

Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels

Fachgutachten für das Handlungsfeld
Stadt- und Raumplanung
- Langfassung -

im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft
Baden-Württemberg

Autoren: Dr.-Ing. Christoph Hemberger, Dipl.-Ing. Jürgen Utz;
Hemberger & Utz UG (haftungsbeschränkt), Stuttgart

Stand: Juni 2013

Vorliegendes Gutachten dient der Erstellung einer Anpassungsstrategie an die Folgen des Klimawandels für das Land Baden-Württemberg. Verantwortlich für den Inhalt des vorliegenden Gutachtes sind die Autoren. Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur mit Genehmigung des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren erlaubt.



- Auftraggeber:** © Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft
Baden-Württemberg
- Fachliche Begleitung:** LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz
Baden-Württemberg, Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe
Ref. 23 – Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Klimawandel
- Stand:** Juni 2013

Verantwortlich für den Inhalt des vorliegenden Gutachtes sind die Autoren.
Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur mit Genehmigung des Umweltministeriums
Baden-Württemberg unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren erlaubt.



Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	10
Teil A – Grundlagen und Ergebnisse des Gutachtens.....	12
 <i>ZUSAMMENFASSUNG</i>	 <i>12</i>
 <i>1. Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung.....</i>	 <i>28</i>
1.1. Definition, Rahmenbedingungen und Relevanz.....	28
1.1.1 Kurzbeschreibung der Raumplanung (Raumordnung).....	28
1.1.2 Kurzbeschreibung der Stadtplanung (kommunale Bauleitplanung)	30
1.1.3 Stadt- und Raumplanung im Kontext von Klimawandel und Klimaanpassung	30
1.1.4 Die Bedeutung von Stadt-/Landkreisen und die Rolle der Kommunen	32
1.2. Raumrelevante Merkmale Baden-Württembergs	33
1.2.1 Flächenstruktur und Verwaltungsebenen	33
1.2.2 Raumstruktur und Bevölkerung	37
1.2.2.1 Bevölkerungsdichte und -verteilung in Baden-Württemberg.....	37
1.2.2.2 Altersstruktur.....	38
1.2.3 Natürliche Merkmale.....	42
1.2.3.1 Topographie / Höhenlage.....	42
1.2.3.2 Wald- und Wasserflächen	43
1.2.4 Flächennutzung	44
1.2.4.1 Siedlungsfläche und Verkehrsfläche.....	44
1.2.4.2 Erholungsfläche	47
1.2.4.3 Land- und forstwirtschaftliche Flächen.....	48
1.2.5 Wirtschaft	50
1.3 Kernaussagen	53
 <i>2. Wirksame Klimafaktoren</i>	 <i>56</i>
2.1 Klimafaktoren in der Stadt- und Raumplanung allgemein	56
2.2 Auswahl der im Gutachten genutzten Klimafaktoren.....	57
2.3 Veränderungen der im Gutachten betrachteten Klimafaktoren	59
2.3.1 Veränderung des Klimafaktors »Heiße Tage«	61
2.3.2 Veränderung des Klimafaktors »Hitzeperioden-Tage«	64
2.3.3 Veränderung des Klimafaktors »Sommertage«	66

2.3.4 Veränderung des Klimafaktors »Kühlgradtage«.....	70
2.4 Kernaussagen	73
3. Vulnerabilitätsanalyse	74
3.1 Methodische Grundlagen der Vulnerabilitätsanalyse	74
3.1.1 Aufbau einer Vulnerabilitätsanalyse allgemein.....	74
3.1.2 Die potenzielle Vulnerabilität.....	75
3.1.3 Betrachtete Zeiträume	77
3.1.4 Relative potenzielle Vulnerabilitäten und getrennte Betrachtung der Stadt- und Landkreise	77
3.2 Klimawandelbedingte Problemlagen im Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung allgemein.....	80
3.3 Selektion von Problemlagen für die weitere Betrachtung im Rahmen dieses Gutachtens.....	85
3.4 Ermittlung und Darstellung potenzieller Vulnerabilitäten für Baden-Württemberg	86
3.4.1 »Strickmuster« zur Ermittlung der potenziellen Vulnerabilitäten.....	89
3.4.2 Schutzgut Mensch	98
3.4.2.1 Themenfeld 1: »Erhöhte Mortalität« (Sterberisiko der über 75-Jährigen).....	99
3.4.2.2 Themenfeld 2: »Erhöhte Morbidität Pflege« (Risiko für Gesundheitsschäden bei Personen mit Vorbelastung).....	102
3.4.2.3 Themenfeld 3: »Erhöhte Morbidität U5« (Risiko für Gesundheitsschäden bei unter 5-Jährigen)	104
3.4.3 Schutzgut Wirtschaft.....	106
3.4.3.1 Themenfeld 4: »Eingeschränkte Leistungsfähigkeit tertiärer Sektor I« (Risiko leicht eingeschränkter Leistungsfähigkeit von Erwerbstätigen im tertiären Sektor) 109	
3.4.3.2 Themenfeld 5: »Eingeschränkte Leistungsfähigkeit sekundärer Sektor I« (Risiko leicht eingeschränkter Leistungsfähigkeit von Erwerbstätigen im sekundären Sektor).....	112
3.4.3.3 Themenfeld 6: »Stark eingeschränkte Leistungsfähigkeit tertiärer Sektor II« (Risiko starker Produktivitätseinbußen im tertiären Sektor).....	114
3.4.3.4 Themenfeld 7: »Stark eingeschränkte Leistungsfähigkeit sekundärer Sektor II« (Risiko starker Produktivitätseinbußen im sekundären Sektor)	115
3.4.4 Schutzgut bauliche Umwelt (Gebäude & Infrastruktur).....	117
3.4.4.1 Themenfeld 8: »Risiko für Schäden an Gebäuden und baulichen Anlagen«.....	118
3.4.4.2 Themenfeld 9: »Bedarf an Gebäudekühlung im tertiären Sektor« (Risiko für die ökonomische Nutzbarkeit von Gebäuden im tertiären Sektor).....	120
3.4.4.3 Themenfeld 10: »Bedarf an Gebäudekühlung im sekundären Sektor« (Risiko für die ökonomische Nutzbarkeit von Gebäuden im sekundären Sektor).....	123
3.4.4.4 Themenfeld 11: »Risiko für Schäden an Verkehrswegen«	125
3.4.5 Schutzgut Siedlungsgrün – Themenfeld 12: »Risiko für Schädigung von Flächen zur Erholung«.....	127
3.4.6 Exkurs: Schutzgut Wasser	129

