzentrieren werden, ist derzeit keine Relevanz für Karlsruhe gegeben.

Ganz allgemein wird die waldbauliche Planung künftig nicht mehr für jahrzehntelange Zeiträume konstante Baumartenmischungsziele festlegen, sondern mehr „auf Sicht fahren“ müssen. Damit kann sich forstliches Planen und Handeln mit dem wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn Schritt für Schritt weiterentwickeln. Anzumerken bleibt, dass die Baumartenentwicklung durch aktives forstliches Planen und Handeln nur auf etwa zehn Prozent der Waldfläche pro Jahrzehnt beeinflusst werden kann. In der betrieblichen Strategie besteht also kein Zwang zum kurzfristigen Aktionismus. Planmäßiges waldbauliches Handeln wird vielmehr auch künftig von Stetigkeit bestimmt sein. Dies erfordert weiterhin eine naturnahe, multifunktionale und nachhaltige Waldwirtschaft sowie entsprechend gut und umfassend qualifiziertes Forstpersonal auf der Fläche.

4.4 Auswirkungen auf den Boden



4.4 Auswirkungen auf den Boden

Böden spielen eine zentrale Rolle im Klimageschehen und besitzen eine Schlüsselfunktion als Kohlenstoffsenke: Die in Böden gespeicherte CO_2 -Menge ist etwa doppelt so groß wie die in der Atmosphäre und beträgt das Dreifache des in der Vegetation gespeicherten Volumens. Diese Fähigkeit macht die Böden nach den Meeren zum zweitgrößten Treibhausgasspeicher der Erde. Funktionsfähige Böden können außerdem zur Verminderung bestimmter Folgen des Klimawandels beitragen. Dazu zählt etwa die Entlastung von Entwässerungsanlagen bei Niederschlägen, aber auch die Abmilderung des zunehmenden Hitzestaueffekts in Ballungsräumen, was ihren Wert für das Stadtklima unterstreicht. Auf der anderen Seite sind Böden unmittelbar von künftigen Klimaveränderungen betroffen – auch in Karlsruhe.

Klimafolgen

Die genauen Folgen des Klimawandels auf den Boden lassen sich aufgrund fehlender Zahlen und lokaler Projektionen derzeit fast nur qualitativ beschreiben. Sie betreffen in erster Linie die natürlichen Bodenfunktionen sowie die Funktion der Böden als Standort der Land- und Forstwirtschaft. Anzumerken bleibt, dass es mit Blick auf die Komplexität des Systems Boden derzeit noch eine Vielzahl offener Fragen und beträchtlichen Forschungsbedarf zu den Risiken und Anfälligkeiten der Böden durch den Klimawandel gibt.

Auswirkungen auf die organische Substanz und den Stoffhaushalt

Umwandlungsprozesse im Boden werden maßgeblich von der Temperatur und der Feuchtigkeit beeinflusst.

Ansteigende Temperaturen begünstigen den Mineralisierungsprozess und beschleunigen damit den Abbau organischer Substanz. Auswertungen vorliegender Bodenuntersuchungen der vergangenen Jahrzehnte lassen vermuten, dass der Humusgehalt und damit die Fruchtbarkeit unserer Böden bereits abnimmt, wobei als Auslöser nicht nur der Klimawandel sondern auch bestimmte Nutzungsänderungen anzusehen sind (geringere Anbauvielfalt, Zunahme von Humus zehrenden Kulturen, engere Fruchtfolgen insbesondere mit Silo- und Biogasmais etc.). Erste Schätzungen besagen, dass eine Erwärmung des Klimas um zwei Grad die Humusvorräte unter Grünland und Wald um bis zu 20 % vermindern könnte.

Bei Sommertrockenheit entwässern zudem grund- und stauwassergeprägte Böden stärker, was ebenfalls die Mineralisierung der organischen Substanz begünstigt und damit CO_2 in die Atmosphäre und Nährstoffe ins Grundwasser freisetzt. Besonders empfindlich gegenüber solchen Veränderungen des Bodenwasserhaushalts sind Niedermoore sowie grund- und stauwassergeprägte Böden mit hohem organischem Anteil (Moorgleye, Anmoore, Anmoorgleye). Im Stadtgebiet Karlsruhe sind noch ca. 54 ha solcher Niedermoorflächen unterschiedlichen Erhaltungszustands anzutreffen. Das größte Vorkommen zusammenhängender Flächen befindet sich in der Rheinaue bei Neureut. Im Bereich der ehemaligen Kinzig-Murg-Rinne (Niederterrasse) sind die Niedermoore größtenteils durch mineralische Bodenschichten (erodiertes Bodenmaterial aus der Vorbergzone) überdeckt, so z. B. auf den Salmenwiesen bei Rüppurr, bei Rintheim u. a. im Elfmorgenbruch und entlang der A 5 nördlich dem Gewerbegebiet „An der Roßweid“ sowie der südliche Teil des Weingartener Moores bei Grötzingen. Teile dieser Niedermoorflächen bzw. der Böden mit hohem Anteil organischer Substanz sind durch Entwässerungsmaßnahmen bereits stark verändert. Die Flächen unter land-

wirtschaftlicher Nutzung sind besonders von voranschreitender Degradierung bedroht.



Überdecktes Niedermoor „Salmenwiesen“ bei Rüppurr

Erosionsgefährdung

Zunehmende Starkregenereignisse und Winterniederschläge lassen einen Anstieg der Erosion durch Wasser insbesondere auf landwirtschaftlich genutzten Flächen erwarten. Ebenso ist als Folge der prognostizierten Abnahme von Niederschlägen im Sommerhalbjahr und einem schnelleren Austrocknen des Oberbodens mit einer stärkeren Winderosion zu rechnen. Der Verlust von Bodenmaterial durch Erosion schädigt die Böden in ihren natürlichen Bodenfunktionen. Das Wasserspeichervermögen nimmt ab, der Verlust von Humus und Nährstoffen reduziert die natürliche Bodenfruchtbarkeit und die Filter-/Pufferfunktion wird verringert. Bodenerosion führt nicht nur zu Beeinträchtigungen der Böden auf den Erosionsflächen selbst, sondern auch zu Beeinträchtigungen anderer Schutzgüter, zum Beispiel durch den Eintrag von Bodenmaterial, Nährstoffen und Schadstoffen in Oberflächengewässer.

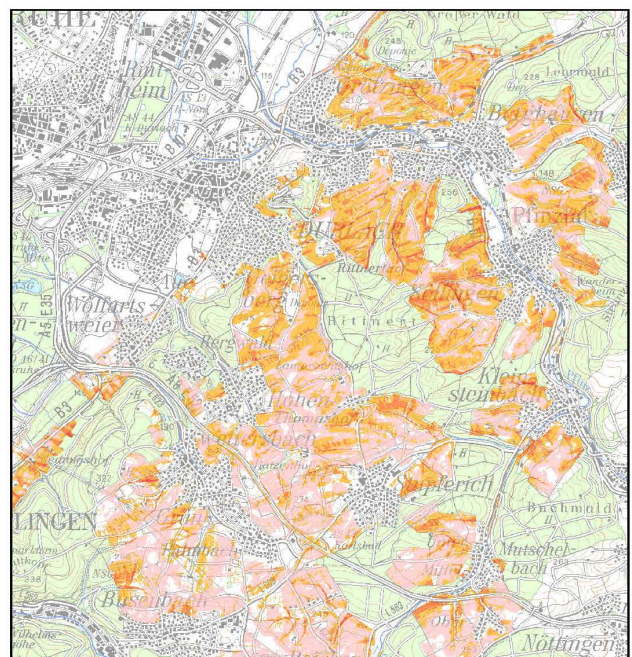
Im Stadtgebiet von Karlsruhe sind vor allem die landwirtschaftlich genutzten Böden im Bereich der Vorbergzone und die lößbedeckten Flächen des Hügellandes (Kraichgau) als erosionsgefährdet eingestuft (siehe den nachfolgenden Kartenausschnitt) und daher mit Blick auf den Klimawandel als besonders anfällig anzusehen.

Als gesetzliche Grundlage zur Abgrenzung von schädlichen Erosionsereignissen wurde im Bodenschutzrecht eine Regelung getroffen: Nach der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV, § 8 Abs. 1) ist vom Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung auszugehen, wenn durch Oberflächenabfluss auf einer Fläche erhebliche Mengen Bodenmaterial abgeschwemmt wurden oder weitere erhebliche Bodenabträge zu erwarten sind. Zur genauen Feststellung sind

dann Untersuchungen und konkrete, geeignete Maßnahmen zur Gefahrenabwehr und Verminderung von Erosionsereignissen anzuordnen. In Karlsruhe gab es bislang nur sehr vereinzelte Fälle auf landwirtschaftlich genutzten Flächen, bei denen ein entsprechendes Einschreiten erforderlich war.



Maisanbaufläche in Hohenwettersbach: Die starkregenbedingte Bodenerosion führt auch zu erheblichen Aufwuchs- und Ertragsschäden



Legende

Nutzungsbezogene Erosionsgefährdung

- gering
- mittel
- stark
- sehr stark

Stadt Karlsruhe Umwelt- und Arbeitsschutz Februar 2012

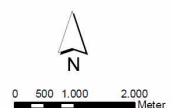


Abb. 35: Potenzielle Erosionsgefährdung (Quelle: Nachbarchaftsverband Karlsruhe)

Höheres Risiko von Bodenverdichtungen

Als weitere Folge der zunehmenden Niederschläge im Winterhalbjahr ist mit einem Anstieg von Bodenverdichtungen durch die Befahrung mit schweren Maschinen zu rechnen. Neben landwirtschaftlich genutzten Flächen sind hier auch durch Baumaßnahmen in Anspruch genommene Böden (Leitungsbau etc.) gefährdet. Vor allem die prognostizierte Abnahme der Frosttage wird dazu führen, dass die Stabilität des Bodengefüges für Befahrungen eingeschränkt wird. Die Verdichtungsempfindlichkeit hängt maßgeblich von Bodenart, Gefüge und der Feuchte des Bodens ab. Als besonders empfindlich in Karlsruhe sind daher die Böden mit hohem Lehmanteil wie die Auenlehme der Rheinaue, die Lössböden des Hügellandes und die lehmigen Böden der Vorbergzone einzustufen.

Betroffen von dieser Entwicklung ist ebenso die Forstwirtschaft. Spätherbst und Winter sind traditionell die Zeiten der Holzernte im Wald. Aus Gründen der Rationalisierung und der fortschreitenden Technisierung werden hierfür größere und schwerere Maschinen eingesetzt als in früheren Jahren. Trockener und gefrorener Waldboden hält die damit verbundenen Belastungen in bestimmten Grenzen aus. Allerdings machen sich bereits heute (auch in Karlsruhe) deutliche Bewirtschaftungerschwerernisse durch den fehlenden Frost und die hohe Wassersättigung der Waldböden im Winter bemerkbar. Dadurch steigt die Gefahr für Strukturveränderungen im Boden, im schlimmsten Fall kommt es zu tiefen Fahrspuren, in denen sich Wasser sammelt (sogenannte „Grundbrüche“). Dies birgt zugleich ein höheres Konfliktpotenzial, wenn es zu Beschwerden aus der Bevölkerung kommt, weil Forststraßen bei der Holzrückung verschmutzt oder gewohnte Wanderwege schwerer passierbar werden.



Verdichtungserscheinungen bei feuchter Witterung nach der Befahrung mit schweren Landmaschinen



Rückeschäden im Oberwald

Anpassungsmöglichkeiten und bisherige Aktivitäten

Die Anpassungsmöglichkeiten im Bereich Boden erfordern grundsätzlich kein spezifisch anderes Vorgehen als die bislang diskutierten Ansätze zum Bodenschutz. Die Bedeutung dieser Maßnahmen wird aber durch den Klimawandel weiter steigen. Ziel aus kommunaler Sicht muss es sein, die Bodennutzung und Überplanung derart zu steuern, dass die positiven klimatischen Bodeneigenschaften erhalten bleiben und die Klimaveränderungen sich möglichst geringfügig auf die natürlichen Bodenfunktionen auswirken.

Dazu gehört in erster Linie eine deutliche Reduzierung der Inanspruchnahme natürlicher Böden bei der weiteren Siedlungsentwicklung. Durch die Flächeninanspruchnahme der vergangenen Jahrzehnte ist der Anteil an natürlichen Böden im Stadtgebiet Karlsruhe stetig zurückgegangen. Zentrale Ansatzpunkte sind deshalb die Innenentwicklung und das Flächenrecycling von Brachflächen. Auch die Entsiegelung und Rekultivierung trägt dazu bei, das Stadtklima zu verbessern. In Karlsruhe werden diese Grundsätze durch das installierte Flächenmanagement bereits verfolgt. Das dazugehörige Flächenmanagementkonzept orientiert sich an den Leitbildern „Optimale Nutzung aller Flächen“, „Förderung der Innenentwicklung“ sowie „Minimierung des Freiflächenverbrauchs“ und soll kontinuierlich weiterentwickelt werden.

Zu berücksichtigen ist, dass der Innenentwicklung aus stadtklimatischer Sicht auch Grenzen gesetzt sein können. Das gilt vor allem für Nachverdichtungen in bioklimatisch hochbelasteten Stadtquartieren (siehe dazu näher im anschließenden Kapitel „Stadtklima und Stadtplanung“).



Beispiel für gelungenes Flächenrecycling: Wohnbebauung in Neureut-Kirchfeld auf dem Gelände der ehemaligen US-Kaserne.

Auch im Rahmen der Flächennutzungs- und Bauleitplanung ist den Belangen des Bodenschutzes ein hoher Stellenwert einzuräumen. Bei Planungs- und Genehmigungsverfahren sollte zudem geprüft werden, ob Eingriffe in besonders „klimawertige“ Böden einen erhöhten Ausgleich erfordern. Mit der Tragfähigkeitsstudie für das Gebiet des Nachbarschaftsverbands Karlsruhe

steht dafür eine wichtige Entscheidungsgrundlage zur Verfügung. Sie ermöglicht eine Einschätzung der Bedeutung und Wertigkeit von Flächen (vorrangig im Außenbereich) anhand nachvollziehbarer Kriterien. Bodenschutzaspekte wurden hier als eigenständiges Kapitel einer vertieften Betrachtung unterzogen. Um bodenbezogene Kompensationsmaßnahmen zu erleichtern, wurden außerdem potenzielle Flächen ermittelt, die sich für eine effektive Aufwertung von Bodenfunktionen eignen. Solche „Suchraumkarten“ liegen für die Maßnahmentypen Entsiegelung, Rekultivierung, Bodenauftrag, Erosionsschutz, Wiedervernässung, Wasseraufnahmevermögen und Nutzungsextensivierung vor.

Als weitere Anpassungsmaßnahmen lassen sich die Sicherung von Böden mit hoher Kohlenstoffbindung (zum Beispiel durch Unterschutzstellung oder Extensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung) sowie der Erhalt und die Renaturierung (Wiedervernässung) von Niedermoorstandorten und grund- bzw. stauwassergeprägten Böden nennen.

Ebenso sind vorhandene Grünlandflächen zu erhalten und ein Grünlandumbruch zu vermeiden. Aktuelle Vorgaben aus dem Naturschutz- und Landwirtschaftsrecht schränken den Grünlandumbruch bereits ein oder machen ihn unter Berücksichtigung bestimmter Ausnahmeregeln kompensationspflichtig. In mehreren Landschaftsschutzgebieten in Karlsruhe ist er unter Vorbehalt gestellt und erlaubnispflichtig. Angestrebt wird zudem, durch Extensivierungsverträge nach der Landschaftspflegeberichtlinie entstandenes Grünland langfristig zu sichern, um die Umbruchmöglichkeiten nach Ablauf der Verträge zu unterbinden.

Im landwirtschaftlichen Bereich empfehlen sich darüber hinaus folgende Anpassungsmaßnahmen (siehe dazu teilweise auch im Kapitel „Landwirtschaft“):

- **Fruchtfolgegestaltung:** Der Anbau eines möglichst breiten Fruchtartenspektrums fördert die Humusversorgung der Böden. Auf Humus zehrende Ackerfrüchte sollten unmittelbar Humus mehrende folgen. Dies ist auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht relevant (Risikominimierung für Ernteausfälle bei Wetterextrema oder Schädlings- und Krankheitsbefall).
- **Möglichst ganzjährige Begrünung:** Fruchtfolgen, bei denen der Boden ganzjährig begrünt ist, tragen zur Begrenzung von Erosion bei. Ein Brachliegen von Ackerflächen im Winter sollte soweit möglich verhindert werden, dadurch steigen die Anforderungen an die Zwischenbegrünung nach der Ernte.
- **Frühere Aussaattermine:** Längere Vegetationsperioden erlauben grundsätzlich eine frühere Aussaat. Wenn es im auslaufenden Frühjahr zu Trockenperioden kommt, sind die Pflanzen schon weiter entwickelt und haben den Boden tiefer durchwurzelt. Allerdings muss abgewartet werden, wie sich die Gefahr durch Spätfröste entwickelt.
- **Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren:** Mulch-

saatverfahren und konservierende, nichtwendende Bodenbearbeitung reduzieren die Verdunstung der Bodenoberfläche und gleichzeitig den oberflächlichen Wasserabfluss. Auch Trockenperioden können so länger ohne Trockenschäden überbrückt werden, zugleich wird die Bodenerosion deutlich gemindert. In Baden-Württemberg werden Mulchsaatverfahren auf mehr als 100.000 ha erfolgreich praktiziert - sei es in Kombination mit einem Zwischenfruchtanbau oder als Strohmulchverfahren. Berechnungen haben ergeben, dass durch einen konsequenten Pflugverzicht etwa 1 Mio. Tonnen CO₂ in Baden-Württemberg eingespart werden könnten. Mit der Umstellung von der Pflug- zur Mulch- bzw. Direktsaat sind allerdings eine Reihe anderer ackerbaulicher Maßnahmen anzupassen, weil zum Beispiel das Risiko für einen Befall mit Fusarien, Fußkrankheiten, Schnecken und Unkräutern steigt, was derzeit noch viele Landwirte von einer Umstellung abhält. Unabhängig davon schreibt die Erosionsschutzverordnung des Landes für Flächen mit hoher Erosionsgefährdung Pflugverbote zu bestimmten Zeiten vor.

- **Düngung, stärkere Zufuhr organischer Substanz:** Eine bedarfsgerechte Düngung mit organischer Substanz wie Wirtschaftsdünger (Mist, Jauche, Gülle) oder Kompost sichert den Humuserhalt ab.
- **Alle sonstigen Maßnahmen zum Erosionsschutz:** zum Beispiel Anlage von Grünstreifen in Hanglagen zur Abbremsung des Oberflächenabflusses.

Die genannten Aspekte sind fester Bestandteil der landwirtschaftlichen Bodenberatung und finden in der Praxis zunehmend Akzeptanz. Neben der einzelbetrieblichen Bodenschutzberatung bietet das zuständige Landwirtschaftsamt in Bruchsal auch Vor-Ort-Besichtigungen und Feldbegehungen zu bestimmten Themen an (2012 zum Beispiel zur Anwendung von neuen Zwischenfruchtmischungen mit Klee, Luzerne und anderen Leguminosen anstatt „klassischer“ Senfsaaten). Darüber hinaus sind die Bewirtschaftungsgrundsätze überwiegend Bestandteil der guten fachlichen Praxis und werden entsprechend den Vorgaben der EU im Rahmen der Flächenkontrollen und Cross-Compliance-Überprüfungen stichprobenhaft kontrolliert.

Für die städtischen Pachtflächen ist ein Verschlechterungsverbot für den Boden und die Einhaltung der guten fachlichen Praxis Vertragsgrundlage. Die ordnungsgemäße Bewirtschaftung wird durch die Landwirtschaftsabteilung im Liegenschaftsamt in unregelmäßigen Abständen vor Ort überprüft.

Zur Vermeidung von Schadverdichtungen sollte in Zeiten besonders hoher Bodenfeuchte auf eine Befahrung möglichst verzichtet werden. Ansonsten können technische Lösungen (bodenschonende Bereifung mit niedrigem Innendruck und großer Aufstandsfläche) Verdichtungserscheinungen zumindest reduzieren. Bei Baumaßnahmen wie Leitungsverlegungen oder sonstiger temporärer Beanspruchung von verdichtungsemp-

findlichen Böden werden den Vorhabenträgern in Karlsruhe bereits verbindliche Vorgaben zur bodenschonenden Verlagerung und zur Beseitigung eingetretener Verdichtungen gemacht.



Bodenbeanspruchung durch Leitungsverlegung

Die städtischen Wälder sind nach dem PEFC-Standard zertifiziert. Die entsprechenden Richtlinien verbieten eine flächige Befahrung des Waldes, um Bodenverdichtungen soweit wie möglich zu vermeiden. Zur Einhaltung dieser Vorgaben wurde deshalb ein Gassensystem mit einem Mindestabstand von 20 Metern angelegt, auf dem sich die Rückemaschinen ausschließlich bewegen dürfen. Auf besonders befahrungsempfindlichen Waldböden beträgt der Gassenabstand 40 Meter. Diese Befahrungslinien sind markiert und in Karten erfasst.

Strategie für Karlsruhe

Für die Flächeninanspruchnahme und die zukünftige Siedlungsentwicklung geben die Ziele des Karlsruher Flächenmanagements den strategischen Rahmen vor.

Im Rahmen von Ausgleichmaßnahmen in Planverfahren oder vorgezogenen Ökokontomaßnahmen sollen zukünftig gezielt Projekte entwickelt werden, die eine Renaturierung (Wiedervernässung) von Niedermoorstandorten bzw. von grund- und stauwasser geprägten Böden mit hohem organischem Anteil vorsehen.

Bei temporären Baumaßnahmen (zum Beispiel auf verdichtungsempfindlichen Böden) kann eine bodenkundliche Baubegleitung vorgeschrieben werden, um baubedingte negative Auswirkungen für den Boden zu minimieren. Von dieser Möglichkeit soll zukünftig verstärkt Gebrauch gemacht werden.

Die Forstverwaltung (Liegenschaftsamt) arbeitet derzeit als Bestandteil für eine landesweite Initiative ein Konzept zur bodenschonenden Holzernte insbesondere für verdichtungsempfindliche Waldbereiche aus. Ziel ist eine Minimierung der Eingriffe in den Boden bei der Holzbringung (zum Beispiel durch den ausschließlichen Einsatz bodendruckreduzierender Maschinen) sowie die Sicherung der dauerhaften Funktionsfähigkeit von Rückegassen.

4.5 Auswirkungen auf Stadtklima und Stadtplanung



4.5 Auswirkungen auf Stadtklima und Stadtplanung

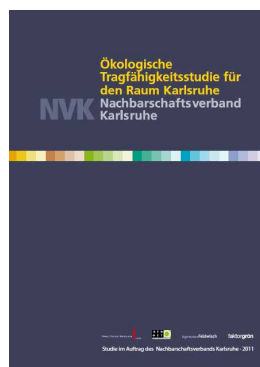
Ballungsräume und Städte sind aufgrund der Dichte ihrer Bebauung und der Ausprägung der wirtschaftlichen Tätigkeit besonders sensibel gegenüber Klimaänderungen. Neben dem häufigeren und intensiveren Auftreten von Starkregen oder Hochwasser betrifft das vor allem die prognostizierte Zunahme an hochsommerlichen Hitzeperioden. Aufgrund des hohen Versiegelungsgrads und der eigenen Wärmeproduktion heizen sich Stadtgebiete deutlich stärker auf als das Umland, was sich unter dem Begriff der „urbanen Wärmeinsel“ oder der „urban heat“-Problematik zusammenfassen lässt. Für Karlsruhe erhält dieser Aspekt besondere Bedeutung, schließlich zählt die Stadt aufgrund ihrer Lage im Oberrheingraben schon heute zu den wärmsten Regionen Deutschlands und ist im Hinblick auf „Hitzestress“ erheblich vorbelastet. Hinzu kommen der hohe Siedlungsdruck und die nach wie vor steigende Wohnungsnachfrage, was das Problem tendenziell weiter verschärft. Damit Leistungsfähigkeit, Wohlbefinden und Gesundheit von Menschen auch zukünftig gesichert werden können, muss die Stadtplanung daher bereits heute stadtklimatisch optimierte Lösungen entwickeln, um die thermische Belastung im Siedlungskörper auch unter extremen Hitzebedingungen auf ein erträgliches Maß zu reduzieren.

Klimafolgen

Die klima- und immissionsökologischen Funktionen in Karlsruhe und seinem Umland sind mittlerweile detailliert untersucht und liegen in räumlich hochauflösender Form vor. Das gilt sowohl für die klimatische Ist-Situation als auch die zukünftige bioklimatische Belastungsstruktur. Grundlage bilden die Tragfähigkeitsstudie

des Nachbarschaftsverbands Karlsruhe (NVK) und das darauf aufbauende ExWoSt-Projekt „Innenentwicklung versus Klimakomfort im Nachbarschaftsverband Karlsruhe“.

Klimatische Ist-Situation: Ergebnisse der Tragfähigkeitsstudie



Die in den Jahren 2009 bis 2011 für das Gesamtgebiet des Nachbarschaftsverbands erarbeitete Tragfähigkeitsstudie ist eine wichtige Arbeitshilfe für die derzeitige Fortschreibung des Flächennutzungs- und Landschaftsplans. Sie bildet die Empfindlichkeit des Naturhaushalts für insgesamt fünf Schutzgüter (Boden, Wasser, biologische Vielfalt, Freiraum/Erholung sowie Klima/Luft) großräumig ab und bewertet die umweltbezogene Bedeutung von noch nicht bebauten, primär im planerischen Außenbereich liegenden Flächen.

Bestandteil des Bausteins Klima war ein eigenes Fachgutachten, das sowohl für den Innen- als auch den Außenbereich die heutige klimatische Situation untersucht. Die Klimaanalyse selbst erfolgte mit dem mesoskaligen Simulationsmodell FITNAH (Flow over Irregular Terrain with Natural and Anthropogenic Heat Sources). Dieses ermöglicht eine kleinräumige Berechnung meteorologischer Kennwerte wie Luftströmungen, Temperatur- oder Feuchteverhältnisse. Für die Simulation wurden dabei neben zentralen Eingangsdaten wie Geländere relief und Nutzungsstruktur auch die Ergebnisse einer vom NVK beauftragten, im Sommer 2009 durchgeführten Thermalscannerbefliegung berücksichtigt.

Als ein wesentliches Ergebnis konnten auf diese Weise Kaltluft produzierende Flächen, also Flächen mit klimatischer Ausgleichswirkung, vorhandene Kalt- und Frischluftströmungen sowie städtische "Wärmeinseln" und Bereiche mit einer besonders hohen immissions-ökologischen Belastung identifiziert und in einer Klimafunktionskarte für das gesamte Verbandsgebiet aggregiert werden (siehe Abb. 36). Anzumerken ist, dass sich die durchgeführten Untersuchungen der klimaökologischen Funktionszusammenhänge ausschließlich auf die Verhältnisse während einer austauschenden, sommerlichen Hochdruckwetterlage beziehen. Nur bei solchen

Wetterlagen treten einerseits überdurchschnittlich hohe wärme- und lufthygienische Belastungen in den Siedlungsräumen auf, andererseits entstehen die hier dargestellten nächtlichen Kalt- und Frischluftströmungen.

Nach der Klimafunktionskarte treten die höchsten bioklimatischen Belastungen in einer sommerlichen Hitzeperiode dort auf, wo sich der Effekt der städtischen Wärmeinsel besonders gut ausprägen kann, also in dicht bebauten Bereichen mit einer starken Versiegelung und einer eher geringen Grünausstat-

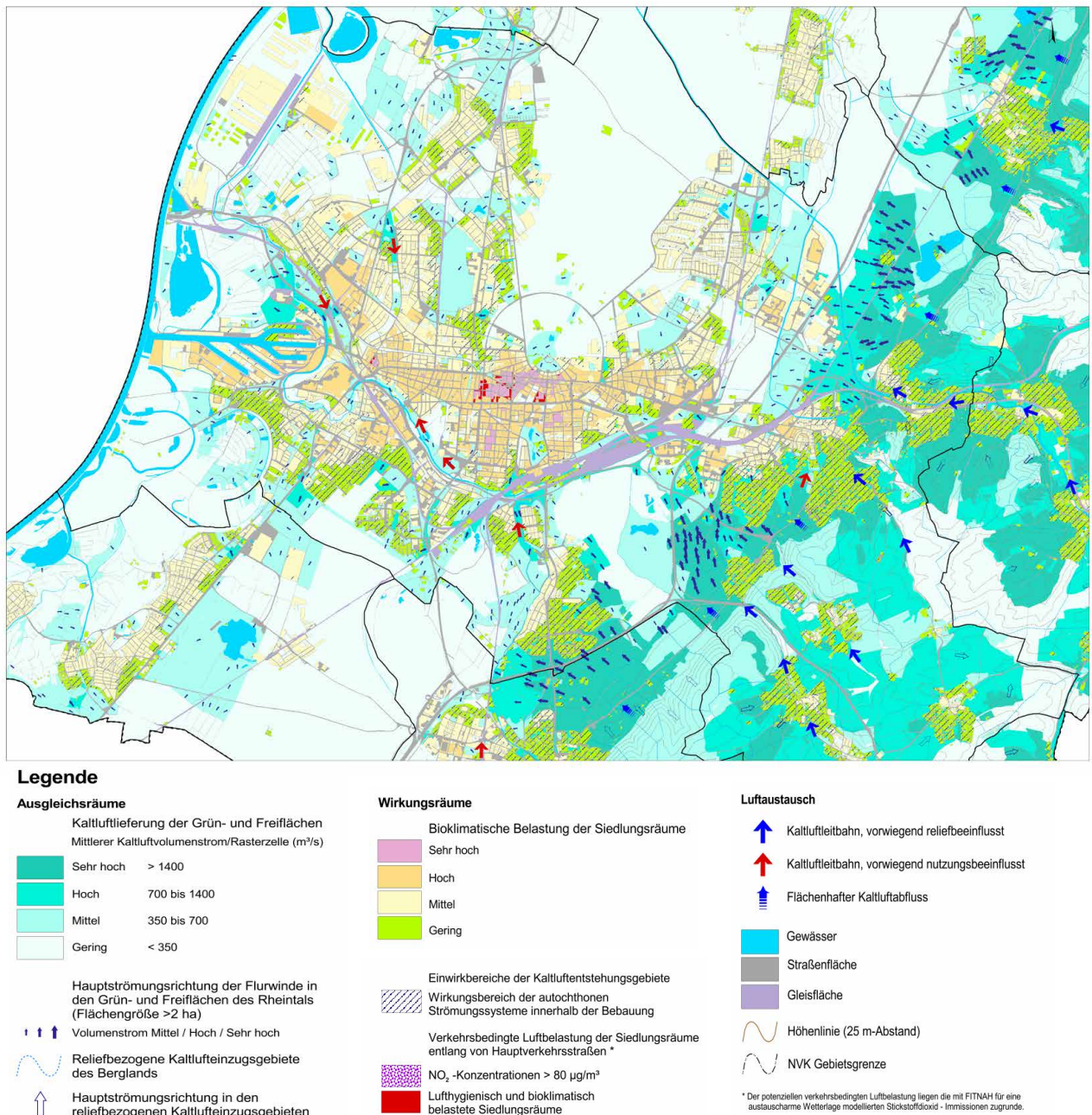
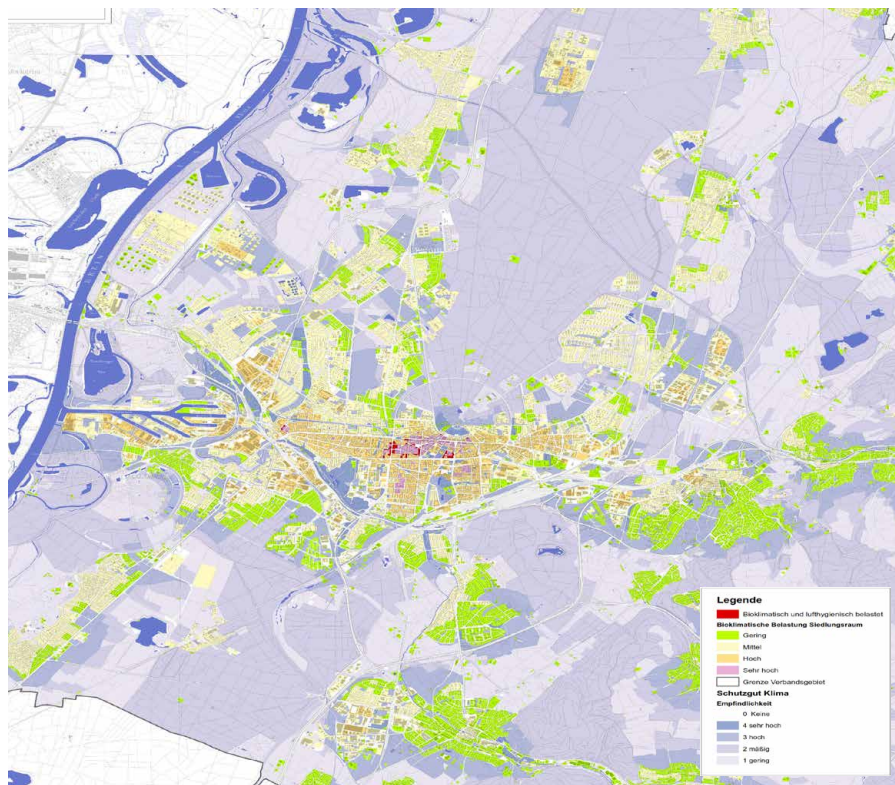


Abb. 36: Klimafunktionskarte ohne NO_2 -Belastung, Ausschnitt (Quelle: Nachbarschaftsverband Karlsruhe)

tung. Das betrifft einen größeren Teil der Karlsruher Innenstadt, insbesondere den Bereich zwischen Kaiser- und Kriegsstraße sowie Teile der Südstadt. Innerhalb der sich daran anschließenden Block- und Blockrandbebauung von Süd- und Oststadt liegt verbreitet eine hohe bioklimatische Belastung vor, was auch für die Kernbereiche einzelner Gewerbeflächen (zum Beispiel Killisfeld, Am Storrenacker) sowie westlich der Durlacher Innenstadt zutrifft. Dagegen geht die thermische Belastung bei einer vergleichsweise locker strukturierten Wohnbebauung (Zeilenbebauungen, Einzel- und Reihenhaussiedlungen) wie sie etwa in Rintheim vorherrscht auf ein mäßiges Niveau zurück.



Als Kaltluft produzierende Bereiche sind generell alle vegetationsgeprägten Freiflächen also Wälder, Ackerflächen, Wiesen, Parkareale, Kleingärten oder Friedhofsanlagen anzusehen. Für die Charakterisierung der tatsächlichen Ausgleichsleistung wird der Kaltluftvolumenstrom herangezogen. Leitbahnen verbinden die Kaltluftentstehungsgebiete (Ausgleichsräume) mit Belastungsbereichen (Wirkungsräume) und sind elementarer Bestandteil des Luftaustausches. Neben den durch das Relief beeinflussten Strömungen bilden sich in ebenen Lagen unter günstigen Bedingungen so genannte Flur- oder Strukturwinde aus. Sie sind an hindernisarme Leitbahnen gebunden und werden im Unterschied zu den Kaltluftabflüssen des Berglands alleine durch Temperaturunterschiede „angetrieben“ und sind daher nicht so stark ausgeprägt. Deutlich werden aus der Klimafunktionskarte die großen klimatischen Ausgleichsfunktionen der Täler im Osten, aber auch die Wirkung von Freiflächen in der Rheinebene. Großräumige Kaltluftströmungen sind im Karlsruher Stadtgebiet topografisch bedingt ausschließlich im Osten des Stadtgebietes in Nähe zur Hanglage vorhanden. Deren klimatische Wirkung reicht bis etwa Hagsfeld, Durlach und Rüppurr. Die Eindringtiefe in Durlach-Aue beträgt zum Beispiel knapp 1.000 m.

Zur Beurteilung der Empfindlichkeit von städtischen Freiräumen gehen die maßgeblichen Informationen aus der Planungshinweiskarte (Abbildung 37) für das Stadtgebiet hervor. Darin wird deutlich, dass Siedlungsbereiche durch angrenzende Freiflächen zumeist positiv klimatisch beeinflusst werden und diese deshalb eine hohe Bedeutung für die klimatische Wohlfahrtswirkung besitzen. Siedlungsnaher Freiräume und „Freirauminseln“ im zusammenhängend überbauten Siedlungsgefüge (Alter Flugplatz, Grünzug Hertzstraße, Albgrün mit Beiertheimer Feld, Stadtgarten/Zoo etc.) weisen dabei die höchsten Wertigkeiten auf.

Abb. 37: Planungshinweiskarte, Ausschnitt (Quelle: Nachbarschaftsverband Karlsruhe)

Sehr gut nachvollziehen lässt sich der in Sommernächten kleinräumig einsetzende Luftaustausch zwischen überwärmter Siedlungsfläche und städtischen Grünflächen am Beispiel des Alten Flugplatzes. Der Temperaturunterschied gegenüber der Innenstadt beträgt hier in der zweiten Nachthälfte etwa 7 °C (siehe Abbildung 38). Am stärksten ausgeprägt ist das Flurwindssystem in Höhe der Franz-Lust-Straße, wobei die Reichweite der Kaltluftströmung etwa 300 Meter beträgt und durch die vorgelagerten Kleingartenareale begünstigt wird (Abbildung 39) Je nach Intensität kann die Abkühlungsrate bei Eintritt der Kaltluft in die Siedlungsstruktur 2 bis 4 °C betragen.

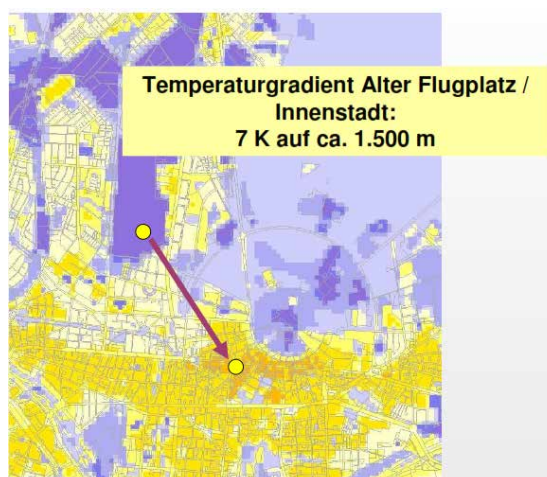


Abb. 38: Ausprägung des Temperaturgradienten am Beispiel Alter Flugplatz (Quelle: GEO-NET Umweltconsulting)

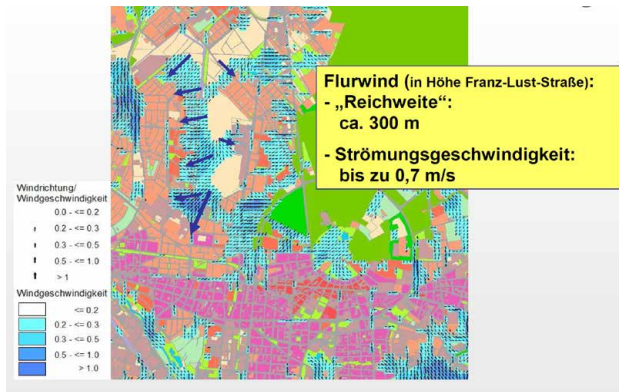


Abb. 39: Ausprägung des Flurwindsystems am Beispiel Alter Flugplatz (Quelle: GEO-NET Umweltconsulting)

Hinzuweisen ist, dass auch der Regionalverband Mittlerer Oberrhein die klimatischen Ausgleichsfunktionsräume in einer eigenen Klimastudie ermittelt hat. Entsprechende Informationen in einer höheren Auflösung liegen also auch auf regionaler Ebene vor.

Zukünftige bioklimatische Belastungsstruktur: Ergebnisse aus dem ExWoSt-Projekt

Der Nachbarschaftsverband Karlsruhe hat sich Ende 2009 auf den Aufruf des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) zum Modellvorhaben „Urbane Strategien zum Klimawandel“ im Programm „Experimenteller Wohnungs- und Städtebau“ (ExWoSt) beworben und wurde als eine von neun bundesweiten Modellregionen für eine Förderung ausgewählt. Die Intention des im Herbst 2012 abgeschlossenen Modellprojekts bestand insbesondere darin, den aus ökologischer Sicht sinnvollen stadtplanerischen Ansatz der Innenentwicklung auch unter dem Aspekt des Klimawandels „zukunftsicher“ zu machen. Hintergrund: Die Stadt Karlsruhe hat in den letzten Jahren zahlreiche Flächen im Innenbereich neu bzw. umgenutzt und nachverdichtet (insbesondere Konversionen). Dies trägt zur besseren Auslastung der sozialen und technischen Infrastruktur bei (Schulen, Kindergärten, ÖPNV etc.) und reduziert weitere Versiegelungen, die Zunahme von Verkehrsflächen sowie die Flächeninanspruchnahme im Außenbereich. Auf der anderen Seite kann diese Entwicklung aber auch zu einer weiteren Erwärmung des Siedlungsgebietes führen.

Aufbauend auf der bereits vorhandenen Klimafunktionskarte des NVK wurden dafür in einem ersten Schritt mit dem Simulationsmodell FITNAH und dem Methodenpaket „ENVELOPE“ räumlich hochauflösende Verteilungsmuster verschiedener Klimaparameter bis zum Jahr 2100 modelliert. Zur Charakterisierung der Überwärmungssituation und der Identifizierung künftiger „Hotspots“ in den Stadtbezirken dienten die bekannten Parameter Hitzetage, Sommertage und Tropennächte. Ebenso wurden die „Tage mit Wärmebelastung“ als Beurteilungswert für die tatsächliche bioklimatische Hitzebelastung von Menschen berechnet.

Zu berücksichtigen ist, dass die dreidimensionalen FITNAH-Simulationen nicht parallel zu den bereits im Eingangskapitel beschriebenen regionalen Klimamodellen ausgeführt wurden; vielmehr erfolgte eine Übertragung auf die lokale Ebene durch ein statistisch-dynamisches Verfahren. Es wurden also keine eigenen lokalen Klimaszenarien für zukünftige Vergleichszeiträume berechnet, sondern die Ergebnisse eines bestehenden regionalen Klimamodells (in dem Fall auf Basis der CLM-Daten aus dem Deutschlandmodell und des IPCC-Szenarios A1B) „intelligent“ auf kleinere Raumeinheiten unter Berücksichtigung von lokalen Besonderheiten wie Landnutzung und Relief interpoliert. Insofern gelten auch für diese Ergebnisse die eingangs erwähnten Einschränkungen, insbesondere was die großen Unsicherheiten für die zweite Jahrhunderthälfte anbelangt.

Nachfolgend dargestellt sind die Simulationsergebnisse für die Entwicklung bei der Anzahl von Hitzetagen (Maximaltemperaturen von mehr als 30°C) und der Anzahl von Tropennächten (Minimumtemperatur über 20°C). Gerade letztere sind von besonderer gesundheitlicher Relevanz, da eine ausreichende Nachtabkühlung wichtig für die Erholungsphase des menschlichen Körpers ist. Gegenübergestellt werden die derzeitige Situation (Vergleichszeitraum 2001-2010) mit der Situation zur Jahrhundertmitte (Zeithorizont 2046 bis 2055) und zum Ende des Jahrhunderts (Dekade 2090 bis 2099), wobei für den besseren Vergleich jeweils vier exemplarische Standorte ausgewiesen sind - zwei im Innen- und zwei im Außenbereich:

- Innenstadt West (stellvertretend für einen bioklimatisch schon heute hoch belasteten Stadtteil)
- Rintheim (stellvertretend für einen durchgrünten Stadtteil mit geringer bis mittlerer bioklimatischer Belastung)
- Oberwald (als ausgedehnte stadtnahe Waldfläche)
- Ackerfläche bei Wolfartsweier (mit hoher Kaltluftproduktionsrate in der Nacht)

Die Ergebnisse zeigen anschaulich und in fast beunruhigender Weise, wie sich die Projektionen der regionalen Klimamodelle konkret im Stadtgebiet auswirken dürften. So wird die Anzahl der heißen Tage bis zur Jahrhundertmitte deutlich ansteigen, bis zum Ende des Jahrhunderts kann man in etwa von einer Verdopplung ausgehen. Das würde bedeuten, dass in weiten Teilen des Stadtgebiets - auch außerhalb der Innenstadt - in Extremjahren mit bis zu 70 Hitzetagen und mehr gerechnet werden muss. Selbst in den stadtnahen Waldgebieten lässt sich dann nur noch eingeschränkt Erholung finden, denn im Oberwald würde die 30 Grad Marke an nahezu gleich so vielen Tagen überschritten wie bereits heute in der Innenstadt. Die Anzahl der Tropennächte wird sich binnen der nächsten 50 Jahre annähernd verdoppeln und bis Ende des Jahrhunderts vervielfachen. Sogar in Rintheim sind dann bis zu 25 tropische Nächte zu erwarten. In der Innenstadt sind es annähernd 40 Nächte, in denen die Temperatur nicht unter 20 °C abfällt.

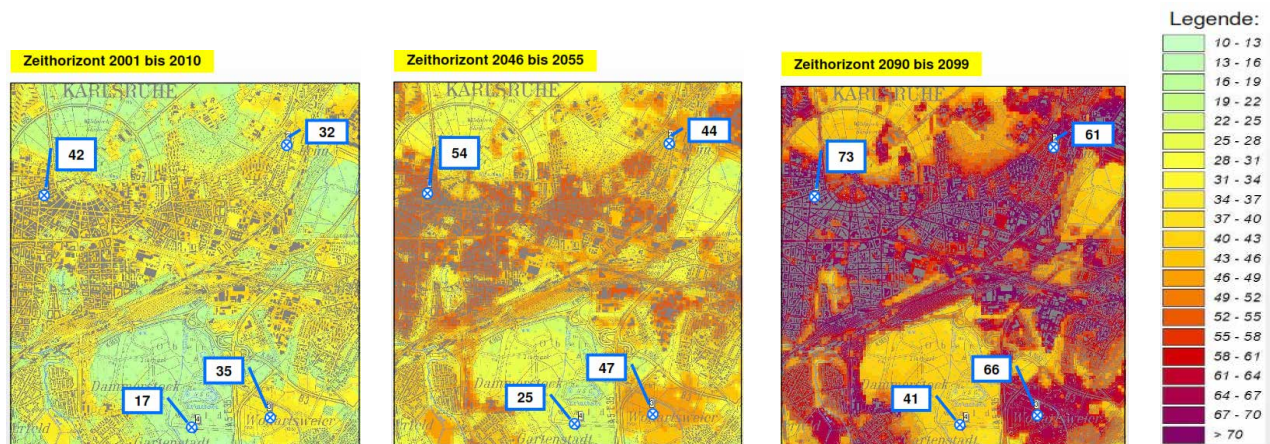


Abb. 40: Entwicklung der sommerlichen Wärmebelastung - Anzahl der Hitzetage (Quelle: Nachbarschaftsverband Karlsruhe/GEO-NET Umweltconsulting)

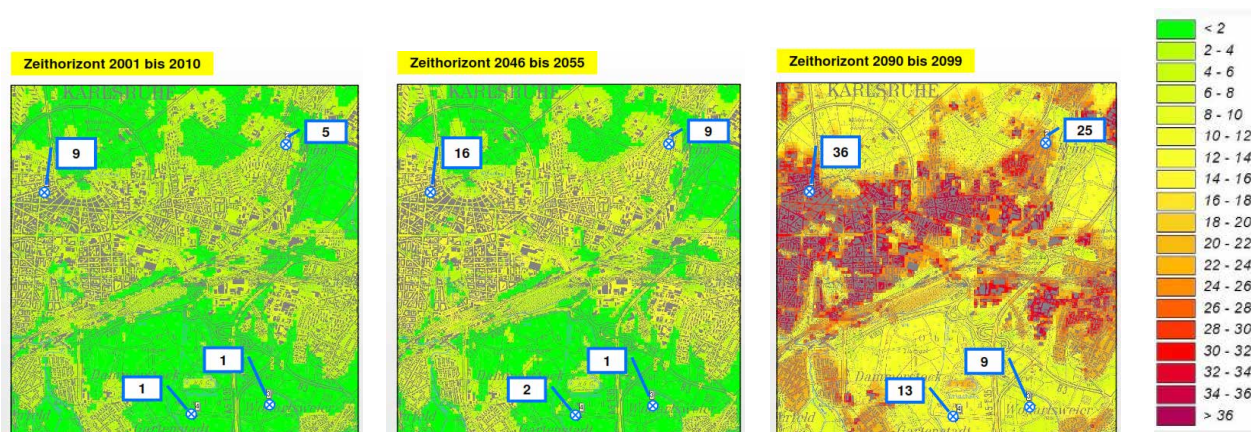


Abb. 41: Entwicklung der sommerlichen Wärmebelastung - Anzahl der Tropennächte (Quelle: Nachbarschaftsverband Karlsruhe/GEO-NET Umweltconsulting)

Anpassungsmöglichkeiten und bisherige Aktivitäten

Als wichtigste allgemeine Ansatzpunkte gegen die „urban heat“-Problematik lassen sich aus stadtplanerischer Sicht folgende Maßnahmen nennen:

- Sicherstellung der Funktionsfähigkeit des nächtlichen Kaltluftaustauschs (durch zusammenhängende Freiräume und Luftleitbahnen)
- Verbesserung des Luftaustausches innerhalb von Quartieren (zum Beispiel durch Ausrichtung, Stellung und Höhe von Gebäuden)
- Entsiegelung (und damit Reduzierung befestigter Oberflächen mit höherer Wärmespeicherfähigkeit)
- Erhaltung bestehender und Schaffung neuer klimawirksamer Grün- und Freiflächen
- Erhöhung des innerstädtischen Grünanteils durch Straßenbäume sowie Hof-, Dach- und Fassadenbegrünung (Beschattung)
- Albedomanagement (also Verwendung von hellen Materialien mit hoher Rückstrahlfähigkeit, zum Beispiel zur Beschichtung von Dachflächen bei großen Leichtbauhallen)
- Ergänzende Schaffung offener Wasserflächen (diese haben eine ausgleichende Wirkung, da sich Wasser im Vergleich zu Luft langsamer erwärmt, außerdem entsteht Verdunstungskälte)

Zu der Frage, welche tatsächlichen Effekte mit solchen Maßnahmen erreicht werden können, liegen mittlerweile einige Erkenntnisse aus anwendungsbezogenen Untersuchungen vor. Exemplarisch genannt sei hier der „Stadtentwicklungsplan Klima“ in Berlin, wo als Bestandteil der Strategieentwicklung verschiedene Maßnahmenpakete zur Reduzierung der bioklimatischen Belastung an konkreten Beispielen durchgerechnet wurden. Abbildung 42 zeigt die Ergebnisse von zwei Simulationsläufen für eine Blockbebauung der Gründerzeit mit Seitenflügeln und Hinterhäusern - einmal für eine Straßenbegrünung mit Bäumen und einmal für die Maßnahme „Dachbegrünung“. Aus der Temperaturvergleichsgrafik wird deutlich, dass vor allem Stadtbäume eine erhebliche klimatische Ausgleichswirkung für die Anwohner ausüben und eine Temperaturabsenkung von bis zu 12 °C im unmittelbaren Aufenthaltsraum bewirken können. Ähnliche Effekte lassen sich auch mit einer Dachbegrünung erzielen, wobei sich diese je nach tatsächlicher Gebäudehöhe eher auf das Dachniveau selbst beschränken.

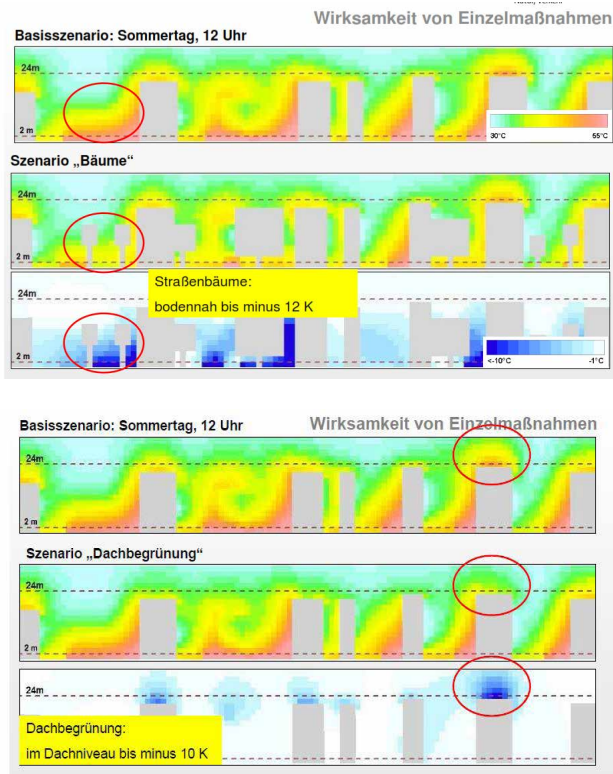


Abb. 42: Wirksamkeit von Einzelmaßnahmen im Vergleich zu einem Basisszenario (Quelle: GEO-NET Umweltconsulting)

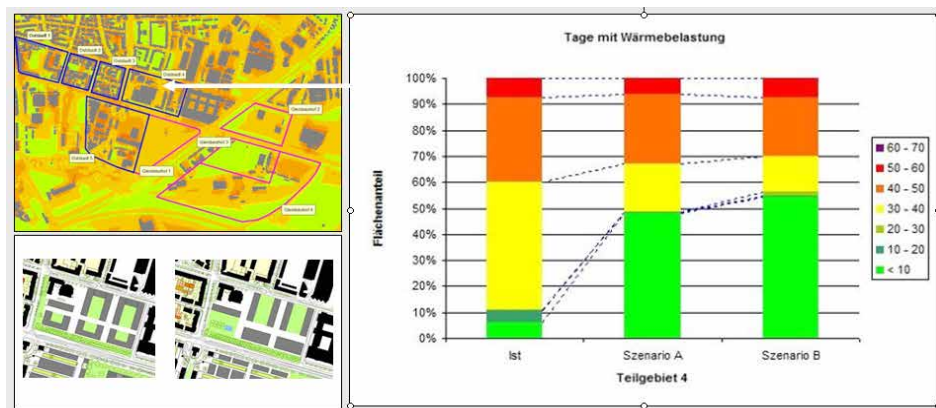
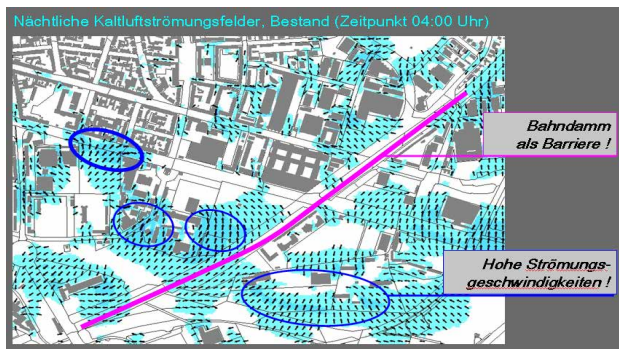


Abb. 43: Überprüfung des Anwendungsfalls „Entsiegelung“ im Vertiefungsgebiet Karlsruhe-Ost. In beiden Planvarianten ist eine signifikante Verringerung der Anzahl von Tagen mit Wärmebelastung zu beobachten. Im Gegenzug steigt der Flächenanteil mit geringer Wärmebelastung (grüne Farbe) deutlich (Quelle: Nachbarschaftsverband Karlsruhe).



Erkenntnisse und Empfehlungen aus dem Ex-WoSt-Projekt

Auch im Rahmen des ExWoSt-Projekts des NVK wurde die Wirksamkeit verschiedener Anpassungsmaßnahmen mit Hilfe einer mikroskaligen Klimamodellierung quartiersbezogen überprüft (siehe Abbildung 43). Die Berechnungen erfolgten gegenüber der Klimafunktionskarte der Tragfähigkeitsstudie mit einem deutlich engeren Untersuchungsraaster (10 Meter anstatt 50 Meter-Raster), um entsprechende Aussagen für die Einzelmaßnahmenebene treffen zu können. Für drei Vertiefungsgebiete in Karlsruhe, Ettlingen und Stutensee mit unterschiedlicher Siedlungs- und Nutzungsstruktur wurden dafür jeweils zwei Planungsvarianten für mögliche Innenentwicklungen entworfen und analysiert, wobei sowohl Einzelmaßnahmen - wie Bäume im Siedlungsraum - als auch sinnvolle Maßnahmenbündel einbezogen waren. Ziel der Aufgabenstellung war es, zu verhindern, dass infolge einer Nachverdichtung zusätzliche bioklimatische Problemgebiete entstehen oder die Belastung in bestehenden „Hot-Spots“ verschärft wird. Als Vertiefungsgebiet in Karlsruhe diente die Durlacher Allee mit den zwei Teilbereichen Oststadt sowie Messplatz + Gleisbahnhof. Am Beispiel eines weiteren Vertiefungsgebiets (Karlsruhe-Nordost, Gewerbeflächen

in Hagsfeld westlich der Autobahn) wurden zudem speziell für gewerblich geprägte Areale die möglichen Auswirkungen einer flächenhaften Dachbegrünung und die Südfassadenverschattung durch zusätzliche Bäume simuliert.

Als Ergebnis der verschiedenen Arbeitsschritte konnten fünf Kernaussagen für wichtige Anpassungsmaßnahmen formuliert werden. Sie sind nachfolgend in kurzen Steckbriefen näher skizziert:

Sie sind nachfolgend in kurzen Steckbriefen näher skizziert:

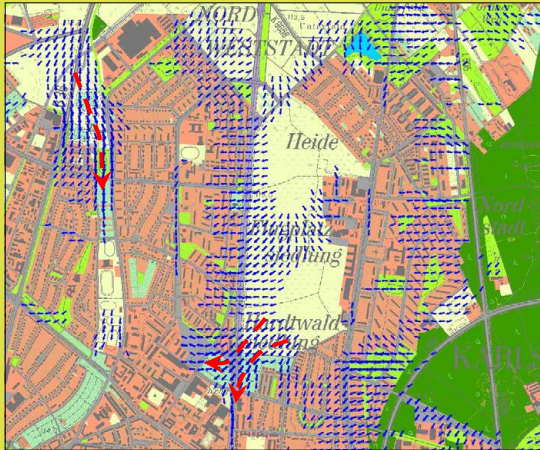
Abb. 44: Simulation der nächtliche Kaltluftströmung (Zeitpunkt 4:00 Uhr) im Vertiefungsgebiet Karlsruhe-Ost für eine windschwache sommerliche Wettersituation mit hoher Einstrahlung am Tage und einem insgesamt hohen bioklimatischen Belastungspotenzial (Quelle: Nachbarschaftsverband Karlsruhe)

Maßnahme 1

Offenhalten von Leitbahnen für die Kalt-/ Frischluftlieferung während austauscharmer Strahlungswetterlagen

Beispiel:

Nächtliches Kaltluftströmungsfeld: Stadtausschnitt Karlsruhe-Nordweststadt / Alter Flugplatz



← Strömungsrichtung der nächtlichen Flurwinde ← Leitbahnbereiche

Wirkmechanismus:

Während wolkenloser Sommernächte kühlen größere Grünflächen deutlich stärker ab als die überwärmte Bebauung. Der Temperaturunterschied löst lokale Windsysteme aus, welche je nach Intensität unterschiedlich weit in die Bebauung eindringen und dort die Wärmebelastung reduzieren.

Mindestanforderung an Ausgestaltung:

Für die Ausprägung dieser Strömungen ist es wichtig, dass die Luft über eine gewisse Strecke beschleunigt werden kann und nicht durch vorhandene Hindernisse wie Bebauung oder dichtere Vegetationsstrukturen abgebremst wird. Die Breite dieser Leitbahnbereiche sollte auf Stadtquartiersebene mindestens 30 m betragen. Auf gesamtstädtischer Ebene ist eine Mindestbreite von etwa 50 m bis 100 m anzustreben.

Maßnahme 2

Quartiersbezogene Zuordnung von ausreichend großen Grünflächen

Beispiel:

Karlsruhe Mitte: Näheres Umfeld von Zoologischem Garten, Nymphengarten und Altem Friedhof



○ 250 m - Umgriff größerer Grünflächen

Wirkmechanismus:

Grün- und Freiflächen wirken bioklimatisch ausgleichend und weisen am Tage während sommerlicher Hitzeperioden eine hohe Aufenthaltsqualität für die Menschen auf. In bisher schlecht versorgten Wohngebieten sollten bestehende Grünflächen erweitert und neue geschaffen werden. Es sollte mittelfristiges Ziel sein, allen Bewohnern eines Stadtquartiers eine fußläufig erreichbare Grünfläche (< 400 m Entfernung) vorzuhalten. Dabei kann kurzfristig auch die Teilentsiegelung von Parkplätzen oder die Zwischennutzung von Baulücken als Nachbarschaftsgärten einen wertvollen Beitrag leisten.

Mindestanforderung an Ausgestaltung:

Grünflächen sollten ein Mosaik aus unterschiedlichen Mikroklimaten wie beispielsweise beschattete aber auch besonnte Bereiche aufweisen. Optimalerweise sind innerhalb größerer Grünareale auch kühlende Wasserflächen vorhanden, um den unterschiedlichen Bedürfnissen der Menschen hinsichtlich des Aufenthaltes im Freien entgegen zu kommen (Mikroklimavielfalt).

Maßnahme 3

Bäume in der Stadt als verschattendes Element

Beispiel:

Stadtbäume erhalten und neue pflanzen



Wirkmechanismus:

Das Aufheizen von Hof- und Straßenräumen mit Straßenbäumen wird über den gut bekannten Mechanismus der Verschattung und Verdunstung von Wasser verringert. Gleichzeitig wird das Gehen/ Radfahren im Schatten ermöglicht.

Mindestanforderung an Ausgestaltung:

Der öffentliche Raum stellt einen hohen Anteil an der Gesamtfläche einer Kommune, woraus sich ein großes Potenzial für die positive Beeinflussung des Bioklimas während sommerlicher Hitzeperioden ergibt.

Bäume sollten so lokalisiert sein, dass sie sowohl die Straßendecke als auch die Fassaden beschatten. Dabei sollte weder der vertikale Luftaustausch im Straßenraum (lufthygienische Situation) noch die horizontale Luftbewegung (Hinderniswirkung für nächtliche Kaltluftströmungen) beeinträchtigt werden.

Maßnahme 4

Entkernung von (relativ hoch verdichteten) Blockinnenbereichen

Beispiel:

Blockentkernung und -entsiegelung am Beispiel des modellierten Vertiefungsgebiets KA-Oststadt



Ist-Zustand

Variante A

Wirkmechanismus:

Versiegelte und bebaute Flächen speichern die Wärme des Tages und geben sie in der Nacht wieder an die Luft ab. Zudem verhindern sie die Verdunstung von Wasser aus dem Boden bzw. Vegetation und die damit verbundene Abkühlung.