3.5 Potenzielle Gesamtvulnerabilitäten für Baden-Württemberg, Dringlichkeit und Handlungsdruck im Überblick.....	132
3.5.1 Aggregation der potenziellen Vulnerabilitäten (zwölf Themenfelder) zur potenziellen Gesamtvulnerabilität.....	132
3.5.2 Einschätzung des Handlungsdrucks für die Kreise	135
3.5.2.1 Einschätzung des Handlungsdrucks in den SKR	136
3.5.2.2 Einschätzung des Handlungsdrucks in den LKR.....	139
3.6 Steckbriefe der Stadt-/Landkreise für deren potenzielle Gesamtvulnerabilität.....	141
3.7 Kernaussagen	141
4. Anpassungsziele und -maßnahmen.....	144
4.1 Anpassungsziele	144
4.2 Überblick über die Anpassungsmaßnahmen	146
4.3 Wirkungsbereiche der Anpassungsmaßnahmen und Relevanz für die Stadt- und Landkreise.....	151
4.3.1 Zuordnung der Anpassungsmaßnahmen zu den Schutzgütern der Vulnerabilitätsanalyse.....	151
4.3.2 Sortierung der Anpassungsmaßnahmen nach deren Relevanz für die Stadt- und Landkreise	158
4.4 Auswahl von Kernmaßnahmen zur Klimaanpassung (priorisierte Anpassungsmaßnahmen aus der Gesamtmenge aller 75 Formblätter).....	162
4.5 Kernaussagen	165
Teil B Æ Weiterführende Informationen und Hintergründe	166
1. Die Klimamodelle und resultierende Projektionen	166
2. Urbane Hitzeinseln (Urban Heat Island).....	168
3. Unterirdische Urbane Hitzeinseln.....	169
4. Nähere Betrachtung der unterschiedlichen Folgen von »Hitze« im Handlungsfeld.....	170
4.1 Gesundheitliche Belastungen	170
4.2 Thermische Komfortwerte und Schwellenwerte	170
4.3 Einflussgrößen beim Mortalitätsrisiko	172
4.4 Grenzen der Aussagefähigkeit zur Mortalität	174
4.5 Untersuchungen zur Morbidität und Leistungsfähigkeit.....	175

5. Skaleneffekte bei der Bestimmung der Vulnerabilität	176
6. Weitere die Vulnerabilität beeinflussende Entwicklungen.....	178
7. Methodische Hintergründe zur potenziellen Vulnerabilität.....	179
7.1 Einschränkungen bei der Bestimmung der Vulnerabilität – der Aspekt Anpassungskapazität	179
7.2 Getrennte Betrachtung von Stadt- und Landkreisen	181
7.3 Integration des Aspekts dynamischer Veränderungen in die Vulnerabilitätsanalyse	182
8. Forschungsbedarfe.....	183
9. Bisherige Anpassungsmaßnahmen und Projekte/Planungen in Baden-Württemberg und auf Ebene des Bundes.....	185
10. Synergien und Wirkfolgen mit anderen Themenfeldern.....	187
10.1 Wasser – Tourismus – Wirtschaft – Landwirtschaft	187
10.2 Ökosysteme, Land- und Forstwirtschaft.....	188
11. Verwendete Datengrundlagen.....	190
11.1 Datenquellen für die Indikatoren der Sensitivitäten.....	190
11.2 Klimakarten	193
Quellen.....	198

Abbildungsverzeichnis

Abb.	Bezeichnung	Seite
1	pot. Vulnerabilitäten für die zwölf betrachteten Themenfelder in der nahen Zukunft	17
2	pot. Vulnerabilitäten für die vier betrachteten Schutzgüter in der nahen Zukunft	18
3	pot. Gesamtvulnerabilitäten im Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung für die Stadt- und Landkreise Baden-Württembergs in der nahen Zukunft	19
4	Landesentwicklungsplan Baden-Württemberg	22
5	Systematik der raumbedeutsamen Planung	28
6	Die vier Regierungsbezirke Baden-Württembergs mit deren Kreisen	35
7	Verwaltungsgemeinschaften der kommunalen Ebene in Baden-Württemberg	36
8	Künftige Entwicklung der Bevölkerung in Baden-Württemberg bis zum Jahr 2050	38
9	Bevölkerung im Alter von 65 und mehr Jahren in Baden-Württemberg	39
10	Entwicklung der Anzahl der über 60-Jährigen, über 85-Jährigen und unter 20-Jährigen	40
11	Alterspyramiden in Baden-Württemberg 1952, 2009 und 2060	41
12	Entwicklung der Hochbetagtenzahlen in Baden-Württemberg	42
13	Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Bodenfläche insgesamt	45
14	Bodenfläche in Baden-Württemberg 2009	46
15	Erwerbstätige in Baden-Württemberg seit 1991 nach Wirtschaftssektoren	51
16	Entwicklung der Minimum- und Maximumwerte für die Anzahl der heißen Tage in Baden-Württemberg für die nahe und ferne Zukunft	62
17	Median der Anzahl heißer Tage (Tropentage) in Baden-Württemberg in der nahen Zukunft	63
18	Entwicklung der Minimum- und Maximumwerte für die Hitzeperioden-Tage in Baden-Württemberg für die nahe und ferne Zukunft	65
19	Median der Anzahl an Hitzeperioden-Tage in Baden-Württemberg in der nahen Zukunft	66

Abb.	Bezeichnung	Seite
20	Entwicklung der Minimum- und Maximumwerte für Anzahl an Sommertagen in Baden-Württemberg für die nahe und ferne Zukunft	68
21	Median der Anzahl an Sommertagen in Baden-Württemberg in der nahen Zukunft	69
22	Entwicklung der Minimum- und Maximumwerte für Anzahl an Kühlgradtagen in Baden-Württemberg für die nahe und ferne Zukunft	71
23	Median der Anzahl an Kühlgradtagen in Baden-Württemberg in der nahen Zukunft	72
24	Komponenten einer Vulnerabilitätsanalyse	75
25	Schema zur Ermittlung der Vulnerabilität	76
26	Vier Schutzgüter mit zugeordneten Themenfelder	90
27	Überlagerung von Exposition (Klimafaktor - K) und Sensitivität (Indikator - I) zur Bestimmung der pot. Vulnerabilitäten für die Themenfelder	90
28	Getrennte Expositionsstufen auf Basis der Veränderungen einzelner Klimafaktoren für die drei Betrachtungsfälle	91
29	Getrennte Sensitivitätsstufen der Indikatoren für die Stadt- und Landkreise am Beispiel der über 75-Jährigen	93
30	Skalen für die relativen Einstufungen anhand absoluter Werte am Beispiel der über 75-Jährigen	94
31	Aggregationsschritte zur Bestimmung der pot. Vulnerabilität und der pot. Gesamtvulnerabilität auf Basis der Expositions- und Sensitivitätseinstufung für jedes Themenfeld	96
32	pot. Vulnerabilitäten der Stadt- und Landkreise für alle Teilaspekte (Problemlagen) des »Schutzgut Mensch« in der nahen Zukunft	98
33	pot. Vulnerabilität der Stadt- und Landkreise für eine erhöhte Mortalität der über 75-Jährigen in der nahen Zukunft	102
34	pot. Vulnerabilität der Stadt- und Landkreise für eine erhöhte Morbidität Pflegebedürftiger in der nahen Zukunft	104
35	pot. Vulnerabilität der Stadt- und Landkreise für eine erhöhte Morbidität der unter 5-Jährigen in der nahen Zukunft	106
36	pot. Vulnerabilitäten der Stadt- und Landkreise für alle Teilaspekte des »Schutzgut Wirtschaft« in der nahen Zukunft	108

Abb.	Bezeichnung	Seite
37	pot. Vulnerabilität der Stadt- und Landkreise für eine leicht eingeschränkte Leistungsfähigkeit der Erwerbstätigen im tertiären Sektor in der nahen Zukunft	111
38	pot. Vulnerabilität der Stadt- und Landkreise für eine leicht eingeschränkte Leistungsfähigkeit der Erwerbstätigen im sekundären Sektor in der nahen Zukunft	113
39	pot. Vulnerabilität der Stadt- und Landkreise für eine stark eingeschränkte Leistungsfähigkeit der Erwerbstätigen im tertiären Sektor in der nahen Zukunft	115
40	pot. Vulnerabilität der Stadt- und Landkreise für eine stark eingeschränkte Leistungsfähigkeit der Erwerbstätigen im sekundären Sektor in der nahen Zukunft	117
41	pot. Vulnerabilitäten der Stadt- und Landkreise für alle Teilaspekte des »Schutzgut bauliche Umwelt« in der nahen Zukunft	118
42	pot. Vulnerabilität der Stadt- und Landkreise für Schäden an Gebäuden und baulichen Anlagen in der nahen Zukunft	120
43	pot. Vulnerabilität der Stadt- und Landkreise für Bedarf an Gebäudekühlung im tertiären Sektor in der nahen Zukunft	123
44	pot. Vulnerabilität der Stadt- und Landkreise für Bedarf an Gebäudekühlung im sekundären Sektor in der nahen Zukunft	125
45	pot. Vulnerabilität der Stadt- und Landkreise für Schäden an Verkehrswegen (Straßenraum) in der nahen Zukunft	127
46	pot. Vulnerabilität der Stadt- und Landkreise für Schädigung von Erholungsflächen in der nahen Zukunft	129
47	pot. Gesamtvulnerabilitäten im Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung für die Stadt- und Landkreise Baden-Württembergs in der nahen Zukunft (2021-2050)	133
48	Landesentwicklungsplan Baden-Württemberg	135
49	Übersicht der ausgewerteten Klimaprojektionen (Ensembleansatz LUBW)	167
50	Hypothetisches Beispiel für die Varianz der Temperaturschwelle einer Hitzewelle im Jahresverlauf	172
51	Vergleich von Skalenvarianten für die Veränderung des Klimafaktors »Sommertage«	177
52	85. Perzentil für den Klimafaktor Heiße Tage in der nahen Zukunft (nZ p85.0)	193
53	85. Perzentil für den Klimafaktor Heiße Tage in der fernen Zukunft (fZ p85.0)	194

Abb.	Bezeichnung	Seite
54	85. Perzentil für den Klimafaktor Hitzeperioden-Tage in der nahen Zukunft (nZ p85.0)	194
55	85. Perzentil für den Klimafaktor Hitzeperioden-Tage in der fernen Zukunft (fZ p85.0)	195
56	85. Perzentil für den Klimafaktor Sommertage in der nahen Zukunft (nZ p85.0)	195
57	85. Perzentil für den Klimafaktor Sommertage in der fernen Zukunft (fZ p85.0)	196
58	85. Perzentil für den Klimafaktor Kühlgradtage in der nahen Zukunft (nZ p85.0)	196
59	85. Perzentil für den Klimafaktor Kühlgradtage in der fernen Zukunft (fZ p85.0)	197

Tabellenverzeichnis

Tab.	Bezeichnung	Seite
1	Ausgewählte Problemfelder mit Indikatoren für SKR/LKR und Klimafaktoren	15
2	Anteil der Wirtschaftsbereiche an der Bruttowertschöpfung in Baden-Württemberg	52
3	Entwicklung der Anzahl an heißen Tagen	61
4	Entwicklung der Anzahl an Hitzeperioden-Tage	64
5	Entwicklung der Anzahl an Sommertagen	67
6	Entwicklung der Anzahl an Kühlgradtagen	70
7	Mögliche Wirkfolgen des Klimawandels und deren Relevanz für das Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung	82
8	Ausgewählte Problemfelder mit Indikatoren für SKR/LKR und Klimafaktoren	87
9	Handlungsdruck für die Stadtkreise die einzelnen Problemlagen betreffend	137
10	Handlungsdruck für die Landkreise die einzelnen Problemlagen betreffend	139
11	Überblick über die Anpassungsmaßnahmen (Kurztitel) im Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung; Bereiche A und B	146
12	Überblick über die Anpassungsmaßnahmen (Kurztitel) im Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung, Bereich C	150
13	Maßnahmenpaket 1 –Schutzgut »Mensch«	152
14	Maßnahmenpaket 2 –Schutzgut »Wirtschaft«	153
15	Maßnahmenpaket 3 –Schutzgut »Bauliche Umwelt«	155
16	Maßnahmenpaket 4 –Schutzgut »Siedlungsgrün«	156
17	Priorisierung der Maßnahmenpakete für die einzelnen Stadt- und Landkreise	158
18	Bündel der Kernmaßnahmen zur Klimaanpassung (»Top 10«)	162
19	Maßnahmen von hervorgehobener Priorität (»Top 11-18«)	164
20	Datengrundlagen der Indikatoren für die Sensitivitätsbestimmung	190

Teil A – Grundlagen und Ergebnisse des Gutachtens

ZUSAMMENFASSUNG

Beschreibung des Handlungsfeldes

Das Handlungsfeld »Stadt- und Raumplanung« umfasst die vorausschauende Lenkung räumlicher Entwicklungen und die Gestaltung unseres Lebensumfelds unter Berücksichtigung unterschiedlicher, sich teils ergänzender, teils konkurrierender, gesellschaftlicher Ansprüche – von wirtschaftlichen über soziale und ökologische bis hin zu naturräumlichen Belangen. Dabei sollen die Planungsträger zwischen den Interessen abwägend und ausgleichend raumwirksame Entwicklungen koordinieren und Potenziale für zukünftige räumliche Entwicklungen sichern. Die Stadt- und Raumplanung steuert die Raumnutzung auf unterschiedlichen Ebenen mit den jeweiligen zentralen Plänen, vom Landesentwicklungsplan über die Regionalpläne bis hin zu den Flächennutzungs- und Bebauungsplänen der kommunalen Bauleitplanung.