Mindestanforderung an Ausgestaltung:

Bezogen auf eine Blockinnenhofffläche wäre ein Entsiegelungsgrad von 50 % wünschenswert. Doch auch ein niedrigerer Entsiegelungsgrad verbessert bereits das Bioklima. Ein Beitrag kann auch über wasserdurchlässig befestigte Hofflächen erbracht werden, bei denen Rasengittersteine oder fugenreiche Klein- bzw. Großpflaster verwendet werden.

Maßnahme 5

Gebäudetypologien entwickeln, die große grüne geprägte Abstandsflächen ermöglichen und die erforderlichen Baumassen eher über höhere Gebäudetypologien erreichen.

Beispiel:

Abstandsflächen als potenzielle Eintrittspfade für Kaltluft im Bereich des modellierten Vertiefungsgebiets KA-Ost/Gleisbahnhof (Variante A)



←..... Einwirken von Kaltluft

Wirkmechanismus:

Gering überbebaute Abstandsflächen sind gut geeignet, das Einwirken nächtlicher Flurwinde und Kaltluftabflüsse in die Siedlungsflächen während windschwacher, wolkenloser Sommernächte zu unterstützen.

Mindestanforderung an Ausgestaltung:

Abstandsflächen sollten nach Möglichkeit unbebaut sein. Da auch von dichteren Vegetationselementen eine Hinderniswirkung für den Luftaustausch ausgehen kann, sollten die Flächen von Grünstrukturen wie dichten Baumgruppen, Gehölzen oder hohen Hecken weitestgehend frei gehalten werden.

Bisherige Maßnahmen in der Bauleitplanung

Mit dem Instrument der Flächennutzungs- und Bebauungsplanung kann die kommunale Bauleitplanung auf zwei unterschiedlichen Maßstabsebenen Aussagen zur klimawandelverträglichen Flächennutzung treffen (Abbildung 45).

Stufen der räumlichen Planung	Maßstabsbereich	Zuordnung von exemplarischen klimakologischen Fragestellungen
Landesebene: Landesentwicklungsplan	1 : 1.000.000	Grundsätzliche Steuerung der Berücksichtigung von Klima/Luft auf der Landesebene
Regionsebene: Regionalplan	1 : 50.000	Großräumiger Luftaustausch; Berg-/Talwindssysteme <u>Wesentliches Instrument: Bereiche von Bebauung freihalten</u>
Kommunale Ebene: Flächennutzungsplan	1 : 25.000 – 1 : 10.000	Wärmeinsel und (lokal induzierte) Luftbelastung <u>Exemplarische Maßnahme: Freihalten von Frischluftleitbahnen in Stadtkörper</u>
Bebauungsplan	1 : 5.000 – 1 : 1.000	Hitzestress im Quartier. <u>Exemplarische Maßnahme: Schutz und Entwicklung von Grün-/Freiflächen, Grün in der Stadt</u>

Abb. 45: Berücksichtigung der Schutzgüter Klima/Luft auf den unterschiedlichen Ebenen der räumlichen Planung (Quelle: GEO-NET Umweltconsulting 2010, S. 2)

Bereits bei der Erarbeitung des bestehenden Flächennutzungsplans (FNP 2010) wurde im Vorfeld eine Belastungsgrenzenstudie erstellt. Im Rahmen dieser Studie war das Klima einer von acht Untersuchungsbereichen. Um die klimatischen Auswirkungen der Neuplanungen fassen zu können, erfolgten Untersuchungen mit dem Stadtbioklimamodell des Deutschen Wetterdienstes UBIKLIM (Urbanes Bioklima Modell). Es wurden eine bioklimatische Analyse und Bewertung des Bestands (Ist-Zustand) und eines Planzustandes vorgenommen, die sich nach Realisierung der Umnutzung auf allen Plangebietern ergibt. Dabei wurden aufbauend auf die drei wesentlichen Landnutzungsklassen „Wald“, „Freifläche“ und „Bebauung“ sowohl eine Tag- (14 Uhr) als auch eine Nachtszene (4 Uhr) berechnet, des weiteren eine Differenzkarte aus Ist- und Planzustand des Tagtermins, die die Änderungen im Bioklima sichtbar macht. Im FNP war dann ein ganz wesentliches Sicherungselement die Darstellung von Grünflächen und damit von Bebauung freizuhaltenen Bereichen.

In Bebauungsplänen wird das Thema Klimaanpassung bislang vor allem über Festsetzungen für eine flächensparende Bauweise und zur Begrünung (indirekt) aufgegriffen. Standardisierte Beispiele in Karlsruhe hierfür sind:

- Begrenzung der überbaubaren Grundstücksfläche und der Gebäudehöhe
- Begrenzung der Versiegelung
- Struktureiche Durchgrünung von Freiflächen mit Bäumen und Sträuchern
- Flächen zur Versickerung von Niederschlagswasser, soweit die Untergrundverhältnisse dem nicht entgegen stehen (Altlastenrelevanz, Grundwasserstand im Bereich Kinzig-Murg-Rinne)
- Einsatz versickerungsfähiger Beläge
- Funktionsfähige Dachbegrünung bei Flachdächern, insbesondere bei gewerblich genutzten Gebäuden

Zur besseren Beurteilung der klimatischen Auswirkungen bestimmter Vorhaben wurde in einzelnen Bebauungsplänen ergänzende Klimagutachten in Auftrag gegeben (teils als Bestandteil des Umweltberichts). Als Beispiele aus dem gewerblichen Bereich lassen sich unter anderem die vorhabenbezogenen Bebauungspläne „Am Storrenacker/Herdweg“ (Erweiterungsbau L'Oréal) und „Am Storrenacker 27“ (Neubau Hagsfelder Werkstätten) oder der Bebauungsplan „Industriegebiet Wolfartsweierer Straße“ nennen.

Vergleichsweise neu sind Festsetzungen zum aktiven Albedomanagement. Von dieser Möglichkeit wurde bislang erst in wenigen Fällen Gebrauch gemacht, etwa beim Bebauungsplan „Industriegebiet Wolfartsweierer Straße“, wo festgelegt ist, dass größere Flachdächer mit Materialien zu beschichten sind, die eine hohe Rückstreuung im kurzwelligen Bereich aufweisen. Generell bietet sich die Maßnahme vor allem dort an, wo sich eine Dachbegrünung zum Beispiel aus statischen Gründen nicht oder nur mit erheblichem Aufwand verwirklichen lässt. Ansonsten ist der Dachbegrünung weiterhin der Vorzug einzuräumen, da diese neben der klimatischen Ausgleichswirkung auch eine wichtige Funktion bei der Regenwasserrückhaltung übernimmt.

Ein wichtiges Instrument für städtebauliche Verbesserungen im Bestand stellt die Ausweisung von förmlichen Sanierungsgebieten dar. Auch hier sind bereits gewisse Querbezüge zum Thema klimawandelbezogene Anpassung vorhanden. Das gilt für die Förderung von Begrünungsmaßnahmen im öffentlichen Raum, ebenso werden bestimmte Modernisierungsmaßnahmen im privaten Bereich (unter anderem Entsiegelung und Begrünung) bezuschusst. So besteht zum Beispiel seit April 2004 für das Gebiet „Innenstadt-West“ ein Sanierungsprogramm „Soziale Stadt“. Durch die betriebliche Nutzung der Hinterhöfe in der Vergangenheit liegt hier bei vielen Liegenschaften eine nahezu vollflächige Versiegelung vor, weshalb die Entsiegelung und Begrünung von privaten Innenhöfen als eines der wesentlichen Sanierungsziele festgelegt ist. Kritisch anzumerken bleibt allerdings, dass dieser Programmteil trotz einer Förderquote von 100 % für die Entsiegelung und bis zu 25 % für die nachgeordnete Grüngestaltungsmaßnahme bislang kaum in Anspruch genommen wird.

Nicht näher eingegangen wird an dieser Stelle auf die Aktivitäten zur allgemeinen Grünflächenentwicklung in Karlsruhe. Als Stichworte seien hier die Konzeption zum Grünsystem, das Straßenbaumprogramm, die Anlage von Rasengleisen oder der Hinterhofwettbewerb genannt. Nähere Ausführungen dazu finden sich im Kapitel „Stadtgrün“ wieder.

Strategie für Karlsruhe

Aus den aufgezeigten Entwicklungen ergibt sich die Notwendigkeit, die Belange des Stadtklimas und die Erkenntnisse aus der Tragfähigkeitsstudie bzw. dem ExWoSt-Projekt zukünftig noch stärker in der Bauleitplanung zu verankern. Eine wesentliche Herausforderung wird vor allem darin bestehen, stadtklimatische Aspekte systematisch in Planungsprozessen ganzheitlich zu berücksichtigen und nicht nur einzelfallbezogen. Dies entspricht der Intention des novellierten Baugesetzbuches aus dem Jahr 2011. Danach sollen sowohl der allgemeine Klimaschutz als auch die Anpassung an die Folgen des Klimawandels im Rahmen der Alternativenprüfung deutlicher ins Gewicht fallen als dies bislang der Fall war.

Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 23.09.2004, zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 22. Juli 2011 (BGBl. I S. 1509)

§ 1, Absatz 5 wurde wie folgt gefasst: „Die Bauleitpläne [...] sollen dazu beitragen, eine menschenwürdige Umwelt zu sichern, die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen und zu entwickeln sowie den Klimaschutz und die Klimaanpassung, insbesondere auch in der Stadtentwicklung zu fördern [...].“

Dem § 1a wurde folgender Absatz 5 angefügt: „Den Erfordernissen des Klimaschutzes soll sowohl durch Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, als auch durch solche, die der Anpassung an den Klimawandel dienen, Rechnung getragen werden. Der Grundsatz nach Satz 1 ist in der Abwägung nach § 1 Absatz 7 zu berücksichtigen.“

Der Flächennutzungsplan wird derzeit mit dem Fokus auf die Gewerbeflächenentwicklung fortgeschrieben. Ein erklärtes Ziel für das Verfahren ist, den Aspekt der Klimaanpassung in besonderer Weise zu berücksichtigen. Dazu gehören in erster Linie die Sicherung klimawirksamer Freiräume und Kaltluftentstehungsgebiete sowie eine gezielte Weiterentwicklung von raumbedeutsamen Kaltluftbahnen. Im September 2012 fand als Bestandteil der frühzeitigen Beteiligung ein erstes Fachforum Klima statt, das zugleich die Abschlussveranstaltung des ExWoSt-Modellvorhabens markierte. Auch bei der aktuellen Fortschreibung des Landschaftsplans bilden die Themenbereiche Klimawandel und (klimawirksamer) Grünflächenverbund Schwerpunkte.

Auf Ebene der Bebauungsplanung wird es darum gehen, eine klimatische Optimierung von Planentwürfen zu erreichen und die dazu erforderlichen Maßnahmen in verbindliche Festsetzungen zu überführen. Dazu ist eine frühzeitige Prüfung und Bewertung der Auswirkungen auf das Stadtklima erforderlich. Das gilt in besonderem Maße für künftige Innenentwicklungen, um eine weitere Erwärmung bereits dicht bebauter Bereiche zu verhindern. Die Ergebnisse aus dem ExWoSt-Projekt haben jedenfalls gezeigt, dass das Postulat der Innen-

entwicklung im Sinne von baulicher Nachverdichtung durch den Klimawandel nicht uneingeschränkt aufrecht erhalten werden kann. Bei Vorhaben in sensiblen Bereichen werden deshalb auch zukünftig vertiefende Betrachtungen im Rahmen gesonderter Klimagutachten ein wichtiger Bestandteil sein. Außerdem stellt die mikroskalige Untersuchung von Entwicklungsszenarien ein neues Aktionsfeld bei der Planung klimawandelangepasster Quartiere dar.

Bei der Auslobung von Wettbewerben und der Ausarbeitung städtebaulicher Entwürfe ist eine klimatisch optimierte Herangehensweise ebenfalls aufzunehmen. Für die laufende Planungswerkstatt Durlacher Allee wurde dies bereits berücksichtigt. Aufbauend auf den Ergebnissen für das Vertiefungsgebiet „Karlsruhe Ost“ im ExWoSt-Projekt ist hier als Teil der Aufgabenstellung vorgegeben, den klimatologischen Verhältnissen besondere Aufmerksamkeit zu schenken und Anpassungsmaßnahmen praktisch anzuwenden.

Städtebaulicher Rahmenplan Klimaanpassung

Eine zentrale strategische Funktion für die weiteren Aktivitäten kommt dem für die Stadt Karlsruhe geplanten „Städtebaulichen Rahmenplan Klimaanpassung“ zu. Er wurde als anwendungsorientiertes Forschungsprojekt vom Land Baden-Württemberg in das Förderprogramm KLIMOPASS (Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg) aufgenommen und soll bis Mitte 2014 entwickelt werden. Ziel des Projekts ist es, bezogen auf die bioklimatischen Belastungen im Stadtgebiet, eine räumlich differenzierte Kulisse an Anpassungsmaßnahmen für zwei wesentliche Handlungsfelder zu definieren:

Für das Handlungsfeld „Bioklimatische Belastung in Bereichen mit Wohnbebauung“ soll der Rahmenplan aufzeigen, wo Karlsruhe...

- seinen Siedlungsbestand, insbesondere bei der Wohnbebauung, hitzeangepasst umbauen,
- die klimatisch entlastende Kühlwirkung von Grünflächen stärker nutzen,
- wohnungsnahe Grünflächen weiter erhalten und verbessern muss.

Im Handlungsfeld „Grün- und Freiflächen“ geht es darum, wo/wie Karlsruhe...

- unter Berücksichtigung der bereits existierenden Grünsystemplanung (des Gartenbauamtes) seine Grün- und Freiflächen klimawandelgerecht optimieren,
- eine ausreichende Bewässerung ressourcenschonend sicherstellen,
- den Bestand an Straßen- und Stadtbäumen erhalten und möglichst erweitern muss.

Der Projektansatz ist modular aufgebaut und umfasst zwei Phasen:

Phase 1 (Ende 2012 bis Mitte 2013) dient der strukturellen und inhaltlichen Vorbereitung der eigentlichen

Planungsaufgabe und beinhaltet neben der allg. Konzeptentwicklung auch eine Datenzusammenstellung und -auswertung. Dabei werden unter anderem vorhandene stadtklimatische Daten aus dem ExWoSt-Modellprojekt mit statistischen Daten der Stadt verschnitten (zum Beispiel Bevölkerungsdichte, demographische Struktur), ebenso erfolgt ein Abgleich mit der Lage besonders sensibler Einrichtungen (zum Beispiel Gesundheits-, Sozial- und Schuleinrichtungen). Erste Ansätze einer solchen Vulnerabilitätsanalyse auf Stadtteilebene liegen bereits aus der Beteiligung am KIBEX-Projekt vor und werden entsprechend berücksichtigt.

In Phase 2 (Mitte 2013 bis Mitte 2014) steht dann eine detailliert Betrachtung einzelner „Hot-Spot“-Quartiere sowie die planerische Ausformulierung sektoraler Anpassungsmaßnahmen in Form von einem bzw. mehreren Kartenwerken und einem Erläuterungsteil auf dem Programm. Als konkrete Ansätze dafür lassen sich beispielhaft nennen:

- Überprüfung von Nachverdichtungsmöglichkeiten in Quartieren ohne klimatische Einbußen oder Entdichtungsmaßnahmen in Großsiedlungen der 60er/70er Jahre (zum Beispiel Nordweststadt) durch Bebauungspläne
- Überprüfung der Beschränkung von Höhenentwicklungen und rückwärtigen Bebauungen wo klimatisch erforderlich (zum Beispiel Hardecksiedlung in Grünwinkel), Aufzeigen von Regelungen zu maximalen Dichtewerten auf FNP- und Bebauungsebene
- Aufzeigen möglicher Entsiegelungsmaßnahmen und Umbauten in (potenziellen) Sanierungsgebieten (zum Beispiel Durlach-Aue oder Innenstadt-West)

Weitere Bestandteile von Phase 2 sind die Diskussion von Zwischenergebnissen in den politischen Gremien sowie ein Einbezug der Öffentlichkeit durch Informationsveranstaltungen. Der Rahmenplan selbst soll nach Abschluss der Arbeiten als strategische Planungsgrundlage beschlossen werden. Er wird dann zukünftig die Ableitung konkreter Festsetzungen für die Bebauungsebene erleichtern, aber auch Grundlage für gezielte Verbesserungen im Bestand sein, wie beispielsweise für die Ausweisung neuer Sanierungsgebiete oder Ergänzung des Maßnahmenkatalogs in bestehenden Sanierungsgebieten.

4.6 Auswirkungen auf Gebäude



4.6 Auswirkungen auf Gebäude

In engem Zusammenhang mit den stadtklimatischen und städtebaulichen Aspekten stehen die Auswirkungen des Klimawandels auf Gebäude. Das gilt für den Wohnungsneubau, aber noch vielmehr für den Wohnungsbestand. Die größte Herausforderung stellt hier die zunehmende sommerliche Hitzebelastung in den Stadtquartieren und die damit verbundene Aufheizung von Gebäuden dar. Dabei ergeben sich Synergien und Konflikte mit den Zielen des Klimaschutzes. Aber auch andere Klimafolgen wie die mögliche Zunahme von Starkregenereignissen und feuchtere Winter erzeugen auf der architektonischen Ebene einen gewissen Anpassungsdruck.

Klimafolgen

Auswirkungen sommerlicher Hitzeperioden

Neben einer Erwärmung der Gebäudehülle führen hohe Außentemperaturen zu einer Aufheizung im Gebäudeinneren, was sich stark auf den Wohnkomfort und die Wärmebelastung der Bewohner auswirken kann. Besonders betroffen sind hier Dachgeschosswohnungen und Gebäude mit fehlendem Sonnenschutz oder einer unzureichenden Wärmedämmung, wobei natürlich auch das Nutzer- und Lüftungsverhalten eine wichtige Rolle spielt. Außerdem treten die Effekte in Quartieren mit einer dichten Bebauung deutlich intensiver in Erscheinung als etwa in stark durchgrünzten Stadtteilen (zu den Auswirkungen auf Gewerbebauten siehe im Abschnitt „Wirtschaft“).

Zwar liegen keine Daten vor, auf wie viele Gebäude dies im Stadtgebiet in besonderer Weise zutrifft. Anhaltspunkte ergeben sich aber zum Beispiel über die Altersstruktur. So wurde ein Großteil des Karlsruher

Gebäudebestands in der Zeit vor Inkrafttreten der 1. Wärmeschutzverordnung (1984) errichtet und verfügt demnach über keine oder keine ausreichende Wärmedämmung (vgl. Abbildung 46). Ebenso ist bekannt, dass die Sanierungsquote seit Jahren auf einem niedrigen Niveau von etwa 1 % verharret. Auch bei vielen städtischen Liegenschaften gibt es hinsichtlich des baulichen sommerlichen Wärmeschutzes Defizite.

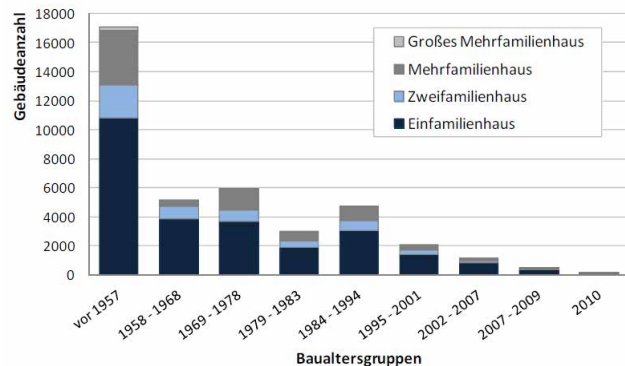


Abb. 46: Baualtersklassen des Gebäudebestands in Karlsruhe (Quelle: KEK/DFIU u.a. 2011, S. 24)

Auswirkungen niederschlagsreicherer Winter

Durch den prognostizierten Anstieg von Starkregen und die zeitliche Verlagerung von Niederschlägen in das Winterhalbjahr könnte es zu vermehrten Feuchtigkeitsproblemen an Gebäuden kommen. Denn die höhere Luftfeuchtigkeit in Verbindung mit niedrigen Temperaturen führt zu einer verzögerten oder über gewisse Zeiträume sogar gänzlich fehlenden Abtrocknung von Bauteilen. Gerade für organische Baustoffe wie Holz im Bereich von Dach, Wand und Fenstern besteht dann eine höhere Gefahr für Fäulnisschäden. Bei Starkregen in Verbindung mit Wind erhöht sich außerdem grundsätzlich die Gefahr des Eindringens von Wasser in das

Gebäudeinnere. Bei einer unzureichenden Entwässerung oder der zeitweisen Überlastung des Kanalnetzes kann dies auch durch oberflächlich abfließendes Niederschlagswasser der Fall sein. Hier sind in erster Linie die unter Straßenniveau liegenden Gebäudeteile und -zugänge (Lichtschächte, Kellereingänge, Garageneinfahrten etc.) gefährdet. Ebenso kann es durch ansteigendes Grundwasser zu Vernässungen im Kellerbereich kommen.



Höhere Schneelasten werden ebenfalls als eine mögliche Klimafolge genannt - durch die Verdichtung von Schnee und die Zunahme feuchter Schneefallmengen bei länger anhaltenden Temperaturen um den Gefrierpunkt.

Auswirkungen durch intensivere Sturm- und Hagelereignisse

Was die Zunahme von Sturm- und/oder Hagelereignissen betrifft, bestehen noch erhebliche Unsicherheiten, allerdings dürfte die Intensität einzelner Sturmereignisse langfristig ansteigen. Im entsprechenden Fall würde dies eine höhere Beanspruchung durch dynamische Windlasten bedeuten. Insofern wären Anpassungen etwa bei der Windfestigkeit von Dächern und Fassadenverkleidungen sowie für angebrachte Außenanlagen wie Jalousien, Pergolen etc. erforderlich.

Anpassungsmöglichkeiten und bisherige Aktivitäten

Allgemeine Ansatzpunkte

Generell ist anzumerken, dass die Bauplanung und -ausführung in Deutschland auf hohen Standards beruht. Dabei gibt es für unterschiedliche Regionen und Standorte differenzierte Vorgaben, je nachdem, wie stark das Klima bestimmte Konstruktionen beansprucht. Die re-

levanten Normen und Richtlinien basieren derzeit weitgehend noch auf Klimadaten aus der Vergangenheit. Studien aus der Klimaforschung, etwa die Ergebnisse regionaler Klimamodelle, flossen bislang kaum in diese Regelwerke ein. Der Deutsche Wetterdienst (DWD) arbeitet deshalb aktiv mit den zuständigen Gremien wie DIN und VDI zusammen, um neue Erkenntnisse zum Klimawandel bei künftigen Aktualisierungen mit einzubringen. Konkretes Beispiel: Als erstes Projekt wurde im Auftrag des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR) ein neuer Datensatz für die Simulation des thermischen Verhaltens von Gebäuden entwickelt. Diese Datensätze für ein „Testreferenzjahr“ werden von Architekten oder Ingenieuren genutzt, um Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage für Gebäude angemessen zu dimensionieren. Bei der Überarbeitung der Normen wurde nun erstmalig auch die mögliche Klimaentwicklung bis zum Jahr 2050 einbezogen und damit gewissermaßen ein „klimawandelfestes“ Testreferenzjahr festgelegt. In den Normen zur Bemessung von gebäudebezogenen Entwässerungsanlagen (insbesondere DIN 1986-100) sind bereits seit 2008 die Gefahren für vermehrt auftretende Starkregenfälle und entsprechende Zuschläge für die Berechnung von Regenwasserleitungen und Grundleitungen enthalten. Dies zeigt, dass den erwartbaren Folgen des Klimawandels auch im Bauwesen zunehmend Rechnung getragen wird.

Insgesamt sind die konkreten Anpassungsmöglichkeiten im Gebäudebereich sehr breit gefächert, eine (keineswegs vollständige) Übersicht lässt sich der nachfolgenden Tabelle entnehmen:

Klimaparameter	Anpassungsmöglichkeiten
Lufttemperaturanstieg	▪ Dach- und Wandisolierung ▪ Reflektierende Anstriche und Beschichtungen (Albedo) ▪ Fassaden- und Dachbegrünung ▪ Sonnenschutz (Rolläden, Jalousien etc.) ▪ Abschattung durch Bäume ▪ Intelligente Lüftung und Nachtkühlung ▪ Bauteilaktivierung als Kühlfläche ▪ Raumklimageräte, -anlagen
Vermehrter Starkregen	▪ Erhöhung der Bauwerksdichtigkeit (Dach, Fenster, Türen etc.) ▪ Beachtung der Schlagregenbeanspruchungsklassen und angepasste Bauweise (Vordächer, spritzwassergeschützte Sockelausbildung etc.) ▪ Umsetzung neuer Bemessungsgrundlagen für die (Not-) Entwässerung ▪ Pufferung der Dachentwässerung durch Dachbegrünung ▪ Sicherung der Gebäudebereiche unterhalb der Rückstauenebene (Rückstauklappen etc.) ▪ Ausreichende Entwässerung auf der Fläche (Drainage) ▪ In Hanglagen: Erhöhung der Standfestigkeit von Fundamenten
Mehr Winterniederschläge (erhöhte Luftfeuchtigkeit)	▪ Verwendung feuchtigkeitsabweisender bzw. feuchteresistenter Baustoffe und geeigneter Oberflächenschutz (zum Beispiel Anstriche) ▪ Besondere Beachtung des konstruktiven Holzschutzes ▪ Gewährleistung einer ausreichenden Belüftung im Gebäude (Vermeidung von Schimmelpilz) ▪ Ausbildung gegenüber Schneelasten unkritischer Dachgeometrien, Vermeidung von Rinnensituationen bei komplexen Dachkonstruktionen
(Intensivere Stürme und Hagel)	▪ Erhöhung der Windfestigkeit von Dächern und Fassadenverkleidungen ▪ Verstärkte Befestigung von Außenanlagen und technische Lösungen (zum Beispiel Windwächter bei Jalousien) ▪ Anlage von Windschutz (zum Beispiel durch Bewuchs) ▪ Hohe Schlag- und Bruchfestigkeit bestimmter Bauteile (zum Beispiel Flachdach-Lichtkuppeln)

Tab. 4: Mögliche Anpassungsmaßnahmen im Gebäudebereich (nach Wienert/Walter 2011, ergänzt)

Besondere Beachtung muss den Maßnahmen zur Vermeidung sommerlicher Wärmelasten in Gebäuden geschenkt werden. Nicht nur, weil das Thema „Hitze in der Stadt“ - wie im vorigen Kapitel dargelegt - eine der zentralen Herausforderungen für Karlsruhe in der Zukunft darstellen wird. Hier zeigt sich auch anschaulich, wie nahe Klimaschutz und die Anpassung an den Klimawandel oftmals beieinander liegen. Beide Handlungsbereiche können deshalb nicht losgelöst voneinander angegangen werden.

Gerade durch die Dämmung von Gebäuden ergeben sich offensichtliche Synergieeffekte: So lässt sich der Wärmebedarf im Winter und damit der CO₂-Ausstoß zur Gebäudebeheizung erheblich senken. Die energetische Ertüchtigung des Gebäudebestands ist deshalb ein ganz wesentlicher Handlungsschwerpunkt in der Klimaschutzdiskussion und findet sich auch im Karlsruher Klimaschutzkonzept und in der Machbarkeitsstudie zur Klimaneutralität wieder. Gleichzeitig können durch den besseren Wärmeschutz die Erwärmung der Gebäudehülle im Sommer deutlich abgemildert und die Innentemperaturen länger auf einem behaglichen Niveau gehalten werden.



Doppelter Nutzen im Winter wie im Sommer: Fassadendämmung und Dachdämmung

Auf der anderen Seite birgt der zunehmende Einsatz von konventionellen Klimaanlage und Raumklimageräten ein hohes Konfliktpotenzial, weil damit der Stromverbrauch stark ansteigt, was klimapolitisch kontraproduktiv ist (siehe näher im Kapitel „Energieversorgung“). Außerdem entsteht beim Betrieb der Klimaanlage Abwärme, die an die Außenluft abgeführt werden muss und so zu einer weiteren Aufheizung im unmittelbaren Gebäudeumfeld führt. Klimaanlage sollten deshalb nach Möglichkeit nur in solchen Fällen eingesetzt werden, in denen dies unvermeidbar oder aus gesundheitlichen bzw. arbeitsschutzrechtlichen Gründen angebracht ist (zum Beispiel Krankenhäuser, Pflegeheime, Arztpraxen etc. sowie gewerblicher Bereich). Als technische Alternativen kommen beispiels-

weise intelligente Lüftungssysteme in Frage, die an den Witterungsverlauf angepasst das Öffnen und Schließen der Gebäudeöffnungen steuern. Für den gewerblichen Bereich verspricht zudem die Nutzung der Adsorptionskältetechnik, mit der überschüssige (Fern-)Wärme in Kälte umgewandelt werden kann, ein beachtliches Potenzial (zu den diesbezüglichen Aktivitäten der Stadtwerke Karlsruhe siehe näher im Kapitel „Energieversorgung“).

Umsetzung in städtischen Gebäuden

Mit der Leitlinie „Energieeffizienz und nachhaltiges Bauen“ existiert innerhalb der Stadtverwaltung ein umfassendes Regelwerk, das neben „Leitziele und allgemeinen Anforderungen“ (Teil 1) konkrete Vorgaben an die Baukonstruktion, technische Anlagen, Bauteile und Komponenten über alle Gewerke hinweg festlegt (Teil 2). Sie gilt sowohl für Neubauten als auch für alle anstehenden Sanierungsvorhaben im Bestand. Die Reduzierung sommerlicher Wärmelasten wird darin recht ausführlich behandelt, wobei - ganz im Sinne des Klimaschutzes - eine konventionelle Klimatisierung nur in Ausnahmefällen zulässig und die erforderliche Kühlung möglichst mit anderen Maßnahmen zu gewährleisten ist. Die Energieleitlinie ist als fortzuschreibendes Arbeitsmittel konzipiert. Insofern ist es unkompliziert möglich, neue Erkenntnisse etwa zur Anpassung an den Klimawandel zu integrieren.

Auszüge aus der Leitlinie „Energieeffizienz und nachhaltiges Bauen“ - Teil 2:

- Sonnenschutzanlagen sind vorzugsweise außen anzubringen. Alle besonnten Fensterflächen erhalten einen hinterlüfteten, außen liegenden Sonnenschutz (Hinweis: Vorgaben für die Auslegung auf bestimmte Windlasten sind ebenfalls Bestandteil der Leitlinie)
- Flachdächer sind grundsätzlich extensiv zu begrünen.
- Bevor Klimatechnik eingebaut wird, sind zunächst alle baulichen Möglichkeiten (Verkleinerung der Glasflächen, Sonnenschutz, Anordnung von Speichermasse, Nachtlüftung) auszuschöpfen. Die Notwendigkeit der Kühlung muss mittels einer dynamischen Gebäudesimulation nachgewiesen werden.
- Wenn Kühlung erforderlich wird, sind zunächst die technischen Möglichkeiten mit nächtlicher freier Kühlung und adiabatischer Kühlung zu untersuchen und zu bilanzieren. Ebenso sind die Möglichkeiten einer Betonkernaktivierung zu prüfen.
- Wenn eine aktive Kühlung erforderlich ist und Fernwärme oder BHKW-Abwärme zur Verfügung stehen, sind die technischen Möglichkeiten und der Einsatz von Absorptionskälte auf Wirtschaftlichkeit zu prüfen und nachzuweisen.
- Der Kühlbetrieb ist nur zu ermöglichen, wenn in den entsprechenden Räumen der Sonnenschutz aktiviert ist.
- Geräte mit hoher Wärmelast (Kopierer, Server,

Drucker usw.) sind möglichst zentral und außerhalb von Aufenthaltsräumen aufzustellen. Die Kühlung erfolgt möglichst am Gerät selbst, so dass nicht der gesamte Raum gekühlt werden muss. Beleuchtung und sonstige wärmeabgebenden Geräte sind bei Kühlbetrieb soweit möglich abzuschalten.

Bei der Umsetzung von Maßnahmen im Bestand spielen drei Faktoren eine besondere Bedeutung: Das Wärmedämmvermögen der Fassade und Fenster einschließlich der Dachflächen, die Massivität also Wärmespeicherfähigkeit der Gebäudesubstanz sowie die örtlichen Möglichkeiten zur Lüftung:

- Wärmedämmvermögen der Gebäudehülle: Das bei vielen Gebäuden deutlich unter aktuellen Sollwerten liegende Wärmedämmvermögen der Gebäudehülle ist auch Schwachstelle beim sommerlichen Wärmeschutz. Eine besonders effektive und wirtschaftliche Form der Ertüchtigung ist die systematische Dämmung aller Decken zu nicht beheizten Dachräumen. Dadurch lassen sich neben Wärmeverlusten auch die Überhitzungen von Räumen im obersten Geschoss deutlich reduzieren. Diese Maßnahme wird bei städtischen Gebäuden seit einigen Jahren vor allem mit Mitteln aus dem verwaltungsinternen Klimaschutzfonds verstärkt umgesetzt.
- Wärmespeicherfähigkeit der Gebäudesubstanz: Je nach Bauzeit der Gebäude variiert die typische Fähigkeit, Wärme in massiven Bauteilen zu speichern und damit äußere Temperaturschwankungen auszugleichen. Bei historischen Gebäuden ist dieses Vermögen größer als bei Liegenschaften aus der Nachkriegszeit. Diese Fähigkeit ist im Bestand nur selten zu verbessern. Einzig das Reaktivieren von massiven Decken hinter geschlossenen Abhängungen kann bei Sanierungen eine erfolgreiche Methode sein. Bei neuen Objekten ist die Nutzung von massiven Bauteilen und gegebenenfalls deren Einbindung in eine Bauteiltemperierung Teil der stadteigenen Qualitätsnorm für Planungen.
- Lüftung: In der Regel werden Gebäude der Stadt Karlsruhe nicht durch mechanische Lüftungsanlagen oder sogar Klimaanlage konditioniert. Ausnahmen bilden Teilbereiche, die insbesondere durch interne Wärmelasten wie zum Beispiel starke Raumbelegungen oder umfangreiche Technisierung belastet sind. Die überwiegend praktizierte händische Lüftung über Fenster ist gerade für den sommerlichen Wärmeschutz keine effektive Möglichkeit zur Reduktion der äußeren und inneren Wärmelasten. In der Regel besteht in einer gezielten Nachtauskühlung der Gebäude deshalb noch Potenzial zur Verringerung der Wärmebelastung. Eine gleichzeitige Reduktion der technischen Wärmequellen durch Einsatz von weniger und effizienterer Technik im Inneren hilft ebenso.

Zur Identifizierung besonders „hitzeanfälliger“ Gebäu-

de tragen teilweise ergänzende Temperaturmessungen bei: Im Rahmen des EinSparProjekts für Schulen hat das Amt für Hochbau und Gebäudewirtschaft (HGW) damit begonnen, an ausgewählte Schulen mittels Datenloggern automatisierte Temperaturmessungen in Klassenzimmern durchzuführen. Der Fokus liegt zwar auf den Energieverlusten im Winter durch das Lüftungsverhalten. Die Messungen sollen aber auch Aufschluss zur Überhitzung von Klassenräumen im Sommer liefern.



Beispiel Um- und Erweiterungsbau des Helmholtz-Gymnasiums: Bei der bereits im Jahr 2001 abgeschlossenen Maßnahme konnte die notwendige Klimatisierung für den Veranstaltungssaal ganz ohne konventionelle Klimaanlage sichergestellt werden. Durch einen außerhalb des Gebäudes liegenden Erdkanal und die Nutzung des Restkellers als Thermolabyrinth wird die Luft im Sommer vorgekühlt in den Saal eingeblasen (unteres Bild) und unter der Decke wieder abgesaugt. Zusätzlich wird die vorhandene massive Gebäudehülle und die unverkleidete Betondecke in der Nacht zur Kühlung aktiviert.

Private Gebäude

Deutlich begrenzter sind die Einflussmöglichkeiten bei privaten Gebäuden. Abgesehen von entsprechenden Festsetzungen und Vorgaben im Bebauungsplan, mit denen im Neubaubereich eine gewisse Steuerung erreicht werden kann (zum Beispiel Stellung der Gebäude, Kubatur, Dachbegrünung etc.), lassen sich hier vor allem Information und Förderung als geeignete Instrumente nennen. Das gilt vor allem im Hinblick auf die energetische Gebäudesanierung, wo bereits zahlreiche Aktivitäten laufen oder in den letzten Jahren im Zuge des Klimaschutzkonzepts neu angestoßen wurden. Dazu zählen unter anderem:

- Über das Förderprogramm für private Modernisierungsmaßnahmen besteht in ausgewiesenen Sanierungsgebieten (zum Beispiel City-West, Mühl-

burg) seit langen Jahren die Möglichkeit, energetische Verbesserungsmaßnahmen wie Dämmung oder Fenstertausch anteilig fördern zu lassen.

- Das 2011 gestartete Bonusprogramm „Energetische Sanierung im privaten Altbaubereich“ zielt vor allem auf wärmetechnische Verbesserungen der Gebäudehülle ab und bietet einen Zuschuss in Höhe von 10 % der anfallenden Handwerkerkosten.
- Bestandteil der kostenlosen Energieberatung der Stadtwerke Karlsruhe sind auch die Themen Gebäudedämmung und energieeffiziente Klimatisierung.
- Mit dem Effizienz-Konvoi Waldstadt wird derzeit unter Regie der Karlsruher Energie- und Klimaschutzagentur (KEK) ein neuer Ansatz erprobt, um Hausbesitzer in einem Stadtteil möglichst auf breiter Linie anzusprechen und sie bei der Planung und Durchführung einer energetischen Gebäudesanierung zu unterstützen.

Einschränkend ist anzumerken, dass bei den genannten Aktivitäten ganz klar die Energieeinsparung und damit der Klimaschutzeffekt im Vordergrund stehen. Die Vorteile bzw. Synergien in Bezug auf den Klimawandel werden allenfalls am Rande transportiert - wenn überhaupt. Dies sollte in der zukünftigen Kommunikation stärker betont werden.

Nicht unerwähnt bleiben sollen zudem die Bemühungen der städtischen Volkswohnung, die mit einer Sanierungsrate von über 4 % deutlich über dem Schnitt anderer Wohnungsbaugesellschaften liegt und mit der Quartiersanierung „Rintheimer Feld“ ein bundesweit beachtetes Pilotprojekt für Großwohnsiedlungen umsetzt

Speziell zum Thema Starkregen wird auf die Anstrengungen des Tiefbauamts verwiesen, den privaten Objektschutz stärker ins Blickfeld zu rücken und Hausbesitzer für dahingehende Schutzmaßnahmen zu sensibilisieren (siehe dazu im Kapitel „Stadtentwässerung“ und „Bevölkerungsschutz“).

Strategie für Karlsruhe

Ein vorrangiger Strategieansatz besteht darin, die Sanierungsquote im privaten Gebäudebestand durch geeignete Unterstützungsmaßnahmen seitens der Stadt weiter zu erhöhen. Dies entspricht den Empfehlungen der Machbarkeitsstudie „Klimaneutrales Karlsruhe 2050“, wonach mittelfristig eine Verdopplung der Sanierungsquote von derzeit etwa 1 % auf 2,25 % erforderlich wäre, um die selbstgesteckten Klimaschutzziele zu erreichen. Konkret vorgesehen ist beispielsweise, den Ansatz des Effizienz-Konvois bei erfolgreichem Verlauf in der Waldstadt auf weitere Stadtteile bzw. geeignete Quartiere zu übertragen. Aber auch andere neue Aktivitäten wie die Erarbeitung stadtteilbezogener Energiekonzepte oder eine „Musterhaus-Offensi-

ve“ stehen zur Diskussion. Hier wird auf den jährlichen Fortschrittsbericht zum Klimaschutzkonzept verwiesen, mit dem die erzielten Fortschritte regelmäßig dokumentiert werden.

Bei der Erarbeitung des „städtebaulichen Rahmenplans Klimaanpassung“ sollen für bioklimatische „Hot Spots“ im Stadtgebiet unter anderem auch Vorschläge für Verbesserungsmaßnahmen auf der Gebäudeebene formuliert werden (siehe hierzu ausführlich im Kapitel „Stadtplanung“). Für die konkrete Umsetzung in den betreffenden Quartieren müssten dann Mittel und Wege gefunden werden, die Gebäudebesitzer einzubinden bzw. zu unterstützen, um einen breiten Effekt zu erzielen.

Es ist geplant, eine systematische Bestandsaufnahme von städtischen Gebäude- und Nutzungstypen durchzuführen, die über ein besonderes Risiko einer hohen und steigenden Wärmebelastung verfügen. Dazu ist vor einer Datenerhebung im Bestand ein Modell zur Beschreibung derzeitiger und zukünftig zu erwartender Wärmelasten zu erstellen. Typische Parameter der Gebäude und Haustechnik sowie von Lage und Nutzung sollen eine zielgerichtete Bestandsaufnahme ermöglichen. Es ist vorgesehen, hierfür externen, wissenschaftlichen Sachverstand einzubinden (z.B. als gemeinsames Projekt mit dem KIT).

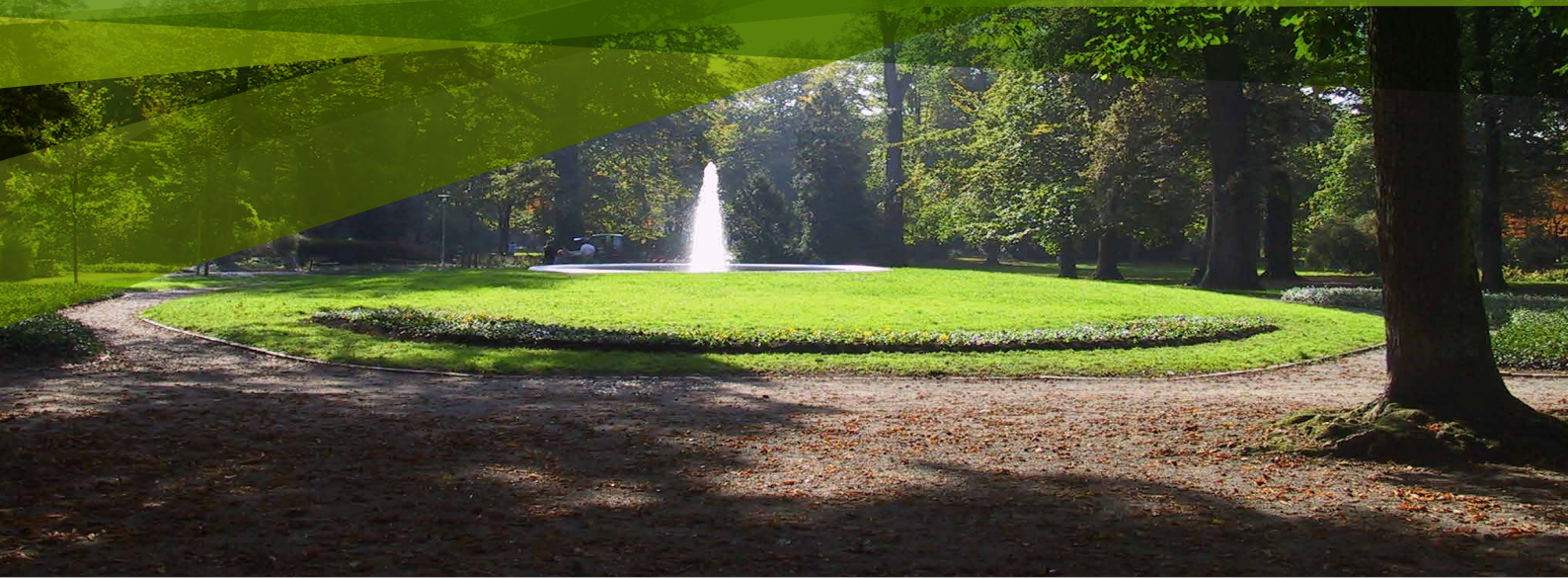
Das HGW plant außerdem, die bislang in einzelnen Schulen durchgeführten Temperaturmessungen systematisch auf weitere „kritische“ Gebäude zu übertragen. Ergänzend soll ein Konzept entwickelt werden, wie mit einfachen technischen Mitteln zum Beispiel die Nachtkühlung effektiver genutzt werden kann (etwa durch Installation und automatische Steuerung von Nachtlüftungsklappen). Dazu gehört die exemplarische Erprobung in einem Referenzgebäude: Am sogenannten H-Bau des Max-Planck-Gymnasiums soll in 2014 eine intelligente Fassade installiert werden, deren Lüftungsfunktion über motorisch angetriebene Fensterflügel und einen ständigen Abgleich der inneren und äußeren Qualitätswerte der Luft erzielt wird. Hierdurch erscheint ein Verzicht auf eine in Investition und Unterhaltung teurere Lüftungsanlage möglich. Das Projekt wird vom Umweltministerium Baden-Württemberg und in dessen Auftrag durch das Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP) begleitet und gefördert.

Zum strategischen Ansatz der Stadtwerke, das Contracting für „Kälte aus Fernwärme“ im gewerblichen Bereich „auszurollen“, siehe im Kapitel „Energieversorgung“.

Im Rahmen des Klima-MORO-Forschungsprojekts in den Regionen Nordschwarzwald/Mittlerer Oberrhein, an dem sich der Regionalverband Mittlerer Oberrhein als Partner beteiligte, wird als eines von insgesamt neun Folgeprojekten die Durchführung eines Wettbewerbs „Klimawandelangepasstes Planen & Bauen im Bestand“ angestrebt. Derzeit werden Möglichkeiten

für die Generierung eines Modellprojekts geprüft, gegebenenfalls auch im grenzüberschreitenden Kontext des Oberrheins. Ziel ist die Sammlung von Best-Practice-Beispielen und der Aufbau eines Expertennetzwerks. Hier wäre zu prüfen, inwiefern sich die Stadt Karlsruhe in geeigneter Weise einbringen kann.

4.7 Auswirkungen auf das Stadtgrün



4.7 Auswirkungen auf das Stadtgrün

Karlsruhe ist eine grüne Stadt und eine Stadt im Grünen. Neben den landschaftlichen Reizen der Umgebung und der Siedlungsrandlagen hat auch das zentrale Stadtgebiet eine gute Grünausstattung zu bieten. Dazu zählen knapp 900 Hektar öffentliche Parks, Grünanlagen und Plätze - Sportanlagen, Kleingärten, Friedhöfe und die zentrumsnahen Waldflächen nicht einberechnet. Entlang der Karlsruher Straßen stehen zudem über 72.000 Straßenbäume. Diese Grünstrukturen erfüllen wichtige klimatische Funktionen. Sie sind den äußeren Witterungseinflüssen aber auch unmittelbar ausgesetzt. Nachteilige Veränderungen des regionalen Klimas insbesondere durch Trockenheitsphasen oder Unwetterereignisse wirken sich damit direkt auf die Vegetation aus und können die Funktionsfähigkeit von Grünflächen substanziell gefährden. So lassen sich auch in Karlsruhe vermehrt hitzstressbedingte Vitalitätsprobleme an Straßenbäumen sowie eine Zunahme von Baumschädlingen oder in der Freifläche problematischer Neophyten beobachten. Deren Folgenbewältigung bindet zunehmend personelle Ressourcen, was den Bedarf nach geeigneten Anpassungsstrategien unterstreicht.

Klimafolgen

Die mit dem Klimawandel einhergehenden Folgen wirken sich in zweierlei Hinsicht auf das Stadtgrün aus. Zum einen haben sie Einfluss auf die Grünflächenpflege und die langfristige Eignung der eingesetzten Bäume und Pflanzen. Zum anderen verändern sich durch den zu erwartenden deutlichen Anstieg an Hitzetagen und -perioden der Grünflächenbedarf und die nutzerbezogenen Ansprüche an die Flächen.

Auswirkungen auf die Vegetation

Auf städtischen Grünflächen stehen rund 146.000 Straßen- und Parkbäume. Jährlich werden durch Nach- und Neupflanzungen etwa 800 bis 1.000 Bäume ergänzt.

Ähnlich wie bei der Land- und Forstwirtschaft machen sich der Klimawandel und die Tendenz zu milderen Wintern schon heute mit einem zeitigeren Austrieb der Pflanzen bemerkbar. Veränderungen bei den Eintrittsterminen sind vor allem bei den frühen Phänophasen (Blütenbeginn) zu beobachten. Mit einer frühen Blüten- und Blattentfaltung steigt allerdings auch das Frostrisiko für die Pflanzen. Zwar gehen die Szenarien bis Mitte des Jahrhunderts insgesamt von einem starken Rückgang der Frosttage aus. Trotz der zunehmend wärmeren Bedingungen muss aber auch zukünftig in einzelnen Jahren mit Spätfrösten (bzw. Frühfrösten im Herbst) gerechnet werden. Dann kann es zu erheblichen Frostschäden an Bäumen und Sträuchern kommen.

Bäume

Stadtbäume sind seit jeher einer Vielzahl von vitalitätshemmenden Stressfaktoren ausgesetzt: Sie leben in einem künstlichen Umfeld, indem durch beengte Baumgruben das Wurzelwachstum stark eingeschränkt ist. Sie sind Schadstoffemissionen und Salzbelastungen ausgesetzt und müssen Bodenverdichtungen oder mechanische Beschädigungen im Wurzel-, Stamm- und Kronenbereich tolerieren. An zahlreichen Standorten, gerade bei Straßenbäumen ist zudem die Wasserverfügbarkeit schon heute ein limitierender Faktor. Viele Stadtbäume leiden in den Sommermonaten häufig unter Trockenstress und unter den hohen Temperaturen, nicht zuletzt durch die nächtliche Rückstrahlung der Gebäude und versiegelter Flächen. Besonders kritisch sind hier längere Trockenphasen ohne zwischenzeitlichen Niederschlag, wie sie in den Hitzsommern

2003 und 2006 oder im Frühjahr 2011 während des Blattaustriebs auftraten. Derzeit sind bei nahezu der Hälfte der Jungbäume im Straßenbaumbestand Beeinträchtigungen der Vitalität erkennbar, die auf Trockenstress zurückzuführen sind. Trockene Triebspitzen und vermehrtes Totholzaufkommen sind sichtbare Anzeichen dafür.



Trockenschäden beim Bergahorn

Es zeichnet sich ab, dass eine Reihe von klassischen Stadtbaumarten in unseren Breiten dem prognostizierten Anstieg an Hitzetagen und Trockenperioden nicht mehr gewachsen sein wird. Diesem Aspekt muss bei der Erarbeitung künftiger Straßenbaumentwicklungskonzepte Rechnung getragen werden.

Jahrhunderte lang galten etwa Ahornbäume als ideale Bepflanzung für Straßen und Alleen. In Karlsruhe ist der Spitzahorn der mit Abstand am häufigsten verwendete Straßenbaum. Gerade bei dieser Art hat der trockene Sommer 2003 erhebliche Langzeitschäden hervorgerufen, die vielfach noch immer sichtbar sind. An der Herrenalber Straße beispielsweise ging ein größerer Teil der ohnehin durch Streusalz beeinträchtigten Bäume ein und musste ersetzt werden. Noch empfindlicher reagiert der Bergahorn, der generell feuchtere Standorte bevorzugt. Im Dezember 2007 mussten im Baugebiet „Zündhütte“ in Wolfartsweier die dort ursprünglich angepflanzten Bergahorne wegen massiver Trockenschäden gerodet und gegen die Baumhasel ausgetauscht werden.

Neobiota und Neophyten

Hinzu kommt, dass sich Schädlinge und Krankheiten bei geschwächten Bäumen besser ausbreiten können und sich neue Schädlinge durch die milderen Temperaturen bei uns etablieren.

Besonders auffällig im Stadtbild sind hier die Schäden durch die Roskastanien-Miniermotte (*Cameraria ohridella*).

Der in den letzten Jahren aus Südosteuropa zugewanderte Falter befällt bislang fast ausschließlich die weißblühende Roskastanie und hat sich in Karlsruhe zu einem ernsthaften Problem entwickelt. Die Larven zernagen die Kastanienblätter, die dadurch braun werden, sich einrollen und früh vom Baum fallen. Die Bäume können den verfrühten Blattfall in der Regel ganz gut ausgleichen. Treten die Schädigungen allerdings mehrere Jahre hintereinander auf, schränkt dies die Vitalität nachhaltig ein. Für die Ausbreitung der Roskastanien-Miniermotte spielt der Klimawandel zwar eine eher untergeordnete Rolle, allerdings begünstigt die Temperaturerhöhung die Bestandsentwicklung und macht die Ausbildung einer dritten Generation im Jahresverlauf möglich.

Ebenfalls deutlich zugenommen haben Baumschädigungen durch Pilze. Derzeit leiden besonders Eschen an dem Pilz *Chalara fraxinea* (Eschentriebssterben) und Platanen an der durch den Schlauchpilz *Splanchnonema platani* hervorgerufenen Massaria-Krankheit. In beiden Fällen handelt es sich um Baumarten, die eigentlich als stadtklimafest und vergleichsweise trockenheitsresistent gelten. Die Massaria-Krankheit wurde in Deutschland erstmals 2003 nachgewiesen und tritt mittlerweile an Platanen bundesweit auf. Dabei kommt es vor allem an älteren Platanen zu einer verstärkten Totholzbildung in der unteren Krone. Der Absterbeprozess kann selbst bei armdicken Ästen sehr rasch verlaufen und ist mit einem massiven Holzabbau verbunden. Hierdurch kann es innerhalb weniger Monate zum Abbrechen der betroffenen Äste kommen, was meist kurzfristige und aufwändige Sicherungs- und Pflegemaßnahmen erforderlich macht (Einsatz von Hubarbeitsbühnen oder Kletterern).

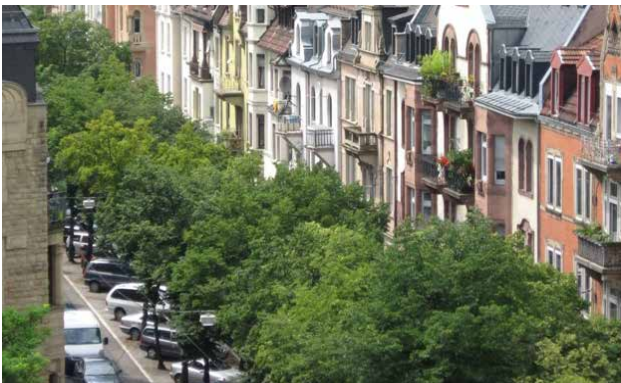
Weitere „Problemarten“, die - auch durch den Klimawandel begünstigt - in Karlsruhe Fuß gefasst haben oder sich spürbar stärker ausbreiten sind unter anderem:

- Japanischer Staudenknöterich (größerer Bestand in der Grünanlage beim Südtangenten-Tunnel)
- Götterbaum
- Spätblühende Traubenkirsche
- Platanen-Netzwanze
- Buchsbaumzünsler

Anlass zur Sorge gibt darüber hinaus die Ausbreitung von invasiven Arten, die zu Gesundheitsproblemen führen. Hier wird auf die Ausführungen zur Beifuß-Ambrosie und dem Eichenprozessionsspinner im Kapitel „Gesundheit“ verwiesen.

Auswirkungen auf den Grünflächenbedarf und die Nutzungsansprüche

Wie bereits im Kapitel „Stadtplanung“ näher ausgeführt, wird der Klimawandel zu einer verstärkten Hitze- und Schwülebelastung nicht nur, aber vor allem in den Innenstadtbereichen führen. Die Ergebnisse der klimatischen Berechnungen (Tragfähigkeitsstudie und ExWoSt-Projekt des Nachbarschaftsverbands Karlsruhe) belegen dabei die wichtige Klimafunktion von innerstädtischen Grünflächen, da von ihnen tagsüber durch Schattenwurf und Verdunstung als auch nachts durch Kaltluftbildung und (im begrenzten Rahmen) durch Luftaustausch eine kühlende Wirkung ausgeht. Eine gezielte quantitative und qualitative Aufwertung von Grünflächen kann deshalb negative Auswirkungen des Klimawandels auf das Stadtklima abmildern.



Beispiele für klimatische Ausgleichsflächen im Innenstadtbereich: Zoologischer Stadtgarten, Baumallee in der Weinbrennerstraße, Kastanienbäume bei der St. Stephan-Kirche, Friedrichsplatz

Abgesehen von größeren Parkflächen, die den Transport kühlerer Luft in die Siedlungskörper hinein ermöglichen, besteht vor allem Bedarf nach wohnumfeldnahen kleineren Flächen und Strukturen (Straßenbäume und -begleitgrün, Gründächer, Fassadenbegrünungen), die ebenfalls eine dämpfende Wirkung auf die Hitzebelastung haben und als bioklimatisch entlastende Aufenthaltsräume dienen. Außerdem haben sie wie im Falle der Dachbegrünung positive Effekte auf den Wasserhaushalt (Regenwasserrückhaltung) und wirken sich günstig auf die lufthygienische Situation aus.

Neben dem größeren Bedarf an zusätzlichen Grünstrukturen ist außerdem damit zu rechnen, dass der Nutzungsdruck auf die vorhandenen Grünflächen infolge des Klimawandels steigt. Die längere Nutzungsperiode dürfte ebenso wie ein stärkeres Bedürfnis nach Erholung und Abkühlung zu einer intensiveren Nutzung durch die Bevölkerung führen.

Anpassungsmöglichkeiten und bisherige Aktivitäten

Bei der Diskussion von Anpassungsmaßnahmen geht es zum einen darum, die städtischen Grünflächen und Stadtbäume zu pflegen und zu stabilen, „klimarobusten“ Grünstrukturen weiterzuentwickeln. Zum anderen gilt es den Bestand gezielt durch neue Standorte und Strukturelemente zu ergänzen.

Anpassung und Pflege der bestehenden Grünstrukturen

Baumkontrolle und -pflege

Um Schäden an Bäumen feststellen und darauf reagieren zu können, ist es zunächst einmal entscheidend, einen möglichst umfassenden Überblick zu haben. Der städtische Baumbestand wird deshalb jährlich durch geschultes Fachpersonal des Gartenbauamts (Bezirk Baumpflege/Baumkontrolle) kontrolliert, etwa 750 erkennbar geschädigte Bäume sogar zweimal im Jahr. Die aufgenommenen Daten werden über das städtische Grünflächeninformationssystem (GRIS) verwaltet

und können vor Ort über sog. Handhelds eingepflegt werden. Aus den Befunden ergeben sich dann unmittelbare Prioritäten für die Baumpflege, etwa zur zeitnahen Entfernung morscher Äste infolge von Trockenschäden.



Baumkontrolleur mit Handheld



Auch Straßenbegleitgrün und Verkehrsinseln eignen sich als Blumenwiese, wie hier in der Neureuter Straße

Vielfältiges Stadtgrün

Einen großen Anteil am Stadtgrün nehmen Rasen- und Wiesenflächen ein. Seit den 1970er Jahren wird auf einem zunehmenden Flächenanteil die Schnitthäufigkeit der Rasenflächen reduziert, um artenreiche Blumenwiesen zu fördern. Willkommener Nebeneffekt: Mit der erhöhten Blattmasse der Gräser und Kräuter steigt 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. Wurden im Jahr 1976 noch dreiviertel der Flächen intensiv gepflegt (also mindestens acht Mal im Jahr gemäht), beträgt der Anteil häufig gemähter Rasenflächen aktuell weniger als ein Viertel. Fast ein Drittel der Flächen wurde in Blumenwiesen mit ein- bis zweimaliger Mahd pro Jahr umgewandelt.

Baumsanierungsprojekte

Nur ausreichend mit Wasser, Nährstoffen und Bodenluft versorgte Bäume können gut gedeihen und damit ihre Leistung für das Stadtklima optimal erbringen. Die Baumsanierungsprojekte des Gartenbauamtes haben deshalb das Ziel, problematische Standortbedingungen älterer Straßenbaumbestände nachhaltig zu verbes-

sern. Dazu werden Bodenversiegelungen aufgebrochen oder bestehende Pflanzgruben erweitert, um ein speziell für Stadtbäume entwickeltes Substrat in den Wurzelraum einzubringen. Dieses verfügt aufgrund seiner besonderen Korngrößenverteilung über ein hohes Porenvolumen und Wasserspeichervermögen und ist weniger verdichtungsempfindlich. Neupflanzungen werden von vornherein damit ausgestattet, Belüftungsöffnungen können diese Wirkung noch verbessern. Pro Jahr kann derzeit im Rahmen der städtischen Haushaltsmittel die Sanierung von rund 30 Baumstandorten durchgeführt werden. In jüngster Zeit konnten zum Beispiel Straßenbaumstandorte im Gewerbegebiet Hagsfeld (An der Tagweide) sowie in der Südweststadt (Südenstraße) saniert werden.



Baumsanierung: Hier wird das stark verdichtete Erdreich um die Wurzeln abgesaugt, um durch ein optimiertes Substrat (wie im unteren Bild) ersetzt zu werden.



Arten- und Sortenwahl

Bei der Auswahl von Pflanzenarten für die Begrünung ist zu beachten, dass sie künftigen klimatischen Bedingungen gerecht werden. Vor allem die zunehmende Sommerhitze und Trockenheit erfordern die Auswahl von Arten, die mit Wärme und Trockenphasen besser zurecht kommen. Bei seiner Planung orientiert sich das Gartenbauamt neben eigenen Erfahrungen insbesondere an der vom Arbeitskreis Stadtbäume der Gartenamtsleiterkonferenz (GALK) herausgegebenen „Straßenbaumliste“, die kontinuierlich fortgeschrieben wird. Das Kriterium „stadtklimafest“ ist dort schon lange eine wichtige Eigenschaft der ausgewählten Arten und Sorten.

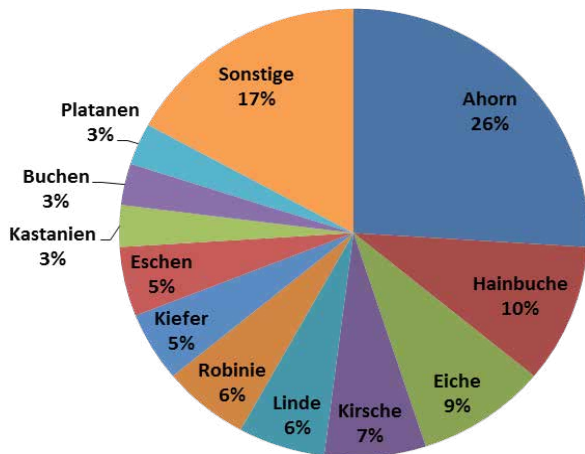


Abb. 47: Artenverteilung der Karlsruher Stadtbäume (Quelle: Gartenbauamt)

Die Zusammensetzung des Stadtbaubestands lässt sich Abbildung 47 entnehmen. Mit Ausnahme des Ahorns kann ein Großteil der verwendeten Baumarten nach heutigen Maßstäben als relativ stadtklimafest eingestuft werden. Das gilt beispielsweise für die einheimische Stieleiche, die als Park- und Straßenbaum besonders gefördert wird. Sie hat sich bislang gut bewährt, wenn sie nach einer intensiven Entwicklungspflege ihre Jugendphase hinter sich gebracht hat. Prächtige Exemplare finden sich etwa beim Bundesgerichtshof.