Querbeziehungen zu anderen Handlungsfeldern

Kennzeichnend für die Stadt- und Raumplanung ist ein hoher Grad an Vernetztheit mit anderen Handlungsfeldern, die Flächen beanspruchen oder indirekt Einfluss auf die Nutzung des Raums ausüben. Querbeziehungen bestehen unter anderem zum Handlungsfeld Wirtschaft (z.B. Ausweisung geeigneter Standorte für Industrie, Gewerbe und Dienstleistungseinrichtungen), zur Energiewirtschaft (z.B. Ausweisung von Windkraftstandorten), der Verkehrsplanung (z.B. Ausbau von Verkehrsinfrastruktur), dem Naturschutz (z.B. Ausweisung von Schutzgebieten) oder der Wasserwirtschaft (Sicherung von Überschwemmungsgebieten). Auch zwischen planerischen und gesundheitlichen Aspekten besteht oftmals ein enger Zusammenhang. So haben zum Beispiel die urbane Dichte und das Vorhandensein von Erholungsflächen sowie deren Erreichbarkeit einen Einfluss auf das Aufkommen an motorisiertem Freizeitverkehr und die damit verbundene gesundheitsschädigende Luftbelastung in einer Stadt. Weiterhin hat die Stadtstruktur, also die Dimensionierung und Gestaltung der Freiräume, des Straßenraums, der bebauten Flächen und der einzelnen Gebäude, einen erheblichen Einfluss auf die sommerliche

Hitzebildung und Durchlüftung und damit auf das Wohlbefinden und die Gesundheit der Bevölkerung.

Aufgrund ihres »Querschnittscharakters« hat die Stadt- und Raumplanung maßgeblichen Anteil an der Ausgestaltung des jeweiligen Lebensumfelds – den alltäglichen Bedingungen für Wohnen, Arbeiten und Freizeitgestaltung – und kann durch eine möglichst klimaangepasste Raumnutzung auch wesentlichen Einfluss auf die tatsächlich spürbaren Folgen des Klimawandels nehmen. Die Ermittlung und Darstellung potenzieller klimabedingter Problemlagen im Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung für Baden-Württemberg und die Entwicklung und Beschreibung von Eckpunkten einer Anpassungsstrategie sind Inhalt dieses Gutachtens.

Wirksame Klimaparameter

Für das Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung sind vor allem Klimafaktoren zur Wärmebelastung und Hitzeentwicklung von Interesse.

Darüber hinaus spielen bei einigen Fragestellungen auch die Klimafaktoren Niederschlag, Sturm, Hagel sowie die Schneelast eine Rolle. Für diese Klimafaktoren sind die vorliegenden Daten aber nicht von ausreichender Güte, um belastbare Aussagen treffen zu können, weshalb sie hier ausgespart bleiben.

Um zu ermitteln, inwieweit eine Anpassung an die künftig veränderte Wärmebelastung notwendig sein wird, wurden die Veränderungen bei vier Klimafaktoren zum Thema »Hitze« für die Zeiträume 2021-2050 (nahe Zukunft, nZ) sowie 2071-2100 (ferne Zukunft, fZ) betrachtet. Diese Faktoren sind: »Heiße Tage«, »Sommertage«, »Hitzeperioden-Tage« und »Kühlgradtage«. Dabei sind für alle Klimafaktoren im Zeitraum 2021-2050 Veränderungen zu verzeichnen, die eine eher moderate Zunahme der Wärme- bzw. Hitzebelastung erwarten lassen, so lange man den Median (50. Perzentil) betrachtet. Betrachtet man allerdings die »worst-case«-Entwicklung (angezeigt durch die Werte für das 85. Perzentil), so werden die Belastungen für die nahe Zukunft schon kritisch und für den langfristigen Trend (2071-2100) bewegen sie sich in Bereiche hinein, die außerhalb dessen liegen, was in den Jahren 1971-2000 beobachtet wurde und als Erfahrung die Referenz darstellt. Für die zweite Jahrhunderthälfte ist demnach mit Belastungen zu rechnen, die deutlich über das bisher bekannte Maß hinausgehen, da zum Beispiel für die Anzahl an Sommertagen zukünftige Minima über den heutigen Maxima liegen werden. Besonders hohe klimatische Belastungen

in Baden-Württemberg sind vor allem für Kreise in der oberrheinischen Tiefebene, dem Kraichgau und dem Neckarbecken zu erwarten, unter anderem aufgrund der tieferen Lagen dieser Teilräume.

Zur Ermittlung der räumlich unterschiedlichen Belastungen, die sich aus der Klimaveränderung ergeben, wurden die einzelnen Stadt- und Landkreise in Abhängigkeit ihrer Exposition eingestuft (dreistufige Skala: geringe, mittlere oder hohe klimatische Belastung des jeweiligen Kreises). Dabei wurde für *jeden einzelnen* Betrachtungsfall – vom Median in der nahen Zukunft (nZ) bis zum 85. Perzentil in der fernen Zukunft (fZ) – eine eigene Skala mit drei Expositionsstufen angelegt, die sich aus der jeweiligen Bandbreite der Werte (Minimum bis Maximum der Veränderung) ergibt. Anzumerken ist, dass sich mit dieser Vorgehensweise nicht direkt erkennen lässt, in welchem Ausmaß sich die Belastung vom Median (nZ) hin zum 85. Perzentil (fZ) verändern wird, sondern nur, wie ein Stadt- oder Landkreis relativ zur Gesamtentwicklung in Baden-Württemberg im einzelnen Betrachtungsfall (z.B. Median nZ) betroffen sein wird, sprich, ob er im Vergleich zu den anderen Kreisen gering, mittel, oder hoch belastet ist.

Als Besonderheit des Handlungsfelds Stadt- und Raumplanung ist der sogenannte Urbane Hitzeinseleffekt (auch als Wärmeinseleffekt bezeichnet) zu nennen, der bei einer Betrachtung der Klimaexposition auf Kreisebene nicht abgebildet werden kann, den es aber im Hinblick auf konkrete lokale Anpassungsmaßnahmen zu berücksichtigen gilt. Der Urbane Hitzeinseleffekt bezeichnet den Temperaturunterschied einer Stadt zu ihrem Umland, der abhängig ist von verschiedenen Faktoren (bauliche Dichte, Grünanteil, Wärmespeicherung von Materialien etc.), die dazu führen, dass die Temperaturen in einer Stadt im Vergleich zum (ländlichen) Umland deutlich höher sind. Im Rahmen einer Anpassungsstrategie muss diesem Effekt durch entsprechende Maßnahmen (z.B. Dichtekonzeptionen, Sicherung von Frischluftschneisen) besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden, insbesondere im Hinblick auf Stadtkreise und/oder Städte mit hoher baulicher Dichte.

Vulnerabilitätsanalyse

Die Veränderungen bei den temperaturbezogenen Klimafaktoren war die Basis, um mittels einer Analyse potenzieller Vulnerabilitäten relevante klimabedingte Problemfelder zu untersuchen. Die potenzielle Vulnerabilität ist die Kombination von Sensitivität

(Verwundbarkeit eines Systems oder Schutzguts) und Exposition (klimatische Belastung). Als Betrachtungsebene wurden die Stadt- und Landkreise gewählt.

Problemlagen im Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung

Die sogenannten potenziellen Vulnerabilitäten wurden für zwölf besonders wichtige Themenfelder ermittelt. Sie spiegeln die Bandbreite der Stadt- und Raumplanung wider und sind sogenannten Schutzgütern – »Mensch«, »Wirtschaft«, »Bauliche Umwelt« und »Erholungsflächen« (Siedlungsgrün) – zugeordnet (siehe auch Tab. 1). Zur Ermittlung der potenziellen Vulnerabilitäten wurden für dieser zwölf Betroffenheiten jeweils Indikatoren der anfälligen Bereiche (z.B. hitzesensible Bevölkerungsgruppen im jeweiligen Kreis) mit temperaturbezogenen Klimafaktoren (z.B. Zunahme an heißen Tagen im betreffenden Kreis) überlagert.