Die zunehmende Anfälligkeit des Ahorns zeigt, dass der Anteil einer Baumart in der Stadt nie zu hoch sein sollte. Das Gartenbauamt setzt daher generell auf eine große Vielfalt und auf Selektionen, die zwar die biologischen Merkmale der ursprünglichen Art aufweisen, aber städtischen Standortbedingungen besser gewachsen sind. Konkrete Beispiele sind die etwas schlankere Sorte der Winterlinde (*Tilia cordata* 'Greenspire') oder eine im Straßenraum bewährte Sorte der Esche (*Fraxinus excelsior* 'Westhof's Glorie'), die in größeren Beständen beispielsweise entlang der Straßenbahntrasse in der Brauerstraße gepflanzt wurden.

In botanischen Gärten und Parks haben exotische, fremdländische Baumarten seit jeher eine besondere Rolle gespielt. Durchsetzen konnten sich in erster Linie Arten, die aus vergleichbaren Klimaregionen stammen und hinreichend frosthart waren. Dazu gehören auch Arten, die bei den zu erwartenden Klimaveränderungen ihre Stärken zeigen können, wie etwa der Ginkgo. Er wurde in den letzten Jahren in Karlsruhe schon mehrfach bei Neuanpflanzungen berücksichtigt. Auch den japanischen Schnurbaum oder die Gleditschie gibt es an einigen Stellen im Stadtgebiet.



Beispiele für stadtklimafeste Sorten: Winterlinde im ZKM-Grünzug (oberes Bild) und neu gepflanzte Eschenallee entlang der Brauerstraße (unten)



Oben: Stattliches Exemplar eines Ginkgo-Baums im Ehrenhof des KIT Campus-Süd. Unten: Gleditschien-Kultivar (ohne die sonst artcharakteristischen Dornen am Stamm) in der Lorenzstraße

Generell zeigen die Erfahrungen der Vergangenheit, dass man nicht zu einseitig auf solche Exoten setzen sollte, auch wenn diese als extrem widerstandsfähig gegenüber dem Stadtklima eingestuft sind. Zum einen gibt es in deren Heimat noch eine Reihe von Krankheiten und Schädlingen, die ihrem Wirt „nachwandern“ könnten. Zum anderen erfüllen sie die ökologische Funktion als Teil einer Lebensgemeinschaft für viele heimische Tierarten nicht oder nur ansatzweise.

Bewässerung

Die Möglichkeiten Grünflächen während längerer Trockenphasen künstlich zu bewässern sind begrenzt. Bewässert werden nur repräsentative Grünflächen wie Teile von Stadtgarten und anderen städtischen Parkflächen sowie die Blumenbeete. Regelmäßig werden auch neu gepflanzte Bäume über mehrere Jahre gewässert, um den Anwuchs zu fördern. Die Ausweitung künstlicher Bewässerung von Grünstrukturen als „Anpassungsmaßnahme“ stößt an Grenzen, da sie personell und technisch kaum zu bewältigen wäre. Bereits heute bindet die notwendige Zusatzbewässerung von jungen Straßenbäumen und Grünflächen in längeren Trockenphasen größere Personalkapazitäten und verursacht zusätzliche Kosten.

Als ergänzende Initiative in puncto Bewässerungsmanagement kann die Gewinnung von Baumpatenschaften angesehen werden: Seit rund 15 Jahren haben Bürgerinnen und Bürger die Möglichkeit, eine Patenschaft für einen städtischen Baum zu übernehmen. Wesentliche Aufgabe der Paten besteht darin, Beschädigungen am Baum dem Gartenbauamt zu melden. Zusätzlich können sie das Beet um den Baum pflegen und bepflanzen. Ebenso ist die Stadt sehr dankbar, wenn in trockenen Sommermonaten die Gießarbeit unterstützt wird, was gerade bei Neuanpflanzungen hilfreich ist. Im Stadtgebiet gibt es derzeit 246 aktive, beurkundete Baumpatenschaften. Die Anzahl der nicht registrierten „Paten“, die sich um einen Baum „vor der Haustür“ kümmern, wird auf ein Vielfaches dessen geschätzt. Dies wird auch in zahlreichen Gesprächen mit Bürgerinnen und Bürgern immer wieder bestätigt. Der Sachverhalt zeigt, dass ein ausgeprägtes Bürgerinteresse am Großgrün in der Stadt besteht, jedoch die Nachfrage nach einer formellen behördlichen Bestätigung in Form einer Baumpatenerkunde eine eher untergeordnete Rolle spielt.

Pflanzenschutz und Neobiota-Bekämpfung

Um die weitere Ausbreitung invasiver Neophyten und Pflanzenschädlinge zu verhindern, ist eine gezielte und teilweise intensive Bekämpfung erforderlich. Da der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln auf öffentlichen Grünflächen in Karlsruhe bewusst äußerst restriktiv gehandhabt wird, kommen Pestizide und Herbizide dabei nur in Ausnahmefällen zum Einsatz. Das betrifft insbesondere die Bekämpfungsmaßnahmen gegen den äußerst hartnäckigen japanischen Staudenknöterich (mit Herbizid „Starane Ranger“). Gegen die Platanen-netzwanze und den Eichenprozessionsspinner werden

Mittel auf biologischer Basis eingesetzt (Wirkstoff Azadirachtin bzw. *Bacillus thuringiensis kurstaki*).

Bei der Kastanienminiermotte stellt nach wie vor die frühzeitige Beseitigung des Laubs die einzige geeignete Gegenmaßnahme dar. Auf diese Weise werden die überwinterten Puppen beseitigt, bevor die Motte schlüpft und erneut ihre Eier ablegen kann. Untersuchungen belegen, dass sorgfältiges Laubsammeln den Befall im nächsten Frühjahr um etwa zwei Drittel verringert. Bei betroffenen Bäumen erfolgt deshalb im Herbst eine gezielte Einsammlung und Entsorgung des Laubs durch das Gartenbauamt und die Stadtreinigung (aufgrund der feuchten Sommerwitterung und einem deutlich verminderten Befall konnte 2012 darauf verzichtet werden). Außerdem führen die Oberrheinischen Waldfreunde e.V. mit Unterstützung des Gartenbauamts und in Kooperation mit einigen Schulen regelmäßig großangelegte Laubsammelaktionen unter Rosskastanien durch.



Kastanienallee im Grünzug Schmallen in Oberreut. Die von der Kastanien-Miniermotte geschädigten Bäume reagieren mit verfrühtem Blattfall (oben).

Auch gegen das Eschentriebsterben und die Massaria-Erkrankung von Platanen sind derzeit keine Pflanzenschutzmittel einsetzbar. Für die städtische Baumpflege bedeutet dies vermehrte Kontrolle und zusätzlichen Aufwand für Schnittmaßnahmen zur Kronenauslichtung.

Besondere Aufmerksamkeit genießt außerdem die Beifuß-Ambrosie, die an einigen Stellen im Stadtgebiet

gehäuft vorkommt und durch Ausreißen, regelmäßige Mahd und Mulchen bekämpft wird (siehe im Kapitel „Gesundheit“).

Grünflächenentwicklung

Besonders in der Innenstadt ist es aufgrund der baulichen Verdichtung, gestalterischer Vorgaben und vielseitigen Flächenansprüchen eine andauernde Herausforderung, die Grünstrukturen zu erhalten und punktuell zu ergänzen. In Karlsruhe konnte in den letzten Jahren diesbezüglich viel erreicht werden:

Städtisches Grünsystem

Seit den achtziger Jahren wird in Karlsruhe die Entwicklung und Umsetzung eines gesamtstädtischen Grünsystems Schritt für Schritt vorangebracht. Ziel ist es, die in der Stadt liegenden flächigen Grünanlagen durch lineare Grünverbindungen miteinander zu vernetzen und Defizite in der Grünversorgung dicht bebauter Stadtteile auszugleichen. Wichtige Bausteine dieser Grünvernetzung sind

- die Grünflächen und -anlagen entlang der Fließgewässer Alb und Pfinz,
- der „Grünzug West“ vom Weinbrennerplatz über den Moninger-Block und die Nottingham-Anlage,
- die Grünzüge der Baugebiete in Hagsfeld und Oberreut sowie den Konversionsgebieten Neureut-Kirchfeld und Knielingen,
- die umgestaltete und erweiterte Hildapromenade,
- das Parksystem im Osten des Stadtzentrums (Stadtpark Südost, Otto-Dullenkopf-Park, Schloss Gottesaue),
- markante Alleen, zum Beispiel entlang der Brauerstraße und der Ludwig-Erhard-Allee.

Je größer die Grünflächen und je enger das geknüpfte Netz, desto ausgeprägter können sich in warmen Nächten ausgleichend wirkende Kaltluftströmungen entwickeln. Bedeutende Funktionen nehmen dabei auch die bis an die Innenstadt heranreichenden Waldgebiete ein.

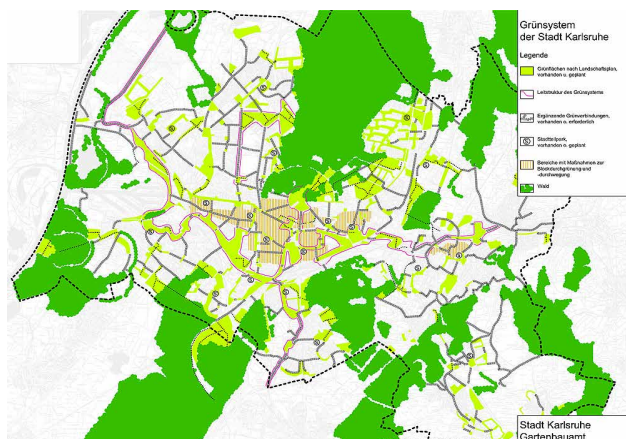


Abb. 48: Die schematische Übersicht hebt die öffentlichen Grünflächen und ihre Vernetzung untereinander und mit der umgebenden Landschaft hervor (Quelle: Gartenbauamt)

Das Begrünen der Straßen mit Bäumen hat in Karlsruhe Tradition. In den letzten Jahrzehnten wurden in der Stadt systematisch noch baumlose Straßen mit Bäumen bepflanzt. Von 1973 bis 2011 stieg ihre Anzahl von 15.000 auf über 72.600 einschließlich der Straßenbäume in den Neubaugebieten. Die Möglichkeiten zusätzlicher Baumpflanzungen sind mittlerweile weitgehend ausgeschöpft. Innerhalb bestehender Straßenräume ist es heute kaum noch möglich, geeignete Standorte zu finden. In baumfreien Straßen verhindern oft unterirdische Leitungstrassen oder zu geringe Fassadenabstände das wünschenswerte Pflanzen von Bäumen. Chancen für neue Baumstandorte ergeben sich, sobald Straßenräume von Grund auf umgebaut und neu gestaltet werden. Aktuelle Beispiele sind die Abschnitte von Tulla- und Gerwigstraße in der Oststadt, der Alten Friedrichstraße in Neureut sowie der Sophien-, Koch- und Vorholzstraße im westlichen Stadtzentrum.

Rasengleise

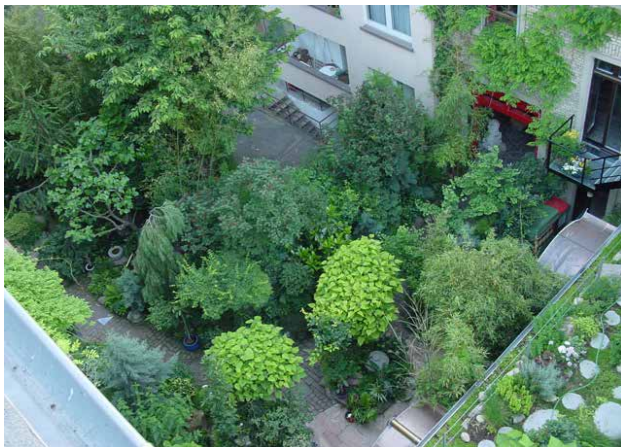
Da das größte Hindernis bei der Schaffung innerstädtischer Grünflächen mangelnde Flächenverfügbarkeit ist, werden auch unkonventionelle Wege wie die Begrünung von Straßenbahngleisen genutzt. Beim Streckenausbau bzw. Umbau von Stadt-/Straßenbahnstrecken ist der Einsatz von begrünten Rasengleisen mittlerweile ein etablierter Bestandteil (siehe auch im Kapitel „Verkehr“). Der klimatische Effekt von Rasen im Gleisbett erreicht zwar bei Weitem nicht die Wirkung von Bäumen. Rasengleise begünstigen jedoch einen zeitverzögerten Niederschlagsabfluss und tragen in gewissem Umfang zu einer erhöhten Verdunstung und Abkühlung der unmittelbaren Umgebung bei.



Rasengleis in der Ebertstraße

Private Grünflächen, Hinterhöfe, Dach- und Fassadenbegrünungen, Entsiegelung

Ergänzend zu diesen eher großflächigen Strukturen erfüllen kleine, isolierte Grünflächen wie begrünte Innenhöfe oder Dach- und Fassadenbegrünungen gerade in dicht bebauten Stadtteilen wichtige Funktionen als „Klimaoasen“ und unmittelbarer Erholungsraum. Verbesserungen im Bestand lassen sich hier fast ausschließlich über privates Engagement erzielen. Durch das Programm „Grüne Höfe, Dächer und Fassaden für Karlsruhe“ unterstützt das Gartenbauamt seit über 30 Jahren Gebäudeeigentümer bei der Begrünung von Innen- und Hinterhöfen, Dächern und Fassaden. Das Programm umfasst den Hinterhofwettbewerb und ein eigenes Förderprogramm.



Vom tristen Hinterhof zur „Klimaoase“: Vorher-Nachher-Effekt am Beispiel der Lachnerstraße 7

Der Karlsruher Hinterhofwettbewerb wird bereits seit 1977 jährlich, seit 2002 im zweijährigen Turnus (in den geraden Kalenderjahren) ausgeschrieben. Ziel ist es, gelungene Beispiele begrünter Höfe und Dächer bekannt zu machen und mit Geldpreisen und Anerkennungen auszuzeichnen. Bisher konnten fast 750 Preise und an die 3.000 Anerkennungen vergeben werden. Mit dem „Wettbewerb zur Durchgrünung von Gewerbegebieten“ besteht ein ähnlicher Ansatz speziell für Gewerbeflächen. Er befindet sich derzeit in der dritten Ausschreibungsrunde (siehe auch im Kapitel „Wirtschaft“). Auch der jährliche Blumenschmuckwettbewerb zielt in die gleiche Richtung.

Ebenfalls werden seit 1982 Maßnahmen zur Aufwertung und Begrünung versiegelter Höfe, Dächer und Fassaden durch das städtische Förderprogramm unterstützt. Die Förderung umfasst kostenlose Beratungen für Anwesen im gesamten Stadtgebiet und finanzielle Zuschüsse in einem ausgewiesenen Förderbereich.

Einen weiteren Anreiz zur Entsiegelung von Flächen - vorrangig unter dem Blickwinkel des Regenwasserrückhalts - bietet die gesplittete Abwassergebühr. Sie ist bislang nur für größere Grundstücke (ab 1.000 m²) verpflichtend vorgeschrieben, wird aber bis 2015 auf alle privaten Grundstücke in Karlsruhe ausgedehnt (siehe dazu im Kapitel „Stadtentwässerung“).

Zur Sicherung der Durchgrünung trägt zudem die Baumschutzsatzung bei: Seit 1980 sind Bäume auf Privatgrundstücken durch die Karlsruher Baumschutzsatzung geschützt. Demnach dürfen unter anderem Bäume mit einem Stammumfang ab 80 cm nur mit Genehmigung gefällt werden. In der Regel wird diese nur mit der Auflage erteilt, eine Ersatzpflanzung vorzunehmen.

Bauleitplanung und Baugenehmigungen

In Bebauungsplänen werden Standards für eine klimawirksame Freiflächen- und Bauwerksbegrünung durch verbindliche Festsetzungen vorgeschrieben. Zu nennen sind hier unter anderem:

- Begrenzung der Versiegelung, Einsatz versickerungsfähiger Beläge
- Struktureiche Durchgrünung von Freiflächen mit Bäumen und Sträuchern
- Funktionsfähige Dachbegrünung, bei extensiver Begrünung mit mindestens 10 cm Substratschicht. Dies gilt heutzutage als Standard auch in Gewerbegebieten (in jüngster Zeit vereinzelt ersetzt durch helle Albedofolie, die im Hinblick auf die Wärmereduzierung als weitgehend gleichwertig zu beurteilen ist, aber keine Niederschlagswasserrückhaltung leisten kann und keinen Standort für Vegetation bietet).
- Vorgärten sind als Vegetationsfläche anzulegen, auch um dem Trend entgegen zu wirken, diese als Schotterfläche ohne Bewuchs zu gestalten. Ziel ist ein ansprechend begrünter Straßenraum.

Fassadenbegrünungen können in Bebauungsplänen nur für Vorhaben festgesetzt werden, bei denen eine Realisierung nutzungsverträglich und mit zumutbarem Aufwand möglich ist. Eine verstärkte Durchsetzung von mehr Fassadenbegrünungen würde eine planungsrechtliche Grundlage erfordern, etwa eine „Grünsatzung“ für ausgewählte Siedlungsbereiche, in der solche Begrünungen für alle Neubauten obligatorisch vorgeschrieben sind.

In Bebauungsplanverfahren wird zudem eine standardisierte Bilanzierung der planungsbedingten ökologischen Veränderungen vorgenommen („Karlsruher Modell“). Zu den bewerteten Umweltschutzgütern zählt unter anderem die Klimafunktion. Notwendige

Kompensationsmaßnahmen können abgeleitet und rechtsverbindlich festgesetzt werden. Bei vereinfachten Verfahren gemäß § 13a BauGB ist diese Vorgehensweise nicht verpflichtend, ein Umweltbericht muss nicht erstellt werden. Dennoch werden die Ziele der Grünordnung im jeweiligen Verfahren entwickelt und in geeigneter Weise eingebracht.

Auch Baugesuche werden im Hinblick auf ihre Auswirkungen auf Freiflächen und geschützte Bäume fachlich geprüft. Zentrale Aufgaben sind dabei der Erhalt geschützter Bäume im Sinne der Baumschutzsatzung, die Umsetzung von Geboten für die Pflanzung von Bäumen und Hecken gemäß geltender Bebauungspläne oder die fachgerechte Realisierung von Dachbegrünungen. In Baugenehmigungen werden daraus resultierende, für die Bauherrschaft verbindliche Nebenbestimmungen formuliert.

Strategie für Karlsruhe

Ein wesentlicher Ansatzpunkt für zukünftige Anpassungsaktivitäten ist die Sicherung und Weiterentwicklung klimatisch relevanter Freiräume und Grünstrukturen im Grünsystem der Stadt. Das Ziel der Weiterführung des Grünflächenverbunds und seiner Vernetzung ist auch im Integrierten Stadtentwicklungskonzept 2020 (ISEK) verankert. In den nächsten Jahren wird die umfangreiche Entwicklung von Grün- und Parkflächen östlich des Stadtzentrums schrittweise vervollständigt: Mit dem Stadtpark Südost, dem Otto-Dullenkopf-Park und den Grünflächen im Umfeld des Schlosses Gottesaue entsteht ein Parksystem mit einer Gesamtfläche von über 20 Hektar. Dieser auf vormals stark bebautem Gelände geschaffene Grünverbund wird wertvolle Ausgleichsfunktionen für die klimatische Situation im Karlsruher Stadtzentrum wahrnehmen.



Im Osten der Innenstadt wächst eine neue Parklandschaft: Grünordnungsplan für den Ostauepark.

In diesem Zusammenhang ist auch der in Arbeit befindliche „Städtebauliche Rahmenplan Klimaanpassung“ des Stadtplanungsamts zu nennen. Mit ihm sollen konkrete Maßnahmen zur Verbesserung von klimatischen „Hot spots“ im Innenstadtbereich entwickelt werden (siehe näher im Kapitel „Stadtplanung“).

Ein weiteres Ziel ist die beispielhafte Anwendung neuer Wege der Gebäudebegrünung in Form von „vertical gardens“. Diese genießen derzeit aufgrund einiger spektakulärer Pilotprojekte (zum Beispiel in Frankreich und den Niederlanden) eine hohe Aufmerksamkeit, unterscheiden sich aber von klassischen Fassadenbegrünungen ganz erheblich. So sind umfangreiche konstruktive und technische Voraussetzungen zu schaffen. Neben den vertikal angeordneten Pflanzenelementen ist insbesondere eine aufwändige automatische Bewässerungsanlage erforderlich, um den gewünschten Effekt zu erzielen. Daher wäre eine Neubaumaßnahme, bei der die Vertikalbegrünung ein integraler Bestandteil der Gebäudekonstruktion und -technik ist, ein denkbares Modellprojekt.

In der laufenden Fortschreibung des Landschaftsplans für den Nachbarschaftsverband Karlsruhe bilden die Themenbereiche Klimawandel und Grünflächenverbund Schwerpunkte. Dazu ist vorgesehen, Handlungsanforderungen zu definieren und konkrete Maßnahmen abzuleiten. Der Vorentwurf für den Landschaftsplan soll ebenso wie für den Flächennutzungsplan 2013 erarbeitet werden.

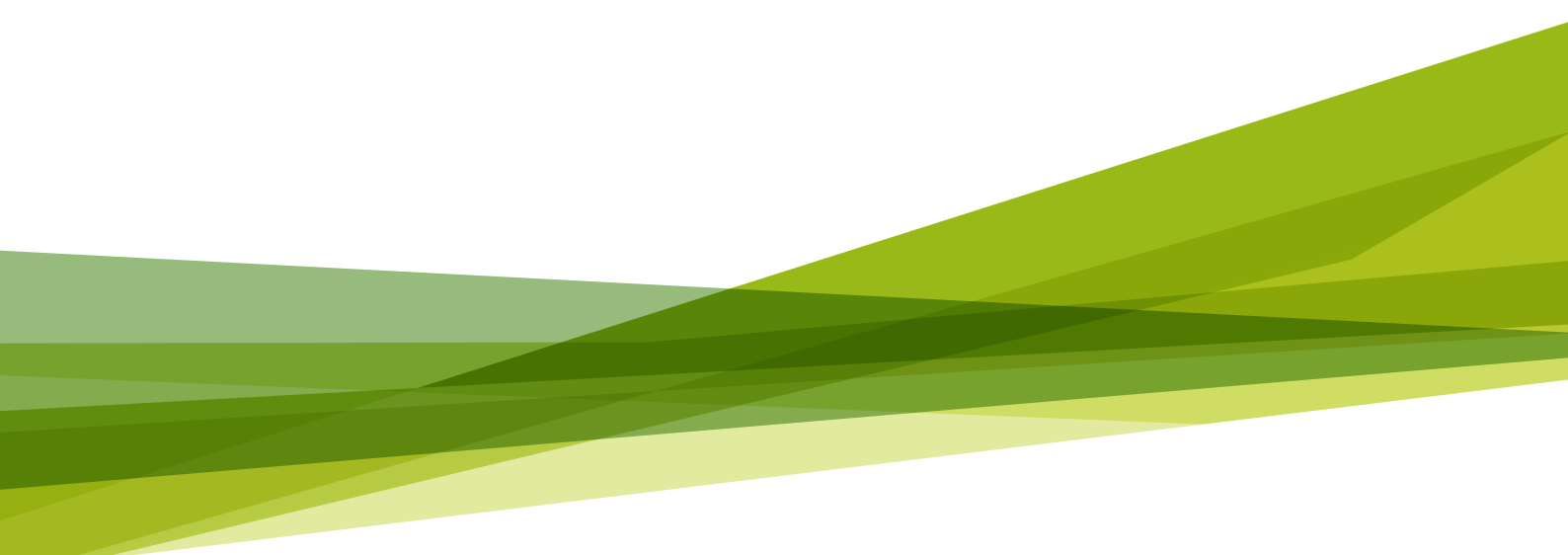
Beim Grünflächenmanagement lassen sich folgende zukünftige Ansatzpunkte nennen:

- **Baumsubstrate:** In Kooperation mit einem wissenschaftlichen Partner sollen neue Erkenntnisse zum Substrateinsatz gewonnen werden. So laufen in einigen Kommunen schon Pilotversuche, Bäume durch die gezielte Animpfung der eingebrachten Substrate mit Mykorrhiza-Pilzen zu stärken. Dank der Pilze sollen vor allem Jungbäume Nährstoffe und Wasser besser aufnehmen, was den Trockenstress reduzieren dürfte. In Karlsruhe ist dies bei der Pflanzung von Eichen bereits üblich.
- **Arten- und Sortenwahl:** Die Auswahl von Baumarten und -sorten, die an „Klimastress“ besser angepasst sind, soll auch anhand aktueller Erkenntnisse aus der Forschung erfolgen. Wichtige Hinweise verspricht unter anderem ein aktueller Feldversuch der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau. Diese hat 2009/2010 im Forschungsprojekt „Stadtgrün 2021“ zwanzig besonders trockenheits- und hitzetolerante Arten, von der Zerreiche über die Nordamerikanische Rotesche bis

hin zu Silberlinde in den Städten Würzburg, Hof und Kempten in größerer Anzahl (insgesamt 460 Bäume) gepflanzt. Das begleitende Monitoring soll nach zehn Jahren abgeschlossen werden und in konkrete Pflanzempfehlungen für Kommunen münden.

- Baumvielfalt: Die Anzahl der eingesetzten Baumarten und -sorten wird kontinuierlich erhöht, um evtl. Kalamitäten mit neuen Pflanzenschädlingen vorzubeugen.
- Bewässerung: Prüfen von Einsatzmöglichkeiten geeigneter Systeme für bestimmte Einzelstandorte (zum Beispiel Unterflurbewässerung, Wasserspeicherung in Zisternen).

Im Rahmen des Klima-MORO-Forschungsprojekts in den Regionen Nordschwarzwald/Mittlerer Oberrhein (Laufzeit 2009 bis 2011) wurde als eines von insgesamt neun ebenenübergreifenden Folgeprojekten auch das Thema klimaangepasste Grünordnung vorgeschlagen. Hier sollen unter Einbindung von Kommunen Empfehlungen für konkrete Freiraumplanungen erarbeitet werden (unter anderem Gestaltungsrichtlinien, Pflanzlisten für die Bauleitplanung, Ausgleichsmaßnahme für Ökokontomaßnahmen etc.). Die Zuständigkeiten für die im Projektvorschlag angesprochenen Themen verteilt sich insbesondere auf die Kommunen, die Stadt- und Landkreise sowie das Regierungspräsidium. Erster Schritt für die Umsetzung in ein Modellprojekt ist darum, mit diesen Partnern eine geeignete Projektstruktur zu entwickeln. Das Projekt wird als gute Plattform für den gegenseitigen regionalen Erfahrungsaustausch gesehen und von der Stadt Karlsruhe unterstützt.



4.8 Auswirkungen auf Natur und biologische Vielfalt



4.8 Auswirkungen auf Natur und biologische Vielfalt

Viele Tiere und Pflanzen reagieren empfindlicher als wir Menschen auf klimatische Änderungen. Wenn es im Jahresmittel wärmer wird, wenn im Winter mehr, im Sommer dagegen weniger Regen fällt, verändern sich die Standortbedingungen für viele Arten. Bereits heute lassen sich die Auswirkungen des Klimawandels in unserer Region beobachten: So beginnt die Apfelblüte im Durchschnitt 11 Tage früher als noch in den 1960er Jahren und viele Zugvogelarten kehren zeitiger aus ihren südlichen Überwinterungsquartieren zurück - oder bleiben sogar dauerhaft hier. Insgesamt dürften sich durch den Klimawandel die Verbreitungsgebiete heimischer Tiere und Pflanzen und die Zusammensetzung von Lebensgemeinschaften deutlich verschieben: Einzelne Arten werden abwandern oder aussterben, andere dafür neu hinzukommen und zu weiteren Veränderungen der Ökosysteme führen. Der Naturschutz muss dieser Entwicklung bei der Erarbeitung künftiger Schutzkonzepte Rechnung tragen und flexible Strategien zur Anpassung entwickeln. Dabei ist auch die kommunale Ebene gefragt. Das gilt für Karlsruhe als Mitglied im Bündnis „Kommunen für biologische Vielfalt“ in besonderem Maße. Für eine Großstadt weist Karlsruhe zudem einen hohen Anteil an unterschiedlichen Naturräumen auf (Rheinniederung, Hardtebene, Kinzig-Murg-Rinne, Kraichgau und Schwarzwaldrandplatten). Ebenso genießen zahlreiche Flächen im Stadtkreis einen besonderen Schutzstatus als Natura 2000-, Naturschutz- oder Landschaftsschutzgebiet.

Klimafolgen

Durch den Klimawandel verlagern sich die Klimazonen in Europa nach Norden bzw. in die Höhe. Da unterschiedliche Arten nicht in derselben Weise und Geschwindigkeit auf klimatische Veränderungen reagieren, ergeben sich daraus Konsequenzen für ihre geografische Verbreitung, zum Beispiel durch die Ausbreitung von wärmetoleranten oder dem Rückgang kälteliebender oder durch Verdrängungseffekte einwandernder Arten und damit für die Artenzusammensetzung und die Struktur von Ökosystemen. Auf Grund der Komplexität der Zusammenhänge lassen sich die konkreten Folgen für bestimmte Lebensräume und das Artenspektrum bislang nur grob prognostizieren. Wesentliche Erkenntnisse und deren Übertragbarkeit auf Karlsruhe werden im Folgenden zusammengefasst.

Anzumerken bleibt vorweg, dass der Klimawandel einen Gefährdungsfaktor für die derzeitige Biodiversität darstellt, der zunehmend an Bedeutung gewinnt. Er ist aber nicht der einzige: Nach wie vor sind der anhaltende Flächenverbrauch, die Zerschneidung zusammenhängender Areale, die intensive Nutzung landwirtschaftlicher Flächen, künstliche Veränderungen des Wasserhaushalts oder der Nährstoffeintrag aus der Luft als maßgebliche Größen für die Gefährdung von Lebensräumen und Arten anzusehen. Hinzu kommt gerade in Ballungsräumen wie in Karlsruhe der hohe Nutzungs- und Freizeitdruck auf verbleibende Rückzugsgebiete und geschützte Flächen. Die Diskussion von Klimafolgen und insbesondere die Ableitung möglicher Anpassungsmaßnahmen können deshalb nicht losgelöst von diesen Problemstellungen erfolgen. Vielmehr müssen die absehbaren Klimafolgen in bestehende Lösungsansätze integriert werden.

Auswirkungen auf Arten

Wie stark sich der Klimawandel auf die Artenzusammensetzung auch in unserer Region tatsächlich auswirken wird, hängt in erster Linie von der zukünftigen Temperaturentwicklung ab. Bisherige Studien gehen davon aus, dass bei einem moderaten Temperaturanstieg in Mitteleuropa von bis zu 1 °C die Artenvielfalt sogar zunehmen wird. Der Grund: Wärmeliebende Arten können sich ausbreiten, ohne dass es zu nennenswerten Verlusten von Arten kommt, die an gemäßigte und kühle Temperaturen angepasst sind. Liegt der Temperaturanstieg dagegen deutlich über 1 °C - und davon ist nach den eingangs aufgezeigten Projektionen fest auszugehen -, überwiegen die Verluste klimasensibler Arten. Diese werden auf bis zu 30 % und mehr beziffert. In einer aktuellen Studie des Bundesamts für Naturschutz (BfN) wurde bundesweit für etwa 500 vordringlich zu behandelnde Zielarten des zoologischen Artenschutzes untersucht, wie sensibel diese auf klimatische Veränderungen reagieren. Lediglich 55 der untersuchten Arten (11 %) unterliegen demnach einem niedrigen Risiko. Mehr als drei Viertel stuften die Autoren hingegen in die mittlere Risikoklasse ein. Und für 63 Arten (12 %) wurde ein besonders hohes Risiko festgestellt.

Weitaus intensiver könnten die Auswirkungen bei den Pflanzen sein. Das zeigt ebenfalls eine im Auftrag des BfN durchgeführte Studie, in der die Ausbreitung von 845 Pflanzenarten in ganz Europa unter drei möglichen Klimaszenarien modelliert wurde. Legt man das pessimistische Szenario zugrunde, würden nach den Ergebnissen im Südwesten Deutschlands (ähnlich wie in Teilen Ostdeutschlands) bis zur Hälfte der heimischen Pflanzenarten langfristig wegfallen. Im Gegenzug bewegt sich die Zunahme im Oberrheingraben durch die Einwanderung neuer Arten mit etwa 20 % auf einem niedrigeren Niveau, sodass die Pflanzenvielfalt insgesamt deutlich abnehmen dürfte (siehe Abbildung 49). Zwar handelt es sich um eine relativ grobe Berechnung, die viele Faktoren (zum Beispiel die direkte Konkurrenz einzelner Arten) außer Acht lässt. Dennoch vermittelt die Simulation einen ersten Eindruck von den Herausforderungen, die auf den Naturschutz langfristig im schlimmsten Fall zukommen.

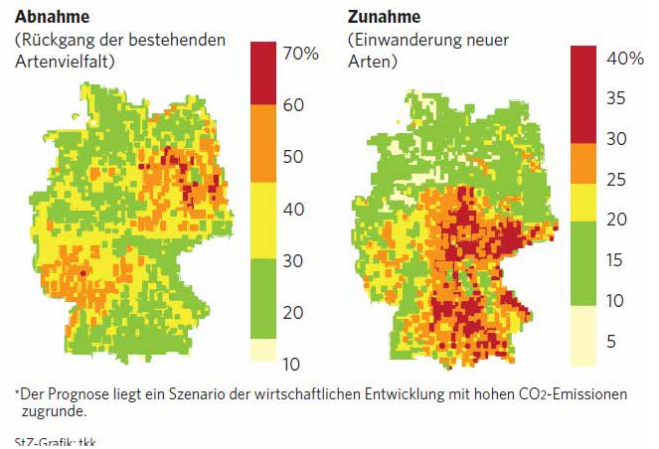


Abb. 49: Veränderungen der Pflanzenvielfalt in Deutschland in Prozent - Prognose für die Jahre 2051 bis 2080 im Vergleich zu den Jahren 1961 bis 1990 (Quelle: Stuttgarter Zeitung vom 22.11.2011, S. 16)

Ob eine Art durch den Klimawandel besonders gefährdet ist oder eher als „robust“ eingestuft werden kann, hängt generell von verschiedenen Bedingungen ab, wie beispielsweise:

- **Ausbreitungsfähigkeit/-möglichkeiten**
Von großer Bedeutung sind die Mobilität einer Art und ihre Abhängigkeit vom lokalen Biotopverbund. Beides hängt meist zusammen. Arten, die große Distanzen zurücklegen und gegebenenfalls wie die Vögel noch fliegen können, sind weit weniger auf den lokalen Biotopverbund angewiesen als terrestrische Arten mit geringem Aktionsradius (zum Beispiel Schnecken). Sonderfälle sind Arten, die zwar sehr mobil sind, aber einen durchgängigen Lebensraum benötigen (zum Beispiel Fische der Fließgewässer, insbesondere der Lachs als Wanderfisch). Andere Arten sind wiederum abhängig von Transportmedien (zum Beispiel von Weidetieren, die Pflanzensamen verbreiten.)
- **Spezialisierungsgrad**
Je spezifischer und komplexer die Anforderungen einer Art an die Umwelt sind, desto geringer ist gewöhnlich ihre Anpassungsfähigkeit an Veränderungen. Ist eine Art oder eines ihrer Entwicklungsstadien also auf ganz spezielle Lebensräume oder Strukturen, auf eine oder wenige Futterpflanzen bzw. Beutetiere angewiesen, wird sie tendenziell eher negativ vom Klimawandel betroffen sein. Als ein Beispiel lässt sich der Wiesenknopf-Ameisenbläuling anführen, für den auch in Karlsruhe besondere Schutzmaßnahmen unternommen werden: Seine Raupen sind auf eine bestimmte Pflanz

zenart wechselfeuchter Wiesen spezialisiert und die Puppen können nur als Parasit bei einer bestimmten Ameisenart/-gruppe überwintern. Er ist damit nicht nur abhängig von den Reaktionen des Wiesenknopf und der Ameise auf den Klimawandel, sondern auch davon, ob sich durch die Erwärmung das Mahdregime der Wiese ändert. Arten mit höherer Toleranz gegenüber Umweltbedingungen werden dagegen nicht so leicht von klimatischen Veränderungen betroffen sein. Durch den Ausfall von einzelnen Arten werden sogar ökologische Nischen frei, die sie gegebenenfalls nutzen können. Andererseits werden mit einwandernden Arten neue Konkurrenzen entstehen. Und teilweise können mit Zuwanderern auch Krankheiten eingeschleppt werden, die ansonsten „robusten“ Arten zu schaffen machen (zum Beispiel Usutu-Virus und Amselsterben).

■ Ausgangsbestand

Zentrale Aspekte sind hier das Verbreitungsmuster (ist die Art großflächig verbreitet oder bildet sie inselartige Bestände?), das Gesamtverbreitungsgebiet (liegt der Oberrheingraben am Rande des Verbreitungsgebietes oder bildet er die Grenze?), der aktuelle Gefährdungsgrad (gilt die Art als gefährdet in der Region bzw. steht sie auf der Roten Liste?) und die Frage, wie groß die genetische Biodiversität und damit das potenzielle Adaptionsvermögen einer Art ist.

Insgesamt ergeben sich für einzelne Artengruppen unterschiedliche Perspektiven, wie der nachfolgende Grobabriss zeigen soll:

Säugetiere

Die meisten Arten können größere Entfernungen zurücklegen und damit auf örtliche Klimaänderungen zeitnah reagieren. Insofern wird gerade für große heimische Säugetiere wie Reh, Wildschwein oder Fuchs mit keiner wesentlichen Beeinträchtigung gerechnet. Einige kleinere Arten, wie Spitzmäuse, Maulwurf oder Igel sind dagegen eher ortsgebunden. Bei ihnen könnte die zunehmende Trockenheit im Sommer ein verringertes Nahrungsangebot (Insekten, Regenwürmer, Schnecken) zur Folge haben. Andererseits verlängern höhere Temperaturen die Aktivitätszeiten im Jahr, so dass sich - auch in Anbetracht milderer Winter - die Wahrscheinlichkeit erhöht, die Winterruhe zu überstehen. Weniger Regenphasen im Frühjahr und Sommer dürften zudem die Überlebenschancen von jungen Feldhasen und Wildkaninchen erhöhen.



Fledermäuse (hier das auch in Karlsruhe vorkommende Kleine Mausohr) profitieren tendenziell vom Klimawandel: Durch eine Arealausweitung in höhere Lagen und bessere Jagdbedingungen im Sommer

Vögel

Als äußerst mobile Tiere können Vögel besonders flexibel auf den Klimawandel reagieren. Gleichzeitig sind sie eine wichtige Zeigerart für Klimaveränderungen. Das gilt speziell für wandernde Arten, bei denen man ein früheres Eintreffen im Frühjahr und einen späteren Wegzug im Spätjahr feststellen kann. Im Rahmen des KLARA-Verbundprojekts wurden die Daten von 17 in Baden-Württemberg heimischen Zugvogelarten systematisch von 1970 bis 2003 ausgewertet. Im Durchschnitt hat sich der Vogelzug im Frühjahr um bis zu 5 Tage pro Dekade nach vorn bzw. der Wegzug und bis zu 6 Tagen nach hinten verlagert. So kommen heute beispielsweise die ersten Mehlschwalben im Raum Karlsruhe rund 20 Tage früher aus dem Winterquartier zurück als noch in den 1970er Jahren (siehe Abbildung 50). Eine mögliche Ursache: Langstreckenzieher wie beispielsweise Störche, die bisher über die Sahara zogen, überwintern immer öfter im Mittelmeerraum. Außerdem werden bisherige Kurzstreckenzieher durch die Tendenz zu milderen Wintern zunehmend zu Standvögeln, wie dies etwa bei der Bachstelze und dem Kiebitz schon der Fall ist.

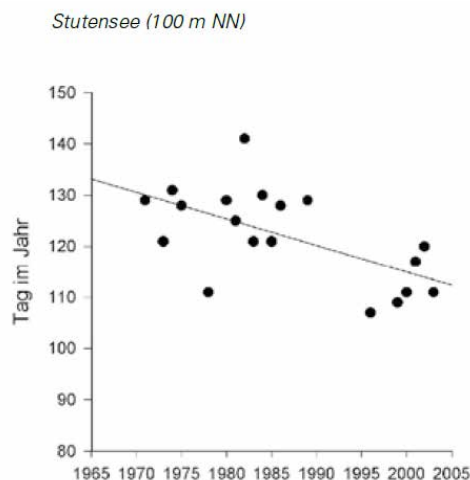


Abb. 50: Erstankünfte der Mehlschwalbe seit 1970 (Quelle: UM BW/LUBW 2012, S. 33)

Von den milderen Wintern profitieren auch einzelne Arten, die sonst wegen zugefrorener Gewässer oder geschlossener Schneedecken nur schwer an ihre Beutetiere gelangen (zum Beispiel Eisvogel oder Waldohreule). Generell zu den „Gewinnern“ des Klimawandels zählen eingewanderte Arten, die ihr Areal nach Norden ausdehnen konnten. Der Bienenfresser etwa, der noch vor wenigen Jahren im südlichen Baden-Württemberg sein nördlichstes Vorkommen aufwies, ist mittlerweile bis nach Südschweden vorgedrungen, wo er erfolgreich brütet. Negativ betroffen werden dagegen vor allem Arten sein, die auf Feuchtgebiete und Feuchtgründland angewiesen sind wie zum Beispiel die Bekassine. Unklar ist, ob sich die bei einigen Arten wie der Blaumeise oder dem Halsbandschnäpper beobachteten brutbiologischen Veränderungen (früherer Legebeginn) hier negativ auswirken könnten.



Gewinner des Klimawandels: Bienenfresser und Eisvogel

Amphibien

Zu den Amphibien zählen Frösche, Kröten, Molche und Salamander. Viele Amphibienarten sind eher ortstreu und an bestimmte Laichgewässer gebunden, wobei oftmals auch sehr kleine Feuchtlebensräume genutzt werden. Da diese im Sommer zukünftig häufiger austrocknen können, dürften Amphibien insgesamt stärker durch den Klimawandel gefährdet sein. Andererseits können die höheren Durchschnittstemperaturen bzw. milderen Winter dazu führen, dass Amphibien früher ablaichen und sich schneller entwickeln.



Die Wechselkröte kommt auch mit zeitweiser Trockenheit zurecht und ist damit besser als andere Amphibienarten für den Klimawandel gerüstet

Reptilien

Bei den Reptilien sind vor allem die Zaun- und Mauereidechse relevant. Die ursprünglich in Karlsruhe seltene Mauereidechse hat sich - begünstigt durch gute Verbundstrukturen - in einigen Bereichen stark ausgebreitet. Sie steht aber auch in Konkurrenz zu der früher häufigeren Zauneidechse, deren Bestand deutlich zurückgegangen ist. Generell dürfte diese Tiergruppe vom Klimawandel deutlich profitieren, da sie an Wärme und Trockenheit angepasst ist. Dadurch könnte sich die Aktivitätsperiode verlängern und der Fortpflanzungserfolg erhöhen (mehr Eiablagestellen, höhere Eizahl und häufigere Eiablage, höherer Schlupferfolg). Ebenso steigen die Überwinterungschancen vor allem der Jungtiere, vorausgesetzt sie finden trockene Quartiere, um die zwar milderen, aber regenreicheren Winter zu überstehen.

Fische, Rundmäuler

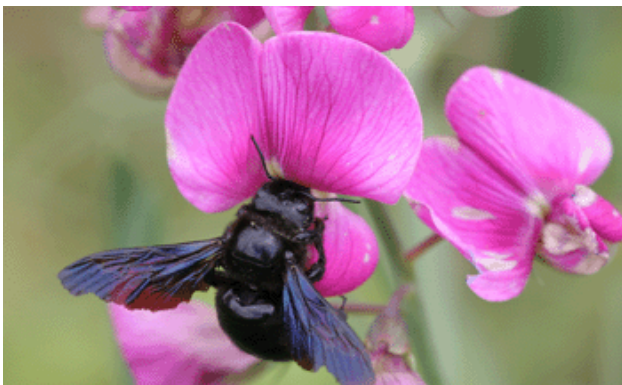
Der allgemeine Temperaturanstieg hat auch höhere Wassertemperaturen im Sommer zur Folge, was für viele Fische zum Problem werden dürfte. Beeinträchtigt werden vor allem Arten kühlerer und sauerstoffreicher Gewässer, wie die Bachforelle, das Bachneunauge und die Groppe. Diese gelten im Oberrheingebiet schon heute als gefährdet. Arten wie die Schmerle und der Schlammpeitzger, die auch mit wärmeren Wasser zurecht kommen, dürften hingegen kaum betroffen sein. Das mögliche Austrocknen kleinerer Fließ- und Stillgewässer in Trockenperioden betrifft dann aber alle Arten.

Insekten

Insekten dürften auf vielfältige Weise vom Klimawandel betroffen sein, insgesamt dürfte diese Gruppe aber eher profitieren. Dazu tragen insbesondere die milderen Winter bei, die zu geringeren Verlusten der Überwinterungsstadien (Ei, Larve, Puppe) führen und einen früheren Schlupf ermöglichen. Höhere Temperaturen und Feuchtigkeit können einzelne Insekten aber auch anfälliger für Pilzbefall machen. Und Arten, die auf feuchte Lebensräume (Uferbereiche, Moore, Feuchtwiesen etc.) sowie kleinräumige Sonderstandorte angewiesen sind, droht generell ein Lebensraumverlust. So finden sich in der eingangs zitierten BfN-Studie unter den bewerteten „Hochrisikoarten“ verhältnismäßig viele Tag- und Nachtfalter sowie Laufkäfer. Als Beispiele können auch die in Karlsruhe an Feuchtwiesen gebundenen Arten Heller und Dunkler Wiesenknopf-Ameisenbläuling sowie allgemein die Libellen genannt werden.

Besonders bei Insekten ist eine zunehmende Verbreitung wärmeliebender Zuwanderer aus dem Mittelmeerraum auffällig. So gelten gerade im Oberrheingebiet seit 1990 mehrere neue Arten unter den Schmetterlingen, Libellen, Wildbienen und Laufkäfern als bodenständig (zum Beispiel Feuerlibelle, Mittelmeer-Eichenschrecke, Wespenspinne). Auch für einige Arten, die schon früher vereinzelt oder zumindest zeitweise in Baden-Württemberg vorkamen, kann seit 1990 eine deutliche Zunahme der Funde und teils eine Arealausweitung nachgewiesen werden. Das gilt zum Beispiel

für die auffällige Blauschwarze Holzbiene, für die die Stadt Karlsruhe eine Patenschaft aus dem 111-Arten-Korb des Landes übernommen hat, oder die Südliche Mosaikjungfer (*Aeshna affinis*). Darüber hinaus lässt sich ein früheres Erscheinen von Insektenarten beobachten: Wanderfalter wie der Admiral (*Vanessa atalanta*) oder das Taubenschwänzchen (*Macroglossa stellatarum*) treten bereits im zeitigen Frühjahr auf. Beim Admiral könnte dies dafür sprechen, dass die Falter von Raupen abstammen, denen es neuerdings gelingt, bei uns zu überwintern. Auch weitere Insekten, unter anderem die Schmetterlingsarten Braunes Ordensband (*Minucia lunaris*) und Goldener Scheckenfalter (*Eurodryas aurinia*) sowie die Frühlings-Pelzbiene (*Anthophora plumipes*) wurden bereits mit deutlich verfrühten Flugzeiten am Oberrhein gesichtet.



Oben: Auch in Karlsruhe hat sich die Gottesanbeterin (*Mantis religiosa*), früher nur vom Kaiserstuhl und aus Südeuropa bekannt, ausgebreitet. Unten: Blauschwarze Holzbiene (*Xylocopa violacea*)

Pflanzen

Pflanzen sind in erster Linie direkt von veränderten klimatischen Faktoren wie Temperatur, Bodenfeuchte etc. betroffen und in der Regel nur bedingt ausbreitungsfähig. Generell können von den Temperaturveränderungen vor allem Arten der Trocken- und Magerrasen wie etwa das Berg-Sandglöckchen oder die Bocks-Riemenzunge profitieren. Häufig sind diese Lebensräume jedoch kleinflächig und isoliert, sodass die Pflanzen kaum Chancen haben, ihre Areale zu vergrößern. Es ist daher zu erwarten, dass sich vor allem wärmeliebende „Allerweltsarten“ oder Neophyten verstärkt ausbreiten. Dazu zählen beispielsweise die Robinie oder das

Schmalblättrige Greiskraut. Auf den Wald-Dauerbeobachtungsflächen der LUBW nimmt seit Mitte der 1980er Jahre der Efeu (*Hedera helix*) als Zeigerart für ein wintermildes Klima immer stärker zu. Auch konnten in der Oberrheinebene in den letzten Jahren verstärkt wärmeliebende Pflanzen wie die ursprünglich aus Nordafrika stammende Aleppohirse oder der Götterbaum nachgewiesen werden, die es bislang als Wildpflanze noch nicht gab. Schwieriger wird die Situation dagegen für Pflanzenarten feuchter Standorte (Nasswiesen, Kleinseggen, Moore etc.).

Neobiota und invasive Arten

Ein spezielles Augenmerk ist aus Naturschutzsicht auf sogenannte Neobiota zu richten. Durch die Intensivierung und Globalisierung des Warenhandels gelingt es immer mehr fremden Arten in Mitteleuropa Fuß zu fassen, wobei der Klimawandel in vielen Fällen deren langfristige Etablierung unterstützt. Die Mehrzahl dieser „Neuankömmlinge“ fügt sich eher unauffällig in die bestehenden Lebensgemeinschaften ein. Allerdings geht von einigen Arten ein stark negativer Einfluss auf die Biodiversität ihres neuen Lebensraums aus, beispielsweise durch Prädation oder als Folge eines erhöhten Konkurrenzdrucks. Ebenso können Neobiota wirtschaftlichen Schaden anrichten, etwa als Forst- und Landwirtschaftsschädling.

Das Bundesamt für Naturschutz zählt aktuell mehr als 800 Tier- und Pflanzenarten, die aus fremden Gebieten nach Deutschland eingewandert sind (alleine im Rhein gibt es inzwischen 20 Fische und Krebse, die hier nicht ursprünglich vorkommen). Bei den Wirbeltieren stuft das BfN 18 von insgesamt 44 Arten als „invasiv“ und damit besonders problematisch ein. Dazu gehören etwa der Waschbär (der in Karlsruhe noch nicht groß in Erscheinung getreten ist) oder die Grundel, die 2008 erstmals im Rhein entdeckt wurde und heimische Muschelarten dezimiert.

Bei den Pflanzen gelten 33 von knapp 430 Arten als invasiv. Eine solche Problemart in Karlsruhe mit Ausbreitungsschwerpunkt im Hardtwald ist die Amerikanische Traubenkirsche (*Prunus serotina*). Die schnell wachsende Baumart schränkt hier akut die Verjüngung heimischer Eichen und Hainbuchen ein und verdrängt andere Sträucher im Unterwuchs der Bäume. Als weitere invasive Pflanzenarten mit einem besonders dominanten Wuchsverhalten lassen sich unter anderem die Kanadische und Späte Goldrute (*Solidago canadensis* bzw. *gigantea*) oder der Japanische Staudenknöterich (*Fallopia japonica*) nennen. Beide kommen auch sehr vereinzelt in Karlsruhe vor. Entgegen der landläufigen Meinung ist das vor allem in Flussauen und feuchten Waldstandorten verbreitete Indische Springkraut (*Impatiens glandulifera*) dagegen nur als potenziell invasiv eingestuft, da noch keine gesicherten Belege dafür existieren, dass heimische Pflanzen tatsächlich verdrängt werden. Eine weitere invasive Art, die speziell in Karlsruhe Probleme bereitet, ist die Kermesbeere. Die aus Nordamerika stammende Art breitet sich enorm auf

sonnigen Rohböden des Hardtwaldes aus. Sie ist nur durch Ausgraben der tiefen Pfahlwurzel einzudämmen und verhindert ihrerseits die Naturverjüngung der heimischen Eichen und Kiefern sowie der gewünschten Magerrasenarten (zum Beispiel Zypressen-Wolfsmilch).



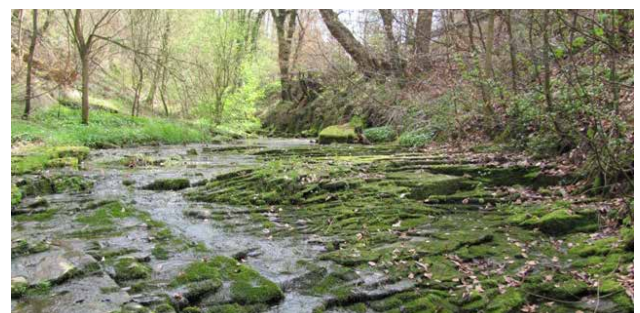
Zu den in der Region Karlsruhe bereits etablierten „Problemarten“ zählen auch der Ochsenfrosch (*Rana catesbeiana*) und das der Bismarckratte ähnliche Nutria (*Myocastor coypus*)

Bereits im Kapitel „Gesundheit“ näher ausgeführt wurde das Beispiel der Beifuß-Ambrosie. Sie stellt zwar keine übermäßige Konkurrenz für heimische Arten dar, verfügt aber über ein hohes allergenes Potenzial. Auffällig ist zudem, dass immer mehr exotische Gartengewächse verwildern (zum Beispiel Kirschlorbeer, Sommerflieder) und sich natürlich ausbreiten. Dies könnte einheimischen Pflanzen zukünftig weitere Probleme bereiten.

Auswirkungen auf Lebensräume und Schutzgebiete

Ähnlich wie bei den Arten besteht auch bei den Lebensräumen ein starker Zusammenhang zwischen Wasserabhängigkeit und negativen Einflüssen des Klimawandels. Vermehrte sommerliche Trockenheit kann zum Beispiel Moorstandorte und Bruchwälder, die durch ganzjährig hohe Wasserstände gekennzeichnet sind, beeinträchtigen. Still- und Fließgewässer können über längere Zeit Niedrigwasser führen (und sind damit anfälliger für die Anreicherung mit Nähr- und Schadstoffen), Kleingewässer sogar zeitweise austrocknen. Ebenso nimmt mit steigenden Temperaturen der Sauerstoffgehalt im Wasser ab. Speziell bei Seen verlängert sich die Stagnationsphase, was zu einer früheren Sauerstoffzehrung im Tiefenwasser und einer schnelleren

Algenvermehrung im Oberwasser führt. Standorte wie Heiden, Fels- oder Schuttbiootope profitieren dagegen von trockeneren und wärmeren Sommern. Auch sonstige sonnenexponierte Habitate wie Magerrasen, -wiesen und -weiden werden tendenziell weniger vom Klimawandel betroffen sein. Auf die Auswirkungen für Waldstandorte wurde bereits im Kapitel „Wald“ näher eingegangen.



Feuchtlebensräume in Karlsruhe: Feuchtwiese im NSG/LSG Burgau, NSG Kleiner Bodensee, Wettersbach (LSG Wettersbacher Wald - Hatzengraben)

Die genauen Folgen für bestehende Schutzgebiete in Karlsruhe lassen sich derzeit noch nicht absehen. Aufgrund der genannten allgemeinen Tendenzen ist aber damit zu rechnen, dass temporäre Gewässer in der Rheinniederung (NSG „Burgau“ und NSG „Fritschlach“) und der Kinzig-Murg-Rinne (zum Beispiel LSG „Südliche Hardt“ und NSG „Weingartener Moor - Bruchwald Grötzingen“) früher und gegebenenfalls stärker austrocknen. Ebenso werden Wiesen wechsel-feuchter und feuchter Standorte längeren Trockenperioden ausgesetzt sein, was gegebenenfalls Veränderungen des Pflegeregimes erforderlich macht. Das Vorkommen von Arten wird sich entsprechend verschieben. Die Magerrasen und Trockenrasen der Hardtplatten, zum Beispiel im NSG „Alter Flugplatz Karlsruhe“

und im Hardtwald nördlich und südlich von Karlsruhe können von dem allgemeinen Trend der Erwärmung profitieren, wenn es gelingt, die sich stark ausbreitenden Neophyten einzuschränken. Genaue Entwicklungstendenzen und Artverschiebungen können allerdings nur durch ein genaues und langfristig angelegtes Monitoring erfasst werden.



Trockenlebensräume in Karlsruhe: Borstgrasrasen auf dem Alten Flugplatz, Sanddüne in Neureut-Unterfeld, Bahndammvegetation bei Knielingen

Anpassungsmöglichkeiten und bisherige Aktivitäten

Bei der Entwicklung von möglichen Anpassungsmaßnahmen gilt generell: Je größer die biologische Vielfalt eines Ökosystems ist, umso elastischer kann es auf Veränderungen reagieren. Neben der Stabilisierung vorhandener Schutzgebiete besteht deshalb ein zentraler Ansatz darin, die klimabedingten Wander- und Ausweichbewegungen von Arten zu unterstützen und ein ausreichend dichtes Netz an Lebensräumen anzubieten. Ein solcher Biotopverbund stellt für viele Arten eine wesentliche Voraussetzung dar, um sich an den Klimawandel anpassen zu können. Er wirkt zudem dem Verinselungseffekt einzelner Biotope und damit

einer genetischen Verarmung entgegen und erhöht als Nebeneffekt die Qualität der landschaftsgebundenen Erholung. Darüber hinaus sind auch artspezifische Unterstützungsmaßnahmen sinnvoll und notwendig, wozu unter anderem die gezielte Bekämpfung invasiver „Problemarten“ gehört.

Aufbau eines Biotopverbunds und Stabilisierung von Schutzgebieten/Feuchtlebensräumen

Ausgehend von einer bundesweiten Biotopverbundplanung hat das Land Baden-Württemberg Grundlagen für einen landesweiten Biotopverbund unter Berücksichtigung des Generalwildwegeplanes erarbeiten lassen. Das Regierungspräsidium Karlsruhe verfeinert diese Planungen derzeit für die Ebene des Regionalplans. In einem weiteren Schritt sollen auf Land- und Stadtkreisebene nach einer landesweit einheitlichen Systematik ergänzende Biotopverbundplanungen erarbeitet werden.

Die Stadt Karlsruhe war die erste Kommune in Baden-Württemberg, die nach dieser neuen Vorgehensweise 2008 einen Biotopverbundplan für den Außenbereich in Auftrag gegeben hat. Als Datengrundlage dienten neben vorhandenen Schutzgebietsinformationen und Pflegeplänen unterschiedliche Kartierungen (§32-Biotope, Streuobstwiesen-, Grünlandkartierung etc.) und Einzelgutachten, die im Rahmen der Studie zusammengeführt wurden. Mit der Biotopverbundplanung sollen drei wesentliche Ziele erreicht werden:

- Langfristiger Schutz möglichst großer Kern- und Entwicklungsgebiete (im wesentlichen die bisherigen Gebiete mit besonderem Schutzstatus)
- Langfristiger Schutz möglichst zahlreicher Trittsteinbiotope
- Punktuelle und großflächige Barrieren entschärfen bzw. beseitigen

Dazu wurden entsprechende Gebiete und Flächen in einer Karte hinterlegt (Abbildung 51) und besondere Einzelmaßnahmen vorgeschlagen, die sich an den Hauptbiotoptypen in Karlsruhe orientieren, wie die nachfolgenden Auszüge veranschaulichen sollen:

- Feuchtlebensräume und Gewässer
 - Konzepte für die Regulierung des Wasserhaushalts von Feuchtgebieten erstellen, insbesondere für
 - ehemalige Wässerwiesen (zum Beispiel Neureuter Niederung, Burgau)
 - Moore der feuchten Randsenken der Rheinniederung (zum Beispiel Fritschlach)
 - Flächen der Kinzig-Murg-Rinne (zum Beispiel Giesbachniederung/Brühl, Hub)
 - Verbund von Feuchtlebensräumen verbessern
 - Durchgängigkeit des Wasserkörpers von Fließgewässern herstellen bzw. verbessern (Alb, Pfingst, Giesbach, Alte Bach, Federbach)
 - Fließgewässer als Verbundachsen aufwerten
 - Naturnahe Umgestaltung von dauerhaft

- und periodisch wasserführenden Gewässern
- Überflutungsflächen schaffen
- breite Begleitstreifen mit extensiver Nutzung
- Randstreifen
- Gewässerentwicklungspläne erstellen, bzw. ergänzen und aktualisieren
- Pflegekonzepte für Ufer und Randbereiche von Fließgewässern und Gräben
- Entnahme von Wasser aus Seen und Fließgewässern überprüfen und von oberflächennahem Grundwasser
- Optimierung der Vernetzung von Schwerpunktgebieten der Wälder und
- Jungwälder nasser Standorte insbesondere in der Rheinaue
- Trockenlebensräume
 - Nördliche Niederterrasse: Optimierung der Vernetzung von zum Teil stark isoliert gelegenen Schwerpunktgebieten der Mager- und Rohbodenbiotope sowie der Wälder trocken-warmer Standorte
- Extensive Kulturlebensräume
 - Vernetzung von Schwerpunktgebieten der extensiven Kulturlandschaft insbesondere in den Naturräumen Kraichgau und Nordschwarzwald
 - Stabilisierung und Aufwertung von Streuobstbeständen
 - Pflege artenreicher Mähwiesen

Kernbestandteil der für den Biotopverbund vorgesehenen Flächen bilden die bestehenden Schutzgebiete nach Naturschutzrecht: Dabei handelt es sich um sechs (mit Ausnahme des Alten Flugplatzes vorwiegend feuchtegeprägte) Naturschutzgebiete (NSG), insgesamt 17 Landschaftsschutzgebiete (LSG) und - neben zahlreichen Einzelbäumen - drei flächenhafte Naturdenkmale. Außerdem sind im Stadtkreis neun Natura 2000-Gebiete (FFH-Gebiete, Vogelschutzgebiete) zu finden, wobei diese in der Regel die Natur- und Landschaftsschutzgebiete überlagern.