Was die Sensitivität angeht, wurden die potenziellen Vulnerabilitäten anhand absoluter Werte der Indikatoren (z.B. Anzahl der Pflegebedürftigen als hitzesensible Gruppe) für die jeweiligen Kreise ermittelt; als Grundlage dienten Zahlen der Statistischen Ämter des Bundes und des Landes. (Siehe zum methodischen Vorgehen generell das »Strickmuster« in Kapitel 3.4.1.)

Tab. 1: Ausgewählte Problemfelder mit Indikatoren für SKR/LKR und Klimafaktoren

Nr.	Themenfeld	Indikatoren für die Sensitivität		Klimafaktoren
		SKR	LKR	
Schutzgut Mensch				
1	Sterberisiko der über 75-Jährigen	(1) Anzahl Personen älter als 75 Jahre in 2030 (2) Siedlungsdichte (Einwohner je km ² Siedlungs- und Verkehrsfläche)		(1) Heiße Tage (2) Hitzeperioden-Tage
2	Gesundheitsschäden bei Personen mit Vorbelastung	Anzahl pflegebedürftiger Personen (Pflegestufen 1-3)		Sommertage
3	Gesundheitsschäden für unter 5-Jährige	Anzahl Personen jünger als 5 Jahre		
Nr.	Themenfeld	Indikatoren für die Sensitivität		Klimafaktoren

		SKR	LKR	
--	--	-----	-----	--

Schutzgut Wirtschaft

4	Leicht eingeschränkte Leistungsfähigkeit von Erwerbstätigen im tertiären Sektor	%-Anteil Erwerbstätiger im tertiären Sektor an allen Erwerbstätigen	Anzahl Erwerbstätiger im tertiären Sektor	Sommertage
5	Leicht eingeschränkte Leistungsfähigkeit von Erwerbstätigen im sekundären Sektor	%-Anteil Erwerbstätiger im sekundären Sektor an allen Erwerbstätigen	Anzahl Erwerbstätiger im sekundären Sektor	Sommertage
6	Stark eingeschränkte Leistungsfähigkeit von Erwerbstätigen im tertiären Sektor	%-Anteil Erwerbstätiger im tertiären Sektor an allen Erwerbstätigen	Anzahl Erwerbstätiger im tertiären Sektor	(1) Heiße Tage (2) Hitzeperioden-Tage
7	Stark eingeschränkte Leistungsfähigkeit von Erwerbstätigen im sekundären Sektor	%-Anteil Erwerbstätiger im sekundären Sektor an allen Erwerbstätigen	Anzahl Erwerbstätiger im sekundären Sektor	

Schutzgut bauliche Umwelt (Gebäude und Verkehrsinfrastruktur)

8	Schäden an Gebäuden	%-Anteil der Gebäude- und Freifläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche	Gebäude-/Freifläche absolut	(1) Heiße Tage (2) Hitzeperioden-Tage
9	Bedarf zur Gebäudekühlung im tertiären Sektor	%-Anteil Erwerbstätiger im tertiären Sektor an allen Erwerbstätigen	Anzahl Erwerbstätiger im tertiären Sektor	Kühlgradtage
10	Bedarf zur Gebäudekühlung im sekundären Sektor	%-Anteil Erwerbstätiger im sekundären Sektor an allen Erwerbstätigen	Anzahl Erwerbstätiger im sekundären Sektor	
11	Schädigung von Verkehrswegen	%-Anteil der Verkehrsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche	Verkehrsfläche absolut	(1) Heiße Tage (2) Hitzeperioden-Tage

Schutzgut Siedlungsgrün

12	Schädigung von Erholungsflächen	%-Anteil der Erholungsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche	Erholungsfläche absolut	(1) Heiße Tage (2) Hitzeperioden-Tage
----	---------------------------------	---	-------------------------	--

Ergebnisse der Ermittlung potenzieller Vulnerabilitäten

Abbildung 1 zeigt die potenziellen Vulnerabilitäten für die zwölf Themenfelder (siehe Tab. 1) auf Ebene der Stadt- und Landkreise. Die erkennbaren Unterschiede bei der Einstufung der einzelnen Kreise (geringe, mittlere, hohe potenzielle Vulnerabilität) können sich aus den Differenzen in der räumlichen Verteilung der jeweils betrachteten Indikatoren (Sensitivitäten) für die einzelnen Kreise ergeben. Ebenso können sie aus den unterschiedlichen klimatischen Belastungen (Expositionen) der Kreise resultieren – oder aus Unterschieden bei beiden Faktoren. Über die zwölf Themenfelder hinweg ergeben sich – ungeachtet einzelner Abweichungen – hohe potenzielle Vulnerabilitäten zumeist für Kreise in der oberrheinischen Tiefebene, dem Kraichgau und dem Neckarbecken.

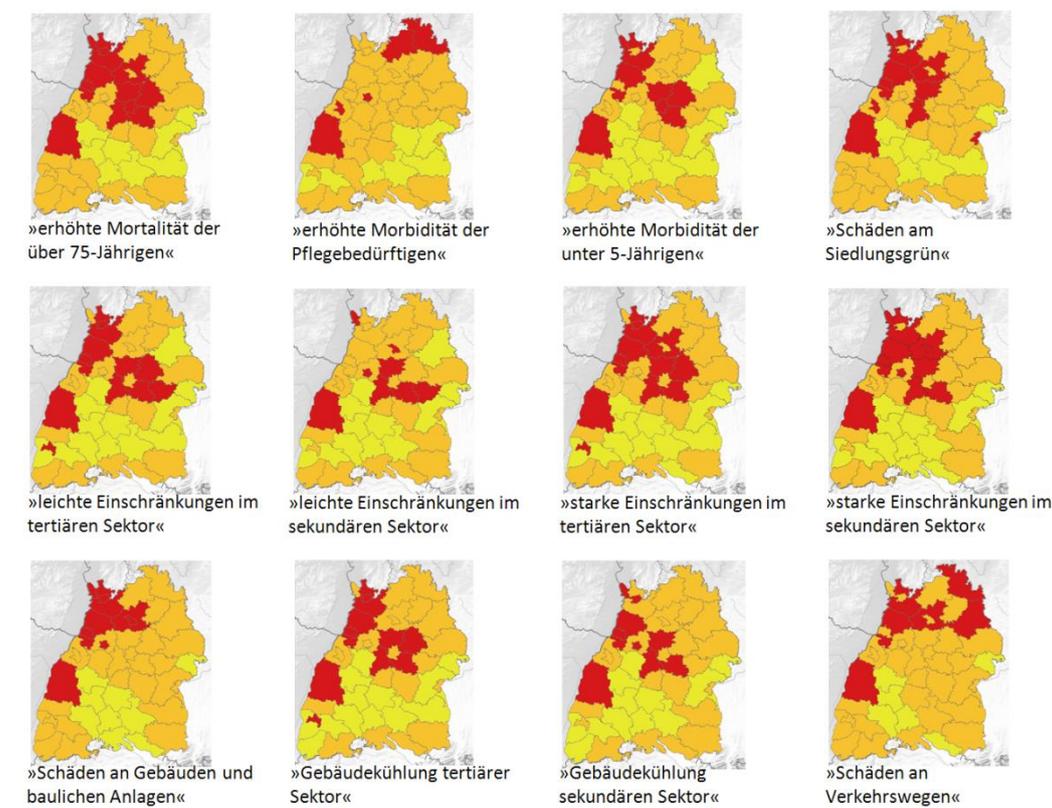


Abb. 1: potenzielle Vulnerabilitäten für die zwölf betrachteten Themenfelder in der nahen Zukunft (2021-2050; p50.0); Legende: rot = hoch, orange = mittel, gelb = gering; eigene Darstellung