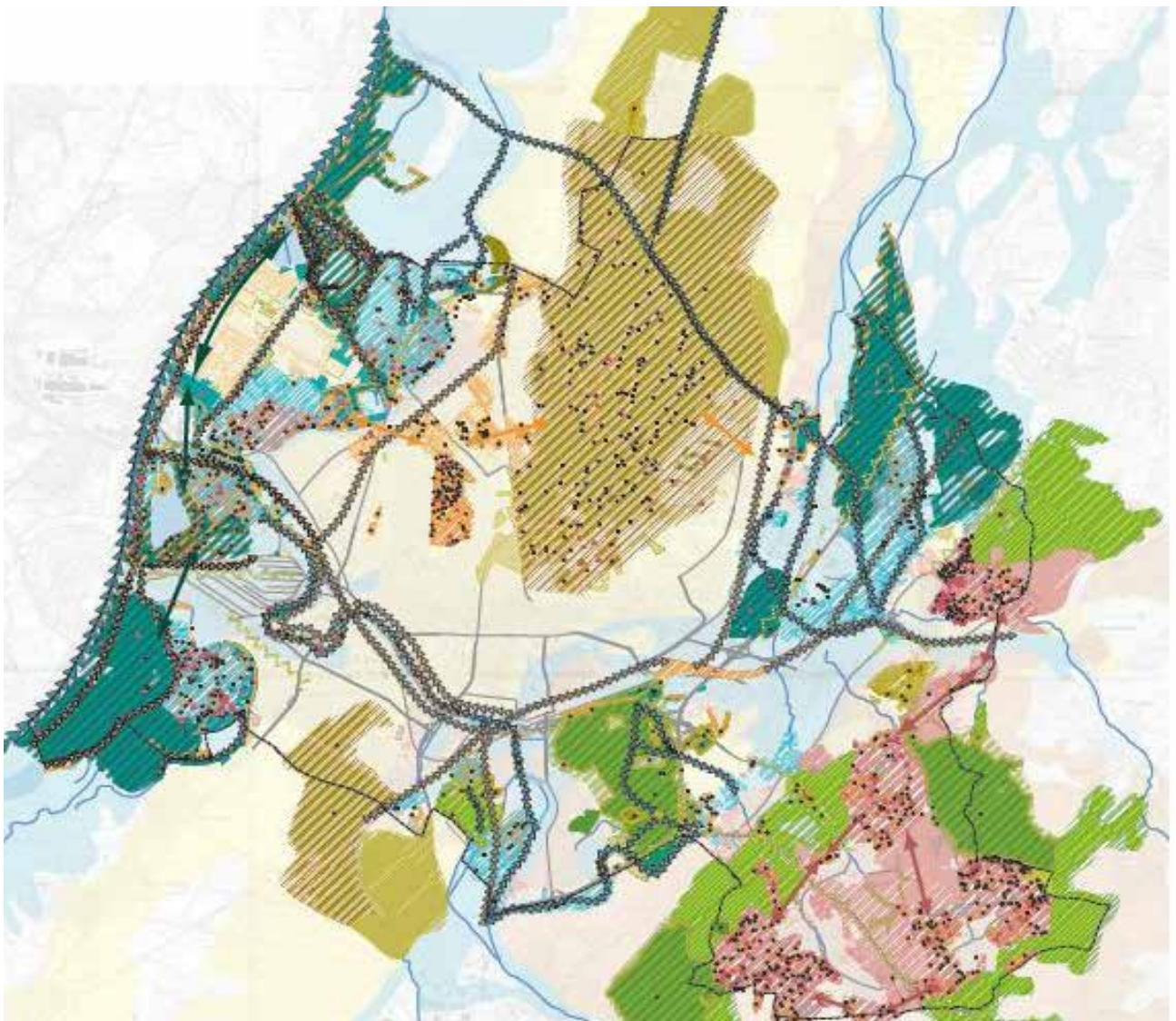


Abb. 51: Zielkarte für die Biotopverbundplanung (Quelle: Umwelt- und Arbeitsschutz, www.karlsruhe.de/b3/natur_und_umwelt/naturschutz/biotopverbund.de)

Wie aus der Auflistung ersichtlich, widmet sich ein größerer Teil der Maßnahmenvorschläge für den Biotopverbund dem Erhalt und der Stabilisierung von Feucht-lebensräumen und ihres natürlichen Wasserhaushalts. Da gerade diese Lebensräume durch den Klimawandel besonders gefährdet sind, stellt dies neben dem eigentlichen Biotopverbund eine weitere wichtige Anpassungsmaßnahme für den Naturschutz dar. Das entspricht auch den Empfehlungen der Naturschutzstrategie Baden-Württemberg: Unter der Fragestellung „Klimawandel und biologische Vielfalt - welche Anpassungen von Naturschutzstrategien sind erforderlich?“ wurde hier die Sicherung von Feuchtbiotopen und die Regeneration von Mooren als eines von fünf Hauptansatzpunkten definiert.

In Karlsruhe konnten diesbezüglich bereits in der Vergangenheit einige Erfolge erzielt werden. Im Rahmen des von der EU geförderten LIFE-Projekts „Lebendige Rheinaue bei Karlsruhe“ (Laufzeit 2004 bis 2010) wurden beispielsweise entlang der Rheinniederung mehrere unterschiedliche Feuchtgebiete neu geschaffen. Im Stadtkreis Karlsruhe umfasste die Maßnahmenliste unter anderem die Anbindung der oftmals trockengefallenen Schlute beim Ölhafen an die Wasserführung der Alb oder die Schaffung eines zusätzlichen Stillgewässers im „Jagdgrund“ (NSG Fritschlach). Aktuell werden im Rahmen eines durch das Bundesamt für Naturschutz geförderten Projekts temporäre Gewässer für die Zielart Gelbbauchunke angelegt



Albschlute beim Ölhafen

Artspezifische Unterstützungsmaßnahmen

Unter artspezifischen Unterstützungsprogrammen sind Maßnahmenpakete zu verstehen, die dem Fortbestand einzelner Arten in ihren natürlichen Lebensräumen oder adäquaten Ersatzlebensräumen dienen sollen. Man könnte sie auch als „Feuerwehrprogramme“ bezeichnen. Maßgebliches Kriterium für die Ergreifung gezielter Artenschutzmaßnahmen ist die Gefährdung und die Seltenheit einer Art. Es können aber auch andere Gründe eine Rolle spielen: So wurden in der Vergangenheit oftmals besonders attraktive Arten zum Schutzobjekt erklärt (zum Beispiel Orchideen). Gerne

werden auch Arten, die aufgrund ihrer Bekanntheit oder Beliebtheit allgemein als schützenswert anerkannt sind, als „Leit- oder Schirmarten“ benutzt, etwa der Storch, der Laubfrosch oder die Wildkatze. Absehbare Risiken durch den Klimawandel spielen dagegen bislang in der Regel (noch) keine bzw. nur eine untergeordnete Rolle.

Das gilt auch für die Artenschutzmaßnahmen, die in Karlsruhe in den letzten Jahren realisiert wurden oder derzeit durchgeführt werden. Als Beispiele lassen sich unter anderem das sehr umfassende Schutzprogramm für den Heldbock, der Schutz des Arznei-Haarstrangs auf den Hochwasserdämmen im Schleher, der Gelbbauch-Unke in temporären Gewässern in Grötzingen an der B 3 oder in der Rheinniederung bei Knielingen sowie des Schlammpeitzgers in den Gräben im NSG/LSG „Burgau“ nennen. Allerdings ergeben sich dabei oftmals größere Schnittmengen, etwa wenn es sich bei den ausgewählten Arten um solche mit einem hohem Spezialisierungsgrad oder sehr spezifischen Biotopansprüchen (insbesondere Feuchtlebensräume) handelt und diese deshalb als sehr klimasensibel einzustufen sind. Dazu gehören etwa die Schutzmaßnahmen für den bereits erwähnten seltenen Wiesenknop-Ameisenbläuling, dessen Bestand in Karlsruhe über ein spezielles Mahd- und Bewirtschaftungsregime für frische Wiesen mit dem Großen Wiesenknopf gesichert wird.



Beispiel Heldbock: Ein Kernbestandteil der Schutzmaßnahmen besteht darin, alte, absterbende Eichen so lange wie möglich zu erhalten. Dazu sind gezielte, manchmal sehr aufwändige Rückschnitte erforderlich, insbesondere dann, wenn die Verkehrssicherheit nicht mehr gewährleistet ist (wie hier links im Bild an der prägnanten „Hägenich“-Eiche in Rüppurr). In einigen Fällen werden auch Stahlstützen angebracht, um eine Fällung zu vermeiden bzw. hinauszuzögern (Bild rechts: Gestützte Heldbock-Alteiche beim Wildparkstadion).

Bekämpfung invasiver Arten

Zur Erhaltung der ursprünglichen Ökosysteme werden in Karlsruhe unterschiedliche Maßnahmen zur Zurückdrängung invasiver Arten ergriffen. Aus Naturschutzsicht ist hier insbesondere die Amerikanische Traubenkirsche relevant: Mitarbeiter der Forstverwaltung bekämpfen diese im Hardtwald an mehreren Stellen vorrangig durch händisches Herausreißen oder auf größeren Flächen mit maschineller Unterstützung. An einzelnen Schwerpunkten insbesondere im Oberreuter Hardtwald erfolgt neuerdings ein gezielter Herbizideinsatz. Dieses Verfahren wurde in Abstimmung mit den Naturschutzverbänden bereits im nördlichen Hardtwald (Staatswald) erfolgreich getestet und ist im Zielkatalog des Maßnahmenplans zum FFH-Gebiet Hardtwald als Erhaltungsmaßnahme vorgesehen. Auch auf dem Alten Flugplatz und in der südlichen Hardt finden Aktionen gegen die Traubenkirsche statt. In kleinerem Umfang werden dazu Schulklassen aktiviert, die im Rahmen des Projekts „Schüler erleben Naturschutz“ Jungpflanzen ausgraben. Arbeiten in größerem Umfang waren in der Vergangenheit häufig auch als Kompensationsmaßnahme für Eingriffe an anderer Stelle angelegt (insbesondere Einsatz von Arbeitspferden zum Herausziehen der Wurzelstöcke kleinerer Bäume). Als weitere Problemarten in Karlsruhe, bei denen Bekämpfungsmaßnahmen laufen, lassen sich die Beifuß-Ambrosie und der Eichenprozessionsspinner (siehe dazu näher im Kapitel „Gesundheit“) sowie die Kastanienminiermotte und der Japanische Staudenknöterich nennen (siehe im Kapitel „Stadtgrün“).



Raus damit: Bekämpfung der Amerikanischen Traubenkirsche mit dem Pferd

Strategie für Karlsruhe

Die vorgenannten Ausführungen zeigen die Notwendigkeit, bisher formulierte Zielsetzungen für dynamische Prozesse zu öffnen. Hierzu gehört insbesondere die Akzeptanz von Zuwanderungen und Arealverschiebungen als unvermeidlicher Anpassungsprozess an den Klimawandel. Erhaltungsmaßnahmen an sich werden das Verschwinden von einzelnen Arten nicht vollständig unterbinden können. Der Naturschutz muss des-

halb neu justieren, was es langfristig zu schützen gilt und hierfür Bewertungskriterien entwickeln: Was sind noch sinnvolle Erhaltungsmaßnahmen? Welche alteingesessenen und nun bedrohten Arten sind weiterhin zu schützen, welche müssen unter Umständen „aufgegeben“ werden? Welche neuen Arten bedürfen besonderen Schutz oder müssen bekämpft werden? Die standörtlichen Unterschiede von Naturschutzflächen im Vergleich zur „Normallandschaft“ machen Schutzgebiete dabei auch in Zukunft zu unverzichtbaren Lebensstätten. Die Schutzziele für einzelne Gebiete werden aber flexibler gestaltet (keine Beschränkung auf nur wenige Arten) und im größeren Verbund gedacht werden müssen. Da sich die geschilderten dynamischen Veränderungen über lange Zeiträume erstrecken, ist zudem ein kontinuierliches Bestandsmonitoring unverzichtbar, um frühzeitig auf neue Entwicklungen reagieren zu können.



Bestandserhebung im Bereich Almendgraben (NSG/LSG Burgau)

Über diese allgemein gültigen Überlegungen hinaus sollen in den nächsten Jahren im Wesentlichen zwei Ziele als strategischer Ansatz in Karlsruhe verfolgt werden:

Zum einen gilt es die vorhandenen konzeptionellen Grundlagen für den Karlsruher Biotopverbund Schritt für Schritt umzusetzen und die Vernetzung von Schutzgebieten und Trittsteinbiotopen zu verbessern. Das ist größtenteils „Alltagsarbeit“ sowohl der Naturschutzverwaltung als auch anderer beteiligter Ämter und Akteure (Gartenbauamt, Tiefbauamt, Liegenschaftsamt), indem beispielsweise die formulierten Maßnahmenvorschläge im Rahmen der Landschaftspflege oder bei der Ausgestaltung des Vertragsnaturschutzes Berücksichtigung finden. Außerdem bietet die Verbundplanung konkrete Anhaltspunkte für gezielte Ausgleichsmaßnahmen und den Flächenerwerb. Darüber hinaus müssen die Ergebnisse aber auch in übergeordnete Planungen verbindlich einfließen. Neben der Darstellung der Kernflächen und Verbundbeziehungen im Flächennutzungs- und Landschaftsplan wird hier insbesondere der Ableitung eines erweiterten Schutzgebietskonzeptes große Bedeutung beigemessen, das nach derzeitigem Stand folgende Schwerpunktbereiche umfassen soll:

- Ausweisung von Landschaftsschutzgebieten
 - Gießbachniederung
 - Freiflächen um Wolfartsweiler
 - Eisenhafengrund
- Ausweisung von Flächenhaften Naturdenkmälern
 - Albtal (Daxlanden / Grünwinkel)
 - Grüner Weg West (Neureut)
 - Rennbuckel (Nordweststadt)
 - Bartengrund (Grötzingen)
 - Münchsberg (Grötzingen)
 - Rotberg (Grötzingen)
 - Schaffenäcker (Grötzingen)
 - Schlangenbergr (Grötzingen)
 - Schönberr (Stupferich)

In dem Zusammenhang ist zusätzlich vorgesehen, den Schutzzweck alter Landschaftsschutzgebietsverordnungen kritisch zu überprüfen und gegebenenfalls zu aktualisieren (betrifft insbesondere das LSG Vorderau).



Oben: Vorgesehenes LSG Eisenhafengrund
Unten: Rennbuckeldüne in der Nordweststadt

Wie bereits aufgezeigt, gibt es in Karlsruhe eine Reihe von Aktivitäten zum Schutz einzelner besonders gefährdeter Arten. Ein umfassendes Schutzkonzept liegt aber noch nicht vor. Als zweiter Ansatzpunkt wird deshalb die Erarbeitung eines kommunalen Artenschutzkonzeptes unter besonderer Berücksichtigung des Klimawandels angestrebt, das sich aus folgenden Bausteinen zusammensetzt:

- Identifikation von Arten, für die Karlsruhe eine überdurchschnittliche Verantwortung hat
- Vorkommen der Arten erfassen
- Chancen des Bestandserhaltes insbesondere unter dem Blickwinkel des Klimawandels abschätzen
- Nachhaltige Maßnahmen zur Stabilisierung des Bestands ausarbeiten und umsetzen
- Langfristiges Monitoring initiieren

Ähnlich wie beim Vorgehen zur Biotopverbundplanung kann ein solches Projekt nicht losgelöst von den Aktivitäten auf Bundes- und Landesebene angegangen werden. Wichtige Grundlagen stellen deshalb das Artenschutzprogramm Baden-Württemberg und das Zielartenkonzept des Landes (ZAK) dar, in das bereits erste Erkenntnisse aus Forschungsvorhaben zum Klimawandel wie dem KLARA-Verbund eingeflossen sind. Auf Bundesebene läuft derzeit unter Regie des BfN ein Forschungsprojekt, das die Anpassungskapazität ausgewählter prioritärer Tier- und Pflanzenarten (ca. 50 Arten) im Hinblick auf potenzielle Habitatänderungen durch den Klimawandel untersucht. In einem weiteren Schritt sollen dann konkrete Maßnahmen für die Naturschutzpraxis erarbeitet werden (das Projekt läuft noch bis Ende 2013).

Ein wesentliches Ziel, das mit der vom Gemeinderat beschlossenen Unterzeichnung der Deklaration „Biologische Vielfalt in Kommunen“ und dem Beitritt zum Bündnis „Kommunen für biologische Vielfalt“ (Sitzung vom 16.10.2012) einhergeht, ist ein intensiverer Erfahrungsaustausch zu speziellen naturschutzrelevanten Fragestellungen wie der Anpassung an den Klimawandel. Erfolgreiche Ansätze anderer Mitgliedskommunen könnten so auch Vorbild für gezielte Aktionen in Karlsruhe sein.

4.9 Auswirkungen auf Gewässer



4.9 Auswirkungen auf Gewässer

Die Gesamtlänge der auf Karlsruher Gemarkung verlaufenden Fließgewässer beträgt fast 207 Kilometer, wovon 137 Kilometer ständig Wasser führen. Dazu gehören neben dem Rhein, der als europäischer Strom die westliche Stadtgrenze zu Rheinland-Pfalz bildet, insbesondere die Flüsse Alb und Pfinz sowie der Pfinz-Entlastungskanal. Außerdem durchziehen über 100 weitere Gräben und kleinere Bäche das Stadtgebiet. Durch die Tendenz zur Verlagerung von Niederschlägen in das Winterhalbjahr und trockeneren Sommern wird der Klimawandel auch Folgen für die Fließgewässer in Karlsruhe haben. Jedenfalls zeigen die Projektionen, dass in Zukunft vermehrt mit Hochwasserereignissen zu rechnen ist, was höhere Anstrengungen für den vorsorgenden Hochwasserschutz erforderlich macht. Auf der anderen Seite führen zunehmende Niedrigwassersituationen im Sommer zu ökologischen Problemen und wirtschaftlichen Einschränkungen.

Klimafolgen

Baden-Württemberg ist Partner im bundesländerübergreifenden Kooperationsverbund KLIWA (Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft). Mit dem langfristig angelegten Projekt sollen mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt der Flussgebiete in Süddeutschland untersucht, Konsequenzen aufgezeigt und Handlungsempfehlungen für die wasserwirtschaftliche Planung entwickelt werden. Als wichtige Grundlagenarbeit wurden unter anderem umfangreiche Datenauswertungen und Modellprojektionen sowohl für Hoch- als auch Niedrigwasser durchgeführt.

Hochwasser

Die bisherigen Untersuchungen im Rahmen von KLIWA zeigen, dass Hochwasserereignisse in den letzten 30 Jahren häufiger auftraten als in früheren Jahrzehnten. Simulationsergebnisse des Wasserhaushalts bis zur Mitte des Jahrhunderts belegen zudem, dass in Baden-Württemberg die Hochwasserabflüsse besonders im Winter an fast allen Pegeln aufgrund der Klimaänderung zunehmen werden. Das gilt vor allem für kleine und mittlere Hochwasserereignisse. In eingeschränktem Maße aber auch für extreme Hochwasser mit einer statistisch hohen Wiederkehrzeit, wobei sich die regionalen Unterschiede auch in den zu erwartenden Hochwasserabflüssen niederschlagen.

Um die Wahrscheinlichkeit für zunehmende Hochwasserereignisse in den jeweiligen Regionen besser abbilden zu können, wurden Faktorenkarten entwickelt. Diese geben an, welcher Faktor bei der Hochwasserprognose (und bei der Bemessung technischer Hochwasserschutzmaßnahmen) zukünftig berücksichtigt werden soll (siehe Abbildung 52). Während die Alb auf Karlsruher Gemarkung in die Faktorengruppe 2 fällt, wird die Pfinz weitgehend der Faktorengruppe 3 zugeordnet. Das bedeutet etwa, dass die Abflusswahrscheinlichkeit für ein Hochwasserereignis, das heute im Mittel etwa alle fünf Jahre auftritt (HQ_5), bei der Alb langfristig um 45 % (Faktor 1,45), bei der Pfinz um 65 % (Faktor 1,65) steigt. Für ein 100-jährliches Hochwasser (HQ_{100}), das zugleich Bemessungsrahmen für die Planung der meisten Hochwasserschutzanlagen ist, beträgt der Klimafaktor jeweils 1,15.

Klimaänderungsfaktoren $f_{(T,K)}$

T (Jahre)	1	2	3	4	5
2	1,25	1,50	1,75	1,50	1,75
5	1,24	1,45	1,65	1,45	1,67
10	1,23	1,40	1,55	1,43	1,60
20	1,21	1,33	1,42	1,40	1,50
50	1,18	1,23	1,25	1,31	1,35
100	1,15	1,15	1,15	1,25	1,25
200	1,12	1,08	1,07	1,18	1,15
500	1,06	1,03	1,00	1,08	1,05
1000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Bemerkung: Für Jährlichkeiten $T > 1000$ a ist der Faktor gleich 1,0

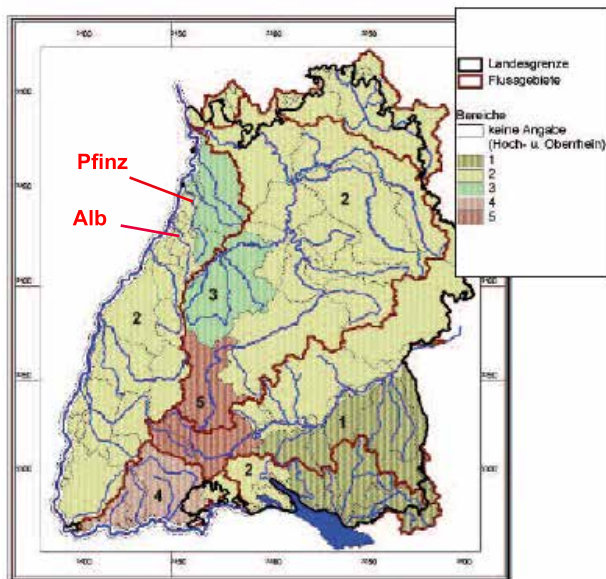


Abb. 52: Klimaänderungsfaktoren für Hochwasserereignisse in Baden-Württemberg (Quelle: LUBW/LfU Bayern u.a. 2012, S. 19)

Der Oberrhein war in diesen Projektionen bislang nicht enthalten. Neuerdings liegen aber auch für dieses Gewässer belastbare Klimaprojektionen vor. Außerdem konnten die Wasserhaushaltsmodelle so weiterentwickelt werden, dass unter anderem die Retentionswirkung des Bodensees und der großen Alpenrandseen enthalten und das gesamte Rheineinzugsgebiet bis zum Pegel Worms (ca. 69.000 km²) berücksichtigt ist. Die Wasserführung des Oberrheins wird insbesondere durch die Abflussbildung in den Schweizer Alpen be-

einflusst, also durch den jahreszeitlichen Verlauf von Schneeaufbau und Schneeschmelze. Somit treten die höchsten Wassermengen in der Regel im Frühjahr auf. Eine Ausnahme war unter anderem das Hochwasser im August 2007, als starke Gewitterschauer den Sommer durchnässten. Erste Analysen der relativen Änderungen zwischen dem Zukunftsszenario (Periode 2021 bis 2050) und dem Ist-Zustand (1971 bis 2000) für die Rheinpegel ergaben, dass für die mittleren Hochwasserabflüsse keine wesentlichen Änderungen zu erwarten sind. So wurden im Winterhalbjahr (November bis April) Zunahmen von weniger als 10 % simuliert. Im Sommerhalbjahr ist mit Ausnahme der Monate Mai und Oktober sogar mit geringen Abnahmen der mittleren Hochwasserabflüsse zu rechnen. Aus heutiger Sicht ist also in der nahen Zukunft an den Rheinpegeln von keiner wesentlichen Verschärfung der mittleren Hochwasserabflüsse auszugehen. Das muss aber nicht heißen, dass das auch für extreme Hochwasserabflüsse mit hoher Jährlichkeit zutrifft. Diese Fragestellung ist derzeit Gegenstand weiterer Untersuchungen.

Hochwasserereignisse können im Katastrophenfall zu erheblichen wirtschaftlichen Schäden führen. In den vergangenen Jahrzehnten beliefen sich die volkswirtschaftlichen Folgekosten durch extreme Hochwasserereignisse in Deutschland auf über 13 Milliarden Euro. Alleine das Hochwasser im Einzugsgebiet der Elbe im August 2002 verursachte Schäden in Höhe von über acht Milliarden Euro. Lang anhaltende Hochwasser können die Erdwälle durchweichen und damit die Durchbruchgefahr erhöhen. Bei Überschwemmungen ergeben sich zudem Gefahren für die Umwelt zum Beispiel durch die Kontaminationen mit wassergefährdenden Stoffen, die aus ungesicherten Anlagen im Überflutungsgebiet austreten (private Heizöltanks, betriebliche Anlagen etc.).

Auch in Karlsruhe kam es in den letzten Jahrzehnten zu Hochwasserereignissen mit Überschwemmungen, wobei es die Hochwasser der Alb, nicht die des Rheins waren, die zu größeren Schäden führten.

Als kurzer Mittelgebirgsfluss ist die Alb anfällig für plötzlich auftretendes Hochwasser nach starken Niederschlägen im Nordschwarzwald. Im Gegensatz zum Rheinhochwasser steigt der Wasserstand hier sehr viel schneller; die Vorwarnzeit ist dadurch vergleichsweise kurz. In den Jahren 1970, 1978 und 1983 führten extreme Albhochwässer zu örtlichen Überschwemmungen in den Stadtteilen Knielingen, Mühlburg, Daxlanden und Grünwinkel. Beim Albhochwasser vom Mai 1978 wurde sogar die Autobahn bei der Anschlussstelle Rüppurr/Ettlingen überschwemmt und musste kom-

plett gesperrt werden. Als Konsequenz daraus wurde im Süden von Karlsruhe im Zeitraum von 1983 bis 1990 ein System von Rückhalteräumen zum Schutz vor einem 100-jährlichen Hochwasser errichtet. Es umfasst Retentionsflächen im Weiherwald, in den Rüppurr Salmenwiesen sowie im Oberwald. Je nach Hochwasserintensität werden diese in der entsprechenden Reihenfolge nacheinander geflutet. Seither hat sich die Hochwassergefahr in den genannten Stadtteilen deutlich entspannt. Allerdings lagen zwei weitere extreme Hochwasserereignisse vom Oktober 1988 und März 2002 deutlich über dem damals planfestgestellten Bemessungshochwasser und führten in Rüppurr zur Vernässung zahlreicher Landwirtschaftsflächen und großräumigen Kellervernässungen durch ansteigendes Grundwasser.



Oben: Überflutete Autobahnausfahrt Karlsruhe-Rüppurr im Zuge des Albhochwassers vom Mai 1978

Unten: Gesperrter Fahrradweg bei der Bulacher Albbrücke (Dezember 2010)

Der Rhein ist bislang noch nicht über die Hochwasserdämme in der Region geflossen. Dazu müsste er einen Pegel von neun Meter übersteigen. Der bislang höchste Wasserstand beim Pegel Maxau wurde am 13. Mai 1999 mit 8,83 m registriert. Der hohe Wasserstand erstreckte sich damals über einen Zeitraum von fast zehn Wochen, weshalb die Dämme unter besonders intensiver Beobachtung standen (Durchweichungsgefahr). Weitere Höchststände wurden im Frühjahr 1983 (maximaler Pegelstand 8,59 m) und beim Augusthochwasser

2007 (8,57 m) erreicht. Im Gegensatz zu den beiden anderen Ereignissen wurde die Hochwasserwelle 2007 aber ohne Inanspruchnahme jeglicher Hochwasserrückhalteräume zwischen Basel und Iffezheim durchgeleitet, sonst wäre der Pegelstand um einige Dezimeter niedriger ausgefallen. Anzumerken bleibt, dass bei einem Extremhochwasser des Rheins vergleichbar mit einem Elbe-Szenario von 2002 (Dammbrüche) eine Überflutung des Karlsruher Stadtgebiets aufgrund der günstigen topographischen Gegebenheiten auf das Tiefgestade begrenzt bliebe. Betroffen davon wären die entsprechend tiefliegenden Wohngebiete in Daxlanden, Knielingen und Neureut und insgesamt ca. 1.000 Personen.



Hühnerlochwehr in Grötzingen: Am Überlaufwehr wird normalerweise das meiste Wasser in den Pfinzlauf geleitet. Bei Hochwasser läuft das Wasser in den Entlastungskanal (unteres Bild) über.

Aufgrund immer wiederkehrender Hochwasserschäden durch die Pfinz insbesondere in Grötzingen wurde im Rahmen der Pfinz-Saalbach-Korrektion in den 1930er Jahren der Pfinz-Entlastungskanal angelegt. Die letzten Arbeiten wurden 1962 beendet. Über das Hühnerlochwehr in Grötzingen ist seitdem ein geregelter Abfluss mit max. 5 m³/s in den weiteren Pfinzverlauf gewährleistet. Der Rest des Wassers wird bei höheren Wasserständen in den Pfinz-Entlastungskanal abgeleitet, wo zudem ein großer Hochwasserrückhalteraum zur Verfügung steht. Trotzdem besteht bei extremen Hochwasserereignissen weiterhin die grundsätzliche Gefahr von Überflutungen. Hier wären besonders die tiefliegenden Industrie- und Gewerbegebiete im Norden von Karlsruhe betroffen

Bei kleineren Fließgewässern, insbesondere den Gebirgsbächen aus den Höhenstadtteilen (zum Beispiel Wettersbach) ergibt sich aufgrund der Lage vor allem nach Extremniederschlägen ein sehr schneller Abflusssprozess und damit eine gewisse Hochwassergefahr. Dem wurde durch den Bau mehrerer Hochwasserrückhaltebecken begegnet.

Niedrigwasser



Oben: Niedrigwasser im Rhein im Oktober 2009
Unten: Niedrigwasser der Alb (nahe der Albschleuse) im April 2011

Als weitere Folge des Klimawandels dürften häufigere und länger andauernde Trockenperioden zum vermehrten Auftreten von Niedrigwasserphasen in den Fließgewässern führen. Die ausgeprägten Trockenjahre 1976 und 2003, aber auch kürzere Trockenperioden wie etwa im Frühjahr 2011 machen deutlich, dass die Gewässer vor allem in ihrer Funktion als Lebensraum von derartigen Extremereignissen beeinträchtigt sind, was bis zum vorübergehenden Austrocknen kleinerer Fließgewässer reichen kann. Steigende Wassertemperaturen führen zudem gerade in langsam fließenden und gestauten Gewässern zu einer deutlichen Verschlechterung der Sauerstoffverhältnisse, da die Löslichkeit von Sauerstoff ab- und die Sauerstoffzehrung durch Mikroorganismen zunimmt. In Karlsruhe traten bislang noch keine solchen besorgniserregenden Klimafolgen auf. Gravierende Auswirkungen sind darüber hinaus für (wasser)wirtschaftlich bedeutende Handlungsfelder wie etwa die Schifffahrt oder die Energieerzeugung

möglich (siehe dazu in den Kapiteln „Verkehr“ und „Energieversorgung“). Dies kann konkurrierende, sich verschärfende Nutzungsansprüche und wirtschaftliche Einbußen zur Folge haben.

Die vorliegenden Simulationen der Niedrigwasserabflüsse im Rahmen von KLIWA bis zum Jahr 2050 zeigen in den untersuchten Flussgebieten in den Monaten Juni bis November deutliche Abnahmen der mittleren monatlichen Niedrigwasserabflüsse. Diese liegen in vielen Flussgebieten bei mehr als 10 Prozent, auch insgesamt wird - mit Ausnahme des Einzugsgebiets der Nahe in Rheinland Pfalz - eine einheitlich abnehmende Tendenz erkennbar (vgl. Abbildung 53). Die stärksten Rückgänge sind demnach in den Herbstmonaten September bis November zu verzeichnen. Für Alb und Pfalz wird insgesamt zwar nur eine schwache Abnahme prognostiziert (im Gegensatz etwa zur Murg oder zum Neckar, für die eine deutliche Abnahme angenommen wird). Beide Gewässer verfügen aber generell über geringe Vorfüllungen und weisen bereits heute starke Niedrigwassertendenzen im Sommer auf. Die Niedrigwasserperioden werden in den meisten Regionen außerdem auch länger andauern: südlich einer Linie Karlsruhe - Coburg größtenteils um mehr als 50 Prozent, nördlich dieser Linie um 25 bis 50 Prozent.

Ausgenommen von dieser Betrachtung sind wiederum die Abflüsse des Rheins. Hier zeigen neueste Berechnungen eine Tendenz dahingehend, dass die Niedrigwasserabflüsse im Jahreswert im Zukunftsszenario etwas höher sind. Aus heutiger Sicht ist also an den Rheinpegeln keine Verschärfung der mittleren Niedrigwasserabflüsse bis zur Mitte des Jahrhunderts zu erwarten. Inwiefern das auch für extreme Niedrigwasserabflüsse gilt, wird derzeit noch untersucht.

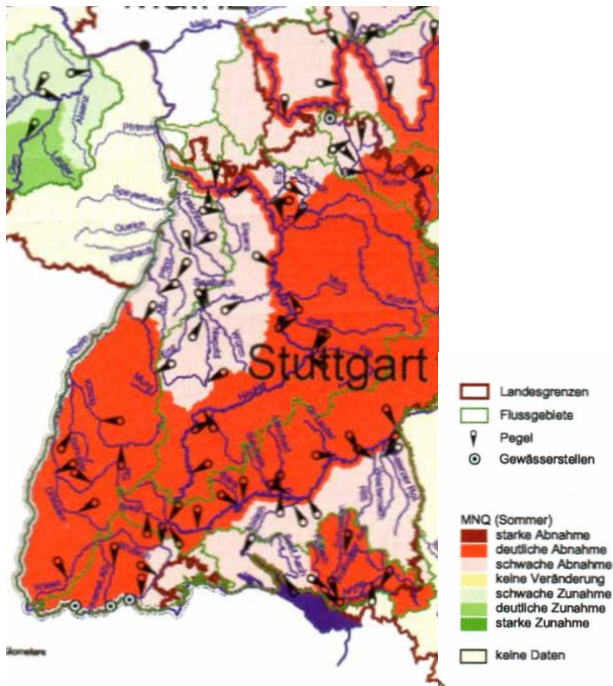


Abb. 53: Veränderung der sommerlichen Niedrigwasserabflüsse in der Zukunft (Quelle: LUBW/LfU Bayern u.a. 2012, S. 17). Die Karte zeigt die räumliche Verteilung der zu erwartenden Veränderungen des mittleren Niedrigwasserabflusses MNQ im Sommerhalbjahr (Juni bis November). Die unterschiedlichen Farben verdeutlichen die prozentuale Veränderung im Zeitraum 2021-2050 im Vergleich zur Periode 1971-2000.

Anpassungsmöglichkeiten und bisherige Aktivitäten

Hochwasserschutz

Die Anpassung von Hochwasserstrategien an neue Erkenntnisse gehört zum Grundverständnis des wasserwirtschaftlichen Handelns. Insofern erfordert der Klimawandel zwar gewisse Änderungen und eine höhere Flexibilität etwa hinsichtlich der Bemessung technischer Anlagen, aber keine grundsätzlich neue Herangehensweise beim Hochwasserrisikomanagement. Baden-Württemberg hat im Jahr 2003 in der Leitlinie „Hochwassergefahr und Strategien zur Schadensminderung“ eine 3-Säulen-Strategie entwickelt, die auch Grundlage für den Hochwasserschutz in Karlsruhe ist. Diese beinhaltet im Wesentlichen folgende Eckpunkte:

Technischer Hochwasserschutz

- Dämme, Deiche, Schutzmauern und mobile Wände
- Hochwasserrückhaltebecken und Talsperren
- Hochwasserentlastung durch Flutmulden und Umflutkanäle

Hochwasser-Flächenmanagement

- Wasserrückhalt in der Fläche durch Erhalt und Wiederherstellung von Retentionsräumen und versickerungsfähigen Böden

Hochwasservorsorge

- **Flächenvorsorge:** Flächenhafte Informationsgrundlagen über die Hochwassergefahr, planerische und rechtliche Sicherung sowie angepasste Nutzung hochwassergefährdeter Flächen
- **Bauvorsorge:** Anpassung der Bauweise und Ausrüstung von baulichen Anlagen/Gebäuden
- **Verhaltensvorsorge:** Rechtzeitige Hochwasserwarnung und planvolles Handeln vor und während des Hochwassers, Erstellung von Alarm- und Einsatzplänen (siehe dazu im Kapitel „Bevölkerungsschutz“)
- **Risikovorsorge:** Finanzielle Vorsorge für den Schadensfall durch Rücklagen und Versicherungen

Technischer Hochwasserschutz

Zur Vermeidung von Hochwasserschäden in besiedelten Gebieten haben Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes nach wie vor höchste Priorität. Dennoch sollte dabei nicht außer Acht gelassen werden, dass sie bei einem extremen Hochwasserereignis nur bis zu einer gewissen Grenze - dem festgelegten Bemessungshochwasser - Schutz bieten können. Hochwasserschutzanlagen werden häufig so dimensioniert, dass sie vor einem „Jahrhunderthochwasser“ schützen, das statistisch gesehen einmal in 100 Jahren vorkommt. Allerdings wird sich durch den Klimawandel die Eintrittswahrscheinlichkeit auch für solche extremen Hochwasserereignisse erhöhen. Aus Vorsorgegründen haben sich die Bundesländer Baden-Württemberg und Bayern 2005 deshalb dazu entschlossen, den bisherigen Weg bei der Festlegung von Bemessungsabflüssen zu modifizieren und einen „Lastfall Klimaänderung“ einzuführen. Dies erfolgt durch einen Zuschlag zum Bemessungswert, das heißt einen Klimaänderungsfaktor, der bei der Planung von neuen Hochwasserschutzmaßnahmen zukünftig berücksichtigt werden muss. Für Baden-Württemberg ergeben sich dabei je nach Flusseinzugsgebiet die eingangs in Abbildung 54 dargestellten fünf Faktorengruppen mit jeweils unterschiedlichen Klimaänderungsfaktoren.



Abb. 54: Exemplarische Darstellung für die Anwendung des Klimaänderungszuschlags. Der Freibord dient dazu, die Überströmung von Hochwasserschutzanlagen zum Beispiel in Folge von Wellen- und Windstau zu verhindern. (Quelle: LUBW/LfU Bayern u.a. 2012, S. 19)

In Karlsruhe wird der „Lastfall Klimaänderung“ bei der Wiederherstellung des 100-jährlichen Hochwasserschutzes der Alb berücksichtigt. Für dieses Vorhaben gründeten die Städte Ettlingen und Karlsruhe im Jahr 2002 eine Planungsgemeinschaft. Wie bereits ausgeführt, waren die 1983 eingeleiteten Hochwasserrückhaltemaßnahmen ursprünglich für ein solches 100-jährliches Ereignis ausgelegt (Bemessungswert $71 \text{ m}^3/\text{s}$). Allerdings erfolgte bereits 1999 eine Anpassung des Bemessungswerts HQ_{100} auf $92 \text{ m}^3/\text{s}$ (demnach bietet das bestehende Rückhaltesystem nur noch einen ausreichenden Schutz vor einem 50-jährlichen Hochwasser). Die beiden Hochwasserereignisse von 1988 und 2002 lagen mit 96 bzw. $97 \text{ m}^3/\text{s}$ sogar noch über diesem Wert und sind letztlich ein Beleg für die Notwendigkeit eines Klimaänderungszuschlags. Legt man den entsprechenden Faktor von $1,15$ zugrunde, beträgt das neue HQ_{100} für die Alb $111 \text{ m}^3/\text{s}$.

In einem ersten Schritt wurden im Rahmen einer Machbarkeitsstudie verschiedene Möglichkeiten zur Ableitung bzw. Rückhaltung eines Extremhochwassers untersucht. Als hydraulisch zweckmäßigste Lösung hat sich dabei der Bau eines Rückhaltebeckens im Albatal herausgestellt. Gemäß den Ergebnissen des Scopingtermins vom Januar 2008 wurden in der sich anschließenden Umweltverträglichkeitsstudie mehrere Varianten untersucht und bewertet. Die Entscheidung für die auszuführende Lösung (Vorzugsvariante) steht noch aus..

Insgesamt stehen neben den genannten per Rechtsverordnung festgesetzten Überschwemmungsgebieten für Albhochwasser innerhalb des Stadtgebiets noch sieben Hochwasserrückhaltebecken mit einem Rückhaltevolumen von ca. $2,3 \text{ Mio. m}^3$ zur Verfügung. Ein besonderes Augenmerk wurde in den letzten Jahren auf die starkregenbeeinflussten Abflüsse kleinerer Bäche aus den Höhenstadtteilen gelegt. Hier konnte eine bestehende „Lücke“ für den Dürrbach zwischen Stupferich und Durlach mit der Einrichtung des Hochwasserrückhaltebeckens „Am Rittnert“ (2010) geschlossen werden.



Hochwasserrückhaltebecken „Am Rittnert“

Hochwasser-Flächenmanagement

Im Zuge der Umsetzung des Integrierten Rheinprogramms des Landes (IRP) soll der 200-jährliche Hochwasserschutz für den Rheinabschnitt Karlsruhe durch den Bau von Retentionsräumen südlich von Iffezheim wieder hergestellt werden. Durch die Fertigstellung bzw. Einweihung des Polders Söllingen/Greffern im Jahr 2005 hat sich die Sicherheit für Karlsruhe auf ein 120-jährliches Hochwasser erhöht. Nach derzeitiger Planung des Landes kann mit einer Fertigstellung der ausstehenden Polder bis zum Jahr 2018 gerechnet werden.

Auch bei Karlsruhe soll mit dem Hochwasserrückhalteraum Bellenkopf/Rappenwört ein gesteuerter Polder eingerichtet werden, der nicht zuletzt für die Unteranlieger am Rhein (unter anderem Mannheim) zentrale Bedeutung hat. Der geplante Retentionsraum erstreckt sich von Rheinstetten-Neuburgweier im Süden bis zum Rheinhafendampfkraftwerk auf Karlsruher Gemarkung und wird mit einer Fläche von 510 ha ein Rückhaltevolumen von ca. 14 Mio. m^3 beinhalten. Das Gebiet wurde bis zum Bau des Rheinhochwasserdammes XXV in den Jahren 1934/35 regelmäßig überflutet. Die ehemalige Aue ist teilweise noch vorhanden und wird heute mit Wasser-, Land- und forstwirtschaftlichen Flächen unterschiedlich genutzt. Das Regierungspräsidium hat im April 2011 beim Landratsamt Karlsruhe den Antrag auf Planfeststellung für den Bau und Betrieb des Polders gestellt. Das Planfeststellungsverfahren läuft derzeit noch.

Generell tragen auch Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung (Trennsysteme, Niederschlagswasserversickerung, Gründächer, Entsiegelung etc.) dazu bei, Hochwasserereignisse in einem gewissen Rahmen abzumildern. Hier wird unter anderem auf die Ausführungen im Kapitel „Stadtentwässerung“ verwiesen.

Hochwasservorsorge

Im Rahmen der Europäischen Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL) werden in ganz Baden-Württemberg bis 2015 als Gemeinschaftsprojekt zwischen Land und Kommunen Hochwassergefahrenkarten für alle relevanten Gewässer erarbeitet. Die Karten zeigen Überflutungsflächen für verschiedene Jährlichkeiten (10-, 50-, 100-jährliches Ereignis sowie Extremereignis) und die Überflutungstiefe bei einem 100-jährlichen Ereignis (HQ_{100}) an. Die bei einem 100-jährlichen Hochwasser überschwemmten bzw. durchflossenen Bereiche gelten mit der Veröffentlichung der Karten als Überschwemmungsgebiet oder als hochwassergefährdetes Gebiet im Innenbereich und entfalten damit besondere Rechtskraft.

Für Eigentümerinnen und Eigentümer von Grundstücken, die nach den Gefahrenkarten in gesetzlichen Überschwemmungsgebieten liegen, können sich daraus beispielsweise Restriktionen bei der Nutzung der Grundstücke ergeben. Diese können vom Bauverbot bis hin zur Untersagung des Umbruchs von Grünland

reichen. Den Kommunen wiederum ist die Ausweisung neuer Baugebiete in den Bereichen untersagt bzw. nur unter engen Voraussetzungen zulässig. Ebenso sind die Ergebnisse der Kartierung bei der Erstellung oder Überarbeitung kommunaler Alarm- und Einsatzpläne (Auslöseschwellen) zu berücksichtigen. Darüber hinaus soll die Veröffentlichung der Karten dazu beitragen, betroffene Grundstücksbesitzer für das Thema zu sensibilisieren.

Die Stadt Karlsruhe ist Mitglied in der Hochwasserpartnerschaft Nördlicher Oberrhein, einem Zusammenschluss von Kommunen, Fachverwaltungen und Institutionen innerhalb dieses Einzugsgebietes. Nach mehrjähriger Vorlaufzeit liegen die Hochwassergefahrenkarten für den nördlichen Oberrhein (Teil Rheinebene) seit kurzem in der endabgestimmten Form vor. Das Regierungspräsidium hat die Karten Ende Januar 2013 an die in der Hochwasserpartnerschaft zusammengeschlossenen Stadt- und Landkreise sowie Städte und Gemeinden übergeben. Die untersuchten Gewässerabschnitte betreffen in Karlsruhe neben dem Rhein die Alb und den Pfingst-Entlastungskanal (siehe Abbildungen 55 und 56). Die Veröffentlichung der betreffenden Kartenwerke durch die Untere Wasserbehörde erfolgte im März 2013.

Anpassung an Niedrigwasser

Die Anpassungsmöglichkeiten an Niedrigwasser-situationen sind im Gegensatz zum Hochwasserrisikomanagement deutlich beschränkter. Unterschieden werden kann dabei zwischen einer Niedrigwasser-Vorsorge und dem Niedrigwasser-Management im akuten Fall.

Als mögliche Vorsorgemaßnahmen lassen sich etwa Maßnahmen zur Förderung der Grundwasserneubildung oder zur Verbesserung des natürlichen Wasser-rückhalts nennen (insbesondere in den Quellgebieten). Weitere Ansatzpunkte stellen der Erhalt und die Schaffung naturnaher Gewässerstrukturen sowie die Verbesserung der Wassergüte dar, da dies der Gewässerfauna hilft, extreme Niedrigwassersituationen mit gleichzeitig hohen Wassertemperaturen besser zu überstehen. Besonders an der Alb konnten hier in den letzten Jahren durch zahlreiche Renaturierungsprojekte deutliche Verbesserungen erzielt werden. Dazu gehören auch ergänzende Maßnahmen wie die Beseitigung von Sohl-schwellen oder die Herstellung von „Rauen Rampen“. Mit der Fertigstellung der neuen Albschleuse nahe dem Rheinhafen im Jahr 2011 wurde nicht nur eine hydraulische Erweiterung zur sicheren Ableitung des Alb- und Klärwerksauslaufs erreicht, sondern auch

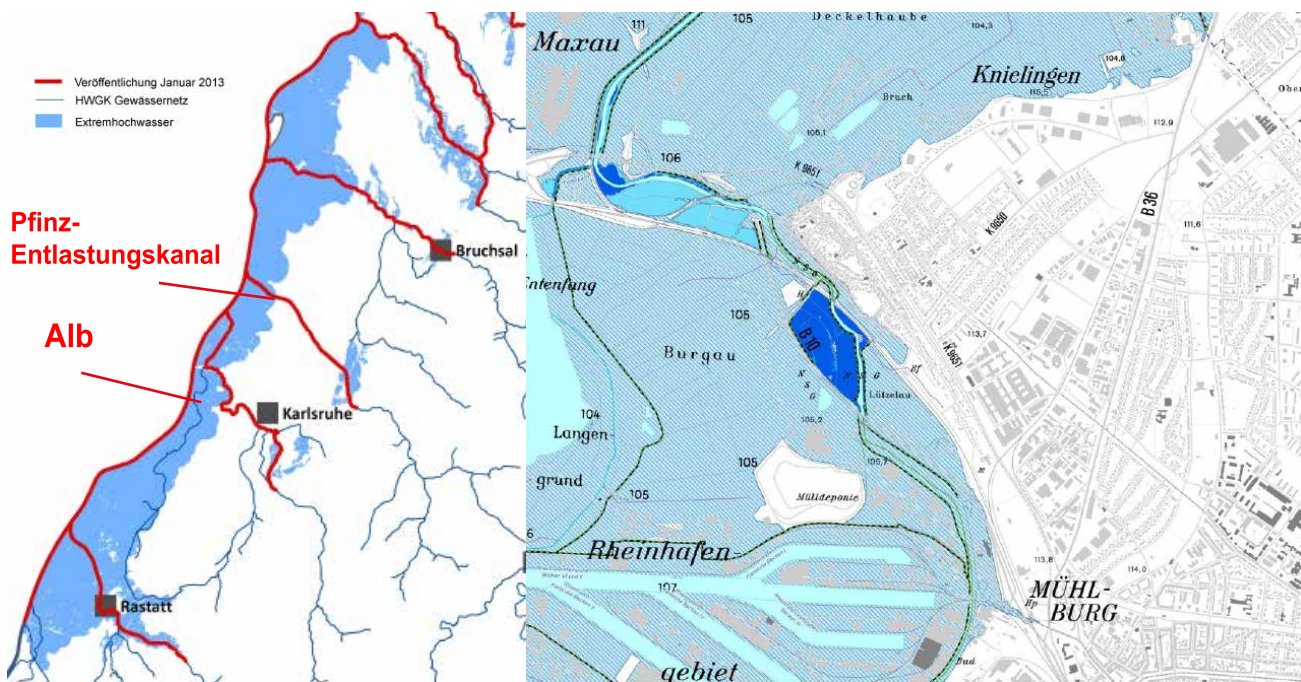


Abb. 55: Hochwassergefahrenkarten Nördlicher Oberrhein: Übersicht der untersuchten Flussabschnitte im Raum Karlsruhe (Quelle: Regierungspräsidium Karlsruhe, www.rp-karlsruhe.de/servlet/PB/menu/1347009/index.htm)

Abb. 56: Ausschnitt aus der Hochwassergefahrenkarte für die Bereiche Mühlburg und Knielingen. Es ist ersichtlich, dass die Auswirkungen eines Rheinhochwassers mit 100-jährlicher Bemessung (HQ_{100}) auf die Flächen des Tiefgestades begrenzt bleiben. Die Schraffur der Fläche bedeutet, dass die betroffenen Gebiete durch Hochwasserschutzanlagen für ein HQ_{100} ausreichend geschützt sind, eine Überflutung wäre also nur bei einem Versagen (zum Beispiel Dammbruch) zu befürchten (Quelle: Regierungspräsidium Karlsruhe).

ein letztes Fischaufstiegshindernis beseitigt und damit die ökologische Durchgängigkeit optimiert.

Wesentliche Voraussetzung für ein Niedrigwasser-Management sind ein kontinuierliches Monitoring der Gewässerabflüsse und die Vorhersage von Niedrigwasserständen und Wassertemperaturen. Über die Hochwasser-Vorhersage-Zentrale bei der LUBW besteht bereits seit einigen Jahren die Möglichkeit, auch Niedrigwasserstände mit einem Prognosezeitraum von 7 Tagen für landesweit rund 90 Pegel abzufragen. Das Land betreibt seit 2010 zudem ein operatives Wasserhaushalts- und Wärmemodell für den Rhein, das ebenfalls sieben Tage in die Zukunft reichende Vorhersagen für Abfluss und Wassertemperatur einschließlich der von den Kraftwerksbetreibern prognostizierten Wärmeeinträge berücksichtigt.

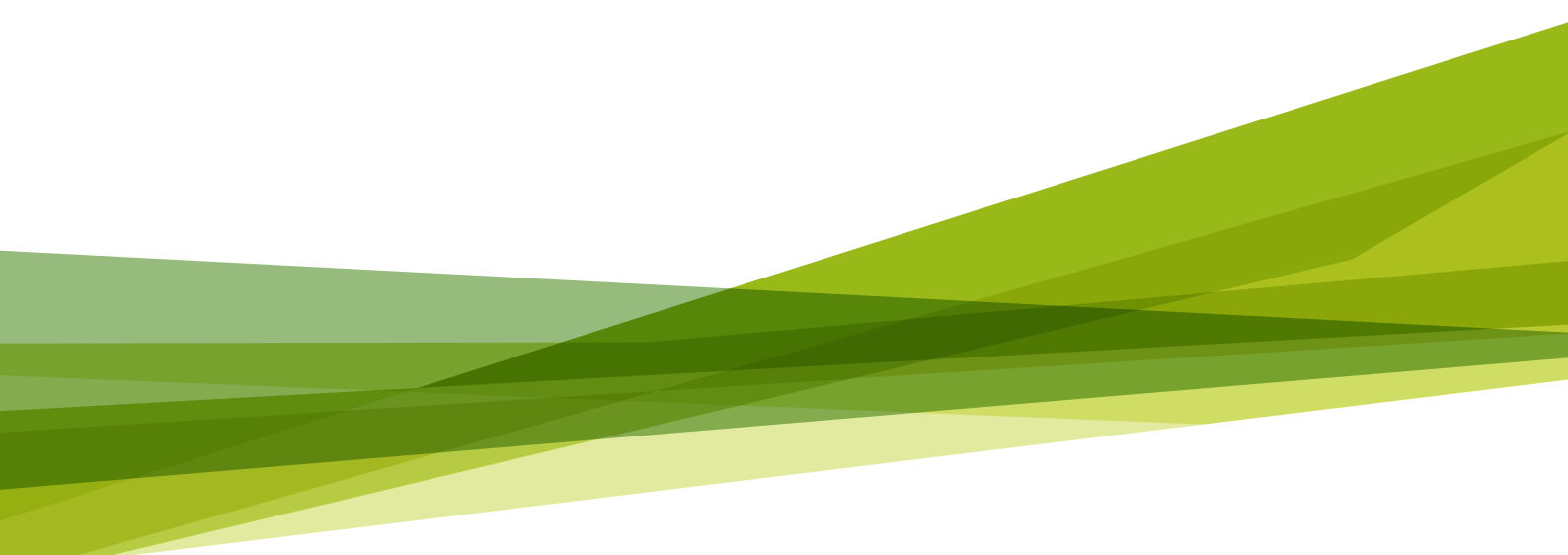
Im akuten Fall extremer Niedrigwasserereignisse kommen vor allem Nutzungseinschränkungen in Betracht. Bereits praktizierter Standard sind hier Beschränkungen für die Kühlwasserentnahme und -einleitung von Kraftwerken und Industrieanlagen, um zu hohe, gewässerökologisch nicht vertretbare Wassertemperaturen zu vermeiden. Die entsprechenden Bestimmungen sind in den Wasserrechten enthalten und betreffen in Karlsruhe in erster Linie das Rheinhafendampfkraftwerk (siehe dazu näher im Kapitel „Energieversorgung“). Darüber hinaus sind auch Einschränkungen des Gemeingebrauchs denkbar, beispielsweise die Untersagung von Kanutouren auf Alb und Pfingz zur Vermeidung ökologischer Schäden bei besonders niedrigen Wasserständen (die Thematik ist derzeit ohnehin hochaktuell und wird an dieser Stelle nicht weiter vertieft).

Als weitere (und gewissermaßen letzte) Option können bestimmte Stützungsmaßnahmen erforderlich sein. So besteht etwa für den Neckar ein Sauerstoffreglement als gemeinsame Vereinbarung zwischen Land, Kraftwerksbetreibern und großen Kläranlagen, das bei Unterschreiten kritischer Sauerstoffgehalte aktive Belüftungsmaßnahmen vorsieht. Mit der Situation am Oberrhein ist dies allerdings nicht vergleichbar, da hier kein entsprechender Kraftwerkspark existiert und der Rhein unterhalb von Iffezheim auch nicht mehr staueregelt ist.

Strategie für Karlsruhe

Aus strategischer Sicht hat die Wiederherstellung des 100-jährlichen Hochwasserschutzes an der Alb oberste Priorität. Nach Abschluss der Umweltverträglichkeitsstudie und der Auswahl der Vorzugsvariante steht als nächster Schritt hier das Plansfeststellungsverfahren an. Die Planungskosten bis zum Abschluss des Verfahrens werden je zur Hälfte von den Städten Ettlingen und Karlsruhe getragen. Über die Verteilung der genauen Kosten zur Realisierung der Bauwerke ist zu gegebener Zeit zwischen dem Land Baden-Württemberg und den Städten Ettlingen und Karlsruhe noch eine Vereinbarung abzuschließen.

Aufbauend auf den Hochwassergefahrenkarten werden in einem nächsten Schritt landesweit Hochwasserrisikomanagementpläne für die verschiedenen Einzugsgebiete erstellt. In diesen ist festzuhalten, welche grundsätzlichen Maßnahmen geplant sind, um auf regionaler oder auch Landesebene die Risiken für bestimmte „Schutzgüter“ zu minimieren, die in überflutungsgefährdeten Bereichen liegen (zum Beispiel Krankenhäuser, Industriebetriebe, Kultureinrichtungen). Im Wesentlichen geht es dabei weniger um technische Maßnahmen als vielmehr um solche im Bereich der Vorsorge. Bestandteil der Managementpläne sind Hochwasserrisikokarten mit Steckbriefen für jede Gemarkung. Darin werden die Nutzungen betroffener Einrichtungen flächenmäßig bilanziert und gefährdete Objekte konkret ausgewiesen. Für die Planaufstellung im Einzugsgebiet Nördlicher Oberrhein läuft derzeit unter Regie des Regierungspräsidiums Karlsruhe eine Abfrage bei den lokalen Fachämtern zur Ermittlung bereits durchgeführter und geplanter Maßnahmen. Der Entwurf des Maßnahmenberichts (Teil Rheinebene) soll bis Ende 2013 vorliegen und Anfang 2014 im Rahmen einer weiteren Sitzung der Hochwasserpartnerschaft unter aktiver Einbeziehung von interessierten Stellen - Verbänden, Vereinen und Öffentlichkeit - diskutiert werden.



4.10 Auswirkungen auf Trinkwasserversorgung und Grundwasserbewirtschaftung



4.10 Auswirkungen auf Trinkwasserversorgung und Grundwasserbewirtschaftung

Die Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser ist eine zentrale Aufgabe der kommunalen Daseinsvorsorge. Die Stadtwerke Karlsruhe beliefern im Stadtgebiet sowie in mehreren Umlandgemeinden über 400.000 Kunden mit Trinkwasser. Da dieses in Karlsruhe ausschließlich aus Grundwasser gewonnen wird, ist mit Blick auf mögliche Folgen des Klimawandels von vorrangigem Interesse, inwiefern die Qualität und Quantität der bisherigen Grundwasserbewirtschaftung auch zukünftig aufrechterhalten werden kann. Dafür sind einerseits gesicherte Kenntnisse über mögliche langfristige Entwicklungen der regionalen Grundwasserverhältnisse entscheidend. Auf der anderen Seite müssen die Infrastruktur selbst und das Verteilernetz einer genaueren Betrachtung unterzogen werden.

Klimafolgen

Auswirkungen auf die Wassergewinnung und Grundwasserneubildung

Der Oberrheingraben ist durch eines der reichhaltigsten Grundwasservorkommen in Europa geprägt. Im Bereich Karlsruhe lagern vier Grundwasserleiter (Aquifere) in einem stockwerkartigen Aufbau aus vorwiegend Kiesen und Sanden mit einer Gesamtmächtigkeit von etwa 100 Meter. Die Grundwasserleiter sind durch gering durchlässige Schichten aus Ton und Lehm, die jedoch im oberen Aquiferbereich nicht durchgängig ausgebildet sind, voneinander getrennt. Innerhalb der oberen beiden Leiter strömt das Grundwasser in den Hohlräumen in nordwestlicher Richtung zum Rhein.

Die tieferen Grundwasser führenden Schichten haben andere Vorflutbedingungen, die noch nicht ausreichend erforscht sind.

Das Grundwasser des Oberrheingrabens stammt hauptsächlich aus Niederschlägen, die in den Boden versickern und eine Neubildung des Grundwassers bewirken. Im Bewirtschaftungsgebiet der Karlsruher Trinkwasserversorgung kommen durchschnittlich etwa 23 % der gesamten Niederschlagsmenge im Grundwasser an - im Mittel der letzten Jahre rund 76 Mio. Kubikmeter pro Jahr.

Die Grundwasserneubildung selbst findet vor allem im hydrologischen Winterhalbjahr (November bis April) statt. Im Zuge des Klimawandels wird allgemein davon ausgegangen, dass die verstärkt zu erwartenden Winterniederschläge, einhergehend mit weniger Frosttagen und Schneefall zu einer erhöhten Grundwasserneubildungsrate im Winterhalbjahr führen. Dem steht die Tendenz zu trockeneren, niederschlagsärmeren Sommern gegenüber. Nach dem aktuellen KLIWA-Monitoringbericht 2011 besteht für die Region Karlsruhe derzeit bei den Winterniederschlägen ein stark positiver Trend. Bei den Sommerniederschlägen, bei denen man bislang von einem negativen Trend ausging, verändert sich der Trend eher in die positive Richtung, bleibt aber insgesamt leicht negativ, wobei die Ergebnisse für das Sommerhalbjahr in einem nicht signifikanten Bereich liegen.

Im innerstädtischen Bereich von Karlsruhe ist zu beachten, dass wegen des Versiegelungsgrads nur ein gewisser Anteil des erhöhten Niederschlags tatsächlich zu Grundwasserneubildung führt. In den ausgewiesenen Wasserschutzgebieten findet die Grundwasserneubildung durch Niederschläge weitgehend ungehindert statt.

Im Rahmen des KLIWA-Forschungsvorhaben („Klima-
veränderung und Konsequenzen für die Wasserwirt-
schaft“) wurde anhand von Simulationsrechnungen
mit einem Bodenwasserhaushaltsmodell für die Länder
Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz die
Auswirkung des Klimawandels auf den Bodenwasser-
haushalt und die Grundwasserneubildung näher unter-
sucht (Simulation des Zeitraums 2021 bis 2050 im Ver-
gleich zu 1971 bis 2000). Bei Betrachtung des gesam-
ten Jahresverlaufs ergeben sich demnach keine nen-
nenswerten Änderungen, wie den beiden Übersichts-
grafiken zu entnehmen ist. Eine klimabedingte Beein-
trächtigung der Grundwasserneubildung zur lokalen
Trinkwassergewinnung ist in Karlsruhe also in naher
Zukunft nicht zu erwarten.

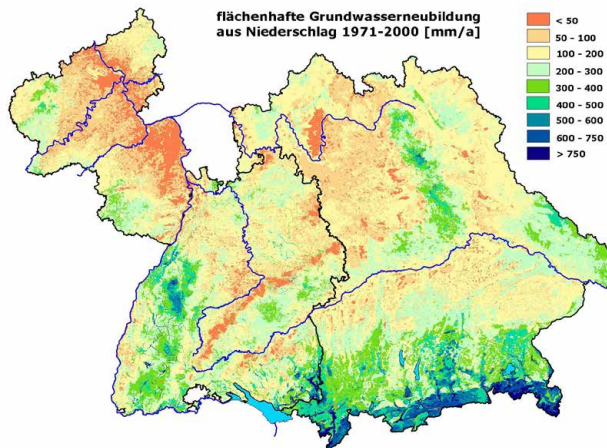


Abb. 57: Mittlere jährliche Grundwasserbildung aus Nieder-
schlag heute (1971-2000) (Quelle: KLIWA, www.kliwa.de/ergebnisse/hefte/anhang_heft17/de/index.html)

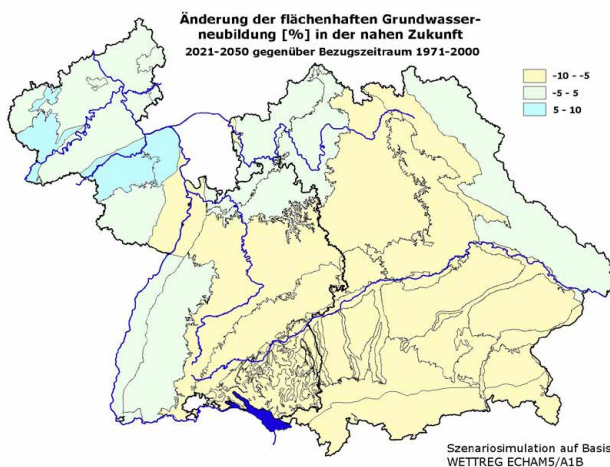


Abb. 58: Prognostizierte prozentuale Veränderung der
Grundwasserneubildung aus Niederschlag in der Zukunft
(2021-2050) (Quelle: KLIWA, www.kliwa.de/ergebnisse/hefte/anhang_heft17/de/index.html)

Höhere Temperaturen begünstigen als weitere Klima-
folge den Stoffumsatz im Boden und können die stoff-
liche Belastung des Sickerwassers erhöhen. Dieser Ef-
fekt wird zwar bei einer sommerlichen Trockenheit ge-
hemmt, verschiebt sich aber bis zur herbstlichen Wie-
dervernässung und kann dann zu erheblichen Stoffaus-
trägen führen. Das gilt vor allem für landwirtschaftliche
Flächen mit einer regelmäßigen Düngerezufuhr. Die
Wasserwerke der Stadtwerke liegen alle in ausgedehnten
Waldgebieten, weshalb eine solche Gefährdung als
sehr gering angesehen werden kann. Zum Schutz der
Trinkwassergewinnung wurden Wasserschutzgebiete
mit einer Gesamtfläche von 183 km² durch Schutzge-
bietsverordnungen ausgewiesen. Der Wald übernimmt
hier die entscheidende Schutzfunktion für die Trink-
wassergewinnung.



Wasserwerk Rheinwald

Ob sich durch die höhere Luft- und Bodentempera-
turen auch biologische und chemische Prozesse im
Grundwasser negativ verändern, wird in aktuellen For-
schungsvorhaben näher untersucht. Für die Karlsruher
Trinkwasseraufbereitung ist hier allerdings keine größe-
re Relevanz zu erwarten. Das Grundwasser im Karlsruher
Bewirtschaftungsgebiet wird ausschließlich nach
Durchlaufen entsprechend hochwertiger Bodenpassa-
gen gewonnen. Es entstammt zudem aus Tiefbrunnen,
aus denen das Grundwasser selbst im Hochsommer
mit einer Temperatur von maximal 8 bis 10 °C für eine
naturnahe Aufbereitung (Enteisung und Entmanga-
nung) entnommen werden kann. Der natürliche Auf-
bereitungsschritt bietet darüber hinaus eine zusätzliche
Sicherheitsbarriere hinsichtlich der mikrobiologischen
Stabilität des Trinkwassers.

Auswirkungen auf den Wasserbedarf

Für die Grundwassergewinnung sind derzeit vier Wasserwerke - Hardtwald, Durlacher Wald, Mörscher Wald und Rheinwald - im Einsatz. Die Leistungsfähigkeit des Wasserwerks Durlacher Wald ist allerdings stark eingeschränkt, weshalb die Stadtwerke den Ersatz dieses Wasserwerks durch eine leistungsfähigere Anlage verfolgen.

Die Entnahme des Grundwassers in den Wasserwerken erfolgt über mehr als 60 Tiefbrunnen in erster Linie aus dem zweiten Grundwasserleiter, der mit dem ersten und oberflächennahsten Leiter hydraulisch verbunden ist. Die tiefer liegenden Grundwasserleiter sind im Sinne einer nachhaltigen Trinkwasserversorgung zukünftigen Generationen vorbehalten. Neben der Trinkwassergewinnung sind weitere Entnahmen durch Firmen und Privathaushalte vorhanden.



Innenansicht: Hochbehälter Luß

Anhand von numerischen Grundwassermodellen wurde für alle Wasserwerke detailliert nachgewiesen, dass die entnommene Grundwassermenge in Höhe von derzeit rund 23 Millionen Kubikmeter pro Jahr die natürliche Nachlieferung nicht übersteigt und somit eine nachhaltige Bewirtschaftung gewährleistet ist. Davon kann auch zukünftig selbst bei vergleichsweise trockenen Jahren ausgegangen werden, wie beispielhaft das Jahr 2011 zeigt (siehe Infokasten). Der Grundwasservorrat der beiden Grundwasserleiter beträgt insgesamt etwa 1,3 Milliarden Kubikmeter. Rein rechnerisch erfolgt damit in einem Zeitraum von 17 Jahren eine vollständige Erneuerung des Grundwasservorrats durch versickernde Niederschläge. Theoretisch könnte bei einem völligen Ausbleiben von Niederschlägen und einer alleinigen Nutzung durch die Stadtwerke aus den beiden ersten Grundwasserleitern etwa 50 Jahre lang weiter Trinkwasser gewonnen werden. Zudem ist zu erwähnen, dass neben dem Niederschlag auch weitere Prozesse zur Grundwasserneubildung beitragen, die das Verhältnis zwischen Entnahme und Nachlieferung weiter verbessern. Dazu gehören der unterirdische Grundwasserzustrom aus den Festgesteinen von Nord-schwarzwald, Pfingz-Alb-Hügelland und Kraichgau in das Bewirtschaftungsgebiet sowie die Versickerung aus Oberflächengewässern in das Grundwasser.

Beispiel für ein Extremjahr: Grundwasserentnahme und -neubildung im Jahr 2011

Das Jahr 2011 war bedingt durch eine extreme Frühjahrstrockenheit und einen sehr niederschlagsarmen Herbst eines der trockensten seit Beginn der Wetteraufzeichnung. Die Jahresniederschläge lagen mit 629 mm deutlich unter dem langjährigen Mittelwert von 856 mm (Wetterstation Rheinstetten-Forchheim, Zeitraum 1961-1990). Da die vergleichsweise üppigen Sommerniederschläge kaum zur Grundwasserneubildung beitrugen, ergab sich eine um 36 Prozent geringere Grundwasserneubildung aus Niederschlag als im langjährigen Mittel (Zeitraum 1960-2009). Sie betrug im Bewirtschaftungsgebiet der Stadtwerke nur 49 Millionen Kubikmeter. Dem steht eine Grundwasserentnahme durch die Stadtwerke in Höhe von 23 Millionen Kubikmetern entgegen, wie die Graphik verdeutlicht. Das Jahr 2011 steht damit stellvertretend für ein meteorologisches Extremjahr mit einem ungewöhnlich hohen Anteil der Wasserförderung an der Grundwassernachlieferung. Die Zahlen verdeutlichen aber ebenso, dass selbst in solchen ungünstigen Jahren die Grundwasserneubildung aus Niederschlag die Entnahme für die Wasserversorgung immer noch weit übersteigt.

GRUNDWASSERENTNAHME IM VERHÄLTNISS ZUR
GRUNDWASSERNEUBILDUNG [Mio. m³/a]

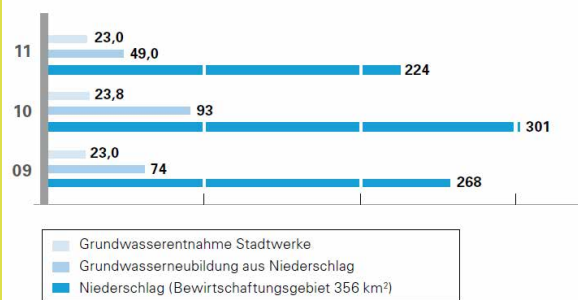


Abb. 59: Grundwasserentnahme im Verhältnis zur Grundwasserneubildung in Mio. m³/a (Quelle: Stadtwerke Karlsruhe)

Die Trinkwassertagesabgabe der Stadtwerke Karlsruhe zeigt heute schon eine deutliche Abhängigkeit von der Temperatur. Ab 25 °C nimmt der Einfluss der Tagestemperatur auf den Wasserbedarf nahezu exponentiell zu. Da zukünftig im Sommerhalbjahr mit häufigeren und längeren Trockenzeiten zu rechnen ist, wird auch die Anzahl der Tage mit einer deutlich erhöhten Abgabemenge tendenziell steigen, wobei solche Spitzenbedarfstage mehrfach aufeinander folgen können. Dadurch kommt es zu einer stärkeren Spreizung zwischen Grund- und Spitzenbedarf, was gegebenenfalls die Bereitstellung zusätzlicher Trinkwasserabgabekapazitäten erforderlich macht. Zusätzlich steigt bei hohen Temperaturen der Nutzungsdruck durch weitere Grundwasser-

rentnahmen. Im Karlsruher Stadtgebiet existieren mehrere hundert kleinerer Grundwasserbrunnen vorrangig für die private Gartenbewässerung. Die Nutzung ist anzeigepflichtig (im Falle von Mehrfamilienhäusern erlaubnispflichtig). Auch die Beregnung von vereinseigenen Sportflächen und öffentlichen Grünflächen erfolgt vielfach mit Grundwasser. Hinzu kommt die Bewässerung von Flächen der Landwirtschaft und Gartenbaubetrieben, die aber in der Summe überschaubar bleibt und sich vor allem auf Flächen im Bereich Durlach und Wolfartsweier konzentriert.

Trotz der zuvor aufgezeigten allgemeinen Versorgungssicherheit durch den Grundwasserreichtum im Oberrheingraben ist es deshalb grundsätzlich denkbar, dass bei lang anhaltenden Hitzeperioden Versorgungsengpässe entstehen können. Als besonders kritisch wäre in dem Zusammenhang ein Zusammentreffen von hohen Spitzennachfragen und technischen Schwierigkeiten (zum Beispiel Ausfall eines Wasserwerks oder Unterbrechung einer Trinkwasser-Haupttransportleitung) zu werten.

Auswirkungen auf die Infrastruktur und Wasserverteilung



Höhere Temperaturen im Sommer können sich auch auf die Temperatur des Trinkwassers im Verteilernetz auswirken. Im Hitzesommer 2003 waren in einigen wenigen Regionen Deutschlands die Wassertemperaturen beim Eintritt in die Hausinstallationen deutlich höher als üblich, bedingt auch durch teilweise geringe Verlegungstiefen der Leitungen. So war es teilweise nicht möglich, die durch technische Normen empfohlene Maximaltemperatur von 25 °C im Kaltwasserbereich einzuhalten. Je nach Zustand und Betrieb des Netzes steigt dadurch die Gefahr einer Wiederverkeimung.

In Karlsruhe umfasst das Verteilernetz der Stadtwerke eine Länge von mehr als 900 km. Die Trinkwasserleitungen werden in einer Tiefe von mindestens 1,20 Metern mit entsprechender Erddeckung verlegt. Ein Zusammenhang von hohen Temperaturen und vermehrten Problemen mit mikrobiologisch belasteten Proben konnte bislang in Karlsruhe nicht festgestellt werden und wird auch zukünftig nicht erwartet. Dies

ist vor allem auch der vorausschauenden Leitungsnetz- und Behälterbewirtschaftung geschuldet, die niedrige Verweilzeiten des Trinkwassers in Netz und Behältern ermöglichen.

Im Hinblick auf die Gefährdung trinkwasserversorgungsrelevanter Einrichtungen durch Hochwasser sind auf Grundlage der Hochwassergefahrenkarten des Regierungspräsidiums Karlsruhe (Stand Januar 2013) ausschließlich Anlagen des Wasserwerks Rheinwald betroffen. Dies ergibt sich durch folgende Szenarien:

- Hochwasser größer HQ100 durch Dammbruch an der Murg, was zur Überflutung der Brunnengevierte und evtl. der Wasserwerksgebäude führen kann
- Hochwasser größer HQextrem durch Dammbruch am Rhein, was Ebenfalls zur Überflutung der Brunnengevierte und evtl. der Wasserwerksgebäude führen kann.

Eine genaue Auswertung, welche Anlagen im Wasserwerk Rheinwald in welcher Form betroffen wären, soll 2013 erfolgen. Daran wird sich die Erarbeitung von Notfallplänen anschließen.

Anpassungsmöglichkeiten und bisherige Aktivitäten

Als wesentliche Handlungsansätze zur Anpassung an den Klimawandel verfolgen die Stadtwerke Karlsruhe derzeit folgende Maßnahmen:

- Pflege der technischen Infrastruktur inklusive Objektschutz (Brunnen, Wasserwerke, Leitungsnetz) mit dem Ziel, den jetzigen und zukünftigen Trinkwasserbedarf jederzeit in ausreichender Menge, mit dem erforderlichen Druck und in einwandfreier Qualität unter der Beachtung der technischen Regelwerke bereitzustellen.
- Technische Sicherstellung einer optimalen Grundwasserqualität und deren Erhalt durch eine vorausschauende Bewirtschaftung der Ressource Grundwasser, regelmäßige Begehungen der Wasserschutzgebiete und regelmäßige Überprüfung und Aktualisierung von Schutzgebietsausweisungen.
- Anpassung von Netzinspektion und Spülung, das heißt weiterhin in Netzen und Behältern auf niedrige Verweilzeiten des Trinkwassers achten, Probenahmen weiterhin über die in der Trinkwasserverordnung und in den Regelwerken hinaus geforderter Umfang durchführen.
- Ausbau der technischen Einrichtungen zur Dekkung der in der Zukunft möglichen Versorgungsengpässe bei Hitzeperioden
- Ersatz des Wasserwerks Durlacher Wald

In den Karlsruher Wäldern finden regelmäßige Bodenkalkungen statt (je nach Intensität in Abständen von ca. 10 bis 15 Jahren). Dadurch soll zum einen die ökologische Stabilität des Baumbestandes erhalten werden. Zum anderen wird die Pufferfunktion der Böden erhöht und damit die Gefahr von Stoffausträgen (be-

sonders Schwermetalle) in das Grundwasser reduziert. Um etwaigen Versorgungsengpässen bei längeren Trockenperioden vorzubeugen, sind Wassersparmaßnahmen ein möglicher Aspekt, wobei derzeit hauptsächlich Einsparmaßnahmen bei der Beregnung von landwirtschaftlich genutzten Flächen durch effizientere Beregnungsmethoden gesehen werden.



Neben privaten Haushalten und der Industrie ist die Landwirtschaft ein wichtiger Adressat für Wassersparmaßnahmen.

Grundlage einer nachhaltigen Grundwasserbewirtschaftung ist die regelmäßige Beobachtung der Grundwassermenge und -beschaffenheit. Zur Überwachung des Grundwassers betreiben die Stadtwerke in den Wasserschutzgebieten 257 Grundwassermessstellen (Fördereinflussmessstellen, Eintragsmessstellen, Vorwarnmessstellen). Im Hinblick auf mögliche Auswirkungen des Klimawandels ist eine konsequente Fortführung des Messnetzbetriebs unerlässlich. Das gilt auch für Grundwassermessstellen außerhalb der Wasserschutzgebiete, die durch das städtische Tiefbauamt oder im Rahmen der landesweiten Überwachung durch die LUBW betrieben werden, da stoffliche Belastungen in umliegenden Grundwasserleiten langfristig auch die Wasserschutzgebiete negativ beeinflussen können.

Nicht zuletzt muss die Etablierung einer nachhaltigen Siedlungsentwässerung, zum Beispiel durch eine Versickerung von Regenwasser zur Grundwasseranreicherung und eine Begrenzung der Flächenversiegelung als Ansatzpunkt genannt werden.

Strategie für Karlsruhe

Zur langfristigen Sicherung der Karlsruher Trinkwasserversorgung beabsichtigen die Stadtwerke den Bau eines neuen Wasserwerks in den Rheinauen bei Kastenwört. Das neue Wasserwerk soll den bisherigen Standort Durlacher Wald ersetzen, der aufgrund von Beeinträchtigungen des Grundwassers im direkten Einzugsgebiet langfristig nicht mehr für die Grundwasserentnahme zur Verfügung steht. Derzeit läuft das wasserrechtliche Bewilligungsverfahren beim Landratsamt. Die Stadt Karlsruhe hat sich auf mehrheitlichen Beschluss des Gemeinderats vom 24.01.2012 im Rahmen der Trägeranhörung positiv geäußert und befürwortet die aktuelle Planung. Die Ergebnisse der derzeitigen Prüfung durch das Regierungspräsidium und das Landratsamt bzgl. vorhandener Konflikte mit dem Naturschutz bleiben abzuwarten, gegebenenfalls sind entsprechende Anpassungen des Versorgungskonzepts vorzunehmen.

Das Rohwasser wird derzeit in den Karlsruher Wasserwerken durch eine Eisen- und Manganfällung und -filterung behandelt. Durch die künftig mögliche Beaufschlagung des Einzugsgebietes für das Wasserwerk Kastenwört mit Oberflächenwasser/Rheinwasser durch den Polder Bellenkopf/Rappenwört ist zusätzlich eine Ozonierung, Aktivkohlefilterung und UV-Desinfektion vorgesehen.

4.11 Auswirkungen auf die Stadtentwässerung



4.11 Auswirkungen auf die Stadtentwässerung

Aufgabe der Stadtentwässerung ist es, Abwasser aller Art aus den Siedlungsbereichen einer Abwasserbehandlungsanlage oder einem Vorfluter (Fließgewässer) zuzuleiten. Quantitativ wird sie dabei durch die Ableitung von Niederschlagswasser geprägt, qualitativ von dem belasteten häuslichen, gewerblichen und industriellen Abwasser. Die Stadt Karlsruhe besitzt ein Entwässerungsnetz von ca. 1.100 Kilometer Länge mit zahlreichen Sonderbauwerken zur Behandlung des Regenwassers und mehreren Pumpwerken. Neben den vielen kleinen Kanälen umfasst das Netz der Hauptsammler - teilweise mit Durchmessern bis zu 2,40 Meter - eine Länge von 64 Kilometern und ein Rückhaltevolumen von mehreren tausend Kubikmetern. Bei der Betrachtung möglicher Klimafolgen auf die Infrastruktur muss deshalb auch ein besonderes Augenmerk auf die Stadtentwässerung (einschließlich der Abwasserreinigung) als wesentlicher Bestandteil der kommunalen Daseinsfürsorge gelegt werden.

Klimafolgen

Im Hinblick auf die Veränderungen, die mit dem Klimawandel einhergehen, stellt für die Stadtentwässerung der Umgang mit extremen Starkregenereignissen die größte Herausforderung dar. Daraus ergeben sich auch Fragen für die Regenwasserbehandlung und -bewirtschaftung. Negative Auswirkungen für das Kanalnetz können sich zudem bei längeren Trockenperioden ergeben.

Auswirkungen auf das Kanalnetz bei Starkregenereignissen

Wie in den Eingangskapiteln näher beschrieben, zeigen die Auswertungen meteorologischer Daten etwa im Rahmen von KLIWA, dass in Süddeutschland bereits Änderungen im Niederschlagsgeschehen eingetreten sind. So lässt sich ein positiver Trend dahingehend erkennen, dass Niederschläge im Winterhalbjahr zunehmen, während im Sommerhalbjahr eine leichte Abnahme zu verzeichnen ist. Zugleich haben auch die Starkniederschläge zugenommen. Zwar sind die Trends für den Starkregen bislang statistisch meist nicht signifikant. Ebenso fehlen bislang gesicherte Belege für einen Anstieg der Intensität von Starkregen im Bereich der für die Siedlungsentwässerung relevanten Dauerstufen. Allerdings zeigen die Szenarien verschiedener regionaler Klimamodelle relativ eindeutig, dass langfristig mit einer Zunahme von Starkregen in Häufigkeit und Intensität gerechnet werden muss.

Bei einer zukünftigen Häufung von Starkregen und Extremwetterereignissen weit über den Bemessungsannahmen kommunaler Entwässerungssysteme erhöht sich die Gefahr der zeitweisen Überlastung des Kanalnetzes. Dezimeter hohe Überflutungen im Straßenraum bzw. wild abfließendes Wasser aus den Außengebieten sind die Folge. Dies kann zu Schäden im bebauten Bereich und bei Einrichtungen der Infrastruktur führen. Häuser sind durch anströmendes Wasser gefährdet, das über Türen, Fenster, Lichtröste oder Tiefgaragen eindringen kann. Grundsätzlich sind alle unter Straßenniveau liegenden Gebäudeteile in einem solchen Fall massiv gefährdet. Auch die Kapazität des Klärwerks bzw. der vorgehaltenen Regenwasserspeicherbecken können bei länger anhaltenden Niederschlägen oder Starkniederschlägen zukünftig häufiger für eine begrenzte Zeitspanne überschritten werden.

In den letzten Jahren fielen in Karlsruhe wiederholt kleinräumig so starke Niederschläge, dass es zu kurzfristigen Wassereinstaus auf Straßen kam. Um ein genaues Bild über Ausdehnung und Zugrichtung von Niederschlägen zu erhalten, betreibt die beim Tiefbauamt ansässige Stadtentwässerung seit neun Jahren insgesamt zehn Regenschreiber, die über das ganze Stadtgebiet verteilt sind. Die ersten automatischen Regenschreiber wurden bereits 1991 installiert. Dadurch stehen langjährige Datenreihen zum bisherigen Niederschlagsgeschehen in Karlsruhe zur Verfügung. Die Auswertung zeigt allerdings, dass auch in Karlsruhe bislang kein eindeutiger Trend hinsichtlich des Auftretens von Starkregenereignissen nachgewiesen werden kann.

Auswirkungen auf die Abwasserreinigung



Klärwerk Karlsruhe

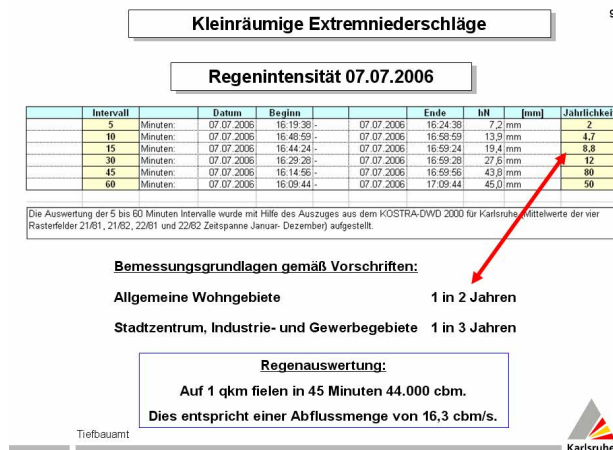


Abb. 60: Beispiel der Auswertung eines Starkregenereignisses, hier vom 7.7.2006 im Bereich der Nordweststadt (Quelle: Tiefbauamt)

Auswirkungen auf das Kanalnetz bei Trockenperioden im Sommer

Lang anhaltende Trockenphasen haben zur Folge, dass in der Mischwasserkanalisation „natürliche Kanalspülungen“ durch Regenwasser ausbleiben und es bei geringem Gefälle oder geringer Schleppkraft zu vermehrten Ablagerungen im Kanal kommen kann. Dieser Effekt wird durch Veränderungen im urbanen Wasserverbrauchsverhalten und die Tendenz zum Wassersparen teilweise noch verstärkt. Die dadurch hervorgerufenen biologischen Abbauprozesse können dann insbesondere zu störenden Geruchsbelästigung bis hin zur Entwicklung korrosionsfördernder Substanzen (biogene Schwefelsäurekorrosion) führen.

Die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf die Abwasserreinigung werden eher als gering eingestuft. Lang anhaltende Trockenphasen können nicht nur zu Ablagerungsproblemen in der Kanalisation führen, sondern haben auch grundsätzlich zur Folge, dass deutlich weniger Wasser zur „Verdünnung“ der Kläranlageneinläufe zur Verfügung steht. Prinzipiell stellt dies für heutige moderne Kläranlagen wie das Karlsruher Klärwerk kein Problem dar, da verfahrensbedingt ohnehin große Volumenströme im Kreislauf gefahren werden. Der Wirkungsgrad der Stickstoffelimination wird in diesem Fall in der Regel sogar erhöht.

Da Kläranlagen fast immer in hochwassergefährdeten Bereichen liegen, gehören sie zu den am ehesten überflutungsgefährdeten Anlagen der öffentlichen Infrastruktur, was gegebenenfalls besondere Maßnahmen erforderlich macht (zum Beispiel eine Erhöhung der Eindeichung, überflutungssichere Bauweise der maschinellen und elektrotechnischen Anlagenteile etc.). Eine Analyse für das Karlsruher Klärwerk ergab, dass es bei einem Dammbruch am Rhein entsprechend betroffen wäre. Wesentliche Mittel- und Niederspannungsschaltanlagen ständen dann unter Wasser und würden eine Wiederinbetriebnahme erschweren. Der Aufwand zur Höherlegung dieser Anlagen unter laufendem Betrieb wurde auf einen deutlich zweistelligen Millionenbetrag geschätzt und deshalb nicht weiter verfolgt.

Anpassungsmöglichkeiten und bisherige Maßnahmen

Ziel von Anpassungsmaßnahmen ist es, bei auftretenden Starkregenereignissen sowohl die Überflutungsgefahr im bebauten Gebiet als auch die ökologische Belastung durch erhöhte Einträge von Schmutz- und Nährstoffen in den natürlichen Wasserkreislauf auf ein tolerierbares Maß zu reduzieren. Hier besteht zum einen die Möglichkeit, erhöhten Niederschlagswasserabflüssen durch entsprechende bauliche Maßnahmen zu begegnen, die auf eine hydraulische Leistungsverbesserung im Kanalisationssystem abzielen. Dies ist im Grunde eine laufende Aufgabe, hat aber technische und wirtschaftliche Grenzen. Zum anderen rückt die Bedeutung der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung mehr in den Vordergrund, zumal diese relativ einfache Art der Regenwasserbehandlung auch zur stärkeren Grundwasserneubildung beiträgt. Allerdings lassen sich durch beide Ansätze Überlastungssituationen und Rückstauerscheinungen im Kanalnetz nicht völlig vermeiden. Die Gewährleistung eines hinreichenden Überflutungsschutzes bedarf daher der Einbeziehung von Verkehrs- und Freiflächen für einen gezielteren Oberflächenabfluss. Ebenso müssen - zur Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Extremereignissen - verstärkt Maßnahmen zum privaten Objektschutz ergriffen werden. Übergreifend sind ein kontinuierliches Monitoring folgenreicher Starkregenereignisse und eine systematische Analyse überflutunggefährdeter Siedlungsbereiche wichtige Bausteine.

Anzumerken ist, dass sich die Karlsruher Stadtentwässerung schon seit längerem mit den Folgen zunehmender Starkregenereignisse und möglichen Anpassungsmaßnahmen auseinandersetzt. So sind Vertreter des Tiefbauamts landes- und bundesweit in Arbeitskreisen tätig. Derzeit beteiligt sich die Stadtentwässerung an der Erstellung eines bundesweiten Leitfadens zum Schutz vor den Auswirkungen urbaner Starkregen. Außerdem wurden in Kooperation mit Verbänden der Wasserwirtschaft zwei überregionale Fachveranstaltungen (Symposium „Starkregen in bebauten Gebieten“ am 5.10.2010 in Karlsruhe-Grötzingen und Konferenz „Wasserwirtschaftliche Infrastruktur in Extremsituationen“ am 26.05.2011 im Kongresszentrum) mitorganisiert und fachlich unterstützt.

Gefährdungsanalyse, Monitoring

Wie bereits erwähnt betreibt die Stadtentwässerung mehrere Regenschreiber im Stadtgebiet. Mit diesen Messreihen werden umfangreiche hydraulische Berechnungen mit dem kalibrierten Kanalnetzmodell durchgeführt, um Engpässe im Kanalnetz frühzeitig zu erkennen. Parallel werden nach registrierten Starkniederschlagsereignissen die Feuerwehreinsatzlisten ausgewertet. Vor Ort durchgeführte Gefährdungsanalysen ergänzen die Berechnungsverfahren.

2012 wurde zudem mit einer grundlegenden Analyse

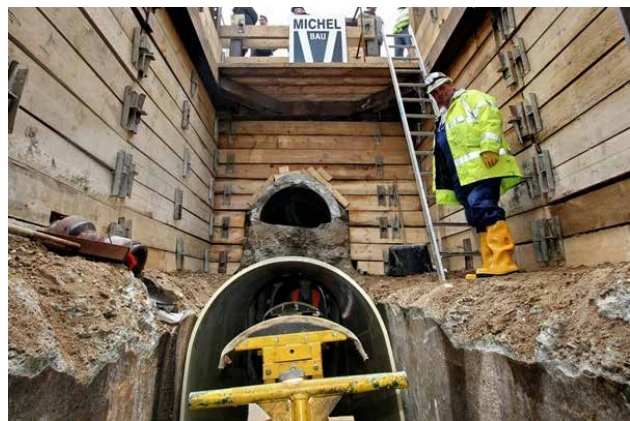
begonnen, das bestehende Entwässerungssystem mit der Geländetopographie in einem Testgebiet zu verschneiden. Ziel ist es, die potenzielle Überflutungsgefahr im Falle von extremen Starkniederschlägen zu ermitteln (wo sind Geländetiefpunkte, wo sammelt sich Wasser, wo sind oberflächige Fließwege und Flutmulden etc.).

Technische Maßnahmen / Verbesserung der hydraulischen Leistungsfähigkeit

Die Bemessung der öffentlichen Entwässerungsanlagen in Karlsruhe ist derzeit ausreichend. Aufgrund einer verschärften EU-Norm wurden die Anforderungen an das Kanalnetz hinsichtlich der abzuführenden Regenmengen bereits Ende der 1990er Jahre um 30 % erhöht und das gesamte Karlsruher Kanalnetz 2004/2005 daraufhin rechnerisch überprüft.

Steuerungstechnische Maßnahmen:

Da Starkregenereignisse oft nur lokalen Charakter haben, können bei weit verzweigten Kanalsystemen technische Kanalnetzsteuerungen ebenfalls zur Entlastung und somit zur Begrenzung von Schäden beitragen. Diese in der Fachwelt immer wieder vorgetragene Lösungsvariante scheitert derzeit noch an der zu ungenauen Vorhersage der Starkniederschläge hinsichtlich zeitlicher wie auch örtlicher Ausprägung. Die Stadtentwässerung verfolgt seit Mitte der 1990er Jahre konsequent durch den Ausbau des Sammlernetzverbundes (Sammlerkonzeption) eine natürliche robuste, weniger technisierte und damit auch weniger anfällige Lösung. Alleine über ein höhenreguliertes Abflusssystem wird ein umfangreiches Kanalverbundnetz beschickt und die Retentionsräume der Abwasserhauptsammler bei Starkregen aktiviert.



Sanierung des Beiertheimer Sammlers

Maßnahmen bei zu geringer Durchspülung

Um den genannten Effekten einer geringeren Durchspülung in Trockenperioden entgegenzuwirken, sind ebenfalls bauliche Lösungen (zum Beispiel Absturzbauwerke zur Verhinderung von Ausgasungen) oder betriebliche Maßnahmen (zum Beispiel manuelle Hochdruck-Kanalspülungen) möglich. Generell wird die Sedimentproblematik schon bei der Kanalisationsauslegung und -planung mit einbezogen.

Regenwasserbewirtschaftung

Versickerung

Zur Reduzierung des Regenwasserabflusses ist in Baden-Württemberg (seit 01.01.1999) vorgeschrieben, dass bei allen Baumaßnahmen das anfallende Niederschlagswasser auf dem Grundstück schadlos versickert oder ortsnahe in ein Gewässer eingeleitet werden soll (WG § 45b, Abs. 3). Zulässig ist dabei nur die Versickerung über die belebte Oberbodenschicht (Versickerungsmulden). Sickerschächte u.ä. sind zum Schutz des Grundwassers vor Schadstoffeinträgen generell unzulässig. Die Umsetzung erfolgt in Karlsruhe standardmäßig im Rahmen der Bauleitplanung (Bebauungsplan) und über das Baugenehmigungsverfahren.

Einschränkungen für eine durchgängige Anwendbarkeit bestehen allerdings in Gebieten mit hohen Grundwasserständen und ungeeigneten Bodenverhältnissen (wie in Karlsruhe die Kinzig-Murg-Rinne) sowie bei Altlastenflächen und geologisch ungünstigen Bodenverhältnissen (zum Beispiel Löss-Lehm-Böden in den Höhenstadtteilen). In diesen Bereichen ist eine Versickerung in der Regel nicht möglich. Dies gilt auch für stark verdichtete Baugebiete wie zum Beispiel in Karlsruhe Südost oder bei verschiedenen Einzelvorhaben mit fehlenden Flächenreserven. Durch die intensive Ausnutzung der Grundstücke und die vielfache Unterbauung der Flächen mit Tiefgaragen scheidet hier eine Regenwasserversickerung ebenso oftmals aus.



Beispiele für Versickerungsanlagen im Stadtgebiet: Versickerungsmulde beim Wohnstift im Karlsruher Weg (oberes Bild). Erdfilter kombiniert mit einer Zisterne im Baugebiet "Smiley" (Nordweststadt)

Regenwasserrückhaltung

Im Karlsruher Stadtgebiet existieren 13 offene Rückhaltebecken, um bei starken Niederschlägen einen Teil des Oberflächenwassers aufzufangen und zu einem späteren Zeitpunkt abzuleiten. Außerdem wird der Jägerhausee nördliche der Waldstadt als Puffervolumen genutzt.



Regenwasserrückhaltebecken „Oberschmallen“ in Oberreut



Regenwasserrückhaltebecken „Ob den Gärten“ in Palmbach

Die Realisierung von unterirdischen Retentionsräumen scheitert oft am Platzbedarf. Durch die Vielzahl von Leitungssystemen oder die Ausweitung der Fernwärme in Karlsruhe, die bauartbedingt große unterirdische Flächen in Anspruch nimmt, und bei gleichzeitiger Verringerung der Straßenbreite wird es problematisch unterirdische Retentionsräume anzulegen. Als positive Beispiele wurden in der Mastweide, in der Ludwig-Dill-Straße oder der G.-Braun-Straße große unterirdische Retentionsspeicher von der Stadtentwässerung eingebaut, um Starkregenereignisse abzufangen und eine Entlastung des Kanalnetzes herbeizuführen.



Unterirdisches Regenrückhaltebecken Mastweide

Als weiteres Element zur Abflussvermeidung tragen außerdem Gründächer bei (siehe dazu näher in den Kapiteln „Stadtgrün“ und „Stadtplanung“).

Entsiegelung

Positive Effekte für die Entsiegelung ergeben sich durch die gesplittete Abwassergebühr, die zum 1.1.2008 in Karlsruhe eingeführt wurde. Dafür wurden alle Grundstücke über 1.000 m² photogrammetrisch ausgewertet und die versiegelten Flächen durch die Eigentümer bestätigt. Für diese Flächen liegen die Versiegelungsgrade also vor. Seit Einführung der neuen Gebührengrundlage lassen sich Effekte im Verhalten einzelner Grundstückseigentümer nachweisen. So ist aufgrund der Gebührenersparnis vor allem bei Neubauten zu beobachten, dass Projektträger versickerungsfähige Beläge bevorzugen. Auch die Bereitschaft zum Einbau von Versickerungsanlagen ist seither deutlich gestiegen. Wegen der hohen Umbaukosten zur Entsiegelung ist die Rückbauquote im Bestand dagegen eher gering. Altlastenflächen und teils hohe Grundwasserstände kommen in vielen Stadtgebieten erschwerend dazu.

Zu berücksichtigen ist, dass eine Entsiegelung zwar unbestritten positive Auswirkungen für die Regenwasserversickerung bringt. Das gilt aber vorrangig für schwache Niederschlagsereignisse mit geringerer Intensität und Jährlichkeit. Eine Unterstützungsfunktion für das Abflussverhalten bei Starkregenniederschlägen ist nur eingeschränkt gegeben. Viele nicht versiegelten Flächen verhalten sich bei Starkniederschlägen oftmals

wie versiegelte Flächen, was sich zum Beispiel anhand der starken Wasserableitung aus Weinbergen, Mais- und Rübenfeldern in Hanglagen nachvollziehen lässt.

Multifunktionale Flächennutzung



Versickerungs-, Grün- und Freiraumflächen im Konversionsgebiet Knielingen

Ein vergleichsweise neuer Strategieansatz zum Umgang mit Starkregenereignissen stellt die „multifunktionale Flächennutzung“ in Siedlungsräumen dar. Dabei werden Freiflächen mit anderen Hauptnutzungen (zum Beispiel öffentliche Parks oder Spielflächen) im Falle eines Starkniederschlagsereignisses gezielt geflutet und als Retentionsraum verwendet, um das Überflutungsrisiko für andere Bereiche zu verringern. Vorreiter solcher Modelle sind die Niederlande, insbesondere die Stadt Rotterdam, wobei sich der Ansatz fast ausschließlich bei Neuplanungen bzw. der Ausweisung neuer Baugebiete umsetzen lässt.

In Karlsruhe wurde die multifunktionale Flächennutzung bereits an verschiedenen Stellen umgesetzt. Im Technologiezentrum wurden beispielsweise Grünmulden als Versickerungsbecken für die umliegenden Grundstücke angelegt. In den Konversionsgebieten Knielingen (siehe Bilder oben) und Neureut ist man einen Schritt weitergegangen und hat die Regenwasser-

kanalisation auf die zentralen öffentlichen Versickerungsanlagen, die auch dem Aufenthalt und in Teilbereichen als Spielflächen verwendet werden, ausgerichtet. Im Baugebiet Smiley (Nordweststadt) ist die Straßenentwässerung an die straßenbegleitenden Grünflächen angeschlossen, damit das Oberflächenwasser ortsnahe versickern kann. Parkplatzflächen wurden mit versickerungsfähigen Pflasterbelägen ausgeführt.



Entwässerung der Straßen und Parkplatzflächen im Baugebiet „Smiley“

Steuerung von Oberflächenabflüssen

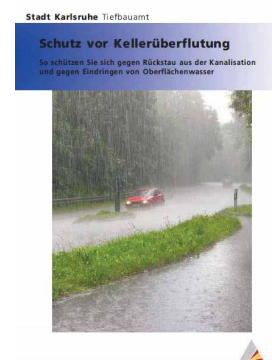
Um im Falle eines Rückstaus einen unkontrollierten Abfluss des verbleibenden Oberflächenwassers zu vermeiden, ist vor allem bei Neuplanungen eine gezielte Einbeziehung von Frei- und Verkehrsflächen durch die Definition und Anlegung von Notwasserwegen sinnvoll. Bei Übersteigen der Kapazitätsgrenzen der Kanalisation kann oberflächlich abfließendes Wasser in diesen gesammelt und dem Vorfluter zugeleitet werden. Im Bereich der Stadt Karlsruhe wird bereits bei der Straßenplanung hierauf geachtet. Straßen in neuen Baugebieten werden deshalb zur Bergseite verkippt und die talseitige Bebauung mit Bordsteinen eingebordnet, um Starkniederschläge auf der Straßenoberfläche kurzfristig zwischenspeichern. Durch die Verwendung von Mittelrinnen und die Erhöhung der Querneigung zur Mitte kann ein Speichervolumen im Straßenbereich generiert werden, das zum Schutz der Anwohner beiträgt. Dieses Verfahren wurde bisher zum Beispiel beim Umbau der Strahlenstraßen im Innenstadtbereich sowie bei der Neugestaltung der Gablonzer Straße (siehe Bilder) angewendet.



Einbau einer Mittelrinne in der Gablonzer Straße

Ergänzender Objektschutz

Neben den bislang genannten Maßnahmen verfolgt die Stadtentwässerung das Ziel, die Bevölkerung aufzuklären, um somit das Risikobewusstsein für die Gefahr von starkregenbedingten Überflutungen zu schärfen. Dabei wird die Eigenverantwortung von Grundstückeigentümern zum Schutz ihrer Objekte in den Vordergrund gestellt. Das Tiefbauamt bietet hierzu betroffenen Bürgerinnen und Bürgern nach Starkniederschlagsereignissen auf Wunsch eine persönliche Vor-Ort-Beratung zur Vermeidung von Rückstauschäden an. Außerdem beteiligt es sich regelmäßig am städtischen Katastrophenschutztag mit einem Informationsstand, hält Beratungsbroschüren und Checklisten zur Verfügung und informiert über das Amtsblatt regelmäßig über empfehlenswerte Schutzvorkehrungen gegen Starkregen.



Informationsbroschüre „Schutz vor Kellerüberflutung“

Strategie für Karlsruhe

Das Konzept für die multifunktionale Nutzungen von städtischen Flächen soll in Zusammenarbeit mit dem Gartenbauamt und dem Stadtplanungsamt bei neuen Bebauungsplänen zukünftig flächig eingesetzt werden. Hierzu ist erforderlich, dass Neubaugebiete topographisch auf diesen Anwendungsfall ausgerichtet sind und ausreichend Flächen zur Verfügung stehen.

Im Zuge von Straßenumbaumaßnahmen wird zukünftig - neben Barrierefreiheit und behindertengerechtem Ausbau - auch auf die Starkregenproblematik durch die Schaffung von Speicherraum in der Fläche verstärkt einzugehen sein. Wann immer möglich, soll Straßenwasser über die Bankette zur Versickerung gebracht werden. Durch die verstärkte Anwendung von versickerungsfähigen Belägen und die Reduzierung von befestigten Belägen auch im Gleisbereich (Anlegung von Rasengleise) lassen sich neue Flächen für die Speicherung und Ableitung gewinnen. Ebenso könnten durch die zeitweise Einschränkung der Nutzung von Flächen für die Oberflächenspeicherung von Starkniederschlägen Sicherheitsreserven generiert werden.

Derzeit werden die Zuläufe aus den Außengebieten erfasst und auf die hydraulische Leistungsfähigkeit überprüft. Die Regenrückhalteanlagen sollen – auch aufgrund neuer Bestimmungen bzw. gesetzlicher Vorgaben – hinsichtlich der Wasserbeschickung und Drosselung optimiert werden und wenn möglich mit einer sog. Doppelsteueranlage (wie bereits beim Hochwasserrückhaltebecken Rittnert eingebaut) ausgerüstet werden. Dabei werden die bestehenden Rückhalteanlagen bereits bei Regen unterhalb der Bemessungsjährlichkeit aktiviert. Durch die frühzeitige Beaufschlagung und erhöhte Ausnutzung des Beckens wird der Schutz der Unterlieger verbessert.

Die begonnene testweise Analyse der potenziellen Überflutungsgefährdung von Flächen bei Starkregen wird 2013 auf das gesamte Stadtgebiet ausgeweitet.

Auf Beschluss des Gemeinderats soll die gesplittete Abwassergebühr ab 2015 auf alle Grundstücke im Stadtgebiet ausgeweitet werden. Dadurch können sich auch bei kleineren Grundstücken Anreize für Entsiegelungs-

maßnahmen ergeben. Alle Grundstückseigentümer bzw. sonstige Nutzungsberechtigte, die bisher nach der Einheitsgebühr veranlagt worden sind, werden dazu aufgefordert, die Versiegelungsverhältnisse auf Ihrem Grundstück zu erklären. Dazu wird ihnen nach Auswertung von Luftbildern voraussichtlich ab Herbst 2013 ein Erfassungsbogen mit einer detaillierten Darstellung aller befestigten Teilflächen des jeweiligen Grundstückes inkl. Informationsmaterial zugesandt. Insgesamt werden ca. 36.000 Briefe verschickt.

In Neubaugebieten und bei Haussanierungen und Umbauten ist zukünftig noch stärker darauf zu achten, dass die Hauseigentümer Objektschutzmaßnahmen gegen Starkregen treffen (zum Beispiel durch Treppen oder Rampen vor Hauseingängen, hochliegenden Kellerfenstern, Vermeidung von Lichtrösten im Verkehrsbereich oder Verwallungen an Souterrainwohnungen). Baumaßnahmen sollten besser auf die Gefahren von Überschwemmungen ausgerichtet und die Bürger noch stärker für das Thema sensibilisiert werden.

Generell ist die Abwehr und Minimierung von den Folgen von Starkniederschlägen, die weit über den Berechnungsannahmen der Kanalnetzberechnung liegen, nur durch die Zusammenarbeit verschiedener Bereiche wie Stadtplanung, Grünflächenplanung, Architekten, Bürgern, Straßenbauer usw. möglich. Eine zentrale Erkenntnis bei dieser Thematik besteht darin, dass Schutz vor extremen Starkregen als eine Gemeinschaftsaufgabe der öffentlichen und privaten Hand verstanden werden muss. Nur dann sind sinnvolle gesamtheitliche Lösungsansätze realisierbar.

4.12 Auswirkungen auf die Energieversorgung



4.12 Auswirkungen auf die Energieversorgung

Der Energiesektor wird durch den Klimawandel sowohl auf der Produktions- als auch auf der Nachfrageseite beeinflusst. Die steigenden Temperaturen verstärken den Effekt von Energiesparmaßnahmen, weshalb langfristig mit einem sinkenden Heizenergiebedarf im Winter zu rechnen ist. Im Sommer erhöht sich dagegen der Strombedarf für Kühlung und Klimatisierung. Für die Energiewirtschaft und damit auch die Stadtwerke Karlsruhe mit Ihrer Netztochter Stadtwerke Karlsruhe Netze GmbH sind dies wichtige Planungsgrößen. In anhaltenden Trockenphasen kann es zudem zu Problemen bei der Kühlung großer Kraftwerke aufgrund des geringeren Kühlwasserdargebots kommen, was Leistungsdrosselungen und im Extremfall Netzinstabilitäten zur Folge haben kann. Nicht zuletzt sind auch Teile der Infrastruktur durch zunehmende Extremwetterereignisse gefährdet.

Klimafolgen

Auswirkungen auf die Energieerzeugung

Da thermische Kraftwerke wie Kohle- und Erdgaskraftwerke meist Fließgewässer zur Kühlwassergewinnung nutzen, sind diese gegenüber länger anhaltenden Hitzeperioden ohne Niederschlag besonders anfällig. Sinkende Pegelstände, steigende Flusstemperaturen und entsprechende wasserrechtliche Auflagen schränken in dem Fall die Verfügbarkeit von Kühlwasser und damit den Abtransport der Wärme ein, sodass die Kraftwerksbetreiber die Leistung drosseln müssen. Zuletzt trat eine solche Situation in den Jahren 2006 und 2010 ein, wo mehrere deutsche Kernkraftwerke Leistungsreduzierungen vornahmen. Besonders stark zeigten sich die

Auswirkungen einer Trockenperiode für die Stromversorgung im Hitzesommer 2003. Der Mangel an Kühlwasser führte damals Anfang August dazu, dass viele Kernkraftwerke ihre Leistung deutlich drosseln mussten, insgesamt wurden die konventionellen deutschen Kraftwerke um durchschnittlich 45 % zurückgefahren (beispielsweise Unterweser um 70 %, Isar I um 50 % und Philippsburg und Neckarwestheim I um jeweils 20 %). Wären nicht - wie auch in Baden-Württemberg durch das zuständige Umweltministerium - ökologisch bedenkliche Ausnahmegenehmigungen erteilt worden, die höhere Temperaturgrenzwerte für die Einleitung von genutztem Kühlwasser zuließen, hätte vielen Kraftwerken sogar die Abschaltung gedroht.

Um einen stabilen Systembetrieb des Deutschen Übertragungsnetzes und des Europäischen Verbundnetzes zu gewährleisten, kann es in solchen Situationen unter Umständen erforderlich werden, überregional die Netzlast zu reduzieren. Das heißt es kann zu gezielten Abschaltungen von Großverbrauchern oder einzelner Teilbereiche kommen, wenn andere Maßnahmen (wie die Mobilisierung zusätzlicher Reserven) nicht ausreichen. Davon könnte grundsätzlich auch Karlsruhe betroffen sein. Der Energiekonzern EnBW wandte sich im August 2003 wegen der Gefahr möglicher Versorgungsunterbrechungen mit einem Appell zum Stromsparen an die Haushalte in Baden-Württemberg. Empfohlen wurde unter anderem auf einen Dauerbetrieb von Klimageräten zu verzichten und Waschmaschinen und Trockner nicht in der Spitzenlastzeit zu nutzen. Auch die Stadtwerke Karlsruhe kommunizierten diesen Aufruf, allerdings hatte sich die Situation zu diesem Zeitpunkt durch erste Regenfälle bereits wieder etwas entspannt (siehe Abbildung 61).

Drucken | Senden | Speichern | Bookmark » 15.08.2003 13:05
Schrift: + -

Stadtwerke entwarnen [0]



Karlsruhe ps/sie - Nachdem sich durch die Regenfälle der vergangenen Nacht die Situation der hohen Wassertemperaturen und des Niedrigwassers der Flüsse etwas entschärft hat, gehen die Stadtwerke Karlsruhe von keiner Stromabschaltung in den kommenden Tagen aus. "Die Lage hat sich nach der Hitzewelle etwas entspannt. Dennoch bitte ich unsere Kunden, zu den Höchstlastzeiten zwischen 11 und 14 Uhr, stromintensive Geräte möglichst nicht einzuschalten", so Dr. Karl Roth, Technischer Geschäftsführer der Stadtwerke Karlsruhe.

Entwarnung haben die Stadtwerke (Foto: ka-news)

Falls es wider Erwarten in der kommenden Woche zu Engpässen in der Stromversorgung kommen sollte, haben die Stadtwerke einen Aktionsplan in Abstimmung mit den zuständigen städtischen Stellen erarbeitet. Die Aufrechterhaltung von öffentlicher Sicherheit und Ordnung hat dabei im unwahrscheinlichen Fall einer Teilabschaltung des Stromnetzes oberste Priorität. Der Technische Geschäftsführer unterstreicht, dass die Öffentlichkeit 48 Stunden vor einer

Abb. 61: Meldung von ka-news v. 15.08.2003 (Ausschnitt)

Zum konventionellen Kraftwerkspark mit überregionaler Bedeutung gehört auch das Rheinhafen-Dampfkraftwerk (RDK) der EnBW im Karlsruher Rheinhafen. Es verfügt über den steinkohlebefeuchten Block RDK 7 und den erdgasbefeuchten Gas- und Dampfturbinenblock RDK 4S. Das Kraftwerk wird derzeit um einen weiteren Steinkohleblock mit einer elektrischen Bruttolenistung von 912 MW erweitert (RDK 8). Da für die Kühlung der Kondensatoren Rheinwasser entnommen und wiedereingeleitet wird, könnten auch für das RDK in langen Hitzeperioden und Niedrigwassersituationen Einschränkungen zu erwarten sein.

Bestandteil des neuen Kraftwerksblocks ist ein Ventilator-Kühlturm, der bei hohen Rheintemperaturen zum Einsatz kommt, um das Kühlwasser vor der Rückleitung in den Fluss zurückzukühlen. Nach Berechnungen der EnBW kann damit selbst bei einem angenommenen Niedrigwasserabfluss von 400 m³/s und unter Berücksichtigung der extremen Temperaturverhältnisse aus dem Sommer 2003 der Grenzwert für die Mischtemperatur von 28°C unterhalb des RDK sicher eingehalten und damit ein stabiler Betrieb gewährleistet werden.

Auch der für Kohlekraftwerke im Zusammenhang mit dem Klimawandel diskutierte Aspekt von Belieferungsengpässen bei extremen Niedrigwasser trifft auf das RDK allenfalls eingeschränkt zu, da durch den Bahnanschluss des Rheinhafens recht kurzfristig auf eine Belieferung per Güterzug umgestellt werden kann.

Sollte es dennoch in klimatischen Extremsituationen zu Einschränkungen und einer Leistungsrosselung im RDK kommen, kann daraus keine unmittelbare Auswir-

kung auf die Stromversorgung in Karlsruhe abgeleitet werden. Zwar beziehen die Stadtwerke auch einen Teil ihres vermarkteten Stroms direkt aus dem Kraftwerk (RDK 4S), allerdings nur in einem sehr geringen Umfang (2011 knapp 2,5 % des Gesamt-Strombezugs). Rund 95 Prozent werden über Brokerplattformen oder die Europäische Strombörse (EEX) in Leipzig und damit über das allgemeine Verbundnetz bezogen.

Mit Ausnahme des Heizkraftwerks (HKW) West der Stadtwerke findet auch keine konventionelle Eigenenergieerzeugung im nennenswerten Umfang statt. Die Funktion des HKW West hat sich vom reinen Elektrizitätswerk, wie es 1901 gebaut wurde, als Verteilungszentrale zum Herz der Fernwärmeversorgung Karlsruhes gewandelt. Die Erzeugungsanlagen werden nur in Reserve- und Spitzenzeiten benötigt und Strom entsteht dabei lediglich als Nebenprodukt bei der Fernwärmeeigenerzeugung im Kraft-Wärme-Koppelbetrieb. Zwar wird Kühlwasser aus dem Hafenbecken entnommen und über die Alb wieder in den Rhein zurückgeleitet (die entsprechende wasserrechtliche Genehmigung lief Ende 2012 nach 25 Jahren aus und wird derzeit verlängert). Die betreffende Menge beträgt aber nur noch einen Bruchteil des ursprünglichen Kühlwasserbedarfs (ca. 1,5 % der Menge vor 25 Jahren). Außerdem kommt die Anlage vorrangig zur Spitzenlastabdeckung im Winterhalbjahr zum Einsatz, sodass durch sommerliche Hitzeperioden kaum negative Auswirkungen auf den Betrieb zu erwarten sind.



Das HKW West nahe dem Rheinhafen

Für Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien kann der Klimawandel ebenfalls Folgen haben. So wirken sich eine Veränderung der Niederschlagsmengen,

eine frühere Schneeschmelze und anhaltende Niedrigwasserphasen negativ auf die Wasserkraft und deren Kapazitätsauslastung bzw. Grundlastfähigkeit aus. Das betrifft regional gesehen vor allem die große Wasserkraft am Rhein (zum Beispiel Staustufe Iffezheim). In Karlsruhe selbst existieren mit dem Laufwasserkraftwerk an der Appenmühle (Alb) und dem Wasserrad der Obermühle (Pfinz) nur zwei kleinere Anlagen. Da beide Gewässer über eine nur geringe Vorfällung verfügen, schwanken die Jahreserträge bereits heute je nach Niederschlagsentwicklung teilweise recht deutlich. Aufgrund des nur geringen Erzeugungsanteils (ca. 0,01 % an der Gesamtstromabgabe im Stadtgebiet), ergibt sich daraus aber kein besonderer Anpassungsbedarf.



Stauwehr bei der Appenmühle

Generell dürften die Anforderungen an die Standsicherheit von Solar- und Windenergieanlagen mit Blick auf die prognostizierte Zunahme von Extremwetterereignissen (Hagel, Sturm, Gewitter) steigen. Beim angestrebten Repowering der Windkraftanlagen auf dem Energieberg könnte dies eine Rolle spielen, wenn die bestehenden Anlagen durch leistungsstärkere und gleichzeitig höhere, windexponiertere Anlagen ersetzt werden. Bei Starkwinden sind unter Umständen auch häufigere Abschaltungen der Anlagen notwendig, um eine Netzüberlastung zu verhindern. Der Einfluss auf die Erträge dürfte dagegen eher gering sein, da sich die Windgeschwindigkeiten im Mittel voraussichtlich wenig ändern. Bei der Photovoltaik wiederum stehen einem unter Umständen höheren Ertragspotenzial durch mehr Sonnenstunden gegenläufige Effekte durch gewisse Wirkungsgradverluste der Module bei höheren Temperaturen entgegen.



Freiflächenanlage auf dem Sühang des Windmühlenbergs.

Auswirkungen auf die Übertragung und Verteilung

Die Versorgung der Stromnetzkunden erfolgt über ein rund 57 Kilometer langes 110 kV-Hochspannungsnetz. Über die im Stadtgebiet verteilten neun Umspannwerke wird die Hochspannung auf die 20-kV-Mittelspannungsebene und dann über rund 920 Netzstationen auf die 0,4 kV-Ebene (zum Beispiel zur Versorgung der Haushalte) transformiert. Daneben gibt es rund 600 kundeneigene Mittelspannungsstationen. Als mögliche Klimafolgen für diesen Bereich werden in der Literatur insbesondere folgende Risiken genannt:

- Hohe Temperaturen bzw. lang anhaltende Hitzeperioden können die Übertragungskapazitäten von Stromleitungen einschränken. In trockenem Boden ist die Wärmeübertragungsfähigkeit eines Erdkabels auf den umgebenden Boden geringer als bei feuchtem Erdreich. Dieser Effekt wurde in Karlsruhe bei der Dimensionierung der Erdkabel berücksichtigt. Einschränkungen auf die Übertragungsleistung sind daher im ungestörten Betrieb nicht zu erwarten.
- Ereignen sich häufigere und intensivere Wetterereignisse wie Gewitter und Eislasten, kann dies zu häufigeren Versorgungsunterbrechungen durch wind- und blitzbedingte Störungen an Freileitungen führen. Anzumerken ist hierzu, dass in Karlsruhe bereits ein Großteil des Netzes aus Erdleitungen besteht (85 % bzw. ca. 2.380 km). Lediglich 15 % (ca. 360 km) sind noch als Freileitungen ausgeführt.
- Speziell für Umspannanlagen wird ein erhöhtes Risiko für Hochwasserereignisse angenommen. Die Umspannanlagen in Karlsruhe liegen entweder außerhalb von Hochwassergebieten oder die elektrisch sensiblen Anlagenteile sind im erhöhten Erdgeschoss in den Gebäuden untergebracht.

Auswirkungen auf den Energieverbrauch

Bei der Energienachfrage dürften mildere Winter dazu beitragen, dass der Energiebedarf für die Wärmeerzeugung deutlich sinkt, auch wenn es hier über die Jahre je nach Witterungsverlauf deutliche Schwankungen geben wird. Da weniger Brennstoffe zum Heizen eingesetzt werden, gehen Abschätzungen bis zum Jahr 2050 bundesweit von Kosteinsparungen in Höhe von insgesamt 8 Mrd. Euro im Vergleich zu einem Szenario ohne Klimawandel aus. Energiedienstleister müssen deshalb langfristig vor allem im Haushaltskundenbereich mit Umsatzeinbußen rechnen.

Auf der anderen Seite werden höhere Temperaturen und nicht zuletzt der deutliche Anstieg von Hitzetagen und -perioden zu einem Anstieg des Kühlbedarfs in den Sommermonaten führen (Gebäudeklimatisierung, Kühllhäuser, Kühltürme etc.). Gerade im gewerblichen Bereich finden Klimaanlage zunehmend Verbreitung, sie werden aber auch in Privathaushalten in Form von Kompaktgeräten immer beliebter. Seit 2005 sind die Verkaufszahlen in Deutschland wie in der EU stark angestiegen. Hierzulande werden etwa 100.000 bis



140.000 Klimageräte pro Jahr verkauft, in Italien und Spanien jeweils sogar das Zehnfache. Infolgedessen steigt der Stromverbrauch für Kühlung und Klimatisierung. Er betrug in Deutschland im Jahr 2008 etwa 8 % des Gesamtverbrauchs und könnte sich nach Angaben des Umweltbundesamts bei Fortsetzung des Trends bis 2020 mehr als verdoppeln.

Problematisch erscheint diese Entwicklung nicht nur vor dem Hintergrund der aktuellen Klimaschutzbemühungen, sondern auch mit Blick auf einen stabilen Betrieb der Übertragungsnetze. Das gilt vor allem dann, wenn die hohe Nachfrage mit entsprechenden Lastspitzen in Zeiten fällt, in denen hitzebedingte Einschränkungen auf der Erzeugungsseite bestehen, also thermische Kraftwerke ihre Leistung wegen eines verringerten Kühlwasserdargebots drosseln müssen. Etwas abmildernd wirkt sich dabei der bundesweit intensive Ausbau der Photovoltaik aus, da diese gerade an sonnenreichen Tagen hohe Erträge liefert. Allerdings sind die Peaks nicht genau deckungsgleich (die größten Erträge werden mittags erzielt, während die größte

Hitze in den Nachmittagsstunden auftritt). Ebenfalls zu berücksichtigen ist, dass die genannten Effekte – im Sommer wie im Winter – von den Maßnahmen zur Gebäudesanierung überlagert werden. Außerdem steigen die Effizienzanforderungen an Raumklimageräte aufgrund neuer EU-Regelungen in den nächsten Jahren schrittweise an. Mögliche Gesamtwirkungen lassen sich deshalb nur schwer quantifizieren.

Abgesehen davon ergeben sich für Energiedienstleister wie die Stadtwerke auch Chancen, weil der Markt "Klimatisieren und Kühlen" kontinuierlich wächst und alternative Kühlungsmöglichkeiten, zum Beispiel die Kälteerzeugung aus Abwärme oder Fernwärme, immer wichtiger werden.

Anpassungsmöglichkeiten und bisherige Aktivitäten

Im Nachgang zum extremen Hitzesommer 2003 und möglicher Teilabschaltungen im Stromnetz hat die Netztöchter der Stadtwerke umfangreiche Störungsanalysen durchgeführt. In Abstimmung mit den zuständigen städtischen Stellen wurden Maßnahmenpläne in Form von unveröffentlichten Betriebsanweisungen erarbeitet, die Vorgaben für kurzfristige Lastabwürfe in verschiedenen Stufen vorsahen. Zusätzlich wurden die Vorsorgemaßnahmen für den Extremfall eines hitzebedingten Stromausfalls optimiert und unter anderem eine autarke Standleitung (Tetra-Funk) zum Krisenstab bei der Branddirektion eingerichtet.

Aufgrund entsprechender Änderungen im Energiewirtschaftsgesetz sind die Übertragungsnetzbetreiber (in Baden-Württemberg die TransNetBW) verantwortlich für die Systemstabilität und müssen diese im Falle von Engpässen zunächst über netz- und marktbezogene Maßnahmen sicherstellen (zum Beispiel Mobilisierung zusätzlicher Reserven, Abschaltung vertraglich vereinbarter Lasten, Einstellung von Stromexporten). Erst wenn alle netz- oder marktbezogenen Maßnahmen ergriffen wurden, dürfen Schritte zur Verringerung der Netzlast durch gezielte Lastabwürfe vorgenommen werden. Die Verteilnetzbetreiber (und damit auch die Stadtwerke Karlsruhe Netze GmbH) sind gesetzlich verpflichtet, den Übertragungsnetzbetreiber dabei zu unterstützen, also auf Anforderung Abschaltungen vorzunehmen.

Als generell wichtige Anpassungsoptionen für den Ausgleich zwischen Stromerzeugung und -nachfrage lassen sich – im Grunde aber unabhängig vom Klimawandel – das Lastmanagement und die Energiespeicherung nennen. Gute Voraussetzungen für ein flexibleres Lastmanagement bietet dabei die beginnende Entwicklung von Smart-Grid-Technologien, die auch in Karlsruhe in ersten Ansätzen erprobt werden (beispielsweise durch den Einsatz intelligenter Stromzähler oder das KIT-Demonstrationsprojekt „Energy Smart Home Lab“). Im Bereich Stromspeicherung verfolgen

die Stadtwerke Karlsruhe das Konzept „power-to-gas“ mit großem Interesse, also die Umwandlung von überschüssigen Strom insbesondere aus erneuerbaren Energieerzeugungsanlagen in synthetisches Gas, das im vorhandenen Erdgasnetz gespeichert werden kann. Die Technologie befindet sich ebenfalls erst im Erprobungsmaßstab und steht für eine breite Anwendung noch nicht zur Verfügung. Darüber hinaus kann der Aufbau der Elektromobilität als ergänzender Baustein zur Stromspeicherung angesehen werden (Nutzung der Autobatterien als Stromspeicher für überschüssige Energie). Hier nimmt Karlsruhe durch die Beteiligung der Stadtwerke am MeRegioMobil-Projekt und dem Betrieb des eMobilitätszentrums bereits eine Vorreiterstellung auf kommunaler Ebene ein.