Abbildung 2 zeigt die potenziellen Vulnerabilitäten der vier Schutzgüter (»Mensch«, »Wirtschaft«, »Bauliche Umwelt«, »Siedlungsgrün«), wie sie sich aus der Aggregation der

potenziellen Vulnerabilitäten der jeweils zugeordneten Themenfelder ergeben (zur Zuordnung der zwölf Themenfelder siehe Tab. 1 oben).

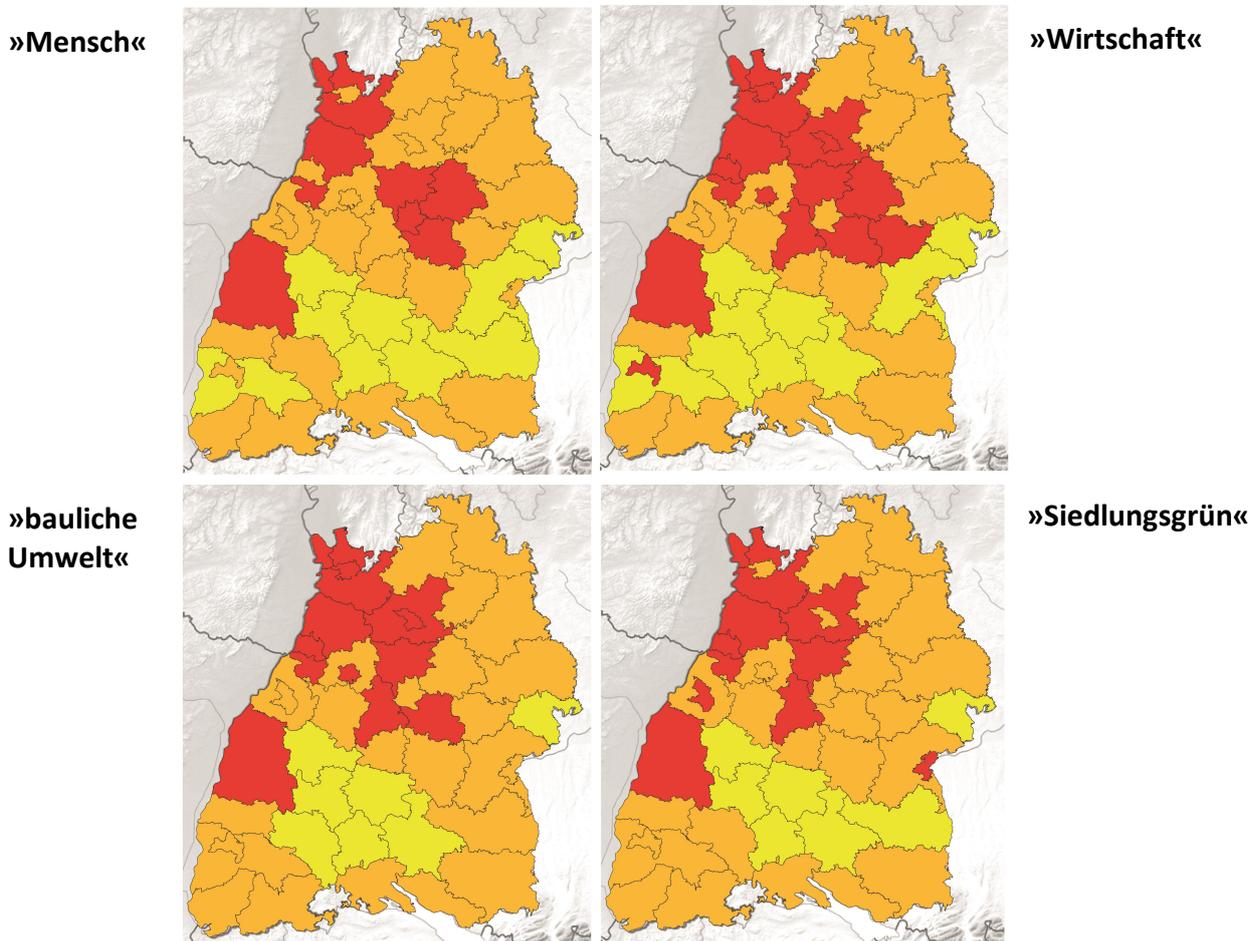


Abb. 2: potenzielle Vulnerabilitäten für die vier betrachteten Schutzgüter in der nahen Zukunft (2021-2050; p50.0); Legende: rot = hoch, orange = mittel, gelb = gering; eigene Darstellung

Abbildung 3 resultiert aus der Aggregation der potenziellen Vulnerabilitäten für die vier Schutzgüter. Sie zeigt die sogenannte potenzielle Gesamtvulnerabilität, also die Verwundbarkeit in der Zusammenschau aller betrachteter Themenfelder für jeden Kreis in Baden-Württemberg.

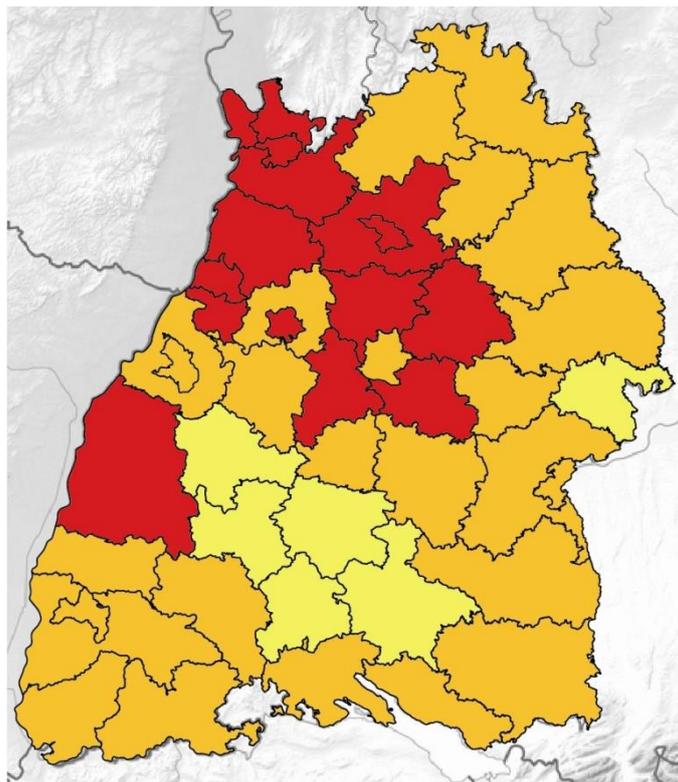


Abb. 3: potenzielle Gesamtvulnerabilitäten im Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung für die Stadt- und Landkreise Baden-Württembergs in der nahen Zukunft (2021-2050; p50.0); potenzielle Gesamtvulnerabilität: rot = hoch, orange = mittel, gelb = gering; eigene Darstellung