Prototyp der neuen Absorptionskältemaschine

Ein weiterer Ansatz, um den zunehmenden Stromeinsatz für Klimaanlage und die dadurch verursachten Lastspitzen zu bremsen, ist die verstärkte Nutzung der Absorptionskältetechnik, mit der aus Wärme Kälte erzeugt werden kann. Karlsruhe bietet dafür die besten Voraussetzungen, da im Sommer überschüssige Fernwärme zur Verfügung steht (insbesondere Abwärme aus dem Raffinerieprozess der MiRO), die auf diese Weise sinnvoll genutzt werden kann. Hierbei kommen vor allem größere gewerbliche Objekte in Frage. Zwei Pilotanlagen haben die Stadtwerke bereits im Landratsamt und im neuen Hauptgebäude der BGV/Badische Versicherungen installiert. Die neueste Generation von Absorptionskältemaschinen mit einer trockenen Rückkühlung wird demnächst beim Neubauvorhaben Gartencarré/SYNUS bundesweit erstmalig im „großen Stil“ eingesetzt. Auch hier fungieren die Stadtwerke im Rahmen eines Contractingvertrags als Anlagenbetreiber. Gegenüber den bislang erforderlichen Nasskühltürmen weisen die trockenen Rückkühler enorme Vorteile auf: Kein Wasserbedarf, keine Schwadenbildung, keine Legionellenproblematik, geringeres Gewicht, außerdem sind sie leiser und kompakter. Die verwendete neue

Kältetechnik ist deshalb ideal für den Einsatz mitten in der Stadt.

Bei der Elektrizitätsverteilung sind die Netzentüchtigung und der Netzausbau – auch mit Blick auf eine stärkere Integration erneuerbarer bzw. dezentraler Energien – eine wichtige Anpassungsstrategie. Die Stadtwerke haben in den letzten Jahren in zahlreiche bauliche Maßnahmen in der Netzinfrastruktur investiert, die zu einem Erhalt der hohen Versorgungssicherheit beitragen. Dazu gehört unter anderem der Umbau mehrerer Umspannwerke oder die Herstellung einer Direktverbindung auf der 110-kV-Hochspannungsebene zwischen den Umspannwerken West und Nord als vierte Ost-West-Verbindung. Damit wurde die Flexibilität für Schalthandlungen im Hochspannungskabelnetz verbessert. Die hohe Qualität der Netzinfrastruktur spiegelt sich insgesamt auch in den geringen Netzverlusten von nur rund 3 Prozent wider.

Im städtischen Verteilnetz investiert die Netztöchter der Stadtwerke sukzessive in die Erdverkabelung der Niederspannungsfreileitungen, um einerseits die Einflüsse durch extreme Wetterphänomene weiter zu reduzieren und andererseits das Netz auf einen steigenden Anteil dezentraler Einspeisungen vorzubereiten.

Strategie für Karlsruhe

Das Geschäftsfeld „Kälte aus Fernwärme“ soll nach ersten Betriebserfahrungen mit der neuen Absorptionskältetechnologie beim Gartencarré/SYNUS ab 2014 als standardisiertes Contractingangebot deutlich ausgeweitet werden.

Ferner sind Überlegungen zum Bau eines thermischen Energiespeichers für die Fernwärmeversorgung der Stadt Karlsruhe im Gange. Damit könnte sich in Abhängigkeit von der Entwicklung des KWK-Anlagenbetriebs eine Möglichkeit zur ökologisch und ökonomisch sinnvollen Entkopplung von Dargebot und Nachfrage ergeben.

Zur Speicherung von Stromüberschüssen in Form synthetischen Gases („Power to Gas“) ist eine Forschungs-kooperation zwischen Stadtwerken Karlsruhe und dem Engler-Bunte-Institut am KIT angedacht. Ziel der Studie, für die derzeit Fördermöglichkeiten eruiert werden, ist neben der technischen Entwicklung insbesondere die mögliche Systemintegration aus Sicht eines Energieversorgers bzw. Netzbetreibers unter besonderer Berücksichtigung des regulatorischen Rahmens.

4.13 Auswirkungen auf den Verkehr



4.13 Auswirkungen auf den Verkehr

Während die Diskussion um den Beitrag des Verkehrssektors zum Klimaschutz in vollem Gange ist, wird das Thema Anpassungsbedarf der Verkehrsinfrastruktur erst seit kurzer Zeit intensiver beleuchtet. Der Verkehr gilt dabei als eine kritische Infrastruktur. Denn Schäden verursachen hier nicht nur hohe Instandhaltungs- und Versicherungskosten, sondern haben auch Störungen im Verkehrsablauf zur Folge, die zu Einschränkungen im Wirtschaftsleben bis hin zur persönlichen Alltagsorganisation führen können. Neben dem Straßennetz, das in Karlsruhe immerhin an die 1.300 km umfasst, sind vor allem die Auswirkungen auf den gut ausgebauten öffentlichen Nahverkehr zu beachten. Außerdem bedarf die Binnenschifffahrt mit Blick auf den Rheinhafen als einem der bedeutendsten Binnenhäfen in Europa einer näheren Betrachtung.

Klimafolgen

Von den zu erwartenden Klimaänderungen sind für die Verkehrsinfrastruktur insbesondere die Zunahme von Starkregenereignissen, starken Stürmen sowie Hitzetagen Niedrigwasserphasen von Bedeutung. Schäden durch solche Ereignisse gab es zwar schon in früheren Jahren; auch für Karlsruhe ließen sich entsprechende Beispiele anführen. Es ist aber zu erwarten, dass diese durch den Klimawandel insgesamt zunehmen.

Auswirkungen auf den Straßenverkehr

Starkregen und Dauerregenereignisse können zu Überschwemmungen bei unterdimensionierten Entwässerungseinrichtungen an Straßen und Tunneln führen. Auch die Auskolkung von Flussbrücken und Unterspülungen von Fahrbahndecken werden als mögliche

Auswirkungen genannt. Hinzu kommt ein steigendes Risiko für Erdrutsche wasserübersättigter Böden zum Beispiel in Böschungsbereichen. Dies gilt besonders, wenn Starkregen in ansonsten trockenen Perioden fällt. Näher untersucht wird auch ein höheres Risiko für Aquaplaning. So ist das Unfallrisiko in Kurvenbereichen breiter Fahrbahnen - beispielsweise auf Autobahnen - bei Nässe bis zu fünf Mal höher als bei Trockenheit.

Als Folge von Stürmen kann die zulässige Verankerungslast von Verkehrseinrichtungen überschritten und dadurch die Standfestigkeit beispielsweise von großen Verkehrsschildern, Überdachungen oder von Beleuchtungs- und Signalmasten gefährdet sein. Besonders anfällig sind temporäre und provisorische Anlagen (zum Beispiel Baustellen). Windbruch und umstürzende Bäume wiederum führen zu einer Unterbrechung des Verkehrsflusses. Eine weitere Gefahr können Schäden an Brücken durch winderregte Schwingungen darstellen.



Ende einer Sturmnacht: Umgestürzter Baum in der Weststadt Überschwemmter Straßenbereich nach einem Starkregenereignis



Überschwemmter Straßenbereich nach einem Starkregenergebnis

Durch die prognostizierte Zunahme von Hitzeperioden sind verstärkt Material- und Strukturschäden wie Verformungen an Straßenbelägen (Spurrillen im Asphalt, so genannte „Blow ups“ bei Betonfahrbahndecken) zu erwarten. Für Karlsruhe selbst sind dahingehend aber noch keine außergewöhnlichen Schäden bekannt geworden. Steigende Temperaturen und Hitzewellen erhöhen zudem die Gefahr von Vegetations-, Böschungs- und Schwellenbränden entlang von Verkehrsstrecken.

In Folge der geringeren Schneeniederschläge und höherer Temperaturen ist für das Winterhalbjahr von einer Entlastung des städtischen Winterdienstes auszugehen. Das klingt zunächst erfreulich. Paradoxe Weise dürften aber Frostschäden an der Asphaltdecke in Form von Löchern und Rissen eher zunehmen, da für deren Entstehung nicht die Dauer einer Frostperiode ausschlaggebend ist, sondern der (ständige) Frost-Tau-Wechsel.

Auswirkungen auf den Schienenverkehr

Die Gefahren für den Schienenverkehr decken sich vielfach mit denen des Straßenverkehrs. Auch hier können intensive Starkregen zu Überschwemmungen von Unterführungen, zu Böschungsabgängen oder zu Unterspülungen von Gleisbetten führen. Stürme können Signalanlagen oder Oberleitungen zerstören, Bäume auf Gleise stürzen. Sowohl im Stadtgebiet als auch in der Region führte Windwurf bzw. -bruch in der Vergangenheit zu teils erheblichen Schäden an der Infrastruktur.

In mehrfacher Hinsicht könnte sich die prognostizierte Zunahme von Hitzetagen zum Problem entwickeln: So erhöhen größere Temperaturdifferenzen die Wahrscheinlichkeit von Schienenbrüchen und Gleisverwer-

fungen. Bei Brücken ist der Übergang im Bereich des Brückenkopfes / Widerlagers ein sensibler Punkt. Zur freien Dehnung des Gleises werden Schienenauszüge eingebaut, die besonders wartungs- und damit kostenintensiv sind. Es ist denkbar, dass diese Bauteile bei zunehmender Temperaturdifferenz angepasst werden müssen.

Durch höhere Temperaturen steigt auch die Belastung der Fahrleitungen, zusätzlich erfordern Fahrzeuge mit Klimaanlage eine höhere Leistungsaufnahme, was einen schnelleren Verschleiß bedingt. Lösungen sind größere Fahrleitungsquerschnitte oder veränderte Legierungen, dadurch fallen aber höhere Materialkosten und eventuellen Umrüstkosten an.

Anlagenteile der Leit- und Sicherungstechnik und der elektrischen Energieversorgung sind vor Ort in Schaltschränken oder Schalthäusern untergebracht. Eine erhöhte Sonneneinstrahlung führt zu einem Temperaturanstieg im Gehäuse, wobei die maximal zulässige Betriebstemperatur der Anlage überschritten werden kann. Im Stadtgebiet sind noch keine Anlagenausfälle bekannt. Allerdings musste die AVG in der Region bereits einige Schalthäuser mit einer Klimatisierung ausrüsten, um einen stabilen Betrieb zu gewährleisten. Es ist denkbar, dass die Klimatisierung von Schaltanlagen für den störungsfreien Betrieb künftig notwendiger Standard wird. Das würde wiederum erhöhte Beschaffungs-, Energie- und Instandhaltungskosten nach sich ziehen.

Darüber hinaus beeinträchtigen die hohen Temperaturen Fahrgäste und Fahrer bei gleichzeitig steigenden Komfortansprüchen an den ÖPNV. Daraus ergibt sich ein wachsender Bedarf für eine systematische Ausstattung der eingesetzten Fahrzeuge mit Klimaanlage.

Auswirkungen auf die Binnenschifffahrt und den Rheinhafen



Luftaufnahme des Karlsruher Rheinhafens

Für den Rheinhafen und die Binnenschifffahrt sind die Wasserstände des Rheins ein entscheidender klimabeeinflussender Faktor. Hochwasser- und Niedrigwasserereignisse können den Hafenbetrieb durch Störung oder die zeitweise Einstellung des Schiffsverkehrs nachhaltig und damit auch wirtschaftlich treffen.

Ab einem Pegel von PM 7,50 m wird die Schifffahrt auf dem Oberrhein aus Hochwassergründen eingestellt. Erst nach Unterschreitung dieser Marke kann der Schiffsverkehr wieder aufgenommen werden. In den vergangenen Jahren wurde die Hochwassermarke am Pegel Karlsruhe-Maxau mit wenigen Ausnahmen im Jahresverlauf zwar meist überschritten (siehe Tabelle 5), in der Regel aber nur für wenige Tage, sodass die (wirtschaftlichen) Auswirkungen überschaubar blieben.

Jahr	Anzahl Tage > PM 7,50	Jahr	Anzahl Tage > PM 7,50
2000	0	2006	5
2001	10	2007	2
2002	12	2008	1
2003	0	2009	0
2004	2	2010	1
2005	1	2011	0

Tabelle 5: Anzahl der Tage mit Pegelüberschreitungen von PM 7,50 bei Karlsruhe-Maxau (Quelle: Rheinhäfen)

Wie bereits im Kapitel „Gewässer“ näher ausgeführt, gehen die Vorhersagemodelle bis zur Mitte des Jahrhunderts für den Oberrhein von keiner wesentlichen Verschärfung der mittleren Hochwasserabflüsse aus. Für die voraussichtliche Entwicklung von Extremhochwasser gibt es allerdings noch keine Aussage.

Anders als bei Hochwasserereignissen wird die Rheinschifffahrt wegen Niedrigwasser nicht ab einem bestimmten Pegelstand von Amts wegen eingestellt. Vielmehr bleibt es der Verantwortung der einzelnen Schiffsführer überlassen, festzustellen, ob ausreichendes Fahrwasser vorhanden ist. Unter einem Pegelstand von PM 5,00 werden die Abladetiefen in der Schifffahrt bereits verringert. Dies hat je nach tatsächlichem

Pegelstand Einschränkungen bei der jeweiligen Transportmenge pro Schiff zur Folge, was aber durch eine angepasste Distribution (Einsatz zusätzlicher Schiffe) in gewissem Umfang kompensiert werden kann. Als „Faustformel“ für den Karlsruher Rheinhafen gilt, dass Schiffe bis zu einer Tiefe abladen können, die dem Pegel Maxau minus 180 cm entspricht. Aufgrund der vielen Bauformen der Schiffe, wie zum Beispiel Containerschiffe oder Schüttgutschiffe können die individuellen Abladetiefen allerdings variieren. Außerdem besitzt die gewählte mögliche Abladetiefe auf dem Oberrhein nicht für den ganzen Rhein Gültigkeit.

Zum kompletten Erliegen käme die Schifffahrt erst bei Wasserständen, die bezogen auf den Pegel Maxau unter PM 2,90 liegen. Dann würden selbst leere Güterschiffe kein ausreichendes Fahrwasser mehr vorfinden. Auch die Personenschifffahrt mit der MS Karlsruhe (Tiefgang 130 cm) müsste ab diesem Wert eingestellt werden. Wie die Auswertung der Pegelstände zeigt, wurde ein solch extremes Niedrigwasser in den vergangenen Jahrzehnten nicht erreicht - aber zumindest fast: Die niedrigsten Wasserstände der letzten 15 Jahre datieren aus den Jahren 2003 (PM 3,14) und 2006 (PM 3,15).

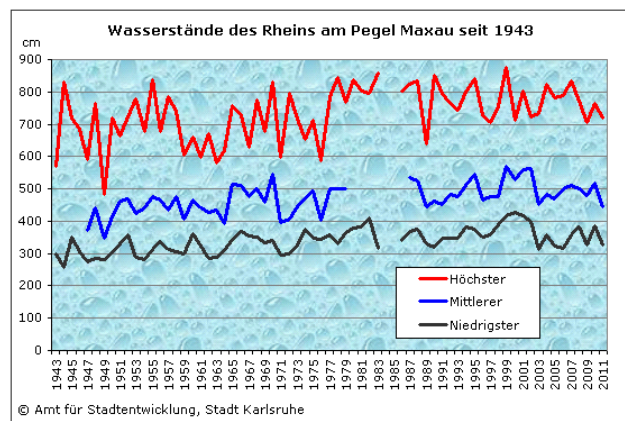


Abb. 62: Wasserstände des Rheins am Pegel Maxau seit 1943 (Quelle: Amt für Stadtentwicklung)

Im Ergebnis bleibt festzuhalten, dass die Schifffahrt auf dem Rhein bei niedrigen Wasserständen zwar eingeschränkt, aber im Gegensatz zu anderen Stromgebieten wie Elbe oder Donau immer noch möglich ist. Transportausfälle im größeren Umfang und eine - aus Klimasicht kontraproduktive - Verlagerung der Warenströme auf LKW oder die Bahn finden erst bei ausgeprägten Niedrigwasserperioden statt, wie sie 2003 oder 2006 auftraten.

Auch wenn für den Rhein noch kein ausführliches Szenario für extreme Niedrigwassersituationen vorliegt, zeigen die neuesten Projektionen für die mittleren Niedrigwasserabflüsse des Rheins - im Gegensatz zu fast allen anderen Gewässern in Baden-Württemberg - keine zunehmende Tendenz (siehe Kapitel „Gewässer“). Insofern ist für die nahe Zukunft nicht von einer deutlichen Verschärfung der Niedrigwasser-Problematik im Rheinhafen auszugehen.

Anpassungsmöglichkeiten und bisherige Aktivitäten

Straßenverkehr

Die Bauweise von Verkehrsanlagen und die Berücksichtigung von Windlasten erfolgt auf Grundlage technischer Normen. Es ist durchaus anzunehmen, dass diese zukünftig an neue Entwicklungen durch den Klimawandel angepasst werden.

Teilweise werden bereits neuartige Betonoberflächen und innovative Baustoffe erprobt. So ließe sich etwa durch hellere Oberflächen (zum Beispiel durch entsprechende Beimischungen in bituminösen Fahrbahndecken) die Rückstrahlung von Fahrbahnen erhöhen und Aufheizungseffekte vermindern. Allerdings sind diese Entwicklungen über das Versuchsstadium noch nicht hinausgekommen, ein breiterer Einsatz in der Straßenbaubranche ist hier derzeit nicht absehbar.

Zum Schutz der Straßendecke zur Vermeidung von Fahrbahnschäden können bei extremen Hitzeperioden temporäre Fahrverbote für Fahrzeuge mit einem Gesamtgewicht von über 12 t ausgesprochen werden. Bislang wurde von dieser Möglichkeit in Karlsruhe noch kein Gebrauch gemacht.

Generell stellt die Beschattung durch Bäume eine effektive Methode dar, um die Aufheizung von Straßenflächen zu begrenzen. Wie im Kapitel „Stadtgrün“ bereits ausgeführt, wurden im Karlsruher Stadtgebiet in den letzten Jahrzehnten systematisch noch baumlose Straßen mit Bäumen bepflanzt. Weitere geeignete Baumstandorte sind wegen zahlreicher Restriktionen (insbesondere unterirdisch verlegte Leitungen) kaum mehr zu finden.

Schienenverkehr

Beim Schienenverkehr lassen sich hitzebedingte Schäden an den Schienensträngen durch eine Erhöhung der Schweißtemperatur oder den Einbau zusätzlicher Dehnungsfugen vermindern.

Zur Vermeidung von Windwurfschäden wird auf bestimmten Strecken im KVV-Gebiet eine frühzeitige Baumrodung im Trassennahbereich immer wichtiger. Die neue Bepflanzung erfolgt abgestuft in Abhängigkeit der Entfernung zur Gleisachse. In innerstädtischen Bereichen ist eine ähnlich restriktive Vegetationspflege in der Regel nicht möglich. Hier dient vielmehr eine regelmäßige Kontrolle dazu, Schäden vorsorglich zu verringern.

In trassennahen Hanggebieten trägt eine gezielte Begrünung mit Pflanzen, die eine größtmögliche Durchwurzelung gewährleisten, zur Bodensicherung bei Starkregenereignissen bei.

Um eine leistungsfähige Entwässerung bei Starkrege-

nerenissen zu gewährleisten, wurde im Stadtgebiet der Einbauabstand von Einläufen zur Schienen- und Straßenentwässerung bereits halbiert (siehe hierzu ansonsten im Kapitel „Stadtentwässerung“). Auch die Leistungsfähigkeit der Bahnseitengräben muss gegeben sein, was zukünftig evtl. die Zugrundelegung von höheren Bemessungsmengen erforderlich macht. Eine großflächige Entwässerung ist zum Beispiel bei den Wiesen entlang der Strecke im Albtal notwendig, um Stauwasser am Bahndamm zu vermeiden.

Gleich mehrere wichtige Synergieeffekte ergeben sich durch die Anlage von Rasengleisen: Sie dienen einerseits als Retentionsfläche, um bei Starkregenereignissen den Spitzenabfluss zu verringern. Andererseits bindet die Eindeckung Feinstaub und mindert die Schallausbreitung. Klimatisch ist, bedingt durch die sukzessive Verdunstung, eine leichte Temperatursenkung messbar. Damit ist die Anlage von Rasengleisen nicht nur aus grünplanerischer Sicht vorteilhaft, sondern trägt auch zur Verbesserung des Stadtklimas bei. Die Anlage von begrünten Gleisbereichen wird deshalb im Stadtgebiet bei Neu- und Umbauten bevorzugt und kommt künftig vermehrt auch bei Bestandsstrecken zum Einsatz (teilweise als Maßnahme des Lärmaktionsplans).



Beispiel für ein Rasengleis: Gleisstrecke der Nordstadtbahn in Neureut-Heide

Haltestellenpunkte für Fahrgäste sind zur Erhöhung des Sicherheitsempfindens und oftmals aus städtebaulichen Gründen transparent, in der Regel auch die Dachflächen. Damit sich der Wartebereich bei intensiver Sonneneinstrahlung nicht zu stark aufheizt, werden

Materialien verwendet, die einen Teil der Einstrahlung reflektieren (abgedunkelte Scheiben, Beschichtungen oder lichtundurchlässigere Materialien).

Binnenschifffahrt

Als wichtigste Maßnahme zum Schutze des Hafens gegen Hochwasser wurde im Dezember 1987 das Hochwassersperrtor in Betrieb genommen. Hiermit wird die Hafenbetriebsebene vor Überflutungen geschützt - eine wesentliche Voraussetzung, um Firmen anzusiedeln zu können und Umweltschäden, gerade im Bereich der Mineralöl- und Flüssiggasvorratslager zu verhindern.

Ansonsten stehen - abgesehen von der Entwicklung von Transportschiffen mit geringerem Tiefgang - kaum technische Anpassungsoptionen gegen Hoch- und Niedrigwasser zur Verfügung. Zentraler Ansatzpunkt für eine Anpassung ist aus Hafensicht deshalb eine flexible Organisation und vorausschauende Disposition. Diese ist aufgrund der trimodalen Ausrichtung des Hafens bereits heute gewährleistet. So können die Güter im Bedarfsfall zusätzlich auf die Schiene oder die Straße verlagert werden



Hochwassersperrtor im Karlsruher Rheinhafen.

Strategie für Karlsruhe

Die vorgenannten Ansatzpunkte werden konsequent weitergeführt und neue Entwicklungen (zum Beispiel bei Straßenbelägen) aufmerksam verfolgt.

Die bereits begonnene Klimatisierung öffentlicher Verkehrsmittel wird mit der Anschaffung von 30 neuen Zweisystemfahrzeugen für den KVV und 25 neuen Niederflur-Stadtbahnwagen für das Karlsruher Stadtgebiet konsequent weiterverfolgt. Die Fahrzeuge werden in den kommenden Jahren schrittweise in Betrieb genommen und verfügen durchgehend über eine moderne Klimatisierung.



Ab 2013 Zug um Zug im Einsatz: Eines der 30 neuen Zweisystem-Stadtbahnfahrzeuge mit Klimatisierung aus der Reihe „Flexity Swift“

Ansonsten sollen im Zuge der Umsetzung des Verkehrsentwicklungsplans in den nächsten Jahren zahlreiche Maßnahmen realisiert werden, die unter anderem den Ausbau und die Entwicklung des Umweltverbunds zum Ziel haben und damit helfen, gegenläufige Auswirkungen des Klimawandels zu mindern.

4.14 Auswirkungen auf Wirtschaft und Arbeitsleben



4.14 Auswirkungen auf Wirtschaft und Arbeitsleben

Energieeffizienz und Klimaschutz nehmen mittlerweile bei vielen Unternehmen nicht zuletzt aufgrund gesetzlicher Vorgaben und hoher Energiekosten einen großen Stellenwert ein. Die Anpassung an die unvermeidlichen Folgen des Klimawandels wird im gewerblichen Bereich dagegen noch eher am Rande thematisiert. Das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung schätzt, dass auf Industrie und Gewerbe bis 2050 Anpassungskosten im Umfang von etwa 143 Milliarden Euro zukommen. Die Summe beinhaltet vor allem Schäden an Gebäuden und Infrastruktur durch zunehmende Extremwetterereignisse, aber auch Produktivitätsverluste etwa infolge langer Hitzeperioden. Zwar steht dem Zeithorizont langfristiger Klimaszenarien vielfach die kurzfristigen Perspektive unternehmerischer Investitionsentscheidungen entgegen. Die Zahl unterstreicht dennoch die Notwendigkeit, sich auch auf betrieblicher Ebene stärker mit potenziellen Gefährdungen durch den Klimawandel auseinanderzusetzen. Die Stadt kann solche Prozesse zumindest unterstützen und ansässige Unternehmen für das Thema sensibilisieren.

Klimafolgen

Auswirkungen durch Extremwetterereignisse

Von extremen Wetterereignissen wie Sturm, Hagel oder Starkniederschlägen sind Unternehmen ebenso betroffen wie andere Akteure. Gewerbeimmobilien können dabei aber stärker in Mitleidenschaft gezogen werden, da sie aufgrund der Dichte an Sachwerten über ein vergleichsweise hohes Schadenspotenzial verfügen. In Gewerbegebieten ist in der Regel die Versiegelungsquote durch Dach-, Asphalt- und Pflasterflächen besonders

hoch, sodass bei Starkregen die Überschwemmungsgefahr steigt, insbesondere wenn Entwässerungseinrichtungen zeitweise überlastet sind. Außerdem geht der Trend bei Produktions-, Logistik- und Handelsimmobilien heute zu funktionellen, flexiblen und teils wenig „robusten“ Gebäudehüllen, was zu einer stärkeren Windanfälligkeit führen kann.

Im Branchenvergleich sind insbesondere der Transportsektor und die davon abhängigen Wirtschaftszweige (zum Beispiel just-in-time-Produktion) als sensibel einzustufen, denn die Verkehrs- und Transportwege gehören zu den kritischen Infrastrukturen, deren Beeinträchtigung zu erheblichen Folgeschäden für die Wirtschaft führen kann.

Ein besonderes Augenmerk muss zudem auf Anlagen gerichtet werden, die aufgrund ihres besonderen, von den gehandhabten Stoffen herrührenden Gefahrenpotenzials in den Anwendungsbereich der Störfallverordnung fallen. Betreiber von solchen Betriebsbereichen sind verpflichtet, betriebliche und umgebungsbedingte Gefahrenquellen einer Analyse zu unterziehen. Extremwetterereignisse zählen zu den umgebungsbedingten Gefahrenquellen und sind entsprechend bei Auslegung und Betrieb der Industrieanlagen zu berücksichtigen. Liegen die Betriebe zum Beispiel in hochwassergefährdetem Gebiet, muss der Betreiber durch technische Maßnahmen Vorsorge dafür tragen, dass es bei evtl. eintretenden Hochwasserereignissen nicht zu Schäden kommen kann, die eine Freisetzung der gefährlichen Stoffe verursachen. Für die Mineralö Raffinerie MiRO existiert deshalb zum Beispiel ein betrieblicher Alarm- und Gefahrenabwehrplan „Hochwasser“ (vgl. im Kapitel „Bevölkerungsschutz“)

Physische Beeinträchtigungen können auch indirekter Natur sein: Gerade für Unternehmen, die in intensive Lieferbeziehungen eingebunden sind, besteht immer

das Risiko, dass durch klimatische Ereignisse in anderen Regionen - auch außerhalb Deutschlands oder Europas - witterungsbedingte Lieferkettenstörungen entstehen und es dadurch im eigenen Betrieb zu Produktionsverzögerungen oder -ausfällen kommt. Bei genauerer Betrachtung kann die tatsächliche Betroffenheit von Unternehmen je nach Branche völlig unterschiedlich ausfallen. Dies hängt von der genauen Lage, den baulichen Eigenschaften oder den vorhandenen Lieferkettenbeziehungen ab und muss letztlich individuell für jeden Standort betrachtet werden.

Auswirkungen durch Hitze

Besonders anfällig sind Gewerbestandorte für hitzebedingte Folgen des Klimawandels. Das gilt sowohl für Bürogebäude in der dicht bebauten Innenstadt wie für Betriebe in Gewerbegebieten. Die für die Tragfähigkeitsstudie des Nachbarschaftsverbands Karlsruhe erarbeitete Klimafunktionskarte weist demzufolge auch für einzelne Gewerbegebiete „auf der grünen Wiese“ bestimmte Bereiche als bioklimatisch belastet aus (zum Beispiel im Bereich Killisfeld oder Storrenacker). Zahlreiche Gewerbeimmobilien in Leichtbauweise sind zudem nur unzureichend gegen Hitze geschützt. Ebenso entstehen bei Unternehmen oftmals hohe innere Wärmelasten durch den Maschinenpark oder die EDV-Ausstattung. Als Folge können bei sommerlichen Hitzeperioden Funktionsstörungen empfindlicher Maschinen oder Lagerungseinschränkungen bei temperaturanfälligen Produkten resultieren.

Bei brauchwasserabhängigen Unternehmen werden zudem Einschränkungen von Produktionsprozessen durch ein sinkendes Dargebot in Trockenperioden erwartet. Allerdings dürfte dieser Aspekt für Karlsruhe wegen der auch zukünftig vorhandenen Grundwassergunst nur sehr eingeschränkt gelten.

Wesentlich bedeutsamer ist dagegen der sinkende Temperaturkomfort an nicht oder nur unzureichend klimatisierten Arbeitsplätzen: Bei Hitze sinkt die Leistungsfähigkeit und Arbeitsproduktivität der Mitarbeiter. Besonders betroffen sind Branchen mit körperlicher Arbeit im Freien. Mittagstemperaturen zwischen 30 und 40°C, in manchen Situationen noch deutlich höher (z. B. Arbeiten auf Dächern) können gesundheitliche Beeinträchtigungen und eine Erhöhung der Unfallgefahr nach sich ziehen. Nach der derzeit geltenden Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) muss in Arbeitsräumen - unter Berücksichtigung der jeweiligen Tätigkeit - eine gesundheitlich zuträgliche Raumtemperatur bestehen. Für die Beschäftigten gibt es zwar keinen An-

spruch auf klimatisierte Räume oder „hitzefrei“. Der Arbeitgeber ist aber verpflichtet, die Arbeit so zu gestalten, dass eine gesundheitliche Gefährdung möglichst vermieden wird. Bei Arbeiten auf Baustellen bzw. im Freien haben Beschäftigte ebenfalls einen Anspruch darauf, vor Gesundheitsgefahren durch Witterungseinflüsse geschützt zu werden. Welche Anforderungen dabei zu berücksichtigen sind, ist im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung festzulegen.



Der Kühlungsbedarf für Gewerbestandorte wird in den nächsten Jahren weiter wachsen

Insgesamt wird die Energienachfrage für die Kühlung von Gebäuden im gewerblichen Bereich erheblich ansteigen. In einem bundesgeförderten Projekt zum Klimawandel in der Region Dresden (REGKLAM) wurden als Teilaspekt die Klimafolgen für Industrie und Gewerbe näher untersucht. Am einschlägigsten sind demnach die Auswirkungen auf die Gebäudeklimatisierung und Kälteanlagentechnik. Im Ergebnis gehen die Projektbearbeiter davon aus, dass der wetterbedingte Kühlenergiebedarf langfristig um den Faktor zwei bis vier zunehmen wird. Dies bedeutet nicht nur deutlich höhere Kosten für die Unternehmen, sondern stellt auch die Energiewirtschaft vor besondere Herausforderungen (siehe dazu näher im Kapitel „Energieversorgung“).

Chancen für Unternehmen

Neben den bislang geschilderten negativen Folgen, eröffnen sich durch die Anpassung an den Klimawandel für das ein oder andere Unternehmen auch neue Marktperspektiven und damit wirtschaftliche Vorteile. Beispielsweise wird die Nachfrage nach Technologien zur Ressourcen- und Energieeinsparung oder zur effizienten Gebäudeklimatisierung in den nächsten Jahren weiter ansteigen. Ebenso kann ein zunehmender Bedarf an Beratungsdienstleistungen im In- und Ausland für bauliche Schutzsysteme angenommen werden (Hochwasserschutz, intelligente Fassaden etc.). Vor

allen innovative Unternehmen im Bereich der Gebäude-, Umwelt- und Sicherheitstechniken könnten davon profitieren.

Auch die Bauwirtschaft wird vom Klimawandel eher begünstigt, da die witterungsbedingten Einschränkungen im Winter (Bauausfalltage durch zu niedrige Temperaturen und Schlechtwettertage mit erschwerter Bautätigkeit) nach einer branchenspezifischen Auswertung des Deutsche Wetterdienstes vor allem im Flachland langfristig deutlich zurückgehen.

Anpassungsmöglichkeiten und bisherige Aktivitäten

Grundsätzlich steht ein breites Spektrum an baulichen und organisatorischen Maßnahmen zur Verfügung, mit denen die Anfälligkeit von gewerblichen Gebäuden reduziert werden kann. Diese decken sich vielfach mit den Maßnahmen, die auch für den privaten Gebäudebestand empfohlen werden. Als Ansätze zur Vermeidung von Schäden durch Starkregenereignisse lassen sich etwa der Rückbau versiegelter Flächen zur Regenrückhaltung (zum Beispiel Umgestaltung des Firmenparkplatzes mit Rasengittersteinen), die Einrichtung von Versickerungsanlagen, die Schaffung von Notwasserwegen, die Sicherung von Gebäudeöffnungen oder der Einbau von Rückstausicherungen nennen. Zur Reduzierung von Hitzeeffekten tragen wiederum Dach- und Fassadenbegrünungen, die Anlage von Grün- und Wasserflächen sowie von Verschattungselementen im Außenbereich oder die Gebäudedämmung bei.

Als besonders effektiv bei großen Dachflächen - insbesondere wenn sich eine Dachbegrünung nur schwer realisieren lässt - hat sich der Einsatz von Materialien mit einer hohen Rückstrahlungswirkung erwiesen. Ein solches „Albedomanagement“ wurde in der jüngeren Vergangenheit unter anderem beim Bau des neuen dm-Textil-Logistikzentrums in der Wolfartsweierer Straße berücksichtigt und auch im Bebauungsplan entsprechend vorgegeben.



dm-Textil-Logistikzentrum: Die Dachfläche der Lagerhalle ist mit einer besonderen Albedo-Folie beschichtet.

Um den steigenden Kühlungsbedarf zu bewältigen, setzen Unternehmen nach wie vor in erster Linie auf strombetriebene Kompressionskältemaschinen. Deren zunehmende Verbreitung führt aber zu höheren Lastspitzen und könnte sich zukünftig in Hitzeperioden problematisch für die Aufrechterhaltung der Netzstabilität erweisen. Nicht nur aus Klimaschutzsicht deutlich effizienter wäre es, die in vielen Betrieben beim Produktionsprozess anfallende Abwärme mittels thermisch angetriebener Kältemaschinen zur Klimatisierung zu nutzen. Dem stehen bislang oft deutlich höhere Anschaffungskosten und ein größerer Platzbedarf entgegen. Kompaktere und kostengünstigere Anlagen, die auch in kleineren Betrieben eingesetzt werden können, befinden sich derzeit aber in der Entwicklung.

Die gleiche Strategie verfolgen die Stadtwerke Karlsruhe, die derzeit in einem Pilotprojekt erstmals eine neue Absorptionstechnik auf Fernwärmebasis mit trockener Rückkühlung einsetzen. Ziel ist es, die neue Technik mittelfristig in breiter Form für Gewerbebetriebe anbieten zu können (siehe dazu näher im Kapitel „Energieversorgung“).

Neben solchen technischen Ansätzen empfiehlt es sich auf organisatorischer Ebene betriebliche Notfallpläne aufzustellen, in denen zum Beispiel Einsatzpläne oder Checklisten die wichtigsten Handlungsabläufe bei Eintreten eines Extremwetterereignisses regeln. Bei der Ausarbeitung sollten Informationen zu lokalen Gefährdungen (zum Beispiel Hochwassergefahrenkarten) oder zu Schadensereignissen aus der Vergangenheit berücksichtigt werden.



Auch um die Auswirkungen von Hitze abzumildern, kommen ergänzende organisatorische Maßnahmen in Betracht, beispielsweise eine vorübergehende Anpassung der Arbeits- und Pausenzeiten, eine Lockerung der Bekleidungsvorschriften, die Bereitstellung von Getränken oder gezielte Lüftungsmaßnahmen in den kühlen Nacht- und Morgenstunden. Geräte mit großer Hitzeabstrahlung sollten im betreffenden Zeitraum nach Möglichkeit nur eingeschränkt genutzt werden und Mitarbeiter über Verhaltensempfehlungen informiert sein.

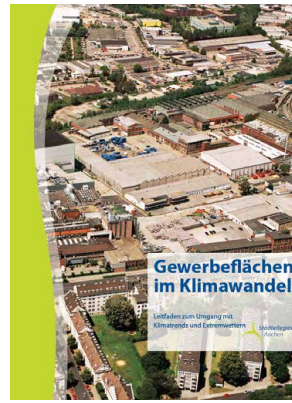
Generell wichtig ist es, dass sich Unternehmen überhaupt mit dem Thema Klimawandel befassen und mögliche Auswirkungen in ihre Risikoanalyse und künftige Investitionsentscheidungen einbeziehen. Die Stadt Karlsruhe kann hierbei in gewissem Umfang zur Sensibilisierung beitragen, nicht zuletzt durch die Vermittlung so genannter Best-Practice-Modelle.

Als passendes Beispiel lässt sich der Wettbewerb zur Durchgrünung von Gewerbegebieten anführen, den das Gartenbauamt in Zusammenarbeit mit der IHK und der Handwerkskammer Karlsruhe im Winterhalbjahr 2012/2013 bereits zum dritten Mal ausgelobt hat. Neben der Gestaltung sowie der sozialen und ökologischen Wirkung wurden erstmals auch eine flächensparende Bauweise, optimierte Verkehrsflächen und der Klimaschutz als Bewertungskriterium herangezogen.

Strategie für Karlsruhe

Im Rahmen des Klima-MORO-Forschungsprojekts in den Regionen Nordschwarzwald/Mittlerer Oberrhein (Laufzeit 2009 bis 2011), an dem sich der Regionalverband Mittlerer Oberrhein als Partner beteiligte, wurde als eines von insgesamt neun ebenenübergreifenden Folgeprojekten der Aufbau eines „Netzwerks Klimawandel und Produktivität“ vorgeschlagen. Ziel ist es, Entscheidungsträger in der Wirtschaft für die Folgen des Klimawandels in unserer Region zu sensibilisieren und modellhafte Lösungen für integrierte betriebliche Anpassungskonzepte zu entwickeln (unter anderem Pilotprojekte mit einzelnen Unternehmen). Dabei sollen bestehende Ansätze zu einer regionalen Kooperation im Bereich Wirtschaftsförderung aufgegriffen werden. Die Stadt Karlsruhe wird sich im Rahmen ihrer Möglichkeiten an diesem Netzwerk beteiligen und gegebenenfalls versuchen ausgewählte Karlsruher Unternehmen für eine Mitarbeit zu gewinnen.

Das EnergieForum Karlsruhe der Wirtschaftsförderung bietet über seinen „ExpertenTisch Energie“ kostenfreie Informationen und Beratungen für den energieeffizienten Neu- und Umbau von Gewerbebauten an. Auch Anpassungstechniken (zum Beispiel Absorptionskühlung) spielen hier eine gewisse Rolle.



Aufgrund der räumlichen Nähe von Unternehmen in Gewerbegebieten besteht die Möglichkeit, für die Umsetzung größerer technischer Anpassungslösungen betriebliche Kooperationen einzugehen. Aus anderen Kommunen sind zumindest Beispiele bekannt, wo benachbarte Betriebe bei der Nutzung überschüssiger Produkti-

onsabwärme kooperieren (die grundsätzlich auch zur Kälteerzeugung genutzt werden kann). Solche Ansätze werden derzeit im Rahmen des Projekts „Energieeffizientes Gewerbegebiet“ der Wirtschaftsförderung exemplarisch im Industriegebiet Killisfeld durch das Kompetenzzentrum Energie und die Hochschule Karlsruhe untersucht. Es bleibt abzuwarten, ob sich aus den voraussichtlich im Herbst 2013 vorliegenden Ergebnissen gegebenenfalls auch Ansätze für Anpassungsmaßnahmen ergeben.

Seit kurzem liegt als ein Ergebnis aus dem ExWoSt-Projekt „Klimaix“ der Städteregion Aachen eine internetbasierte Einstiegshilfe zur klimagerechten Gewerbeflächenentwicklung vor, die unter anderem einen „Anfälligkeitscheck“ und einen Leitfaden mit möglichen Anpassungsmaßnahmen bereit hält (www1.isb.rwth-aachen.de/klimaix). Solche Arbeitshilfen können auch Karlsruher Unternehmen dabei unterstützen, abzuklären, welche Anpassungsrisiken für Ihren Betrieb einschlägig sind. Auf die Veröffentlichung soll deshalb bei Kontakten mit Unternehmen verstärkt aufmerksam gemacht werden.

4.15 Auswirkungen auf Tourismus und Freizeitverhalten



4.15 Auswirkungen auf Tourismus und Freizeitverhalten

Die Auswirkungen des Klimawandels auf den Tourismus stehen im engen Zusammenhang mit der Reiseform: Während naturnahe Outdoor-Aktivitäten stark durch Wetter und Klima beeinflusst werden, sind Städte-, Kultur- oder Geschäftsreisen grundsätzlich als eher wenig klimasensibel einzustufen - es sei denn, die bereisten Kommunen sind Extremereignissen wie Hitzewellen oder Hochwasser ausgesetzt und nicht daran angepasst. Die Tourismusstadt Karlsruhe wird vor allem durch Geschäftsreisende und Tagesgäste geprägt. Von den knapp 1 Mio. registrierten Übernachtungen im Jahr 2011 entfallen fast 80 % auf Geschäftsreisen. Eine Studie hat zudem ergeben, dass auf jede Übernachtung rund 20 Tagesreisen kommen. Insofern ist davon auszugehen, dass Karlsruhe als Tourismusstandort von den abzusehenden Klimaveränderungen kaum betroffen sein wird. Deutlich spürbarer wird dagegen der Einfluss auf das Freizeitverhalten der Karlsruher Bevölkerung sein.

Klimafolgen

Die Folgen des Klimawandels für den Tourismus in Baden-Württemberg wurden im Verbundvorhaben KLARA näher untersucht. Die Ergebnisse, die im Wesentlichen auch auf Karlsruhe übertragbar sind, lassen sich unter der Kurzformel „Baden und Wandern gut, Ski und Rodel schlecht“ zusammenfassen:

Auswirkungen auf den Sommertourismus

Für den Sommertourismus werden die Folgen als überwiegend positiv bewertet. So werden von der Tendenz zu wärmeren und niederschlagsärmeren Sommern vor

allem der Rad-, Wander- und Naturtourismus profitieren, da die Anzahl klimatisch günstiger Tage zunimmt. Regional gesehen kann deshalb mit einem Anstieg von Tagesausflügen gerechnet werden, was sich positiv für den Nahverkehr auswirken könnte. Denn dieser wird in zunehmendem Maße für Freizeitaktivitäten in die nähere Umgebung wie den Nordschwarzwald oder den Pfälzer Wald genutzt. Der KVV unterstützt diese Entwicklung bereits seit Jahren zum Beispiel durch die Herausgabe mehrerer Ausflugsbroschüren oder die regelmäßige Organisation von Stadtbahn-Wanderungen. Ebenso positiv sind die Aussichten für die Gastronomie, nicht zuletzt weil die Tage mit „Biergartenwetter“ zunehmen.

Auch die Badesaison wird tendenziell früher beginnen und teilweise bis in den Frühherbst hineinreichen. Im Rahmen von KLARA wurde exemplarisch für die Bodenseeregion für den Zeitraum 2026 bis 2055 (im Vergleich zum Referenzzeitraum 1971 bis 2000) eine deutliche Steigerung potenzieller Badetage je nach Standort von bis zu 30 % prognostiziert. Von dieser Entwicklung können die Karlsruher Freibäder bislang nicht profitieren. Die Erfahrung zeigt, dass nicht die Anzahl der einzelnen Sommertage als solche entscheidend für einen hohen Zustrom an Badegästen ist, sondern das Vorhandensein längerer Schönwetterperioden. Fallen diese nur kurz aus, weil das Wetter unbeständig ist oder durch Regentage unterbrochen wird, wirkt sich das negativ auf die Besuchszahlen aus. Dies war in den zurückliegenden Jahren öfters der Fall. Aus den Saisonbilanzen lässt sich insofern bislang eher ein negativer Trend mit Blick auf den Klimawandel ablesen. Um Wetterschwankungen besser auffangen zu können, sind Kombibäder (Hallenbäder mit Freigelände) eine Alternative.

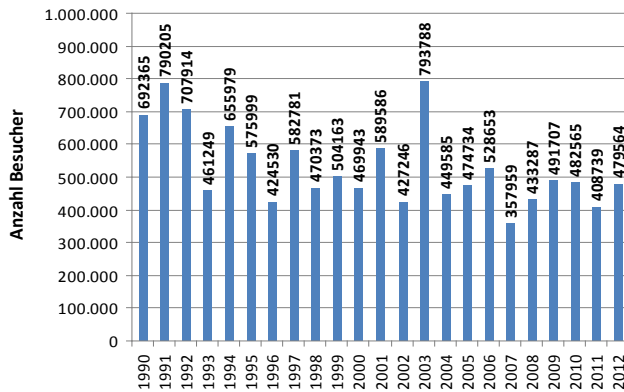


Abb. 63: Saisonbadegäste in den Karlsruher Freibädern (Zahl 2012 vorläufig; Quelle: Bäderbetriebe)

Generell erwarten die Forscher, dass mit den Klimaveränderungen im Mittelmeerraum die Attraktivität deutscher Urlaubsregionen weiter steigt. Als Potenzial werden hier auch Gäste aus den Mittelmeerländern selbst gesehen, die in den Reisemonaten Juli und August der dortigen Trockenheit und Hitze entfliehen wollen und kühlere Gefilde im Norden wie etwa den Schwarzwald aufsuchen. Ob diese Entwicklung für Karlsruhe zählbare Vorteile mit sich bringt, lässt sich kaum vorhersagen. Grundsätzlich ist aber mit einer steigenden Bedeutung des Städtetourismus zu rechnen.

Natürlich birgt der Klimawandel für den Sommertourismus auch gewisse Risiken: So kann die Zunahme von Hitzetagen die vorgenannten Aktivitäten gerade im Hochsommer wieder einschränken, wenn die thermische Belastung zu hoch ist. Ein besonderer Anpassungsdruck könnte sich beispielsweise für bestimmte (sportliche) Großereignisse wie beispielsweise den Badenmarathon ergeben, etwa durch Vorverlegung der Startzeiten in den früheren Vormittag oder vorsorgliche Verschiebung ins Frühjahr bzw. den Herbst.



Zieleinlauf beim Badenmarathon 2011

Ein Problem kann die zunehmende Sommerhitze auch für die Badewasserqualität von Seen bedeuten. Gerade bei zum Baden genutzten Oberflächengewässern besteht die Gefahr, dass sich natürlich vorkommende Mikroorganismen und Einzeller (Blaualgen, Kieselalgen, Dinoflagellaten,) stark vermehren und bei Bade Gästen zu Beschwerden in Form von Hautirritationen, Augenreizungen oder Übelkeit/Erbrechen führen. Für Karlsruhe sind diese Aspekte derzeit von untergeordneter Bedeutung, da die Rechtsverordnung vom 15. Mai 1979 das Baden in allen öffentlichen Gewässern und Baggerseen im Stadtgebiet untersagt - auch wenn dies vielfach wie beim Grötzingen Baggersee unbeachtet bleibt. Auswirkungen auf die Wasserqualität in konventionellen Frei- und Hallenbäder sind durch die DIN-konformen Wasseraufbereitungsanlagen nicht zu befürchten. Bei privaten Kleinbadeteichen ohne entsprechende Desinfektionsmöglichkeiten kann sich dies freilich anders darstellen.

In Folge geringerer Niederschläge im Sommer und der häufiger anzutreffenden Niedrigwassersituationen sind zudem touristische Einschränkungen bei der Fließgewässernutzung denkbar. Für Karlsruhe wären hier als ein Beispiel die Ausflugsfahrten mit dem Fahrgastschiff „MS Karlsruhe“ im Rheinhafen zu nennen. Ebenso dürfte die derzeit ohnehin heftig diskutierte Benutzung von Alb und Pfingz durch Kanuten und geführte Kanugruppen zunehmenden Restriktionen unterliegen.

Auswirkungen auf den Wintertourismus

Zu den Verlierern des Klimawandels gehört ganz klar der Wintersport, da die Schneesicherheit im Südwesten erheblich abnehmen wird. Im Vergleich zu den Jahren 1994 bis 2003 geht die Zahl der Schneetage in tieferen Lagen schon in den Jahren 2021 bis 2030 um fast 20 % zurück. Wintertage mit Schneefällen, an denen im Karlsruher Stadtgebiet die Langlaufski umgeschnallt oder Schlitten gefahren werden kann, werden also langfristig immer unwahrscheinlicher.

Noch dramatischer sehen die Szenarien für den Schwarzwald aus: Die Forscher rechnen hier mit 25 bis 44 % weniger Schnee in den Gipfellagen, in mittleren Höhen sogar bis 65 %. Schneeverhältnisse wie wir sie heute in 1.000 Meter etwa im Bereich der Schwarzwaldhochstraße haben, werden langfristig erst in ca. 2.000 Meter Höhe vorherrschen. Dem Skitourismus im (Nord-)Schwarzwald stehen damit schwere Zeiten bevor. Vor allem tiefer gelegene und kleine Skigebiete sind bedroht, da sich Investitionen in neue Infrastruktur (Erneuerung Lifte, Beschneiungsanlagen) kaum noch

rechnen. Da Karlsruhe selbst - abgesehen von der „Eiszeit“ auf dem Friedrichsplatz - keine Wintersporteinrichtungen betreibt, hat dies zwar keine direkten Auswirkungen. Wintersportbegeisterte Karlsruher müssen sich aber darauf einstellen, dass sie zukünftig anstatt den nahegelegenen Liften im Nordschwarzwald öfters auf höher gelegene Pisten im Südschwarzwald (zum Beispiel Feldberggebiet) oder im Alpenraum ausweichen müssen.



Ein Vergnügen, das schon heute Seltenheitswert hat:
Eislaufen auf dem Stadtgartensee

Anpassungsmöglichkeiten und bisherige Aktivitäten Unabhängig vom Klimawandel ist der Tourismussektor starken Schwankungen und Veränderungen unterworfen, die etwa im Zusammenhang mit sozioökonomischen Rahmenbedingungen, der Altersstruktur oder dem Lebensstil stehen. Im Vergleich zu diesen Faktoren werden die Auswirkungen des Klimawandels auf den Tourismus (mit Ausnahme des Wintersports) bislang kaum beachtet. Entsprechend wenig konkrete Anpassungsmaßnahmen stehen zur Diskussion.

Aus städtischer Sicht kann der Anpassungsdruck aber ohnehin als sehr überschaubar bezeichnet werden. Förderlich wirken sich Aktivitäten aus, die bereits in den anderen Kapiteln näher beschrieben wurden. So tragen zum Beispiel grünpflegerische Maßnahmen oder die Installation von Wasserflächen im öffentlichen Bereich dazu bei, dass die Attraktivität der Stadt auch an Hitzetagen für Tagestouristen erhalten bleibt. Ein zentraler Aspekt für die Stadt als Messe- und Kongressstandort ist außerdem der steigende Kühlungsbedarf der Gebäude im Sommer. Auch hier wurden bereits strategische Ansätze wie die Nutzung der Fernwärme für Kühlungszwecke ausgeführt. Bei der KMK nehmen das Thema Energieeffizienz und die vorausschauende Optimierung der Gebäudetechnik zudem einen hohen Stellenwert ein.

Für die städtischen Bäder bestehen kaum Anpassungsmöglichkeiten: Die Freibäder sind in hohem Maße wetterabhängig und werden es auch zukünftig bleiben. Neben einer gewissen Flexibilisierung bei den Saisonöffnungszeiten ist hier entscheidend, dass attraktive Alternativen für verregnete Sommertage und unbeständige Wetterperioden zur Verfügung stehen. Mit dem Europabad und dem Fächerbad kann die Karlsruher Bäderlandschaft diesbezüglich als sehr gut aufgestellt angesehen werden, was auch die mittlerweile konstant hohen Besucherzahlen im Europabad über die Sommermonate belegen.

Strategie für Karlsruhe

Es bestehen aufgrund der vorgenannten Gründe keine besonderen Planungen.

4.16 Auswirkungen auf den Bevölkerungsschutz



4.16 Auswirkungen auf den Bevölkerungsschutz

Der Umgang mit unterschiedlichen Naturereignissen und deren Folgen für Mensch und Umwelt ist seit jeher ein fester Aufgabenbestandteil des Bevölkerungsschutzes. Die maßgeblichen Akteure sind deshalb heute schon für die Bewältigung wetterbedingter Extremereignisse und Großschadenslagen gerüstet. Im Zuge des Klimawandels ist allerdings mit einer zunehmenden Anzahl und steigenden Intensität von Extremereignissen wie Hochwasser, Starkniederschlägen oder lang anhaltenden Hitzeperioden zu rechnen. Darauf sollten sich zuständigen Behörden und Einsatzleitungen einstellen. Schließlich müssen die Systeme und Strukturen des Bevölkerungsschutzes auch im Falle von Belastungsspitzen sicher funktionieren. Wesentlicher Akteur aus städtischer Sicht ist dabei die Branddirektion, der als unterer Katastrophenschutzbehörde die allgemeine Koordination von Gefahrenabwehrmaßnahmen obliegt. Darüber hinaus gilt es, Bürgerinnen und Bürger dabei zu unterstützen, sich selbst besser gegen mögliche Gefahrenlagen zu schützen.

Klimafolgen

Nach einer Analyse des Rückversicherers Munich Re hat sich in Deutschland die Anzahl wetterbedingter Naturkatastrophen seit den 1970er Jahren mehr als verdreifacht. Dieser Trend wird sich vermutlich weiter fortsetzen.

Tatsächlich nehmen viele Einrichtungen des Bevölkerungsschutzes schon heute einen Anstieg der Einsatzzahlen aufgrund von extremen Wetterbedingungen wahr. In einer bundesweiten Fragebogenaktion unter den in der Arbeitsgruppe „Klimawandel und Anpassung

im Katastrophenschutz“ vertretenen Organisationen meldeten auf die Frage hin, ob Einsätze aufgrund von Extremwetterereignissen und deren Folgen innerhalb des eigenen Zuständigkeitsgebiets zu- oder abgenommen haben, knapp 50 % der Befragten eine auffällige Zunahme an bestimmten Einsätzen. Bei Einrichtungen des THW bejahten dies sogar zwei Drittel, bei den örtlichen Feuerwehren in etwa die Hälfte. Neben der generellen Einschätzung der Zu- und Abnahme von Fallzahlen konnten sich die teilnehmenden Einrichtungen auch präziser dazu äußern, welche Wetterereignisse erfahrungsgemäß zu mehr Einsätzen führen. Am häufigsten wurden in dem Zusammenhang Stürme genannt, gefolgt von Hochwasser. Diese beiden Ereignistypen stechen in der Einschätzung deutlich vor anderen Wetterextremen wie Hitzeperioden oder Blitzeis hervor.

Da es sich um keine Vollerhebung handelt und sich nur 170 Einrichtungen an der Umfrage beteiligten, können die Ergebnisse zwar keinesfalls als repräsentativ angesehen werden. Dennoch vermittelt sie einen ersten Eindruck, wie das Thema Extremwetter und Klimawandel bei den Akteuren vor Ort eingeschätzt wird.

Statistisch gesicherte Daten zu klimawandelbedingten Einsätzen liegen leider nicht vor. Die allermeisten der für den Katastrophenschutz zuständigen Organisationen erfassen zwar ihre Einsätze und führend entsprechende Statistiken. Die Art und Weise der Dokumentation und die Klassifizierung der Einsätze weicht jedoch teilweise deutlich voneinander ab. Dadurch ist die Zuordnung eines Einsatzes zum auslösenden Ereignis oftmals schwierig und ein direkter Vergleich kaum möglich.

Die Einsatzstatistik der Karlsruher Feuerwehr ist nach übergreifenden Schlagworten gegliedert (siehe Tabelle 6), unter denen auch klimawandelbedingte Einsätze subsumiert werden. So fallen beispielsweise extrem-

wettergeprägte Einsätze (Beseitigung umgestürzter Bäume nach einem Sturm, Entwässerung vollgelaufener Keller nach einem Starkregen etc.) in die Kategorie „Technische Hilfeleistungen“ - ebenso wie zahlreiche andere technische Maßnahmen, zum Beispiel das Öffnen von Türen, die Befreiung von eingeklemmten Personen nach einem Verkehrsunfall oder das Retten einer Katze von einem Baum. Gleiches gilt für Böschungs- oder Vegetationsbrände, die in einer längeren Hitzeperiode entstehen können und dann unter der Kategorie „Brandeinsätze“ geführt werden. Zwar könnte über die eingepflegten Meldebilder (zum Beispiel „Baum entfernen“ oder „Böschungsbrand“) eine weitergehende statistische Analyse durchgeführt werden. Allerdings ist nicht systematisch hinterlegt, ob es sich um ein wetter- bzw. klimabedingtes Ereignis handelt (Beispiel: Das Meldebild „Keller leer pumpen“ könnte demnach sowohl auf ein Starkregenereignis aber auch auf einen Wasserrohrbruch zurückzuführen sein). Eine nachträgliche Auswertung für die zurückliegenden Jahre wäre deshalb mit erheblichen Ungenauigkeiten behaftet und wurde nicht vorgenommen.

Anpassungsmöglichkeiten und bisherige Aktivitäten

Der Bevölkerungsschutz ist eine typische Querschnittsaufgabe. Entsprechende Überschneidungspunkte gibt es zu einigen der bereits ausgeführten Handlungsfelder. Das betrifft neben dem Gesundheitsschutz (insbesondere extreme Hitzeperioden) etwa den Hochwasserschutz oder den Verkehrs- und Energiesektor als kritische Infrastrukturen. Kommt es hier durch Extremwetterereignisse zu Schäden oder Gefährdungen, ist automatisch der Bevölkerungsschutz gefragt. Dieses „Sitzen zwischen den Stühlen“ und die fehlende Prognosesicherheit machen es schwer, detaillierte Anpassungsmaßnahmen zu empfehlen. Als allgemein wichtige Ansätze werden vor allem folgende Punkte diskutiert:

- Information und Sensibilisierung der beteiligten Institutionen

Die Anpassung an den Klimawandel ist im Bevölkerungsschutz ein relativ neues Thema. Auf Bun-

Jahr	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Brandeinsätze	1.070	1.062	956	1.104	1.190	1.198	1.190	1.236	1.175
Technische Hilfeleistung	1.186	1.104	1.127	1.636	1.415	1.360	1.387	1.487	1.145
Umwelteinsätze	128	131	119	109	116	106	120	93	83
First Responder						26	34	65	176
Gesamteinsätze	2.382	2.297	2.202	2.849	2.721	2.690	2.731	2.881	2.579

Tab. 6: Einsätze der Karlsruher Feuerwehr von 2003 bis 2011
(Quelle: Branddirektion)

Zu berücksichtigen ist, dass der Klimawandel nicht nur Einfluss auf die Entwicklung der Einsatzzahlen im Katastrophenschutz haben kann, sondern die beteiligten Organisationen auch selbst von den Folgen extremer Wetterereignisse betroffen sein können. Diese Betroffenheit kann sehr direkt ausfallen, wenn beispielsweise Mitarbeiter und Helfer gesundheitlich beeinträchtigt sind (zum Beispiel bei Einsätzen in Hitzeperioden) oder Liegenschaften und technische Ausstattung beschädigt werden (zum Beispiel Überschwemmung eines Feuerwehrhauses nach Starkregen). Aber auch indirekt, etwa über den Ausfall kritischer Infrastrukturen, können sich Extremwetterereignisse negativ auf die Einsatzfähigkeit auswirken (zum Beispiel Stromausfall, Unterbrechung der Kommunikationswege).

desebene beschäftigen sich seit 2007 das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), das Umweltbundesamt (UBA), der Deutsche Wetterdienst (DWD) und das Technische Hilfswerk (THW) im Rahmen einer strategischen Behördenkooperation damit. Zusätzlich wurde beim BBK eine Arbeitsgruppe etabliert, in der Vertreter/innen der bundesweit tätigen Hilfsorganisation, der Feuerwehren und des THW die Herausforderungen des Klimawandels an den Bevölkerungsschutz diskutieren und Informationen austauschen. Eine wesentliche Herausforderung besteht darin, die dort gewonnenen Erkenntnisse auf die lokale Ebene zu übertragen und die Akteure vor Ort für das Thema zu sensibilisieren. Dazu kann unter anderem eine gezielte Einbindung in die Aus- und Weiterbildung beitragen.

- Dokumentation und Risikoanalyse

Grundlage von Bewusstseins-, Entscheidungs- und Lernprozessen zu Anpassungserfordernissen im Bevölkerungsschutz ist die systematische Dokumentation und Aufbereitung von Extremwetterereignissen und deren Bewältigung. Die bisherigen Einsatzstatistiken lassen kein gesichertes Monitoring im Hinblick auf den Klimawandel zu. Hier wird eine gewisse Harmonisierung und eine gesonderte Ausweisung von extremwettergeprägten Einsätzen empfohlen.



Sturmschadenbewältigung in Karlsruhe im Mai 2005

- Einsatzkoordination und -abstimmung

Kommunikation und Koordination sind für die Anpassung an den Klimawandel entscheidende Faktoren. Gerade bei größeren Schadenslagen stehen die beteiligten Organisationen vor der Herausforderung, mit begrenzten Ressourcen eine Vielzahl an Einsätzen bewältigen zu müssen. Hier ist es notwendig, sich in kurzer Zeit einen schnellen Überblick zu verschaffen und die zur Verfügung stehenden Kräfte effizient einzusetzen. Ein wichtiges Instrument sind deshalb regelmäßige Katastrophenschutzübungen, um die Koordination verschiedener Einsatzschwerpunkte zu verbessern und die Zusammenarbeit der beteiligten Organisationen zu festigen. Gerade bei Unwetterereignissen muss in Zukunft auch ein Schwerpunkt auf die (Bundes-)länderübergreifende Zusammenarbeit gelegt werden.

- Anpassung von Geräte- und Technikausstattung

Im Hinblick auf den erwarteten Anstieg wetterbedingter Schadensfälle gilt es auch die vorhandene Geräte- und Technikausstattung zu überprüfen und gegebenenfalls um erforderliche Spezialeinsatzmittel zu ergänzen.

- Identifizierung und Schutz kritischer Infrastrukturen

Hierbei sollte insbesondere darauf geachtet werden, dass die Infrastrukturen zur Gefahrenabwehr (zum Beispiel Feuerwachen und Feuerwehr-Gerätehäuser, Basisstationen des digitalen BOS-Funks) sowie Betreuungseinrichtungen (zum Beispiel Krankenhäuser oder Pflegeheime) über eine Not-

stromversorgung verfügen.

- Selbstschutz der Bevölkerung stärken

In Folge von Extremwetterereignissen kann innerhalb kurzer Zeit eine große Anzahl von Menschen und Tieren in eine Notlage geraten, die ein Eingreifen des Katastrophenschutzes erforderlich macht. In der Anfangsphase eines solchen Ereignisses reichen die lokal verfügbaren Ressourcen gegebenenfalls nicht aus, um in allen Fällen zeitnah vor Ort zu sein, beispielsweise wenn nach einem Starkregenereignis zahlreiche Keller überflutet sind (oftmals verbunden mit einem Ausfall der Heizung oder Schäden durch auslaufendes Heizöl). In vielen Fällen könnten jedoch mit einfachen Mitteln Schäden vermieden oder gemindert werden. Die Befähigung der Bevölkerung zur Selbsthilfe und die Sensibilisierung für Vorsorgemaßnahmen ist deshalb ein wichtiger Bestandteil der lokalen Gefahrenabwehr. Hier gilt es über Kommunikationsstrukturen wie Information (Internet, Broschüren, Aktionstage etc.) und Vorwarnsysteme (insbesondere Unwetterwarnungen, Hitzewarndienst, Hochwasservorhersage) ein Bewusstsein für mögliche Gefahrenlagen zu schaffen und die Bevölkerung für ein angemessenes Verhalten im Schadensfall zu befähigen.

Umsetzung in Karlsruhe

Als übergreifende Maßnahmen des örtlichen Katastrophenschutzes in Karlsruhe - auch in Reaktion auf die Naturereignisse der letzten Jahre - lassen sich folgende Punkte anführen:

- Regelung des kommunalen Handelns bei drohenden oder bereits eingetretenen außergewöhnlichen (Großschadens-)Ereignissen, Krisen und Katastrophen mit Festlegung der innerstädtischen Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten.
- Neufassung und regelmäßige Überarbeitung von Alarm- und Einsatzplänen zur Bewältigung von Schadensereignissen durch Extremwetterlagen (Schutz der Bevölkerung, kritischer Infrastrukturen und von Sachgütern). Dies umfasst auch die Vorplanung von möglichen Vorsorge- und Hilfsmaßnahmen.
- Überarbeitung und Prüfung von Krankenhausalarmplänen durch eine eigens bei der Branddirektion zeitweise beschäftigte Ärztin für den Katastrophenschutz
- Bündelung der Kompetenzen der nicht-polizeilichen Gefahrenabwehr durch den geplanten Bau und die Einrichtung einer Integrierten Leitstelle für Feuerwehr und Rettungsdienst im Stadt- und Landkreis Karlsruhe

Hochwasser

Speziell für den Hochwasserfall liegen in Karlsruhe Alarm- und Einsatzpläne sowohl für den Rhein als auch die Alb und die Pfalz vor. Darin ist unter anderem geregelt, ab welchen kritischen Hochwasserständen die

Wasserwehr einberufen wird. Generell eine wichtige Informationsgrundlage bilden die Daten der Hochwasser-Vorhersage-Zentrale (HVZ) für den Rheinpegel Maxau, den Albpegel Ettlingen und den Pegel Berghausen (Pfinz) sowie die entsprechenden Frühwarnsysteme.

Für den Oberrhein existiert ein übergreifender „Katastrophenschutzplan Hochwasser“. Wesentlicher Bestandteil des Katastrophenschutzplans ist das Hochwasser-Informationssystem FLIWAS (Flutinformations- und Warnsystem), das im Hochwasserfall den Entscheidungsträgern aus Wasserwirtschaft, Gefahrenabwehr und Katastrophenschutz die benötigten Informationen schnell und unkompliziert zur Verfügung stellt. Bei Dammbrüchen können damit auch mögliche Überflutungshöhen sowie zeitliche Dimensionen der Ausbreitung einer Flutwelle ermittelt werden, was für Vorwarnzeiten und evtl. Evakuierungen entscheidend ist. Die Stadt Karlsruhe hat das Programm bereits seit der Pilotphase im Einsatz.

Anzumerken ist noch, dass auch für Betriebe, die der Störfall-Verordnung unterliegen, spezielle Alarm- und Gefahrenabwehrpläne existieren. Mit Blick auf mögliche Hochwasserereignisse ist hier insbesondere die Mineralölraffinerie MiRO als gefährdet eingestuft. Der betriebliche Alarm- und Gefahrenabwehrplan „Hochwasser“ der MiRO behandelt dieses spezielle Risiko und sieht in Abhängigkeit von bestimmten Wasserständen des Rheins Maßnahmen vor, die eine Sicherung und ein gefahrloses Abfahren der Betriebsbereiche im Überflutungsfall gewährleisten.

Stromausfall

Derzeit beschäftigt sich die Branddirektion mit der Erstellung eines Einsatzplans Stromausfall. Dazu ist die Branddirektion im Arbeitskreis Stromausfall des Regierungspräsidiums vertreten.

Technische Ausrüstung

Was die technische Ausrüstung anbelangt, verfügt die Feuerwehr Karlsruhe derzeit über acht Katastrophenschutzfahrzeuge und weiteres Spezialgerät für den Katastrophenfall. Weitere zwei Fahrzeuge werden voraussichtlich in den kommenden Jahren geliefert. Die Ausstattung wird vom Bund und dem Land Baden-Württemberg zur Verfügung gestellt. Für den Katastrophenschutz sind in Deutschland die Länder zuständig. Der Schutz der Bevölkerung im Verteidigungsfall liegt dagegen beim Bund. Da sich die Aufgabengebiete sehr ähneln, besteht eine enge Zusammenarbeit zwischen dem Bund und den Ländern. So leistet das Land dem Bund nicht-militärische Unterstützung, sollte es zu einem Verteidigungsfall kommen. Im anderen Fall stellt der Bund den Ländern zum Beispiel Fahrzeuge zur Verfügung, die die Feuerwehren und andere Katastrophenschutzeinheiten vor Ort in ihrer täglichen Arbeit verwenden. Um die Handhabung mit den speziellen Gerätschaften im Ernstfall zu beherrschen, kommen diese nicht nur im Katastrophenfall sondern auch bei der täglichen Feuerwehrarbeit zum Einsatz.



Neues Löschfahrzeug (LF) des Katastrophenschutzes

Katastrophenschutzübungen

Größere Übungen mit mehreren Einheiten, bei denen auch Hilfsorganisationen, wie das Technische Hilfswerk, die DLRG, die Bergwacht oder die Sanitätsdienste mitwirken, finden in regelmäßigen Abständen kommunal oder regional statt. Hier stehen in zunehmendem Maße die Gefahrenbewältigung von Extremwetterlagen wie Hochwasser, Niedrigwasser, Sturm etc. und die daraus resultierenden Folgen im Fokus. Als aktuelles Beispiel lässt sich die Unwetterübung vom November 2012 anführen, die über das Technische Hilfswerk organisiert wurde (siehe Infokasten).

Beispiel Übung „Klimawandel“ in Durlach

Um auf unwetterbedingte Schadenslagen besser vorbereitet zu sein, fand am Samstag, 3. November 2012 eine gemeinsame fünfstündige Großübung



von Einsatzkräften der Feuerwehr, der Bergwacht, der Rettungsdienste und des Technischem Hilfswerks beim Durlacher Turmberg (Rittnerthof) statt. Das angenommene Szenario: Das regen-

reiche Sturmtief „Kevin“ wütet auch in Karlsruhe und hinterlässt zahlreiche Schäden. So kommt es etwa durch umgeknickte Hochspannungsmasten zu Bränden. Erdrutsche und umgestürzte Bäume behindern darüber hinaus die Zufahrt der Einsatzkräfte zu verunglückten Personen. Die Aufgabe der zahlreichen Helfer bestand unter anderem darin, verunfallte Personen mit technischem Spezial-Rettungsgerät zu befreien, Brände zu bekämpfen und Verletzte medizinisch zu versorgen.

Kampf gegen die Flut: Rettungskräfte proben Katastrophenfall

Karlsruhe (ps/mda) - Am Samstag, 13. Oktober, ging mit einer Vollübung die einwöchige Katastrophenschutzübung "Rheinflut 2012" im Regierungsbezirk Karlsruhe zu Ende, an der das Regierungspräsidium Karlsruhe sowie alle unteren Katastrophenschutzbehörden im Bezirk beteiligt waren. Der Übung lag das Szenario eines Extremhochwassers zugrunde. Angenommen wurde, dass das Hochwasser des Rheins eine Reihe von Städten und Gemeinden entlang des Flusses bedroht beziehungsweise überflutet.



"Rheinflut 2012": Katastrophenübung im Regierungsbezirk Karlsruhe
Foto: Christian Cambeis

In Altlußheim und Oberhausen-Rheinhausen waren am Samstag mehrere hundert Einsatzkräfte von Bundeswehr, Deutschem Roten Kreuz, Feuerwehren, Deutscher Lebens-Rettungs-Gesellschaft und Technischem Hilfswerk zusammen gekommen, um sich in Theorie und Praxis mit dem Hochwasserschutz zu befassen.

Mehrere hundert Einsatzkräfte üben

Deichverteidigung und -stabilisierung standen ebenso auf dem Programm wie Personenrettung bei Hochwasser und der Einsatz von Großpumpen zur Trockenlegung überfluteter Gebäude. Auch die Bundeswehr demonstrierte ihre Fähigkeiten. An sechs Stationen konnten die Beteiligten "ihren hohen Ausbildungsstand, ihre professionelle Arbeit und ihr großes Engagement unter Beweis stellen". Dabei kam es darauf an, dass jeder Handgriff sitzt und großer Teamgeist herrscht.

Ausbildungsstand, ihre professionelle Arbeit und ihr großes Engagement unter Beweis stellen". Dabei kam es darauf an, dass jeder Handgriff sitzt und großer Teamgeist herrscht.

Abb. 64: Beispiel Katastrophenschutzübung „Rheinflut 2012“ (Auszug aus dem Bericht von ka-news v. 15.10.2012)

Die Zusammenarbeit der beteiligten Akteure zur Umsetzung des „Katastrophenschutzplans Hochwasser“ für den Rhein wird unter der Regie des Regierungspräsidiums Karlsruhe ebenfalls im Rahmen von Katastrophenschutzübungen überprüft, zuletzt bei der Übung „Rheinflut 2012“, bei der ein Deichbruch am Rhein angenommen wurde (siehe Abbildung 64,

Eine weitere Maßnahme mit Bezug zum Bevölkerungsschutz stellt die Beteiligung der Stadt am Projekt KIBEX („Kritische Infrastrukturen und Bevölkerungsschutz im Kontext klimawandelbeeinflusster Extremwetterereignisse“) der UN-Universität Bonn dar (siehe dazu näher im Eingangskapitel).

Sensibilisierung der Bevölkerung

Gemeinsam mit weiteren Partnern veranstaltet die Stadt alle zwei Jahre den „Tag des Katastrophenschutzes“. In Vorführungen und Übungen wird das Thema Katastrophenschutz aus verschiedenen Blickwinkeln beleuchtet, wobei auch der Klimawandel und die Gefahren durch Extremwetter eine gewisse Rolle spielen. Ein wesentlicher Bestandteil der Konzeption ist die Sensibilisierung der Bevölkerung für eigene Schutzmaßnahmen, etwa im Falle von Starkregen und Hochwasser. Deshalb ist auch das Tiefbauamt mit einem eigenen Informationsstand vertreten, um über die Schutzmöglichkeiten vor Kellerüberflutungen zu informieren (siehe dazu auch im Kapitel „Stadtentwässerung“).

Darüber hinaus wird auch bei anderen Gelegenheiten regelmäßig auf die Notwendigkeit zum Selbstschutz und empfehlenswertes Informationsmaterial (zum Beispiel die Broschüren und Faltblätter des Bundesamts für Bevölkerungsschutz) hingewiesen. Ausgewählte Informationsmaterialien (unter anderem Infoblatt „Verhalten bei Hochwasser“) sind zudem im Internet hinterlegt.



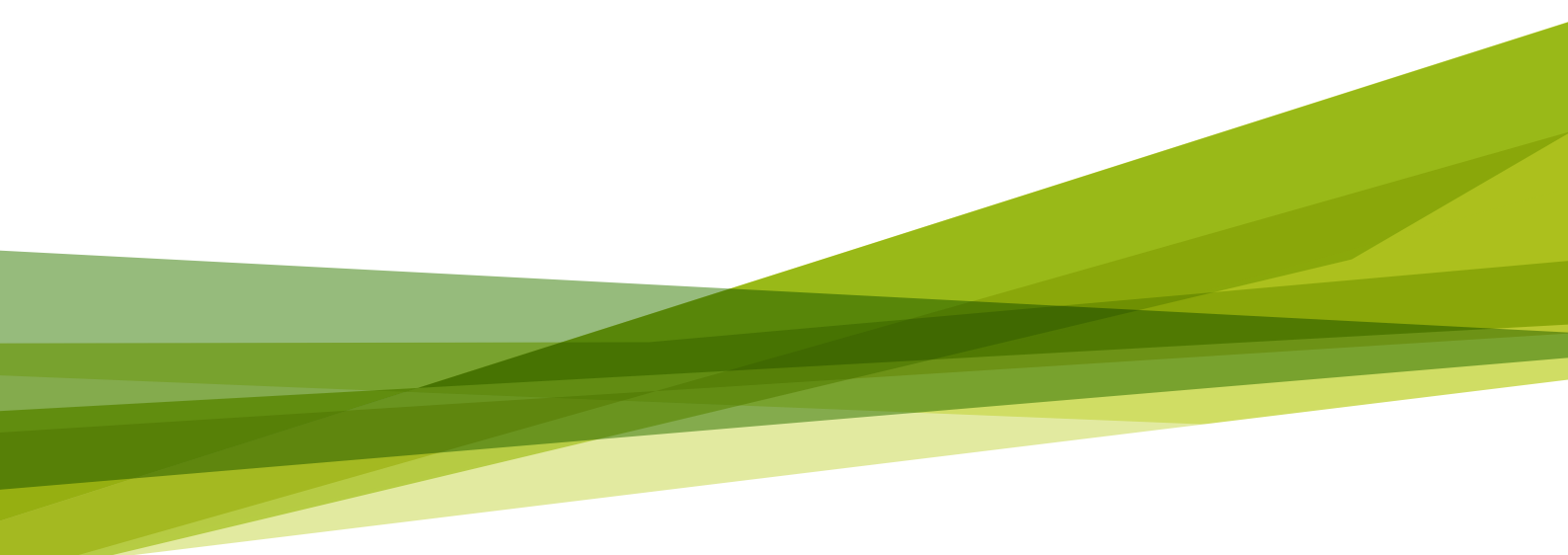
Impressionen vom Katastrophenschutztag 2012 auf dem Karlsruher Marktplatz

Strategie für Karlsruhe

Bei größeren Übungseinheiten (Stabsrahmenübungen mit dem Verwaltungs- und Führungsstab der Stadt Karlsruhe, regionale Stabsrahmenübungen mit benachbarten Stadt- und Landkreisen sowie Vollübungen für die Einsatzkräfte) werden auch zukünftig Schadensszenarien im Zusammenhang mit dem Klimawandel verstärkt berücksichtigt.

Grundsätzlich gilt es, die Zusammenarbeit aller beteiligten Organisationen und Einsatzkräfte regelmäßig zu üben und ständig auszubauen. Dies betrifft nicht nur die Stadt Karlsruhe, sondern gilt für ganz Baden-Württemberg und darüber hinaus. Mit dem von allen Berufsfeuerwehren in Baden-Württemberg verabschiedeten Papier zur gegenseitigen Mobilen Führungsunterstützung leistet auch Karlsruhe einen wesentlichen Beitrag zur überregionalen Gefahrenabwehr.

Weiterhin soll die Information der Bevölkerung zu Vorsorge- und Selbstschutzmaßnahmen bei Extremwetterereignissen ausgebaut werden (zum Beispiel durch stärkere Thematisierung der Klimawandelgefahren beim Katastrophenschutztag, Verlinkung weiterer Informationsmaterialien im Internet u.ä.)



5. Maßnahmenübersicht für die Stadt Karlsruhe

5.1 Übersicht: Bisherige Aktivitäten

5. Maßnahmenübersicht für die Stadt Karlsruhe

5.1 Übersicht: Bisherige Aktivitäten

Übergreifend
Einbindung eines Themenblocks Klimaschutz/Klimawandel in die Bürgerumfrage 2011
Berücksichtigung des Themas Klimawandel bei städtischen Umweltpädagogikangeboten
Vereinzelte Berücksichtigung des Klimawandels in der allgemeinen Öffentlichkeitsarbeit
Beteiligung an Forschungsvorhaben zum Klimawandel (ExWoSt, StadtKlimaLotse, KIBEX, KLIMOPASS) und in landes- und bundesweiten Aktivitäten oder Arbeitskreisen
Bericht „Anpassung an den Klimawandel in Karlsruhe“ 2008
Einrichtung einer städtischen Arbeitsgruppe Klimawandel
Gesundheit
Einrichtung von Hitzewarnsystemen (Kooperation von DWD und Gesundheitsämtern in den Land-/ Stadtkreisen)
Schulung und Sensibilisierung von Betreuungspersonal durch das Gesundheitsamt
Berücksichtigung von thermischen Anforderungen insbesondere bei Neubauten von Schulen und Kindergärten
Öffentlich zugängliche Trinkwasserspender: „Karlsruher Wasserbar“, Wettbewerb „Trinkwasser in der Schule“, vereinzelt in öffentlichen Einrichtungen (zum Beispiel Rathaus)
Beteiligung an den Mückenbekämpfungsaktionen der KABS, kostenlose Abgabe des Bekämpfungswirkstoffs an Haushalte
Informationen und Vorsorgeempfehlungen zu (auch klimarelevanten) Infektionskrankheiten durch das Gesundheitsamt
Monitoring von Infektionskrankheiten und potenzieller Vektoren: Erfolgt übergreifend durch Einrichtungen des Bundes und der Länder, teilweise auch KABS
Lokale Bekämpfung von Ambrosia und des Eichenprozessionsspinners

Landwirtschaft

Vermittlung klimawandelgerechter Anbaustrategien (insbesondere Veränderung der Aussaattermine, Fruchtartenwahl und Sortenstrategie) im Rahmen der staatlich getragenen Landwirtschaftsberatung (Landwirtschaftsamt Bruchsal)

Einrichtung einer Stelle für Bewässerungsberatung (Landwirtschaftsamt Bruchsal)

Allgemeines Verschlechterungsverbot und Einhaltung der guten fachlichen Praxis als Vertragsgrundlage für alle städt. Pachtflächen

Vor-Ort-Kontrollen in unregelmäßigen Abständen, regelmäßiger Informationsaustausch mit Pächtern erosionsgefährdeter Lagen

Nutzung der eigenbewirtschafteten (Streuobst-)Flächen nach Ökostandard, bevorzugte Verwendung alter, besonders robuster Sorten

Wald und Forstwirtschaft

Verankerung konkreter Ansatzpunkte zur Klimaanpassung in der aktuellen Forsteinrichtung (2008-2017) für den Stadt- und Staatswald, konkret:

Waldumbau (unter anderem Förderung von Mischbeständen und Baumartenvielfalt, Verzicht auf anfällige Baumarten (Fichte, Lärche, derzeit auch Esche), ergänzender Anbau fremdländischer Baumarten)

Optimierung der Bewirtschaftungspraxis/Risikomanagement

Vorsorge gegen Waldbrände

Reduzierung zusätzlicher Stressfaktoren (Belassen von Totholz, Bodenschutzkalkungen, Bodenschonende Bewirtschaftung)

Sicherung einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung durch PEFC-Zertifizierung des Stadtwalds

Boden

Förderung der Innenentwicklung und Minimierung des Freiflächenverbrauchs als Leitbilder des Flächenmanagements

Entwicklung von Suchraumkarten im Rahmen der Tragfähigkeitsstudie, um bodenschutzbezogene Kompensationsmaßnahmen zu erleichtern

Vermittlung bodenschonender Anbaustrategien (Fruchtfolgegestaltung, ganzjährige Begrünung, frühe Aussaattermine, Bodenbearbeitungsverfahren, Düngung, Erosionsschutz) im Rahmen der staatlich getragenen Landwirtschaftsberatung (Landwirtschaftsamt Bruchsal)

Verbindliche bodenschonende Vorgaben bei Baumaßnahmen insbesondere bei verdichtungsempfindlichen Böden

Bodenschonende Waldbewirtschaftung: Gassensystem mit Mindestabständen für Rückemaschinen

Stadtklima und Stadtplanung
Analyse der bioklimatischen Auswirkungen von geplanten Flächeninanspruchnahmen im Vorfeld des bestehenden Flächennutzungsplans (Belastungsgrenzenstudie zum FNP 2010)
Kartierung der Klimafunktionen (Ausgleichsräume, Luftleitbahnen) und der bioklimatischen Belastung einschl. Hot-Spots im Rahmen der Tragfähigkeitsstudie des Nachbarschaftsverbands Karlsruhe
Simulation der zukünftigen bioklimatischen Belastungsstruktur auf Quartiersebene im Rahmen des ExWoSt-Projekts des Nachbarschaftsverbands Karlsruhe
Exemplarische Überprüfung der Wirksamkeit verschiedener Anpassungsmaßnahmen mit Hilfe mikroskaliger Klimamodellierungen in verschiedenen Vertiefungsgebieten (in Karlsruhe: Durlacher Allee mit Oststadt, Messplatz, Gleisbahnhof) und Ableitung von fünf Kernmaßnahmen im Rahmen des ExWoSt-Projekts des Nachbarschaftsverbands Karlsruhe
Standardisierte Festsetzungen in Bebauungsplänen insbesondere zu flächensparender Bauweise und Begrünung, in wenigen Fällen auch schon zum Albedomanagement
Ergänzende Klimagutachten in einzelnen Bebauungsplänen
Bestandsverbesserung in ausgewiesenen Sanierungsgebieten durch Förderung von Entsiegelungs- und Durchgrünungsmaßnahmen
Gebäude
Städtische Gebäude: Vorgaben zur Reduzierung sommerlicher Wärmelasten in der Regel ohne konventionelle Klimatisierung in der Energieleitlinie, Umsetzung bei Neubauvorhaben und Sanierungen städtischer Gebäude
Systematische Ausweitung von Dachbodendämmungen (insbesondere mit Mitteln aus dem Klimaschutzfonds)
Städtische Gebäude: Ergänzende Temperaturmessreihen zur Identifizierung besonders „hitzeanfälliger“ Gebäude
Gebäudebezogene Vorgaben in Bebauungsplänen (zum Beispiel Stellung der Gebäude, Kubatur, Dachbegrünung etc.)
Information, Beratung und Unterstützung zur energetischen Gebäudemodernisierung (Synergieeffekt: Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes). Beispiele: Energieberatung der Stadtwerke, Förderprogramm für private Modernisierungsmaßnahmen in ausgewiesenen Sanierungsgebieten, Bonusprogramm „Energetische Sanierung im privaten Altbaubereich“, Effizienz-Konvoi Waldstadt als neue Ansatz
Sanierungsrate der städtischen Volkswohnung von über 4 %
Stadtgrün
Kontrolle, Pflege und Sanierung (Verbesserung Standortbedingungen) von Stadtbäumen
Förderung der biologischen Vielfalt des Stadtgrüns (Umwandlung von Rasen in Mähwiesen)
Bevorzugte Verwendung „stadtklimafester“ Arten und Sorten
Künstliche Bewässerung (nur sehr stark begrenzt möglich), Anwuchsbewässerung von Jungbäumen in den ersten Standjahren
Pflanzenschutz und Neobiota-Bekämpfung
Städtische Grünkonzeption mit schrittweiser Umsetzung (Hauptziele: Vernetzung der Grünanlagen, Ausgleich von vorhandenen Defiziten in der Grünausstattung)
Nachträgliche Begrünung von baumlosen Straßen mit Bäumen soweit möglich
Unterstützung privater Gebäudeeigentümer über das Programm „Grüne Höfe, Dächer und Fassaden für Karlsruhe“ (Hinterhofwettbewerb und Förderprogramm)
Intensive Grünplanung bei allen städtebaulichen Vorhaben (Einschränkung bei Fassadenbegrünung)
Berücksichtigung der Klimafunktion bei Eingriffs-/Ausgleichsbilanzierung nach dem „Karlsruher Modell“

Natur und Biodiversität

- Ausweisung von Schutzgebieten und deren Sicherung
- Erarbeitung einer Biotopverbundplanung und erste Umsetzungsschritte
- Erhalt und Neuschaffung von Feuchtlebensräumen
- Artspezifische Unterstützungsmaßnahmen
- Bekämpfung invasiver Arten

Gewässer

- Einrichtung eines Rückhalteraumsystems an der Alb
- Bau des Hochwasserrückhaltebeckens „Am Rittnert“ zur Schließung der verbleibenden Lücke für den Dürrbach
- Erarbeitung und Veröffentlichung der Hochwassergefahrenkarten für das Einzugsgebiet Nördlicher Oberrhein (im Bereich der Stadt Karlsruhe für Rhein und Alb)
- Erhalt und Schaffung naturnaher Gewässerstrukturen an der Alb durch zahlreiche Maßnahmen
- Beschränkungen für die Kühlwasserentnahme und -einleitung von Kraftwerken und Industrieanlagen (Bestandteil der Wasserrechte)

Trinkwasserversorgung und Grundwasserbewirtschaftung

- Ausbau der technischen Einrichtungen zur Vermeidung von Versorgungsengpässen bei Hitzeperioden
- Technische Maßnahmen zur Sicherung der guten Trinkwasserqualität

Stadtentwässerung

- Monitoring des Niederschlagsgeschehens durch automatische Regenschreiber
- Hydraulische Überprüfung der Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes (durch rechnerische Abgleich mit den Niederschlagsreihen)
- Testweise Ermittlung der potenziellen Überflutungsgefährdung im Falle extremer Starkniederschläge
- Ausbau des Sammlernetzverbunds zur Optimierung der hydraulischen Leistungsfähigkeit
- Analyse des Klärwerks bzgl. Hochwassergefährdung
- Niederschlagswasserversickerung bei allen Baumaßnahmen (unter Berücksichtigung gegebener Restriktionen)
- Regenwasserrückhaltung durch Rückhaltebecken (offene, teilweise auch unterirdische)
- Einführung der gesplitteten Abwassergebühr (verbindlich für Grundstücke > 1.000 m²)
- Erste Umsetzung der multifunktionalen Flächennutzung bei ausgewählten Bebauungsplänen
- Steuerung von Oberflächenabflüssen bei Starkregen: Erste bauliche Maßnahmen zur Nutzung des Straßenraums als Speicherraum
- Sensibilisierung und Beratung für private Objektschutzmaßnahmen
- Mitwirkung bei der Organisation von (über-)regionalen Fachveranstaltungen und bei der Erarbeitung eines bundesweiten Leitfadens zum Schutz vor Starkregen

Energieversorgung

- Ausreichende Dimensionierung von Erdkabeln
- Analyse der Umspannanlagen bzgl. Hochwassergefährdung
- Störungsanalysen und Lastplan-Konzept für den Extremfall eines hitzebedingten Stromausfalls

Information der Bevölkerung mit Aufforderung zu Stromsparmaßnahmen bei besonderen Hitzeereignissen
Erste Ansätze zur Optimierung des Lastmanagements durch Smart-Grid-Technologien und Stromspeichertechnologien
Referenzprojekte zur Nutzung der Absorptionskältetechnik (Erzeugung von Kälte aus Fernwärme)
Netzertüchtigung und -ausbau unter Einbeziehung erneuerbarer und dezentraler Energien
Sukzessive Verkabelung der verbleibenden Niederspannungsfreileitungen
Verkehr
Bau des Hochwassersperrtors im Rheinhafen
Flexible Logistik im Rheinhafen als Reaktion auf Einschränkungen der Schifffahrt bei Hoch- und Niedrigwasserereignissen
Frühzeitige Baumrodung im Trassenbereich des KVV-Gebiets zur Vermeidung von Windwurfschäden (Ausnahme innerstädtischer Bereich)
Gezielte Begrünung trassennaher Hangbereiche mit durchwurzelungsstarken Pflanzen zur Bodensicherung bei Starkregenereignissen
Halbierung des Einbauabstands von Einläufen zur Schienen- und Straßenentwässerung
Bevorzugte Anlage von Rasengleisen bei Neu- und Umbauten
Verwendung rückstrahlender Materialien bei überdachten Wartebereichen an ÖPNV-Haltestellen
Teilweise Klimatisierung von Straßenbahnen
Wirtschaft und Arbeitsleben
Vorgabe von Dachbegrünungen bei Gewerbeimmobilien in Bebauungsplänen Standard, neuerdings teilweise auch alternative Vorgabe von Albedomanagement
Referenzprojekte zur Nutzung der Absorptionskältetechnik (Erzeugung von Kälte aus Fernwärme)
Wettbewerb zur Durchgrünung von Gewerbegebieten zur Vermittlung von Best-Practice-Beispielen
Anpassung der Arbeitszeiten für Tätigkeiten im Freien im Sommerhalbjahr (Tiefbauamt, Amt für Abfallwirtschaft, Gartenbauamt und andere)
Bevölkerungsschutz
Neufassung und regelmäßige Überarbeitung von Alarm- und Einsatzplänen zur Bewältigung von Schadensereignissen durch Extremwetterereignisse
Erneuerung der technischen Ausrüstung für den Katastrophenschutz, insbesondere durch Bereitstellung neuer Katastrophenschutzfahrzeuge durch den Bund
Katastrophenschutzübungen teilweise auch schon mit klimawandelbedingten Szenarien (Extremwetterereignisse)
Sensibilisierung der Bevölkerung für Selbstschutzmaßnahmen (insbesondere im Rahmen des Katastrophenschutztags)
Mitwirkung am Forschungsprojekt KIBEX

5.2 Übersicht: Strategische Ansätze

- 1 Priorität 1= hoch; Priorität 2 = mittel; Priorität 3 = niedrig
 2 Kurzfristig = 1-2 Jahre; mittelfristig = 2-5 Jahre; langfristig
 > 5 Jahre; laufend = keine zeitliche Begrenzung bzw.
 Maßnahme läuft bereits, muss aber in der Regel ausgebaut/
 intensiviert werden

5.2 Übersicht: Strategische Ansätze

Ziffer	Maßnahme	Priorität ¹	Zeithorizont ²
Übergreifend			
Ü-1	Stärkere Berücksichtigung des Klimawandels in der Öffentlichkeitsarbeit	2	Laufend
Ü-2	Weitere Beteiligung an Förderprojekten/Forschungsprogrammen	2	Laufend
Ü-3	Ausbau der regionalen Vernetzung zum Thema Klimawandel	2	Laufend
Ü-4	Durchführung einer Kooperationsbörse Klimawandel	2	Kurzfristig
Gesundheit			
GE-1	Ausbau der Hitzewarnsysteme, breitere Bevölkerungsansprache	1	Mittelfristig
GE-2	Neue Modelle zur Vorbeugung von Hyperthermie-Erkrankungen	2	Mittelfristig
GE-3	Akteursnetzwerk Hitze und Gesundheit	2	Mittelfristig
GE-4	Weitere Installation von öffentlich zugänglichen Trinkwasserspendern (Schwerpunkt Schulen)	1	Laufend
GE-5	Weiterführung der Schnakenbekämpfung im Rahmen der KABS	1	Laufend
GE-6	Optimierung der Bekämpfungsstrategie von Pflanzarten mit hohem Allergiepotenzial (Ambrosia artemisiifolia)	1	Kurzfristig
Landwirtschaft			
LW-1	Aktive Begleitung von Forschungsvorhaben auf städt. Pachtflächen	2	Laufend
LW-2	Ausbau des integrierten und ökologischen Landbaus auf städtischen Pachtflächen	3	Mittelfristig
Wald und Forstwirtschaft			
W-1	Klimawandelgerechter Waldumbau	1	Laufend
Boden			
BO-1	Renaturierungsprojekte für Böden mit hohem organischem Anteil	2	Mittelfristig
BO-2	Verstärkte bodenkundliche Baubegleitung bei Baumaßnahmen	2	Laufend
BO-3	Sicherung von neu entstandenem Grünland nach Ablauf der Extensivierungsverträge	2	Laufend
BO-4	Konzept zur bodenschonenden Holzernte	1	Kurzfristig

Stadtklima und Stadtplanung			
SP-1	Systematische Berücksichtigung stadtklimatischer Aspekte in Planungsprozessen: Flächennutzungsplan, Landschaftsplan	1	Kurzfristig
SP-2	Systematische Berücksichtigung stadtklimatischer Aspekte in Planungsprozessen: Bebauungspläne	1	Laufend
SP-3	Systematische Berücksichtigung stadtklimatischer Aspekte in Planungsprozessen: Städtebauliche Wettbewerbe	1	Laufend
SP-4	Städtebaulicher Rahmenplan Klimaanpassung	1	Kurzfristig
SP-5	Klimatische Entlastung hitzebelasteter Stadtquartiere	1	Mittel-/Langfristig
Gebäude			
GB-1	Bestandsanalyse von städtischen Gebäuden mit Risiko einer hohen und steigenden Wärmebelastung	2	Mittelfristig
GB-2	Systematische Ausweitung des Temperaturmonitorings	2	Kurzfristig
GB-3	Nachtlüftungskonzept für städtische Gebäude	2	Mittelfristig
GB-4	Erhöhung der Sanierungsquote im privaten Gebäudebestand durch geeignete Unterstützungsmaßnahmen	1	Laufend
GB-5	Wettbewerb „Klimawandelangepasstes Planen & Bauen im Bestand“	2	Mittelfristig
Stadtgrün			
SG-1	Sicherung und Weiterentwicklung klimatisch relevanter Freiräume und Grünstrukturen (Weiterführung des Grünflächenverbunds)	1	Laufend
SG-2	Beispielhafte Anwendung neuer Wege der Gebäudebegrünung („Vertical Gardens“)	2	Kurzfristig
SG-3	Weiterführung der Baumsanierung und Erprobung neuer Baumsubstrate	1	Laufend
SG-4	Berücksichtigung aktueller Forschungsergebnisse bei der Arten- und Sortenwahl von Stadtbäumen und weitere Erhöhung der Sortenvielfalt	2	Laufend
SG-5	Prüfung neuer Systeme zur Bewässerung	2	Mittelfristig
Natur und biologische Vielfalt			
N-1	Realisierung des Biotopverbundes und Vernetzung von Schutzgebieten und Trittsteinbiotopen	1	Laufend
N-2	Räumliche Erweiterung der Schutzgebietskulisse	1	Mittelfristig
N-3	Inhaltliche Überprüfung des Schutzzwecks bestehender Schutzgebiete	3	Mittelfristig
N-4	Erarbeitung eines kommunalen Artenschutzkonzeptes unter Berücksichtigung des Aspekts Klimawandel	1	Mittelfristig
N-5	Intensivierung des Erfahrungsaustauschs über Artenschutz und Klimawandel mit Kommunen im Bündnis „Biologische Vielfalt“	2	Laufend

Gewässer			
GW-1	Wiederherstellung des 100-jährlichen Hochwasserschutzes an der Alb unter Berücksichtigung des Klimafaktors	1	Mittelfristig
GW-2	Realisierung des Hochwasserrückhalteraums Bellenkopf/Rappenwört	1	Mittelfristig
GW-3	Erarbeitung von Hochwasserrisikomanagementplänen	1	Kurzfristig
Trinkwasserversorgung und Grundwasserbewirtschaftung			
TW-1	Sicherstellung der langfristigen Trinkwasserversorgung	1	Mittel-/Langfristig
TW-2	Prüfung von Maßnahmen zur Wassereinsparung durch effizientere Berechnungsmethoden (insbesondere Landwirtschaft)	2	Mittelfristig
Stadtentwässerung			
EW-1	Konsequente Berücksichtigung der Starkregenproblematik und Überflutungsvorsorge in Planungsverfahren	1	Laufend
EW-2	Breitere Umsetzung des Konzepts multifunktionaler Flächennutzungen	1	Laufend
EW-3	Stärkere Berücksichtigung der Starkregenproblematik im Zuge von Straßenumbaumaßnahmen	1	Laufend
EW-4	Stadtweite Ermittlung der potenziellen Überflutungsgefährdung im Falle extremer Starkniederschläge	1	Kurzfristig
EW-5	Optimierung der Steuerung von Regenrückhalteeinrichtungen	2	Mittelfristig
EW-6	Flächendeckende Ausweitung der gesplitteten Abwassergebühr auf alle Grundstücke	2	Mittelfristig
EW-7	Verstärkte Sensibilisierung und Beratung von Eigentümern und Bauherren zum Objektschutz bei Starkregen	1	Kurzfristig
Energieversorgung			
E-1	Ausweitung der energieeffizienten, klimafreundlichen Klimatisierung	1	Mittelfristig
Verkehr			
V-1	Konsequente Beschaffung klimatisierter Fahrzeuge für den ÖPNV	1	Laufend
Wirtschaft und Arbeitsleben			
W-1	Netzwerk Klimawandel und Produktivität	2	Mittelfristig
W-2	Informationen zum Arbeitsschutz bei Hitze intensivieren	3	Laufend
Bevölkerungsschutz			
BS-1	Vermehrte Berücksichtigung des Klimawandels bei den Schadensszenarien von Katastrophenschutzübungen	2	Laufend
BS-2	Verstärkte Information der Bevölkerung über Vorsorge- und Selbstschutzmaßnahmen	1	Laufend

5.3 Einzelblätter zu den strategischen Ansätzen

5.3 Einzelblätter zu den strategischen Ansätzen

Übergreifend

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
Ü-1	Übergreifend	Laufend	2
Maßnahme			
Stärkere Berücksichtigung des Klimawandels in der Öffentlichkeitsarbeit			
Kurzbeschreibung			
Klimaschutz ist als Thema inzwischen in der öffentlichen Wahrnehmung breit verankert. Für den Klimawandel und die notwendige Anpassung daran gilt das nur in eingeschränktem Maße. Ziel sollte es daher sein, das Thema unter dem Blickwinkel der für Karlsruhe relevanten Klimafolgen stärker ins öffentliche Bewusstsein zu rücken. Mögliche Ansätze hierfür könnten unter anderem sein: • Aufgreifen des Themas bei geeigneten Anlässen in der allg. Pressearbeit • Ausbau der klimawandelbezogenen Informationen auf den städtischen Internetseiten • Ausweitung der Angebote zum Thema Klimawandel im Umweltpädagogikangebot der Stadt • Prüfung von Synergieeffekten mit den geplanten Anschlussprojekten aus dem KlimaMORO-Vorhaben der Regionalverbände Mittlerer Oberrhein/Nordschwarzwald (hier wurde neben einem allgemeinen Ausbau der Öffentlichkeitsarbeit auch die Realisierung einer Wanderausstellung „Prima Klima?“ angeregt, die in Karlsruhe gezeigt werden könnte).			
Federführung		Weitere Akteure	
Umwelt- und Arbeitsschutz		Anlassbezogen, unter anderem Presse- und Informationsamt, Regionalverband Mittlerer Oberrhein	
Anmerkungen			
Teilweise Überschneidung mit anderen öffentlichkeitsbezogenen Maßnahmen: GE-1: Ausbau der Hitzewarnsysteme, breitere Bevölkerungsansprache; EW-6: Verstärkte Sensibilisierung und Beratung von Eigentümern und Bauherren zum Objektschutz bei Starkregen; W-3: Informationen zum Arbeitsschutz bei Hitze intensivieren; BS-2: Verstärkte Information der Bevölkerung über Vorsorge- und Selbstschutzmaßnahmen			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
Ü-2	Übergreifend	Laufend (anlassbezogen)	2
Maßnahme			
Weitere Beteiligung an Förderprojekten/Forschungsprogrammen			
Kurzbeschreibung			
Sofern personell leistbar und ein entsprechendes Aufwand-/Nutzen-Verhältnis gegeben ist, werden weitere Beteiligungen der Stadt bzw. städtischer Dienststellen an einzelnen Forschungsprojekten zu anwendungsorientierten Fragestellungen des Klimawandels angestrebt.			
Federführung		Weitere Akteure	
Anlassbezogen		Anlassbezogen	
Anmerkungen			
-			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
Ü-3	Übergreifend	Laufend	2
Maßnahme			
Ausbau der regionalen Vernetzung zum Thema Klimawandel			
Kurzbeschreibung			
Da der Oberrheingraben insgesamt zu den am meisten vom Klimawandel betroffenen Regionen in Deutschland gehört, sollte der regionale Erfahrungsaustausch zum Thema Klimawandel mit anderen Kommunen – auch länderübergreifend – entlang der Oberrheinschiene intensiviert werden, nicht zuletzt um erfolgreiche Anpassungsmaßnahmen zu diskutieren.			
Federführung		Weitere Akteure	
Anlassbezogen		Stadt Karlsruhe, andere Kommunen entlang der Oberrheinschiene, Verbandsebene (z.B. Trinationale Metropolregion Oberrhein, TechnologieRegion Karlsruhe, Regionalverband Mittlerer Oberrhein, Nachbarschaftsverband Karlsruhe)	
Anmerkungen			
Überschneidung/Synergien mit anderen Maßnahmen, zum Beispiel GE-3: Akteursnetzwerk Hitze und Gesundheit; GB-5: Wettbewerb „Klimawandelangepasstes Planen & Bauen im Bestand“; W-1: Netzwerk Klimawandel und Produktivität.			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
Ü-4	Übergreifend	Kurzfristig (Juni 2013)	2
Maßnahme			
Durchführung einer Kooperationsbörse Klimawandel			
Kurzbeschreibung			
Im Auftrag des Umweltbundesamtes wird das Modell einer Ideen- und Kooperationsbörsen bundesweit in drei Pilotstädten erstmals getestet. Ziel ist es, das Thema Klimaanpassung bekannter zu machen, Netzwerke zwischen bereits Aktiven und Interessierten zu knüpfen und erste gemeinsame und freiwillige Initiativen zur Anpassung zwischen Kommune, Wirtschaft, gesellschaftlichen Akteuren und Wissenschaft auf den Weg zu bringen. Eine erste Veranstaltung fand im Oktober 2012 in Bremerhaven statt. Zwei weitere Veranstaltungen sollen im ersten Halbjahr 2013 in Essen und in Karlsruhe stattfinden. Die Stadt unterstützt die Durchführung einer solchen Kooperationsbörse als Projektpartner, wobei eine thematische Eingrenzung auf das Thema „Hitze in der Stadt“ vorgesehen ist.			
Federführung		Weitere Akteure	
IKU GmbH (Organisation und Moderation)		Umwelt- und Arbeitsschutz, Stadtplanungsamt, Gesundheitsamt, Gartenbauamt, externe Partner und Unterstützer	
Anmerkungen			
Weitere Informationen zum Ablauf einer Kooperationsbörse: www.kooperation-anpassung.de			

Gesundheit

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
GE-1	Gesundheit	Mittelfristig	1
Maßnahme			
Ausbau der Hitzewarnsysteme, breitere Bevölkerungsansprache			
Kurzbeschreibung			
• Evaluierung der derzeit praktizierten Hitzewarnsysteme und -maßnahmen auf ihre Verbreitung • Identifikation weiterer hitzesensibler Einrichtungen und Bevölkerungsgruppen • Erweiterung des Empfängerkreises, Prüfung von Möglichkeiten für eine breitere Bevölkerungsansprache			
Federführung		Weitere Akteure	
Gesundheitsamt Karlsruhe, Umwelt- und Arbeitsschutz		unter anderem Deutscher Wetterdienst, Pflegeeinrichtungen und -dienste, weitere hitzesensible Einrichtungen	
Anmerkungen			
Schließt die Vermittlung von Verhaltensregeln/-empfehlungen mit ein. In Pflegeeinrichtungen sollten diese in spezifischen Notfallplänen festgehalten sein.			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
GE-2	Gesundheit	Mittelfristig	2
Maßnahme			
Neue Modelle zur Vorbeugung von Hyperthermie-Erkrankungen			
Kurzbeschreibung			
Ziel ist es vor allem, alleine lebende und nicht durch Pflegedienste versorgte ältere Menschen für das Thema zu sensibilisieren und ein angepasstes Verhalten zu unterstützen. • Auswertung der Erfahrungen aus anderen Städten und Regionen, in denen neue Modelle wie das Trinkpaten-Konzept erprobt werden. • Konzept zur Übertragung ausgewählter Ansätze und (probeweise) Umsetzung			
Federführung		Weitere Akteure	
Gesundheitsamt Karlsruhe, Umwelt- und Arbeitsschutz		Seniorenbüro	
Anmerkungen			
-			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
GE-3	Gesundheit	Mittelfristig	2
Maßnahme			
Akteursnetzwerk Hitze und Gesundheit			
Kurzbeschreibung			
Der Aufbau eines solchen Netzwerks ist als ein Folgeprojekt aus dem Klima-MORO-Vorhaben der beiden Regionalverbände vorgesehen. Mit den Akteuren, die für Bau und Betrieb hitzesensibler Einrichtungen zuständig sind, soll im Dialog eine Planungsgrundlage mit Kriterien für eine klimaangepasste Standortwahl und die Standortentwicklung hitzesensibler Einrichtungen erarbeitet werden. Die Etablierung eines solchen Netzwerks würde die Möglichkeit zum Erfahrungsaustausch bieten, weshalb sich Karlsruhe bei einer entsprechenden Initiative beteiligen sollte.			
Federführung		Weitere Akteure	
Regionalverband Mittlerer Oberrhein, Regionalverband Nordschwarzwald		Landkreise (Gesundheitsämter), Städte und Gemeinden	
Anmerkungen			
-			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
GE-4	Gesundheit	Laufend	1
Maßnahme			
Weitere Installation von öffentlich zugänglichen Trinkwasserspendern (Schwerpunkt Schulen)			
Kurzbeschreibung			
• Weiterführung des Projekts „Trinkwasser in der Schule“ (drei Schulen als Preisträger pro Jahr) • Ergänzende Aufstellung von Trinkwasserbars in weiteren Schulen • Prüfung von Einsatzmöglichkeiten in anderen öffentlichen Gebäuden mit hohem Publikumsverkehr • Prüfung von Einsatzmöglichkeiten im öffentlichen Raum • Verstärkte Bewerbung der Trinkwasserbar bei hitzesensiblen Einrichtungen durch die Stadtwerke			
Federführung		Weitere Akteure	
Stadtwerke Karlsruhe, Schul- und Sportamt, Hochbau- und Gebäudewirtschaft		Schulen	
Anmerkungen			
-			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
GE-5	Gesundheit	Laufend	1
Maßnahme			
Weiterführung der Schnakenbekämpfung im Rahmen der KABS			
Kurzbeschreibung			
Die Mückenbekämpfungsaktionen im Rahmen der KABS gilt es konsequent weiterzuführen, nicht zuletzt nach Einrichtung des Polders Bellenkopf/Rappenwört.			
Federführung		Weitere Akteure	
KABS e.V.		Gartenbauamt	
Anmerkungen			
Umfasst auch weiterhin die kostenlose Abgabe des Bekämpfungswirkstoffs in Tablettenform an Haushalte. Die KABS unterhält ein eigenes Monitoringprogramm für invasive Mückenarten wie den Tigermoskito.			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
GE-6	Gesundheit	Kurzfristig, dann laufend	1
Maßnahme			
Optimierung der Bekämpfungsstrategie von Pflanzarten mit hohem Allergiepotenzial (Ambrosia artemisiifolia)			
Kurzbeschreibung			
• Bessere Vernetzung der Aktivitäten der flächenbewirtschaftenden Ämter • Anpassung der Bekämpfungsstrategie bei „Hot-Spots“ wie der Linkenheimer Landstraße (zum Beispiel Ergänzung durch gezielte Übersaat). • Ausbau der Öffentlichkeitsarbeit, Bereitstellung zielgerichteter Informationen im Internet			
Federführung		Weitere Akteure	
Umwelt- und Arbeitsschutz		Liegenschaftsamt, Gartenbauamt, Tiefbauamt, Ortsverwaltungen, LUBW	
Anmerkungen			
-			

Landwirtschaft

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
LW-1	Landwirtschaft	Laufend	2
Maßnahme			
Aktive Begleitung von Forschungsvorhaben auf städtischen Pachtflächen			
Kurzbeschreibung			
Denkbar wäre die aktive Begleitung von Forschungsvorhaben auf städtischen Pachtflächen insbesondere zur Erosionsminderung durch Streifenbearbeitungsverfahren beim Maisanbau (ganzjährliche Bedeckung der Fläche mit organischem Material, die Bearbeitung findet nur in den Saatreihen statt) sowie zu Bekämpfungsstrategien von neuen, zuwandernden Schädlingen.			
Federführung		Weitere Akteure	
Liegenschaftsamt		Pächter, landwirtschaftliche Forschung (zum Beispiel LTZ Augustenberg), Landwirtschaftsamt Bruchsal	
Anmerkungen			
-			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
LW-2	Landwirtschaft	Mittelfristig	3
Maßnahme Ausbau des integrierten und ökologischen Landbaus auf städtischen Pachtflächen			
Kurzbeschreibung • Hier wird es insbesondere durch den Pächterwechsel beim Hofgut Maxau zu einem deutlichen Ausbau der ökologischen Bewirtschaftung kommen. • Beratende Unterstützung von umstellungswilligen Pachtbetrieben • Bevorzugte Flächenvergabe an Betriebe mit integrierter/ökologischer Bewirtschaftungsstrategie			
Federführung Liegenschaftsamt		Weitere Akteure Pächter	
Anmerkungen -			

Wald und Forstwirtschaft

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
W-1	Wald und Forstwirtschaft	Laufend, ab 2018 gemäß neuer Forsteinrichtung	1
Maßnahme			
Klimawandelgerechter Waldumbau			
Kurzbeschreibung			
• Umsetzung der entsprechenden Ansätze aus der aktuellen Forsteinrichtung für den Stadt- und Staatswald Karlsruhe (Baumartenwahl, Optimierung der Bewirtschaftungspraxis/Risikomanagement, Vorsorge gegen Waldbrände, Reduzierung zusätzlicher Stressoren) • Überführung neugewonnener Erkenntnisse aus der praxisbezogenen Forschung in die eigene Anpassungsstrategie und in die Fortschreibung der Forsteinrichtung (2017) • Waldbauliche Planung mehr „auf Sicht fahren“			
Federführung		Weitere Akteure	
Liegenschaftsamt		Forst BW, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt	
Anmerkungen			
-			

Boden

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
BO-1	Boden	Mittelfristig	2
Maßnahme			
Renaturierungsprojekte für Böden mit hohem organischem Anteil			
Kurzbeschreibung			
Im Rahmen von Ausgleichmaßnahmen in Planverfahren oder vorgezogenen Ökokontomaßnahmen sollen zukünftig gezielt Projekte entwickelt werden, die eine Renaturierung (Wiedervernässung) von Niedermoorstandorten bzw. von grund- und stauwassergeprägten Böden mit hohem organischem Anteil vorsehen.			
Federführung		Weitere Akteure	
Umwelt- und Arbeitsschutz		Liegenschaftsamt (Abteilung Landwirtschaft), Nachbarschaftsverband Karlsruhe	
Anmerkungen			
Grundlage bilden die vorhandenen „Suchraumkarten“ aus der Tragfähigkeitsstudie, um Bodenfunktionen durch verschiedene Maßnahmentypen (Entsiegelung, Rekultivierung, Bodenauftrag, Erosionsschutz, Wiedervernässung Wasseraufnahmevermögen und Nutzungsextensivierung) zu verbessern und damit potenziell geeignete Böden zu ermitteln. Geeignete Flächen können in das Kompensationskonzept des Landschaftsplans (derzeitige Fortschreibung) einfließen.			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
BO-2	Boden	Laufend	2
Maßnahme			
Verstärkte bodenkundliche Baubegleitung bei Baumaßnahmen			
Kurzbeschreibung			
Bei temporären Baumaßnahmen (zum Beispiel auf verdichtungsempfindlichen Böden) kann eine bodenkundliche Baubegleitung vorgeschrieben werden, um baubedingte negative Auswirkungen für den Boden zu minimieren. Von dieser Möglichkeit soll zukünftig verstärkt Gebrauch gemacht werden (Nebenbestimmungen in Baugenehmigungen).			
Federführung		Weitere Akteure	
Umwelt- und Arbeitsschutz		Bauordnungsamt	
Anmerkungen			
-			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
BO-3	Boden	Laufend	2
Maßnahme			
Sicherung von neu entstandenem Grünland nach Ablauf der Extensivierungsverträge			
Kurzbeschreibung			
Bei auslaufenden Extensivierungsverträgen von Ackerbauflächen (Landschaftspflegerichtlinie, Stilllegungsflächen) soll sowohl die Verlängerung der Extensivierung als auch die dauerhafte Umwandlung in Grünland geprüft werden. Dadurch könnte auch das deutlich höhere Kohlenstoffbindungsvermögen erhalten werden.			
Federführung		Weitere Akteure	
Umwelt- und Arbeitsschutz		Liegenschaftsamt	
Anmerkungen			
-			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
BO-4	Boden	Kurzfristig	1
Maßnahme			
Konzept zur bodenschonenden Holzernte			
Kurzbeschreibung			
Die Forstverwaltung (Liegenschaftsamt) arbeitet derzeit als Bestandteil für eine landesweite Initiative ein Konzept zur bodenschonenden Holzernte insbesondere für verdichtungsempfindliche Waldbereiche aus. Ziel ist durch Umsetzung des Konzepts eine Minimierung der Eingriffe in den Boden bei der Holzbringung (zum Beispiel durch den ausschließlichen Einsatz bodendruckreduzierender Maschinen) sowie die Sicherung der dauerhaften Funktionsfähigkeit von Rückegassen.			
Federführung		Weitere Akteure	
Liegenschaftsamt		Forst BW	
Anmerkungen			
-			

Stadtklima und Stadtplanung

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
SP-1	Stadtklima und Stadtplanung	Kurzfristig	1
Maßnahme			
Systematische Berücksichtigung stadtklimatischer Aspekte in Planungsprozessen: Flächennutzungsplan/Landschaftsplan			
Kurzbeschreibung			
Der Flächennutzungsplan wird derzeit mit dem Fokus auf die Gewerbeflächenentwicklung fortgeschrieben. Ein erklärtes Ziel für das Verfahren ist, den Aspekt der Klimaanpassung in besonderer Weise zu berücksichtigen. Dazu gehören in erster Linie die Sicherung klimawirksamer Freiräume und Kaltluftentstehungsgebiete sowie eine gezielte Weiterentwicklung von raumbedeutsamen Kaltluftbahnen. Auch bei der aktuellen Fortschreibung des Landschaftsplans bilden die Themenbereiche Klimawandel und (klimawirksamer) Grünflächenverbund Schwerpunkte.			
Federführung		Weitere Akteure	
Nachbarschaftsverband Karlsruhe (Planungsstelle)		NVK-Kommunen, mehrere städtische Ämter (Gartenbauamt, Wirtschaftsförderung etc.)	
Anmerkungen			
Im September 2012 fand als Bestandteil der frühzeitigen Beteiligung ein erstes Fachforum Klima statt, das zugleich die Abschlussveranstaltung des ExWoSt-Modellvorhabens markierte. Eine systematische Berücksichtigung in Planungsprozessen ist auch in Bezug auf die Überflutungsvorsorge (Starkregenproblematik) anzustreben, siehe hierzu unter EW-1.			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
SP-2	Stadtklima und Stadtplanung	Laufend	1
Maßnahme			
Systematische Berücksichtigung stadtklimatischer Aspekte in Planungsprozessen: Bebauungspläne			
Kurzbeschreibung			
Auf Ebene der Bebauungsplanung muss es darum gehen, eine klimatische Optimierung von Planentwürfen zu erreichen und die dazu erforderlichen Maßnahmen in verbindliche Festsetzungen zu überführen. Dazu ist eine frühzeitige Prüfung und Bewertung der Auswirkungen auf das Stadtklima erforderlich, insbesondere auch bei Maßnahmen der Innenentwicklung, um eine weitere Erwärmung bereits dicht bebauter und bioklimatisch belasteter Bereiche zu verhindern. • Systematische Berücksichtigung stadtklimatische Aspekte in den Planungsprozessen • Generelle Thematisierung der zu erwartenden Auswirkungen im Rahmen der Abwägung • Bei Bedarf: Vertiefende Betrachtung durch gesonderte Klimagutachten oder ergänzende mikroskalige Untersuchung von Entwicklungsszenarien zur Planung klimawandelangepasster Quartiere			
Federführung		Weitere Akteure	
Stadtplanungsamt		Umwelt- und Arbeitsschutz, Gartenbauamt	
Anmerkungen			
-			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
SP-3	Stadtklima und Stadtplanung	Laufend	1
Maßnahme			
Systematische Berücksichtigung stadtklimatischer Aspekte in Planungsprozessen: Städtebauliche Wettbewerbe			
Kurzbeschreibung			
Bei der Auslobung von Wettbewerben und der Ausarbeitung städtebaulicher Entwürfe ist eine klimatisch optimierte Herangehensweise als Aufgabenstellung/Wertungskriterium verbindlich aufzunehmen.			
Federführung		Weitere Akteure	
Stadtplanungsamt			
Anmerkungen			
Für die laufende Planungswerkstatt Durlacher Allee wurde dies bereits berücksichtigt. Aufbauend auf den Ergebnissen für das Vertiefungsgebiet „Karlsruhe Ost“ im ExWoSt-Projekt ist hier als Teil der Aufgabenstellung vorgegeben, den klimatologischen Verhältnissen besondere Aufmerksamkeit zu schenken und Anpassungsmaßnahmen praktisch anzuwenden.			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
SP-4	Stadtklima und Stadtplanung	Kurzfristig (Fertigstellung Mitte 2014 vorgesehen)	1
Maßnahme			
Städtebaulicher Rahmenplan Klimaanpassung			
Kurzbeschreibung			
Ziel des Projekts ist es, bezogen auf die bioklimatischen Belastungen im Stadtgebiet, eine räumlich differenzierte Kulisse an Anpassungsmaßnahmen zu definieren: Der Projektansatz ist modular aufgebaut und umfasst zwei Phasen: • Phase 1 (Ende 2012 bis Mitte 2013) dient der strukturellen und inhaltlichen Vorbereitung der eigentlichen Planungsaufgabe und beinhaltet neben der allg. Konzeptentwicklung auch eine Datenzusammenstellung und -auswertung. Dabei werden unter anderem vorhandene stadtklimatische Daten aus dem ExWoSt-Modellprojekt mit statistischen Daten der Stadt verschnitten (zum Beispiel Bevölkerungsdichte, demographische Struktur), ebenso erfolgt ein Abgleich mit der Lage besonders sensibler Einrichtungen (zum Beispiel Gesundheits-, Sozial- und Schuleinrichtungen). • In Phase 2 (Mitte 2013 bis Mitte 2014) steht dann eine detailliert Betrachtung einzelner „Hot-Spot“-Quartiere sowie die planerische Ausformulierung sektoraler Anpassungsmaßnahmen in Form von einem bzw. mehreren Kartenwerken und einem Erläuterungsteil auf dem Programm.			
Federführung		Weitere Akteure	
Stadtplanungsamt		Externe Büros, weitere Dienststellen, unter anderem Gartenbauamt, Umwelt- und Arbeitsschutz	
Anmerkungen			
Die Erarbeitung des Rahmenplans wird als anwendungsorientiertes Forschungsprojekt vom Land Baden-Württemberg im Rahmen des Förderprogramm KLIMOPASS unterstützt. Weitere Bestandteile von Phase 2 sind die Diskussion von Zwischenergebnissen in den politischen Gremien sowie ein Einbezug der Öffentlichkeit durch Informationsveranstaltungen.			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
SP-5	Stadtklima und Stadtplanung	Mittel-/Langfristig	1
Maßnahme			
Klimatische Entlastung hitzebelasteter Stadtquartiere			
Kurzbeschreibung			
Ausgehend von den Ergebnissen und Empfehlungen des „Städtebaulichen Rahmenplans Klimaanpassung“ sollen gezielte Verbesserungen im Bestand, in erster Linie in den „Hot Spot“-Quartieren erreicht werden. Welche Instrumente hierzu genutzt werden können, wird im Rahmenplan aufgezeigt. Für die konkrete Umsetzung müssten Mittel und Wege gefunden werden, die Gebäudebesitzer einzubinden bzw. zu unterstützen, um einen breiten Effekt zu erzielen. In Frage kommen zum Beispiel die Ausweisung neuer Sanierungsgebiete oder eine Ergänzung des Maßnahmenkatalogs in bestehenden Sanierungsgebieten.			
Federführung		Weitere Akteure	
Stadtplanungsamt		Weitere Dienststellen insbesondere Gartenbauamt, Gebäudeeigentümer	
Anmerkungen			
Die Förderrichtlinien für Maßnahmen in Sanierungsgebieten lassen derzeit keine Förderung von Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen zu, wenn nicht auch gleichzeitig Maßnahmen am Gebäude selbst durchgeführt werden. Damit sind die Anreize zur Umsetzung von klimawirksamen Maßnahmen eingeschränkt. Um die Anpassung im Bestand zu fördern, wäre somit eine Anpassung der rechtlichen Rahmenbedingungen notwendig.			