Für die **potenziellen Gesamtvulnerabilitäten in der nahen Zukunft** (2021-2050; p50.0) ergibt sich im Hinblick auf die **räumliche Verteilung der Betroffenheiten** in der Gesamtschau folgendes Ergebnis (vgl. Abb. 3):

Die Stufe »hohe potenzielle Gesamtvulnerabilität« (Stufe III) wird von den **Kreisen Mannheim, Rhein-Neckar, Heidelberg, Heilbronn (LKR und SKR), Karlsruhe (LKR und SKR), Pforzheim, Ludwigsburg, Rems-Murr-Kreis, Böblingen, Esslingen** und dem **Ortenaukreis** besetzt.

Einem hohen Risiko für negative Folgen des Klimawandels sehen sich demnach **Teile der Regionen Rhein-Neckar, Mittlerer Oberrhein, Nordschwarzwald, Stuttgart, Südlicher Oberrhein und Heilbronn-Franken** gegenüber.

Somit sind es vor allem die **Regierungsbezirke Karlsruhe** und **Stuttgart**, in denen sich Kreise mit einer hohen potenziellen Gesamtvulnerabilität befinden. Der Regierungsbezirk Freiburg verzeichnet mit dem Ortenaukreis den flächenmäßig größten Kreis in der höchsten potenziellen Vulnerabilitätsstufe, ist aber über alle

Kreise hinweg gesehen deutlich geringer belastet als die Regierungsbezirke Karlsruhe und Stuttgart.

Abbildung 3 ist zu entnehmen, dass sich für **die 44 Kreise Baden-Württembergs** in der nahen Zukunft (2021-2050; p50.0) folgende Häufigkeitsverteilung der potenziellen Gesamtvulnerabilitäten ergibt:

- **13 Kreise = hohe** pot. Gesamtvulnerabilität,
- **25 Kreise = mittlere** pot. Gesamtvulnerabilität
- **6 Kreise = geringe** pot. Gesamtvulnerabilität

Für die im Gutachten vorgenommene **getrennte Betrachtung von Stadt- und Landkreisen** ergibt sich folgendes Bild:

Stadtkreise:

5 Kreise = hohe pot. Gesamtvulnerabilität

4 Kreise = mittlere pot. Gesamtvulnerabilität

Landkreise:

8 Kreise = hohe pot. Gesamtvulnerabilität

21 Kreise = mittlere pot. Gesamtvulnerabilität

6 Kreise = geringe pot. Gesamtvulnerabilität

Es wird deutlich, dass alle Stadtkreise mittel oder hoch belastet sind und kein einziger eine geringe Belastung aufweist, wohingegen zumindest noch circa 1/6 der Landkreise eine nur geringe potenzielle Gesamtvulnerabilität aufweist. Es ist anzumerken, dass neben den Ungleichverteilungen der Schutzgüter *innerhalb* der einzelnen Kreise unter anderem auch die Topografie und kleinräumliche (bauliche) Konstellationen die potenziellen Vulnerabilitäten lokal noch deutlich erhöhen oder abmildern können.

Einordnung der Ergebnisse

In der Gesamtschau lässt sich sagen, dass mit Ausnahme einzelner Hitzeinseln in Städten die Veränderungen auf Seiten der Klimafaktoren in der nahen Zukunft (Median) in Anbetracht der zu erwartenden Dynamik in der zweiten Jahrhunderthälfte (ferne Zukunft 2071-2100) und gegenüber den Ist-Werten (1971-2000) eher moderat ausfallen werden. Dennoch sehen sich jene Kreise, die heute schon unter sommerlicher Hitze leiden und hohe Schadenspotenziale aufweisen, auch bei einer nur moderaten Erhöhung der Werte schon in der nahen Zukunft einer hohen Dringlichkeit zur Anpassung gegenüber.

Ein Vergleich des aktuellen Landesentwicklungsplans Baden-Württemberg (Abb. 4) mit den potenziellen Gesamtvulnerabilitäten (Abb. 3) lässt erkennen, dass die hohen Betroffenheiten weitestgehend mit der Raumkategorie »Verdichtungsräume« übereinstimmen, die gegenüber ländlichen Räumen einen vergleichsweise hohen Anteil an Siedlungs- und Verkehrsflächen und damit größere Schadenspotenziale aufweisen. Dies bedeutet, dass in den Verdichtungsräumen zukünftig die höchsten Belastungen auftreten werden, wofür die Verdichtung selbst eine der Ursachen ist. Zugleich werden die vorhandenen Verdichtungsräume und deren Randzonen bei weiterer Flächeninanspruchnahme und Nutzungsansiedelung voraussichtlich einen Schwerpunkt darstellen, was gegebenenfalls zu einer weiteren Erhöhung der Sensitivität in klimatisch kritischen Bereichen führen kann. Vor diesem Hintergrund ist besonders in den Verdichtungsräumen dem Belang der Klimaanpassung bei der planerischen Abwägung schon heute (und damit vor dem Eintreten der erhöhten Belastungen in der fernen Zukunft) verstärkte Bedeutung beizumessen. Zur Minimierung der negativen Folgen des Klimawandels kann die Stadt- und Raumplanung hier einen Beitrag leisten, da die vorhandenen Instrumente zur Einflussnahme auf Lage, Umfang und Ausgestaltung der Siedlungs- und Verkehrsflächen (vor allem bei Neuplanungen) vergleichsweise weitreichend und fein ausdifferenziert sind.