Gebäude

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
GB-1	Gebäude	Mittelfristig	2
Maßnahme			
Bestandsanalyse von städtischen Gebäuden mit Risiko einer hohen und steigenden Wärmebelastung			
Kurzbeschreibung			
Es ist geplant, eine systematische Bestandsaufnahme von städtischen Gebäude- und Nutzungstypen durchzuführen, die über ein besonderes Risiko einer hohen und steigenden Wärmebelastung verfügen. Dazu ist vor einer Datenerhebung im Bestand ein Modell zur Beschreibung derzeitiger und zukünftig zu erwartender Wärmelasten zu erstellen. Typische Parameter der Gebäude und Haustechnik sowie von Lage und Nutzung sollen eine zielgerichtete Bestandsaufnahme ermöglichen. Es ist vorgesehen, hierfür externen, wissenschaftlichen Sachverstand einzubinden.			
Federführung		Weitere Akteure	
Amt für Hochbau und Gebäudewirtschaft		Wissenschaftliches Institut (z.B. KIT)	
Anmerkungen			
-			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
GB-2	Gebäude	Kurzfristig	2
Maßnahme			
Systematische Ausweitung der Temperaturmonitorings			
Kurzbeschreibung			
Die bislang in einigen Schulen während der Heizperiode im Rahmen des EinSparProjekts durchgeführten Temperaturmessungen sollen auch auf die sommerlichen Wärmeperioden erweitert werden.			
Federführung		Weitere Akteure	
Amt für Hochbau und Gebäudewirtschaft		Umwelt- und Arbeitsschutz, bei Bedarf externe Büros	
Anmerkungen			
-			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
GB-3	Gebäude	Mittelfristig	2
Maßnahme			
Nachtlüftungskonzept für städtische Gebäude			
Kurzbeschreibung			
Für städtische Gebäude wird ein Konzept entwickelt, wie mit einfachen technischen Mitteln die Nachtkühlung effektiver genutzt werden kann (etwa durch Installation und automatische Steuerung von Nachtlüftungsklappen). Dazu gehört die exemplarische Erprobung in einem Referenzgebäude.			
Federführung		Weitere Akteure	
Amt für Hochbau und Gebäudewirtschaft		Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP), Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg	
Anmerkungen			
Als Referenzprojekt soll am sogenannten H-Bau des Max-Planck-Gymnasiums 2014 eine intelligente Fassade installiert werden, deren Lüftungsfunktion über motorisch angetriebene Fensterflügel und einen ständigen Abgleich der inneren und äußeren Qualitätswerte der Luft erzielt wird. Hierdurch erscheint ein Verzicht auf eine in Investition und Unterhaltung teurere Lüftungsanlage möglich. Das Projekt wird durch Umweltministerium Baden-Württemberg und in dessen Auftrag durch das Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP) begleitet und gefördert.			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
GB-4	Gebäude	Laufend	1
Maßnahme			
Erhöhung der Sanierungsquote im privaten Gebäudebestand durch geeignete Unterstützungsmaßnahmen			
Kurzbeschreibung			
Die Maßnahme entspricht dem Ziel aus der Machbarkeitsstudie „Klimaneutrales Karlsruhe 2050“, wonach mittelfristig eine Verdopplung der Sanierungsquote von derzeit etwa 1 % auf 2,25 % erforderlich wäre, um die selbstgesteckten Klimaschutzziele zu erreichen. Durch eine energetische Optimierung der Gebäudehülle wird zugleich ein besserer sommerlicher Wärmeschutz erreicht.			
Federführung		Weitere Akteure	
Projektbezogen		Projektbezogen, unter anderem KEK, Stadtplanungsamt, Umwelt- und Arbeitsschutz, Stadtwerke Karlsruhe	
Anmerkungen			
-			

Ziff. GB-5	Bereich Gebäude	Zeithorizont Mittelfristig	Priorität 2
Maßnahme Wettbewerb „Klimawandelangepasstes Planen & Bauen im Bestand“			
Kurzbeschreibung Im Rahmen des Klima-MORO-Forschungsprojekts in den Regionen Nordschwarzwald/Mittlerer Oberrhein, an dem sich der Regionalverband Mittlerer Oberrhein als Partner beteiligte, wurde als eines von insgesamt neun Folgeprojekten die Durchführung eines Wettbewerbs „Klimawandelangepasstes Planen & Bauen im Bestand“ vorgeschlagen. Ziel ist die Sammlung von Best-Practice-Beispielen und der Aufbau eines Expertennetzwerks. Derzeit werden Möglichkeiten für die Generierung eines Modellprojekts geprüft, gegebenenfalls auch im grenzüberschreitenden Kontext des Oberrheins. Hier wäre zu prüfen, inwiefern sich die Stadt Karlsruhe in geeigneter Weise einbringen kann.			
Federführung Regionalverband Mittlerer Oberrhein		Weitere Akteure Stadtplanungsamt, Amt für Hochbau und Gebäudewirtschaft	
Anmerkungen -			

Stadtgrün

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
SG-1	Stadtgrün	Laufend	1
Maßnahme			
Sicherung und Weiterentwicklung klimatisch relevanter Freiräume und Grünstrukturen (Weiterführung des Grünflächenverbunds)			
Kurzbeschreibung			
Ein wesentlicher Ansatzpunkt im Bereich Stadtgrün ist die Sicherung und Weiterentwicklung klimatisch relevanter Freiräume und Grünstrukturen im Grünsystem der Stadt. Dazu wird unter anderem in den nächsten Jahren die umfangreiche Entwicklung von Grün- und Parkflächen östlich des Stadtzentrums schrittweise vervollständigt: Mit dem Stadtpark Südost, dem Otto-Dullenkopf-Park und den Grünflächen im Umfeld des Schlosses Gottesaue entsteht ein Parksystem mit einer Gesamtfläche von über 20 Hektar. Dieser auf vormals stark bebautem Gelände geschaffene Grünverbund wird wertvolle Ausgleichsfunktionen für die klimatische Situation im Karlsruher Stadtzentrum wahrnehmen. In dem Zusammenhang stellt auch der Erhalt der bestehenden Waldflächen (insbesondere in Siedlungsnähe) ein wichtiges Ziel dar.			
Federführung		Weitere Akteure	
Gartenbaamt, Nachbarschaftsverband Karlsruhe		Stadtplanungsamt, Liegenschaftsamt (Forstverwaltung)	
Anmerkungen			
Das Ziel der Weiterführung des Grünflächenverbunds und seiner Vernetzung ist im Integrierten Stadtentwicklungskonzept 2020 (ISEK) verankert. Zu beachten ist die Querverbindung zum „Städtebauliche Rahmenplan Klimaanpassung“ des Stadtplanungsamts. In ihm werden auch Maßnahmen zur Grün- und Freiflächenentwicklung insbesondere zur Verbesserung von klimatischen „Hot spots“ im Innenstadtbereich entwickelt. In der laufenden Fortschreibung des Landschaftsplans für den Nachbarschaftsverband Karlsruhe bilden die Themenbereiche Klimawandel und Grünflächenverbund Schwerpunkte. Dazu ist vorgesehen, Handlungsanforderungen zu definieren und konkrete Maßnahmen abzuleiten			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
SG-2	Stadtgrün	Kurzfristig	2
Maßnahme			
Beispielhafte Anwendung neuer Wege der Gebäudebegrünung („Vertical Gardens“)			
Kurzbeschreibung			
Angestrebt wird die beispielhafte Anwendung neuer Wege der Gebäudebegrünung in Form von „vertical gardens“. Diese genießen derzeit aufgrund einiger spektakulärer Pilotprojekte (zum Beispiel in Frankreich und den Niederlanden) eine hohe Aufmerksamkeit, unterscheiden sich aber von klassischen Fassadenbegrünungen ganz erheblich. So sind umfangreiche konstruktive und technische Voraussetzungen zu schaffen. Neben den vertikal angeordneten Pflanzenelementen ist insbesondere eine aufwändige automatische Bewässerungsanlage erforderlich, um den gewünschten Effekt zu erzielen. Daher wäre eine Neubaumaßnahme, bei der die Vertikalbegrünung ein integraler Bestandteil der Gebäudekonstruktion und -technik ist, ein denkbares Modellprojekt.			
Federführung		Weitere Akteure	
Gartenbauamt		Vorhabenträger, Amt für Hochbau und Gebäudewirtschaft, Stadtplanungsamt	
Anmerkungen			
-			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
SG-3	Stadtgrün	Laufend	1
Maßnahme			
Weiterführung der Baumsanierung (Standortverbesserung)			
Kurzbeschreibung			
Die laufenden Baumsanierungen gilt es weiter fortzuführen und – je nach finanzieller Ausstattung – weiter auszudehnen, insbesondere um bestehende Bäume auf kritischen Standorten erhalten zu können. Zentrale Aufgabe ist neben dem fachgerechten Umbau der Baumscheiben die Verbesserung der Bodeneigenschaften im Wurzelraum. Zum Einsatz kommen geeignete Substrate gemäß dem aktuellen Stand der Technik.			
Federführung		Weitere Akteure	
Gartenbauamt		Ausführende Firmen, Tiefbauamt	
Anmerkungen			
-			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
SG-4	Stadtgrün	Laufend	2
Maßnahme			
Berücksichtigung aktueller Forschungsergebnisse bei der Arten- und Sortenwahl von Stadtbäumen und weitere Erhöhung der Sortenvielfalt			
Kurzbeschreibung			
Die Auswahl von Baumarten und -sorten, die an „Klimastress“ besser angepasst sind, soll auch anhand aktueller Erkenntnisse aus der Forschung erfolgen. Die Anzahl der eingesetzten Baumarten und -sorten wird kontinuierlich erhöht, um evtl. Kalamitäten mit neuen Pflanzenschädlingen vorzubeugen			
Federführung		Weitere Akteure	
Gartenbauamt			
Anmerkungen			
Die Auswahl erfolgt bislang auf Basis eigener Erfahrungen und der vom Arbeitskreis Stadtbäume der Gartenamtsleiterkonferenz (GALK) herausgegebenen „Straßenbaumliste“ Wichtige Erkenntnisse verspricht unter anderem ein aktueller Feldversuch der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau. Diese hat 2009/2010 im Forschungsprojekt „Stadtgrün 2021“ zwanzig besonders trockenheits- und hitzetolerante Arten, von der Zerreiche über die Nordamerikanische Rotesche bis hin zu Silberlinde in den Städten Würzburg, Hof und Kempten in größerer Anzahl (insgesamt 460 Bäume) gepflanzt. Das im Rahmen des Klima-MORO-Forschungsprojekts in den Regionen Nordschwarzwald/Mittlerer Oberrhein geplante Folgeprojekt zur klimaangepasste Grünordnung könnte eine gute Plattform für einen regionalen Erfahrungsaustausch zu dem Thema bieten.			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
SG-5	Stadtgrün	Mittelfristig	2
Maßnahme			
Prüfung neuer Systeme zur Bewässerung			
Kurzbeschreibung			
Prüfen von Einsatzmöglichkeiten geeigneter Systeme für bestimmte Einzelstandorte (zum Beispiel Unterflurbewässerung, Wasserspeicherung in Zisternen).			
Federführung		Weitere Akteure	
Gartenbauamt			
Anmerkungen			
Das im Rahmen des Klima-MORO-Forschungsprojekts in den Regionen Nordschwarzwald/Mittlerer Oberrhein geplante Folgeprojekt zur klimaangepasste Grünordnung könnte eine gute Plattform für einen regionalen Erfahrungsaustausch zu dem Thema bieten.			

Natur und biologische Vielfalt

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
N-1	Natur und biologische Vielfalt	Laufend	1
Maßnahme			
Realisierung des Biotopverbundes und Vernetzung von Schutzgebieten und Trittsteinbiotopen			
Kurzbeschreibung			
- Schrittweise Umsetzung der konzeptionellen Grundlagen für den Karlsruher Biotopverbund und der dort formulierten Maßnahmenvorschläge zum Beispiel durch Berücksichtigung im Rahmen der Landschaftspflege , bei der Ausgestaltung des Vertragsnaturschutzes, bei Kompensationsmaßnahmen und beim Flächenerwerb. - Darstellung von Kernflächen und Verbundbeziehungen im Flächennutzungs- und Landschaftsplan			
Federführung		Weitere Akteure	
Umwelt- und Arbeitsschutz		Gartenbauamt, Stadtplanungsamt, Liegenschaftsamt, Tiefbauamt, ZJD-Untere Naturschutzbehörde, Nachbarschaftsverband Karlsruhe	
Anmerkungen			
-			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
N-2	Natur und biologische Vielfalt	Mittel-/Langfristig	1
Maßnahme			
Räumliche Erweiterung der Schutzgebietskulisse			
Kurzbeschreibung			
Ergänzend zur Vernetzung bestehender Schutzgebiete wird der Ableitung eines erweiterten Schutzgebietskonzeptes große Bedeutung beigemessen, das nach derzeitigem Stand folgende Schwerpunktbereiche umfassen soll:			
• <u>Ausweisung von Landschaftsschutzgebieten</u> ○ Gießbachniederung ○ Freiflächen um Wolfartsweier ○ Eisenhafengrund • <u>Ausweisung von Flächenhaften Naturdenkmälern</u> ○ Albtal (Daxlanden / Grünwinkel) ○ Grüner Weg West (Neureut) ○ Rennbuckel (Nordweststadt) ○ Bartengrund (Grötzingen) ○ Münchsberg (Grötzingen) ○ Rotberg (Grötzingen) ○ Schaffenäcker (Grötzingen) ○ Schlangenberg (Grötzingen) ○ Schönberg (Stupferich)			
Federführung		Weitere Akteure	
ZJD-Untere Naturschutzbehörde		Umwelt- und Arbeitsschutz, Nachbarschaftsverband Karlsruhe/Gartenbauamt (Fortschreibung Landschaftsplan)	
Anmerkungen			
-			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
N-3	Natur und biologische Vielfalt	Mittelfristig	3
Maßnahme			
Inhaltliche Überprüfung des Schutzzwecks bestehender Schutzgebiete			
Kurzbeschreibung			
Mit Blick auf den Klimawandel und dessen absehbaren Auswirkungen ist der Schutzzweck einzelner alter Landschaftsschutzgebietsverordnungen kritisch zu überprüfen und gegebenenfalls zu aktualisieren.			
Federführung		Weitere Akteure	
Umwelt- und Arbeitsschutz		ZJD-Untere Naturschutzbehörde	
Anmerkungen			
Betrifft das LSG Vorderau und ggf. Lutherisches Wädele			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
N-4	Natur und biologische Vielfalt	Mittelfristig	1
Maßnahme			
Erarbeitung eines kommunalen Artenschutzkonzeptes unter Berücksichtigung des Aspekts Klimawandel			
Kurzbeschreibung			
In Karlsruhe gibt es bereits eine Reihe von Aktivitäten zum Schutz einzelner besonders gefährdeter Arten. Ein umfassendes Schutzkonzept liegt aber noch nicht vor. Da durch den Klimawandel gegebenenfalls Schutzbemühungen für einzelne Arten langfristig in Frage gestellt sind, wird die Erarbeitung eines kommunalen Artenschutzkonzeptes unter besonderer Berücksichtigung des Klimawandels angestrebt, das sich aus folgenden Bausteinen zusammensetzt: • Identifikation von Arten, für die Karlsruhe eine überdurchschnittliche Verantwortung hat • Vorkommen der Arten erfassen • Chancen des Bestandserhaltes insbesondere unter dem Blickwinkel des Klimawandels abschätzen • Nachhaltige Maßnahmen zur Stabilisierung des Bestands ausarbeiten und umsetzen • Langfristiges Monitoring initiieren			
Federführung		Weitere Akteure	
Umwelt- und Arbeitsschutz		Externes Büro, Gartenbauamt, ZJD-Untere Naturschutzbehörde	
Anmerkungen			
Wichtige Grundlagen stellen unter anderem das Artenschutzprogramm Baden-Württemberg und das Zielartenkonzept des Landes (ZAK) dar, in das bereits erste Erkenntnisse aus Forschungsvorhaben zum Klimawandel wie dem KLARA-Verbund eingeflossen sind. Auf Bundesebene läuft derzeit unter Regie des BfN ein Forschungsprojekt, das die Anpassungskapazität ausgewählter prioritärer Tier- und Pflanzenarten (ca. 50 Arten) im Hinblick auf potenzielle Habitatänderungen durch den Klimawandel untersucht. In einem weiteren Schritt sollen dann konkrete Maßnahmen für die Naturschutzpraxis erarbeitet werden (das Projekt läuft noch bis Ende 2013).			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
N-5	Natur und biologische Vielfalt	Laufend	2
Maßnahme			
Intensivierung des Erfahrungsaustauschs über Artenschutz und Klimawandel mit Kommunen im Bündnis „Biologische Vielfalt“			
Kurzbeschreibung			
Ein wesentliches Ziel, das mit der vom Gemeinderat beschlossenen Unterzeichnung der Deklaration „Biologische Vielfalt in Kommunen“ und dem Beitritt zum Bündnis „Kommunen für biologische Vielfalt“ einhergeht, ist ein intensiverer Erfahrungsaustausch zu speziellen naturschutzrelevanten Fragestellungen wie der Anpassung an den Klimawandel. Erfolgreiche Ansätze anderer Mitgliedskommunen könnten so auch Vorbild für gezielte Aktionen in Karlsruhe sein.			
Federführung		Weitere Akteure	
Umwelt- und Arbeitsschutz			
Anmerkungen			
-			

Gewässer

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
GW-1	Gewässer	Bereits begonnen, Umsetzung mittelfristig	1
Maßnahme			
Wiederherstellung des 100-jährlichen Hochwasserschutzes an der Alb unter Berücksichtigung des Klimafaktors			
Kurzbeschreibung			
Aus strategischer Sicht hat die Wiederherstellung des 100-jährlichen Hochwasserschutzes an der Alb oberste Priorität. Nach Abschluss der Umweltverträglichkeitsstudie und der Auswahl der Vorzugsvariante steht als nächster Schritt das Planfeststellungsverfahren an.			
Federführung		Weitere Akteure	
Stadt Ettlingen		Stadt Karlsruhe, Regierungspräsidium Karlsruhe	
Anmerkungen			
Die Planungskosten bis zum Abschluss des Verfahrens werden je zur Hälfte von den Städten Ettlingen und Karlsruhe getragen. Über die Verteilung der genauen Kosten zur Realisierung der Bauwerke ist zu gegebener Zeit zwischen dem Land Baden-Württemberg und den Städten Ettlingen und Karlsruhe noch eine Vereinbarung abzuschließen.			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
GW-2	Gewässer	Bereits begonnen, Umsetzung mittelfristig	1
Maßnahme			
Realisierung des Hochwasserrückhalteraums Bellenkopf/Rappenwört			
Kurzbeschreibung			
Der geplante Retentionsraum erstreckt sich von Rheinstetten-Neuburgweier im Süden bis zum Rheinhafendampfkraftwerk auf Karlsruher Gemarkung und wird mit einer Fläche von 510 ha ein Rückhaltevolumen von ca. 14 Mio. m³ beinhalten. Das Regierungspräsidium hat im April 2011 beim Landratsamt Karlsruhe den Antrag auf Planfeststellung für den Bau und Betrieb des Polders gestellt. Das Planfeststellungsverfahren läuft derzeit noch.			
Federführung		Weitere Akteure	
Land Baden-Württemberg (Regierungspräsidium Karlsruhe)		Stadt Karlsruhe, Stadt Rheinstetten	
Anmerkungen			
Es handelt sich um eine vom Land als Bauherr veranlasste Maßnahme (sehr beschränkte Steuerungsmöglichkeit seitens der Stadt)			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
GW-3	Gewässer	Kurzfristig	1
Maßnahme			
Erarbeitung von Hochwasserrisikomanagementplänen			
Kurzbeschreibung			
Aufbauend auf den Hochwassergefahrenkarten werden landesweit Hochwasserrisikomanagementpläne für die verschiedenen Einzugsgebiete erstellt. Bestandteil der Managementpläne sind Hochwasserrisikokarten mit Steckbriefen für jede Gemarkung. Darin werden die Nutzungen betroffener Einrichtungen flächenmäßig bilanziert und gefährdete Objekte konkret ausgewiesen. Für die Planaufstellung im Einzugsgebiet Nördlicher Oberrhein läuft derzeit unter Regie des Regierungspräsidiums Karlsruhe eine Abfrage bei den lokalen Fachämtern zur Ermittlung bereits durchgeführter und geplanter Maßnahmen. Der Entwurf des Maßnahmenberichts (Teil Rheinebene) soll bis Ende 2013 vorliegen und Anfang 2014 im Rahmen einer weiteren Sitzung der Hochwasserpartnerschaft unter aktiver Einbeziehung von interessierten Stellen - Verbänden, Vereinen und Öffentlichkeit - diskutiert werden.			
Federführung		Weitere Akteure	
Land Baden-Württemberg (Regierungspräsidium Karlsruhe)		Mitglieder der Hochwasserpartnerschaft Nördlicher Oberrhein, unter anderem Tiefbauamt	
Anmerkungen			
Es handelt sich um eine vom Land veranlasste und überwiegend bezahlte Maßnahme (sehr beschränkte Steuerungsmöglichkeit seitens der Stadt)			

Trinkwasserversorgung und Grundwasserbewirtschaftung

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
TW-1	Trinkwasserversorgung und Grundwasserbewirtschaftung	Verfahren läuft, Umsetzung mittel-/langfristig	1
Maßnahme			
Sicherstellung der langfristigen Trinkwasserversorgung			
Kurzbeschreibung			
Die gesicherte Trinkwasserversorgung im Hinblick auf den wachsenden Bedarf durch längere Hitzeperioden ist langfristige Aufgabenstellung der Stadtwerke. Mit dem gegenwärtig geplanten Bau eines neuen Wasserwerks in den Rheinauen bei Kastenwört soll das Wasserwerk Durlacher Wald ersetzt werden, das aufgrund von Beeinträchtigungen des Grundwassers im direkten Einzugsgebiet langfristig kein sicheres Standbein für die Grundwasserentnahme darstellt. Die Umweltauswirkungen sowie Konflikte mit dem Naturhaushalt, dem Artenschutzrecht und den Natura 2000-Schutzgebieten sind Fragen, die im Zuge des laufenden Genehmigungsverfahrens zu prüfen sind.			
Federführung		Weitere Akteure	
Stadtwerke Karlsruhe		Landratsamt Karlsruhe, Regierungspräsidium Karlsruhe	
Anmerkungen			
Die Stadt Karlsruhe hat sich auf mehrheitlichen Beschluss des Gemeinderats vom 24.01.2012 im Rahmen der Trägeranhörung positiv zum geplanten Bau eines neuen „Wasserwerks Kastenwört“ geäußert und befürwortet die aktuelle Planung.			

Ziff. TW-2	Bereich Trinkwasserversorgung und Grundwasserbewirtschaftung	Zeithorizont Mittelfristig	Priorität 2
Maßnahme Prüfung von Maßnahmen zur Wassereinsparung durch effizientere Berechnungsmethoden (insbesondere Landwirtschaft)			
Kurzbeschreibung Um etwaigen Versorgungsengpässen bei längeren Trockenperioden vorzubeugen, sollten langfristig Einsparmaßnahmen insbesondere bei der Beregnung von landwirtschaftlich genutzten Flächen durch effizientere Beregnungsmethoden angestrebt werden, zumal hier im Zuge des Klimawandels mit einer weiteren Ausdehnung zu rechnen ist.			
Federführung		Weitere Akteure Liegenschaftsamt (Landwirtschaftsabteilung), Umwelt- und Arbeitsschutz	
Anmerkungen -			

Stadtentwässerung

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
EW-1	Stadtentwässerung	Laufend	1
Maßnahme			
Konsequente Berücksichtigung der Starkregenproblematik und Überflutungsvorsorge in Planungsverfahren			
Kurzbeschreibung			
Aspekte der Überflutungsvorsorge in Bezug auf mögliche Starkregen sollten zukünftig systematischer in Planungsverfahren Berücksichtigung finden. Dazu wären insbesondere bei städtebaulichen Wettbewerben und Bebauungsplanverfahren projektbezogene Aussagen zum Thema aufzunehmen. Dies erfordert auch eine intensivere Zusammenarbeit und Bewusstseinsbildung innerhalb der Stadtverwaltung. Hierfür können die Empfehlung des Arbeitskreises „Starkregen und Überflutungsvorsorge“ (siehe Anmerkungen) als eine gute Grundlage herangezogen werden.			
Federführung		Weitere Akteure	
Tiefbauamt, Stadtplanungsamt		unter anderem Gartenbauamt, Umwelt- und Arbeitsschutz	
Anmerkungen			
Der bundesweite Arbeitskreis „Starkregen und Überflutungsvorsorge“, dem das Tiefbauamt (Abteilung Stadtentwässerung) angehört, hat eine Vorschlagsliste erarbeitet, die als Empfehlung für Kommunen im neuen Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge der DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall) und BWK (Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau) erscheinen soll: • Intensivierung der ressortübergreifenden Zusammenarbeit aller kommunalen Fachstellen (Stadtplanungsamt, Straßenbauamt, Umweltamt, Stadtentwässerung usw.) • Einrichtung eines beratenden Koordinierungskreises mit Beteiligung aller Akteure (z. B. Runder Tisch „Überflutungsvorsorge und Regenwassermanagement“) • Anpassung und Weiterentwicklung innerkommunaler Planungs- und Verwaltungsabläufe (insbesondere zur Bauleitplanung; ggf. Erarbeitung von themenbezogenen Checklisten) • Erstellung eines kommunalen Pflichtenhefts „Überflutungsvorsorge“ inkl. Alarm- und Einsatzplänen • Klärung von Zuständigkeiten für Planung, Finanzierung, Umsetzung und Unterhaltung von Überflutungsschutzmaßnahmen • Einrichtung eines kommunalen Budgets zur Überflutungsvorsorge • Intensivierung der interkommunalen Zusammenarbeit (z. B. Erfahrungsaustausch mit Nachbarkommunen, Übernahme bewährter Instrumente usw.)			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
EW-2	Stadtentwässerung	Laufend	1
Maßnahme			
Breitere Umsetzung des Konzepts multifunktionaler Flächennutzungen			
Kurzbeschreibung			
Bei neuen Bebauungsplänen soll das Konzept für die multifunktionale Nutzungen von Flächen zukünftig breitere Anwendung finden.			
Federführung		Weitere Akteure	
Tiefbauamt		Stadtplanungsamt, Gartenbauamt	
Anmerkungen			
Einschränkung: Lässt sich nur realisieren, wenn die Neubaugebiete topographisch auf diesen Anwendungsfall ausgerichtet sind und ausreichend Flächen zur Verfügung stehen.			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
EW-3	Stadtentwässerung	Laufend	1
Maßnahme			
Stärkere Berücksichtigung der Starkregenproblematik im Zuge von Straßenumbaumaßnahmen			
Kurzbeschreibung			
Im Zuge von Straßenumbau- und Neubaumaßnahmen wird zukünftig - neben Barrierefreiheit und behindertengerechtem Ausbau - auch auf die Starkregenproblematik durch die Schaffung von Speicherraum in der Fläche verstärkt einzugehen sein, zum Beispiel durch: • Bergseitige Verkipfung und talseitige Einbordung • Verwendung von Mittelrinnen und Erhöhung der Querneigung zur Mitte • Versickerung von Straßenwasser über die Bankette • Verstärkte Anwendung von versickerungsfähigen Belägen und Reduzierung von befestigten Belägen • Zeitweise Einschränkung der Nutzung von Flächen für die Oberflächenspeicherung von Starkniederschlägen			
Federführung		Weitere Akteure	
Tiefbauamt		Stadtplanungsamt	
Anmerkungen			
-			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
EW-4	Stadtentwässerung	Kurzfristig	1
Maßnahme			
Stadtweite Ermittlung der potenziellen Überflutungsgefährdung im Falle extremer Starkniederschläge			
Kurzbeschreibung			
Die begonnene testweise Analyse der potenziellen Überflutungsgefährdung von Flächen bei Starkregen (Verschneidung bestehender Entwässerungssystem mit der Geländetopographie) wird 2013 auf das gesamte Stadtgebiet ausgeweitet.			
Federführung		Weitere Akteure	
Tiefbauamt			
Anmerkungen			
-			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
EW-5	Stadtentwässerung	Mittelfristig	2
Maßnahme			
Optimierung der Steuerung von Regenrückhalteeinrichtungen			
Kurzbeschreibung			
Die Regenrückhalteeinrichtungen sollen - auch aufgrund neuer Bestimmungen bzw. gesetzlicher Vorgaben - hinsichtlich der Wasserbeschickung und Drosselung optimiert werden und wenn möglich mit einer sog. Doppelsteueranlage (wie bereits beim Hochwasserrückhaltebecken Rittnert eingebaut) ausgerüstet werden. Dabei werden die bestehenden Rückhalteeinrichtungen bereits bei Regen unterhalb der Bemessungsjährlichkeit aktiviert. Durch die frühzeitige Beaufschlagung und erhöhte Ausnutzung des Beckens wird der Schutz der Unterlieger verbessert.			
Federführung		Weitere Akteure	
Tiefbauamt			
Anmerkungen			
Derzeit werden die Zuläufe aus den Außengebieten erfasst und auf die hydraulische Leistungsfähigkeit überprüft.			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
EW-6	Stadtentwässerung	Mittelfristig	2
Maßnahme			
Flächendeckende Ausweitung der gesplitteten Abwassergebühr auf alle Grundstücke			
Kurzbeschreibung			
Auf Beschluss des Gemeinderats soll die gesplittete Abwassergebühr ab 2015 auf alle Grundstücke im Stadtgebiet ausgeweitet werden. Dadurch können sich auch bei kleineren Grundstücken Anreize für Entsiegelungsmaßnahmen ergeben.			
Federführung		Weitere Akteure	
Tiefbauamt			
Anmerkungen			
Alle Grundstückseigentümer bzw. sonstige Nutzungsberechtigte, die bisher nach der Einheitsgebühr veranlagt worden sind, werden dazu aufgefordert, die Versiegelungsverhältnisse auf Ihrem Grundstück zu erklären. Dazu wird ihnen nach Auswertung von Luftbildern voraussichtlich ab Herbst 2013 ein Erfassungsbogen mit einer detaillierten Darstellung aller befestigten Teilflächen des jeweiligen Grundstückes inkl. Informationsmaterial zugesandt. Insgesamt werden ca. 36.000 Briefe verschickt.			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
EW-7	Stadtentwässerung	Kurzfristig	1
Maßnahme			
Verstärkte Sensibilisierung und Beratung von Eigentümern und Bauherren zum Objektschutz bei Starkregen			
Kurzbeschreibung			
In Neubaugebieten und bei Haussanierungen und Umbauten ist zukünftig noch stärker darauf zu achten, dass die Hauseigentümer Objektschutzmaßnahmen gegen Starkregen treffen. Es ist deshalb vorgesehen die Bürgerinnen und Bürger noch stärker für das Thema zu sensibilisieren.			
Federführung		Weitere Akteure	
Tiefbauamt		Stadtplanungsamt, Bauordnungsamt	
Anmerkungen			
-			

Energieversorgung

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
E-1	Energieversorgung	Mittelfristig	1
Maßnahme			
Ausweitung der energieeffizienten, klimafreundlichen Klimatisierung			
Kurzbeschreibung			
Die Stadtwerke beabsichtigen das Geschäftsfeld „Kälte aus Fernwärme“ nach ersten Betriebserfahrungen mit der neuen Absorptionskältetechnologie beim Gartencarré/SYNUS ab 2014 als standardisiertes Contractingangebot deutlich auszuweiten.			
Federführung		Weitere Akteure	
Stadtwerke Karlsruhe			
Anmerkungen			
-			

Verkehr

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
V-1	Verkehr	Laufend	1
Maßnahme			
Konsequente Beschaffung klimatisierter Fahrzeuge für den ÖPNV			
Kurzbeschreibung			
Die bereits begonnene Klimatisierung öffentlicher Verkehrsmittel wird mit der Anschaffung von 30 neuen Zweisystemfahrzeugen für den KVV und 25 neuen Niederflur-Stadtbahnwagen für das Karlsruher Stadtgebiet konsequent weiterverfolgt. Die Fahrzeuge werden in den kommenden Jahren schrittweise in Betrieb genommen und verfügen durchgehend über eine moderne Klimatisierung.			
Federführung		Weitere Akteure	
Verkehrsbetriebe Karlsruhe / Karlsruher Verkehrsverbund			
Anmerkungen			
Die Maßnahme wird vor allem aus Gründen der Gesundheitsfürsorge für zwingend erachtet, ist heutzutage aber auch vor dem Hintergrund gestiegener Komfortansprüche im ÖPNV unabdingbar.			

Wirtschaft und Arbeitsleben

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
W-1	Wirtschaft und Arbeitsleben	Mittelfristig	2
Maßnahme Netzwerk Klimawandel und Produktivität			
Kurzbeschreibung Im Rahmen des Klima-MORO-Forschungsprojekts in den Regionen Nordschwarzwald/Mittlerer Oberrhein, an dem sich der Regionalverband Mittlerer Oberrhein als Partner beteiligte, wurde als eines von insgesamt neun Folgeprojekten der Aufbau eines „Netzwerks Klimawandel und Produktivität“ vorgeschlagen. Ziel ist es, Entscheidungsträger in der Wirtschaft für die Folgen des Klimawandels in unserer Region zu sensibilisieren und modellhafte Lösungen für integrierte betriebliche Anpassungskonzepte zu entwickeln (unter anderem Pilotprojekte mit einzelnen Unternehmen). Dabei sollen bestehende Ansätze zu einer regionalen Kooperation im Bereich Wirtschaftsförderung aufgegriffen werden. Die Stadt Karlsruhe wird sich im Rahmen ihrer Möglichkeiten an diesem Netzwerk beteiligen und gegebenenfalls versuchen ausgewählte Karlsruher Unternehmen für eine Mitarbeit zu gewinnen.			
Federführung Regionalverband Mittlerer Oberrhein (für Initiierung/ Impuls)		Weitere Akteure Wirtschaftsförderung, Umwelt- und Arbeitsschutz,	
Anmerkungen Seit kurzem liegt als ein Ergebnis aus dem ExWoSt-Projekt „Klimaix“ der Städteregion Aachen eine internetbasierte Einstiegshilfe zur klimagerechten Gewerbeflächenentwicklung vor, die unter anderem einen „Anfälligkeitscheck“ und einen Leitfaden mit möglichen Anpassungsmaßnahmen bereit hält (www1.isb.rwth-aachen.de/klimaix). Solchen Arbeitshilfen können auch Karlsruher Unternehmen dabei unterstützen, abzuklären, welche Anpassungsrisiken für Ihren Betrieb einschlägig sind. Auf die Veröffentlichung soll deshalb bei Kontakten mit Unternehmen verstärkt aufmerksam gemacht werden.			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
W-2	Wirtschaft und Arbeitsleben	Laufend	3
Maßnahme			
Informationen zum Arbeitsschutz bei Hitze intensivieren			
Kurzbeschreibung			
Arbeitgeber und Beschäftigte sollen stärker für das Thema sensibilisiert werden.			
Federführung		Weitere Akteure	
Umwelt- und Arbeitsschutz		Wirtschaftsförderung, Handwerkskammer, Industrie- und Handelskammer	
Anmerkungen			
Nach der derzeit geltenden Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) muss in Arbeitsräumen - unter Berücksichtigung der jeweiligen Tätigkeit - eine gesundheitlich zuträgliche Raumtemperatur bestehen. Für die Beschäftigten gibt es zwar keinen Anspruch auf klimatisierte Räume oder „hitzefrei“. Der Arbeitgeber ist aber verpflichtet, die Arbeit so zu gestalten, dass eine gesundheitliche Gefährdung möglichst vermieden wird. Bei Arbeiten auf Baustellen bzw. im Freien haben Beschäftigte ebenfalls einen Anspruch darauf, vor Gesundheitsgefahren durch Witterungseinflüsse geschützt zu werden. Welche Anforderungen dabei zu berücksichtigen sind, ist im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung festzulegen. Verknüpfung mit Maßnahme GE-1 „Ausbau der Hitzewarnsysteme, breitere Bevölkerungsansprache“ möglich.			

Bevölkerungsschutz

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
BS-1	Bevölkerungsschutz	Laufend	2
Maßnahme			
Vermehrte Berücksichtigung des Klimawandels bei den Schadensszenarien von Katastrophenschutzübungen			
Kurzbeschreibung			
Bei größeren Übungseinheiten (Stabsrahmenübungen mit dem Verwaltungs- und Führungsstab der Stadt Karlsruhe, regionale Stabsrahmenübungen mit benachbarten Stadt- und Landkreisen sowie Vollübungen für die Einsatzkräfte) werden zukünftig Schadensszenarien im Zusammenhang mit dem Klimawandel verstärkt berücksichtigt.			
Federführung		Weitere Akteure	
Branddirektion		Hilfsorganisationen (THW, DLRG, Bergwacht, Sanitätsdienste)	
Anmerkungen			
-			

Ziff.	Bereich	Zeithorizont	Priorität
BS-2	Bevölkerungsschutz	Laufend	1
Maßnahme			
Verstärkte Information der Bevölkerung über Vorsorge- und Selbstschutzmaßnahmen			
Kurzbeschreibung			
Die Information der Bevölkerung zu Vorsorge- und Selbstschutzmaßnahmen bei Extremwetterereignissen soll weiter ausgebaut werden (zum Beispiel durch stärkere Thematisierung der Klimawandelgefahren beim Katastrophenschutztag, Verlinkung weiterer Informationsmaterialien im Internet u.ä.).			
Federführung		Weitere Akteure	
Branddirektion			
Anmerkungen			
Bei der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit zu klimawandelbezogenen Aktivitäten sollte nach Möglichkeit das Thema Selbstschutz immer mit aufgegriffen und thematisiert werden.			

6. Anhang

6.1 Quellenverzeichnis

6. Anhang

6.1 Quellenverzeichnis

Arbeitskreis KLIWA (Hg.): Klimawandel in Süddeutschland. Veränderungen von meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen, Monitoringbericht 2011

www.kliwa.de/download/KLIWA_Monitoringbericht_2011.pdf

Arbeitskreis KLIWA (Hg.): Auswirkung des Klimawandels auf Niedrigwasserverhältnisse in Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz. Untersuchungen an ausgewählten Pegeln und Gewässerstellen (KLIWA-Berichte 14), Karlsruhe 2009

www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/59741/kliwa_auswirkungen_des_klimawandels_niedrigwasserverhaeltnisse.pdf

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (Hg.): Folgen des Klimawandels. Verkehr, Tourismus und Energieversorgung vor neuen Herausforderungen - Ein Leitfaden, München 2011

www.muenchen.ihk.de/de/presse/Anhaenge/Folgen-des-Klimawandels-Broschuere.pdf

Birkmann, Jörn/Bach, Claudia u.a.: 4. Zwischenbericht des Projekts KIBEX (Kritische Infrastrukturen und Bevölkerung(-sschutz) im Kontext klimawandelbeeinflusster Extremwetterereignisse), Bonn, 31.10.2011

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Hg.): Klimawandel - Herausforderung für den Bevölkerungsschutz, Bonn 2011

www.asb.de/fileadmin/pdf/Unsere_Angebote/Rettungsdienst/BBK_Band5_Klimawandel.pdf

Bundesamt für Naturschutz (Hg.): Modellierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Flora und Vegetation in Deutschland (BfN-Skripten 304), Bonn 2011

www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/skript304.pdf

Bundesamt für Naturschutz (Hg.): Biologische Vielfalt und Klimawandel, Tagungsband mit den Beiträgen der 2. BfN-Forschungskonferenz „Biologische Vielfalt und Klimawandel“ vom 02.-03.März 2010 in Bonn (BfN-Skripten 274), Bonn 2010

www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/Skript274.pdf

Bundesamt für Strahlenschutz/Bundesinstitut für Risikobewertung u.a. (Hg.): UMID-Themenheft „Klimawandel und Gesundheit“, Berlin 2009

www.umweltbundesamt.de/umid/archiv/umid0309.pdf

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hg.): Aktionsplan Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel, Berlin 2012

www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/Aktionsplan_Anpassung_de_bf.pdf

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hg.): Klimawandel, Extremwetterereignisse und Gesundheit - Konferenzbericht, Berlin 2011

www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/konferenzbericht_bf.pdf

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hg.): Dem Klimawandel begegnen. Die Deutsche Anpassungsstrategie, Berlin 2009

www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/broschuere_dem_klimawandel_begegnen_bf.pdf

Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (Hg.): LABO-Positionspapier „Klimawandel - Betroffenheit und Handlungsempfehlungen des Bodenschutzes“, Mainz 2010

www.labo-deutschland.de/documents/LABO_Positionspapier_Boden_und_Klimawandel_090610_aa8_bf5.pdf

Castell-Exner, Claudia/Zenz, Thomas: Klimawandel und Wasserversorgung, in: energie I wasser-praxis 3/2010, S. 20 ff.

www.dvgw.de/fileadmin/dvgw/wasser/ressourcen/1003castell.pdf

Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz (GALK e.V.): Straßenbaumliste, Arbeitskreis Stadtbäume, Stand 18.01.2013

www.galk.de/arbeitskreise/ak_stadtbaeume/webprojekte/sbliste/

Deutscher Städtetag: Positionspapier „Anpassung an den Klimawandel - Empfehlungen und Maßnahmen der Städte“, Köln 2010

www.staedtetag.de/imperia/md/content/dst/positionspapier_klimawandel_juni_2012.pdf

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Landesverband Baden-Württemberg (Hg.): Seminarunterlagen zum Symposium „Starkregen in bebauten Gebieten. Überblick und Lösungsansätze“ am 5.10.2010, Stuttgart 2010

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (Hg.): Waldzustandsbericht 2012 für Baden-Württemberg, Freiburg 2012

www.fva-bw.de/publikationen/wzb/ws2012.pdf

GEO-NET Umweltconsulting GmbH: Leitfaden zur Berücksichtigung klimatischer Ausgleichsfunktionen in der räumlichen Planung am Beispiel der Regionen Mittlerer Oberrhein und Nordschwarzwald, Hannover 2010

www.klimamoro.de/fileadmin/Dateien/Ver%C3%B6ffentlichungen/Publikationen_aus_den_Modellregionen/Mittlerer_Oberrhein_Nordschwarzwald_Leitfaden.pdf

Germanwatch (Hg.): Globaler Klimawandel. Ursachen, Folgen, Handlungsmöglichkeiten, 3. Aufl., Bonn 2010

www.germanwatch.org/klima/gkw11.pdf

Herrmann, Andreas/ Seifert, Tobias: Konsequenzen des Klimawandels für Industrie und Gewerbe, Vortrag im Rahmen des REGKLAM-Projekts v. 25.10.2010

www.regklam.de/fileadmin/Daten_Redaktion/Praesentationen/euregia2010/2-euregia_REGKLAM_TUBAF_Herrmann_Seifert_101025.pdf

Höppe, Peter: Risiken und Chancen des Klimawandels – Global und speziell für Deutschland, Vortrag im Rahmen der Konferenz „Der Oberrheingraben im Klimawandel – eine Region passt sich an“ v. 26./27.03.2012

www.wald-rlp.de/fileadmin/website/klimakompetenzzentrum/Regionalkonferenz/Hoeppe_Munich_Re.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Genf 2007

www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.htm

ka-news: Wenn Vater Rhein sein Bett verlässt: Hochwasserschutz in Karlsruhe, Artikel v. 29.11.2010

www.ka-news.de/region/karlsruhe/Wenn-Vater-Rhein-sein-Bett-verlaesst-Hochwasserschutz-in-Karlsruhe;art6066,476527

Karlsruher Energie- und Klimaschutzagentur (KEK)/Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung (DFIU) u.a.: Machbarkeitsstudie Klimaneutrales Karlsruhe 2050, Karlsruhe 2011

www.karlsruhe.de/b3/natur_und_umwelt/klimaschutz/klimaneutralitaet/HF_sections/content/ZZkObeWZrAjCVx/ZZkObfeByx4224/Klimaneutrales%20KA%202050.pdf

Kern, Helmut: Stadtbäume im Klimawandel, Vortrag im Rahmen des Deutschen Naturschutztages 2008 in Karlsruhe

Kimmig, Peter/Mackenstedt, Ute u.a.: Einschleppung von Krankheitserregern aus dem mediterranen Raum, Abschlussbericht innerhalb des Forschungsprogramms Herausforderung Klimawandel Baden-Württemberg, Stuttgart 2009

www.herausforderung-klimawandel-bw.de/downloads/Vektoren_Schlussbericht_Herausforderung_Klimawandel.pdf

Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (Hg.): Herausforderung Klimawandel - Chance oder Risiko für die Landwirtschaft in Baden-Württemberg?, Karlsruhe 2008

www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1221391_11/ltz_Tagungsband%20Veranstaltung%20zum%20Klimawandel%20.pdf

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (Hg.): Klimawandel und Landwirtschaft in NRW, Münster 2012

www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/download/landraum/klimawandel-landwirtschaft.pdf

LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg/Bayerisches Landesamt für Umwelt u.a. (Hg.): Klimawandel im Süden Deutschlands. Ausmaß - Auswirkungen - Anpassung. Folgen für die Wasserwirtschaft, Karlsruhe 2012

www.kliwa.de/download/Klimawandel_im_Sueden_Deutschlands-Ausma%C3%9F-Auswirkungen-Anpassung.pdf

LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (Hg.): Klimawandel und Insekten - Kurzfassung, Karlsruhe 2007

www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/36089

LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (Hg.): Der Klimawandel in Baden-Württemberg, KLIWA-Übersichtsbericht, Karlsruhe 2005

www.kliwa.de/download/kliwazukunftsberbw.pdf

Mack, Andreas/Müller, Karsten/Siekmann, Thomas: Klimaanpassungsstrategien für Entwässerungssysteme. Literatur- und Internetrecherche, Aachen 2011

http://dynaklim.ahu.de/dynaklim/index/wissensmanagement/publikationen/dynaklim_Publikationen-2011.html

Mäder, Alexander: Flora und Fauna werden ausgetauscht, in: Stuttgarter Zeitung, Ausgabe v. 22.11.2011, S. 16
Mayer, Helmut/Schindler, Dirk u.a. (Hg.): Strategien zur Reduzierung des Sturmschadensrisikos für Wälder (Verbundprojekt RESTER), Freiburg 2010

www.meteo.uni-freiburg.de/forschung/publikationen/berichte/rester-abschlussbericht-29.4.2010-farbig.pdf

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hg.): Klimawandel und Boden. Auswirkungen der globalen Erwärmung auf den Boden als Pflanzenstandort, Düsseldorf 2011

www.umwelt.nrw.de/klima/pdf/broschuere_klimawandel_boden.pdf

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hg.): Klimawandel und Wasserwirtschaft. Maßnahmen und Handlungskonzepte in der Wasserwirtschaft zur Anpassung an den Klimawandel, Düsseldorf 2011

www.umwelt.nrw.de/klima/pdf/broschuere_klima_und_wasser.pdf

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hg.): Natur im Wandel. Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf 2010

www.umwelt.nrw.de/naturschutz/pdf/broschuere_natur_im_wandel.pdf

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg/LUBW Landesanstalt für Umwelt Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (Hg.): Klimawandel in Baden-Württemberg, Fakten – Folgen – Perspektiven, 2. aktual. Auflage, Stuttgart 2012

www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/72215/

Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hg.): Handbuch Stadtklima. Maßnahmen und Handlungskonzept für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel, Düsseldorf 2010

www.umwelt.nrw.de/klima/pdf/handbuch_stadtklima.pdf

Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hg.): Anpassung an den Klimawandel. Eine Strategie für Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf 2009

www.umwelt.nrw.de/umwelt/pdf/klimawandel/Klimawandel_Anpassungsstrategie_Gesamt.pdf

Nachbarschaftsverband Karlsruhe (Hg.): Urbane Strategie zum Klimawandel - Kommunale Strategien und Potenziale. Projektbericht zum Modellprojekt „Innenentwicklung versus Klimakomfort im Nachbarschaftsverband Karlsruhe“, Karlsruhe 2012

www.nachbarschaftsverband-karlsruhe.de/b4/exwost/HF_sections/content/ZZkHSr5tGIMDWn/ZZkNvxspnzilQZ/ExWoSt%20Bericht.pdf

Prognos AG: Evaluierung möglicher Anpassungsmaßnahmen in den Sektoren Energie, Industrie, Mittelstand und Tourismus vor dem Hintergrund der Erarbeitung eines „Aktionsplans Anpassung“ der Bundesregierung - Endbericht Düsseldorf 2011

www.prognos.com/fileadmin/pdf/publikationsdatenbank/110131_Prognos_Endbericht_-_BMW_i_Anpassung_Klimawandel_final.pdf

Regionalverband Mittlerer Oberrhein (Hg.): Ermittlung natürlicher klimatischer Ausgleichsfunktionen in der Region Mittlerer Oberrhein, Karlsruhe 2011

www.region-karlsruhe.de/projekte/rvmo-projekte/klimastudie.html

Robert Koch-Institut: Klimawandel und Gesundheit - Ein Sachstandsbericht, Berlin 2011

www.rki.de/DE/Content/Gesund/Umwelteinfluesse/Klimawandel/Klimawandel-Gesundheit.html

Senat der Bundesforschungsinstitute im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hg.): Landwirtschaft im Zeichen des Klimawandels, Forschungsreport Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz 2/2011

www.bmelv-forschung.de/fileadmin/dam_uploads/ForschungsReport/FoRep_2011-2/ForschungsReport_2-11_final.pdf

StädteRegion Aachen (Hg.): Gewerbeflächen im Klimawandel. Leitfaden zum Umgang mit Klimatrends und Extremwettern, Aachen 2012

www1.isb.rwth-aachen.de/klimaix/downloads/KlimaixLeitfadenDownload.pdf

Stadt Karlsruhe, Tiefbauamt (Hg.): Schutz vor Kellerüberflutung. So schützen Sie sich gegen Rückstau aus der Kanalisation und gegen Eindringen von Oberflächenwasser, 2. Auflage, Karlsruhe 2010

www.karlsruhe.de/b3/bauen/tiefbau/entwaesserung/grundstuecksentwaess.de

Stadt Karlsruhe, Umwelt- und Arbeitsschutz: Anpassung an den Klimawandel in Karlsruhe, Karlsruhe 2008

www.karlsruhe.de/b3/natur_und_umwelt/klimaschutz/klimafolgen.de

Trute, Peter: Stadtplanung im Klimawandel. Berliner StEP Klima und Karlsruher Modellprojekt zum Klimawandel, Vortrag im Rahmen des Stadtbauforums Karlsruhe am 14.04.2011

www.nachbarschaftsverband-karlsruhe.de/b4/exwost/veranstaltungen/HF_sections/content/ZZkHS0YuYwKdBy/ZZkHS9HEtoPxLz/110414_ExWoSt-SBF.pdf

Umweltbundesamt (Hg.): Das Klima ändert sich - was können wir tun? Beispiele der Anpassung vor Ort, Dessau 2011

www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4229.pdf

Umweltbundesamt (Hg.): Kosten und Nutzen von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel. Analyse von 28 Anpassungsmaßnahmen in Deutschland, Dessau 2012

www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4298.pdf

Umweltbundesamt (Hg.): KomPass-Themenblatt, Anpassung an den Klimawandel - Boden, Dessau 2011
www.umweltdaten.de/klimaschutz/kompass_themenblatt_boden.pdf

Umweltbundesamt (Hg.): KOMPASS-Themenblatt, Anpassung an den Klimawandel - Bevölkerungsschutz, Dessau 2011
www.umweltdaten.de/klimaschutz/kompass_themenblatt_bevoelkerungsschutz.pdf

Umweltbundesamt (Hg.): KomPass-Themenblatt, Anpassung an den Klimawandel - Hochwasserschutz, Dessau 2011
www.umweltdaten.de/klimaschutz/hochwasserschutz.pdf

Umweltbundesamt (Hg.): KomPASS-Themenblatt, Anpassung an den Klimawandel - Energiewirtschaft, Dessau 2011
www.umweltdaten.de/klimaschutz/energie-finanzwirtschaft.pdf

Umweltbundesamt (Hg.): KomPass-Themenblatt, Anpassung an den Klimawandel - Verkehr, Dessau 2011
www.umweltdaten.de/klimaschutz/kompass_themenblatt_verkehr.pdf

Umweltbundesamt (Hg.): KomPass-Themenblatt, Anpassung an den Klimawandel - Forstwirtschaft, Dessau 2011
www.umweltdaten.de/klimaschutz/forstwirtschaft.pdf

Umweltbundesamt (Hg.): Klimawandel und Gesundheit, Informationen zu gesundheitlichen Auswirkungen sommerlicher Hitze und Hitzewellen und Tipps zum vorbeugenden Gesundheitsschutz, Dessau 2008
www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3519.pdf

Wagner-Wiening, Christiane: Hantavirus - ein exotisches Virus wird heimisch, in: Jahresbericht 2011, Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg (Hg.), Stuttgart 2012, S. 28
www.gesundheitsamt-bw.de/oegd/Fachservice/Publikationen/LGA-Jahresberichte/Documents/Jahresbericht_2011.pdf

Wienert, U./Walter, A.: Klimawandel und Bauen, in: Klimastatusbericht 2011, Deutscher Wetterdienst (Hg.), Offenbach 2012, S. 5 ff.
www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Oeffentlichkeit/KU/KU2/KU22/klimastatusbericht/einzelne_berichte/download_ksb2011,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/download_ksb2011.pdf

Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen: Welt im Wandel - Sicherheitsrisiko Klimawandel, Zusammenfassung für Entscheidungsträger, Berlin 2007
www.wbgu.de/fileadmin/templates/dateien/veroeffentlichungen/hauptgutachten/jg2007/wbgu_jg2007_kurz.pdf

6.2 Informative Internetseiten zum Thema

6.2 Informative Internetseiten zum Thema

Klimawandel und Anpassungsprozesse weltweit und in Europa

Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)

<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convger.pdf> (Dokument in deutscher Sprache)

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) - Deutsche Koordinierungsstelle

www.de-ipcc.de/index.php

Weltbankbericht "Turn down the Heat. Why a 4°C Warmer World Must be Avoided"

<http://climatechange.worldbank.org/content/climate-change-report-warns-dramatically-warmer-world-century>

EU-Kommission: Adaptation to climate change

http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/index_en.htm

Weißbuch der EU-Kommission "Anpassung an den Klimawandel: Ein europäischer Aktionsrahmen"

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0147:FIN:DE:PDF>

Klimawandel und Anpassungsprozesse in Deutschland und Baden-Württemberg

Klimaatlas Deutschland® des Deutschen Wetterdienstes: Themenkarten zum vergangenen, gegenwärtigen und möglichen zukünftigen Klima

www.dwd.de/klimaatlas

Regionaler Klimaatlas der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren

www.regionaler-klimaatlas.de

Zusammenhänge zwischen Klimawandel und Extremereignissen: Informationen des Gesamtverbands der deutschen Versicherungswirtschaft

www.gdv.de/2011/11/schadenszenarien-bis-zum-jahr-2100

Deutsche Anpassungsstrategie: Informationsseite des Bundesumweltministeriums

www.bmu.de/klimaschutz/anpassung_an_den_klimawandel/doc/42781.php

Informationen zur Anpassungsstrategie Baden-Württemberg

www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/103581/

Forschungsprogramm „Klimawandel - Auswirkungen, Risiken, Anpassung“ (KLARA)

www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/103585/

Forschungsprogramm „Klimaveränderungen und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“ (KLIWA)

www.kliwa.de

Forschungsprogramm „Herausforderung Klimawandel Baden-Württemberg“

www.herausforderung-klimawandel-bw.de

Forschungsprogramm „Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg“ (KLIMOPASS)

www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/69206/

Tragfähigkeitsstudie des Nachbarschaftsverbands Karlsruhe - mit Klimafunktionskarte

www.nachbarschaftsverband-karlsruhe.de/b4/tfs_2.de

Übergreifende Unterstützungsangebote und Informationstransfer

Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass) beim Umweltbundesamt
www.anpassung.net

Klimalotse - Leitfaden zur Anpassung an den Klimawandel
www.klimalotse.anpassung.net

Tatenbank - Datenbank für Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel
www.tatenbank.anpassung.net/Tatenbank/DE/Home/home_node.html

StadtKlimaLotse:
www.stadtklimalotse.net

Klimascout - Das WIKI zur Anpassung an den Klimawandel
www.klimascout.de

Klimanavigator - Der Wegweiser zum Klimawissen in Deutschland
www.klimanavigator.de

Hamburger Bildungsserver - Klimawandel und Klimafolgen
<http://bildungsserver.hamburg.de/klimawandel>

European Climate Adaptation Platform
<http://climate-adapt.eea.europa.eu>

European Centre for climate adaption
www.climateadaptation.eu

Climate Service Centre Germany (CSC)
www.climate-service-center.de

Süddeutsches Klimabüro am KIT
www.sueddeutsches-klimabuero.de

Modellvorhaben zur Klimaanpassung

Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten - KLIMZUG
www.klimzug.de

Forschung für den Klimaschutz und Schutz vor Klimawirkungen - KLIMAZWEI
www.klimazwei.de

Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel – KLIMAMORO
www.klimamoro.de

Informationen zum KLIMAMORO-Modellvorhaben der Regionalverbände Mittlerer Oberrhein und Nordschwarzwald)
www.region-karlsruhe.de/kooperationen/regionalverbaende/regionalverband-noerdlicher-schwarzwald.html

Urbane Strategien zum Klimawandel - ExWoSt
www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ExWoSt/Forschungsfelder/2010/UrbaneStrategienKlimawandel/01_Start1.html

Informationen zum ExWoSt-Modellvorhaben „Innenentwicklung versus Klimakomfort im Nachbarschaftsverbands Karlsruhe“

www.nachbarschaftsverband-karlsruhe.de/b4/exwost.de

Kritische Infrastrukturen und Bevölkerung(-sschutz) im Kontext klimawandelbeeinflusster Extremwetterereignisse - KIBEX

www.ehs.unu.edu/article/read/kibex

Beispiele für Anpassungsprozesse in Kommunen

Frankfurter Anpassungsstrategie

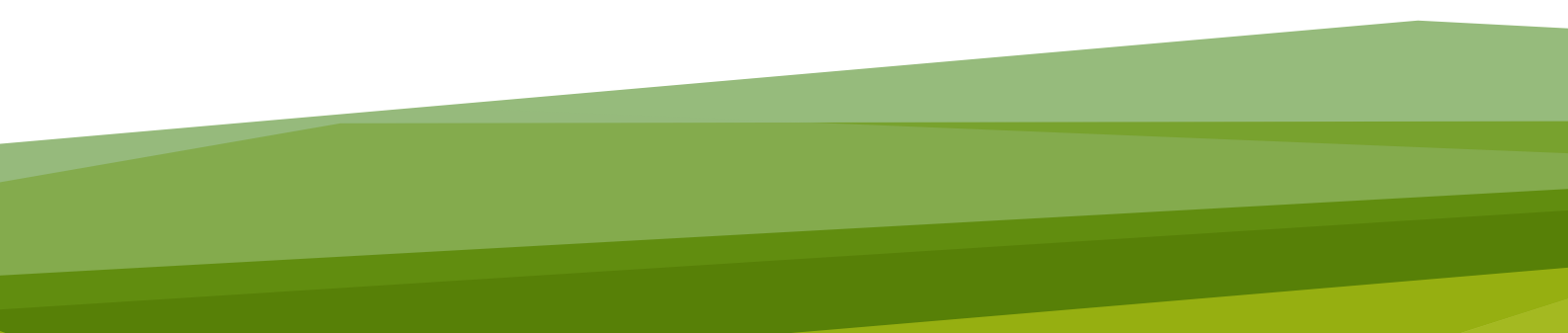
www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de/Service/Dokumente/Anpassungsstrategie-Klimawandel.pdf

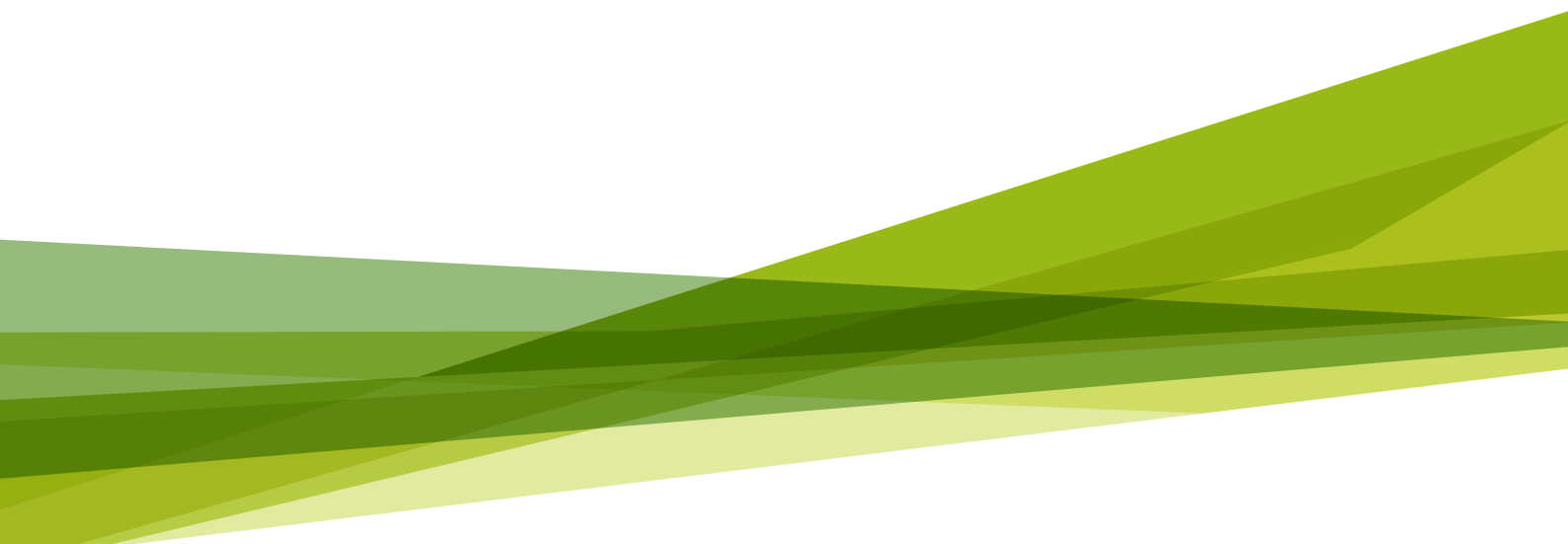
Klimaanpassungskonzept Stuttgart KLIMAKS

www.stadtklima-stuttgart.de/stadtklima_filestorage/download/kliks/KLIMAKS-2012.pdf

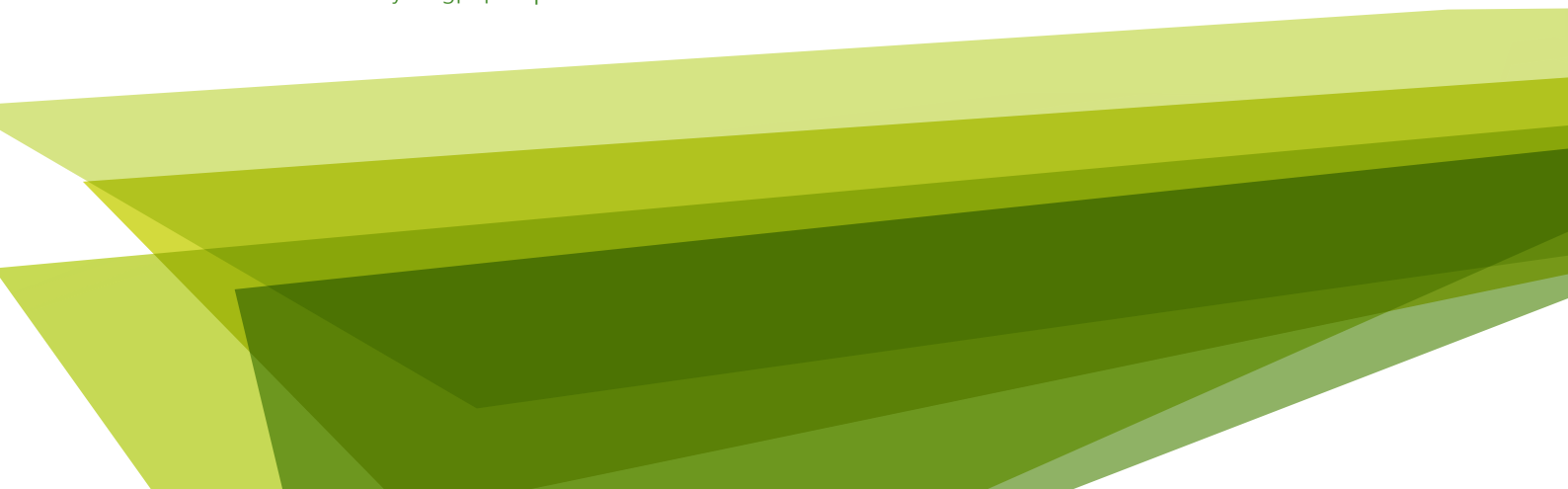
Stadtentwicklungsplan (StEP) Klima Berlin

www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/stadtentwicklungsplanung/de/klima/





Gedruckt auf 100% Recyclingpapier | Stadt Karlsruhe - Rathausdruckerei

An abstract graphic design at the bottom of the page, consisting of several overlapping, semi-transparent green shapes. The shapes are primarily horizontal bands and angular polygons in various shades of green, ranging from a light lime green to a dark forest green. They create a layered, architectural effect that spans the width of the page.