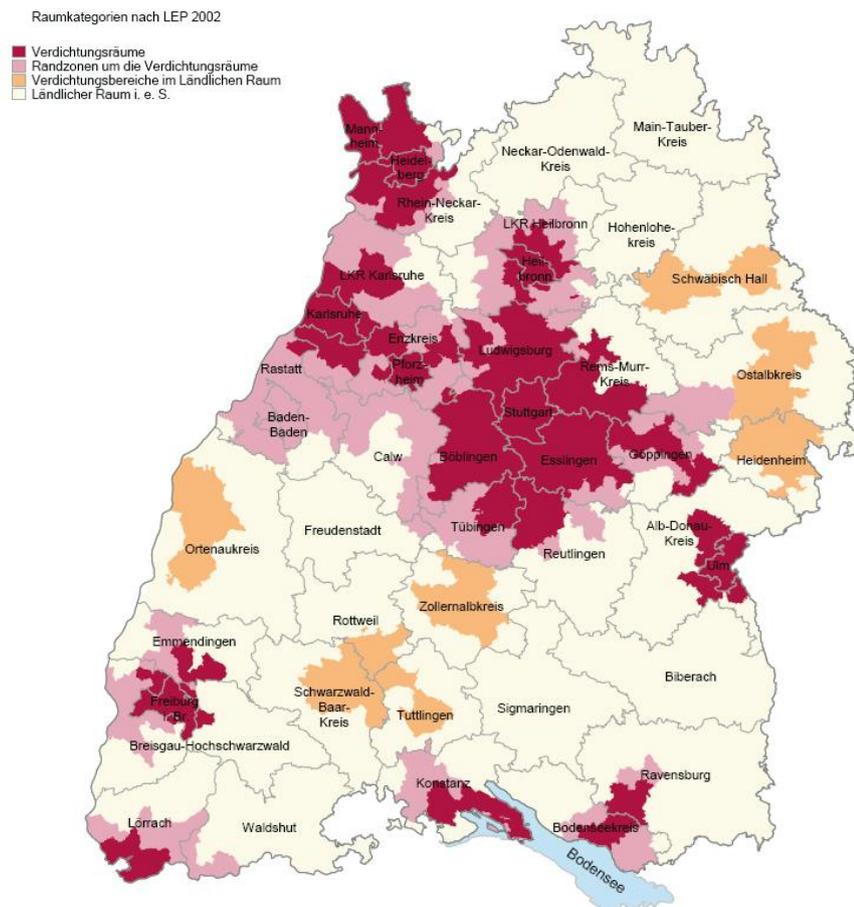


Abb. 4: Landesentwicklungsplan Baden-Württemberg;
Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg

Anpassungsmaßnahmen / -optionen

Die Stadt- und Raumplanung verfügt schon heute über eine Vielzahl an Möglichkeiten, Maßnahmen zur Klimaanpassung einzuleiten, die sich in unterschiedlicher Weise kategorisieren lassen (z.B. nach formellen/informellen Instrumenten; Landes-, Regional- und Kommunalebene). Maßnahmen der Stadt- und Raumplanung können dabei Synergien mit anderen Handlungsfeldern erzeugen, zum Beispiel durch eine Gewährleistung der Attraktivität von Altstädten als Tourismusziele oder die Sicherung von Naherholungsflächen zur gesundheitlichen Erholung. Neben einer Anwendung formeller und informeller Instrumente unter verstärkter Berücksichtigung des Klimawandels ist auch eine Einbindung privater Akteure zur Formulierung und Erreichung gemeinsamer Ziele ein wichtiger »Baustein« einer robusten, umfassenden Anpassungsstrategie. Eine wesentliche Rolle wird auch der Umgang mit dem Gebäudebestand vor dem Hintergrund des sommerlichen

Wärmeschutzes spielen. Damit fällt entsprechenden Maßnahmen im Rahmen von Stadterneuerung und Stadtumbau ein besonderes Gewicht zu.

Mögliche Anpassungsmaßnahmen setzen in unterschiedlichen Bereichen an:

- Flächen mit Funktionen für die Klimaanpassung (z.B. Kaltluftentstehung und -leitung);
- Siedlungsstrukturen (z.B. Dichte von Siedlungen und Anteil von Erholungsflächen);
- bauliche Anlagen / Infrastrukturen und deren Ausrichtung und Ausgestaltung (z.B. Verringerung des Wärmeeintrags durch Verschattung von Gebäuden);
- Grünstrukturen (z.B. Grünanteil in Siedlungen und deren Vernetzung)
- Verhaltensweisen der Bevölkerung (z.B. Informationen zur Gebäudenutzung und -lüftung);
- Wissensbasis bei Planern der unterschiedlichen Planungsebenen bezüglich der Notwendigkeit und Möglichkeiten der Klimaanpassung;
- etc.

Maßnahmen können auf den unterschiedlichen Ebenen der räumlichen Planung ergriffen werden. Im Rahmen der Raumordnung kommt der Regionalplanung in ihrer Mittler-, Beratungs- und Koordinationsfunktion zwischen Landes- und Kommunalebene eine besondere Bedeutung zu. Mittels ihrer Instrumente kann sie bindende Vorgaben für die kommunale Bauleitplanung machen und dabei die Raumnutzung auch über Gemarkungsgrenzen hinweg steuern – etwa in Form von Festlegungen großräumig übergreifender Freiräume zur Sicherung von Frischluftleitbahnen und/oder Retentionsflächen –, wodurch sie einen maßgeblichen Beitrag zur Klimaanpassung leisten kann.

Auf Ebene der kommunalen Bauleitplanung sollten die planenden Stellen den Belang der Klimaanpassung bei der Aufstellung oder Fortschreibung von Flächennutzungs- und/oder Bebauungsplänen verstärkt in die planerische Abwägung einbeziehen. Im Hinblick auf das Schutzgut »Mensch« beispielsweise sollte vermehrt darauf geachtet werden, Wohngebiete nach Möglichkeit in mikroklimatisch günstigen Lagen vorzusehen und Ausrichtung und Höhen baulicher Anlagen so festzusetzen, dass Kaltluftströme möglichst ungehindert in Siedlungsbereiche eindringen können. Besondere Bedeutung kommt auch der Sicherung von Flächen zur thermischen Entlastung zu. Ein stärkeres Gewicht in der Abwägung mit anderen Nutzungsansprüchen sollte der Thematik der Klimaanpassung vor allem angesichts der langfristigen Dynamik der Klimaveränderungen beigemessen werden. Gerade in Kommunen mit hoher Hitzebelastung kann dies für den Einzelfall zum Beispiel bedeuten,

dass sich die Gewichtung zukünftig zugunsten eines Erhalts von Grün- und Freiflächen verschieben wird.

Grundsätzlich lassen sich folgende Maßnahmen für eine klimaangepasste Raumnutzung hervorheben (wobei die aufgeführten Maßnahmen stellenweise auch über die Kompetenzbereiche der Stadt- und Raumplanung im engeren Sinne hinausreichen).

- Freihaltung und Sicherung von Flächen zur thermischen Entlastung:
 - Sicherung von Frischluftschneisen und großräumig übergreifenden Freiraumstrukturen auf regionalplanerischer Ebene (Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten).
 - Herstellung möglichst zusammenhängender kleinräumlicher Verbundstrukturen von Grün- und Freiflächen im städtischen Kontext, die einen kühlenden Effekt für angrenzende Siedlungsstrukturen haben (z.B. mittels Festsetzungen von Grün- und Freiflächen in Bebauungsplänen).
 - Einrichtung eines »Flächenpools« durch den Erwerb potenzieller Flächen zum Ausgleich von Beeinträchtigungen der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts durch die Kommunen; ein solcher Flächenpool kann im Vorgriff auf spätere bzw. zu erwartende Eingriffe angelegt werden (vorbereitende Bauleitplanung) und damit der langfristigen Sicherung von Grünflächen dienen.
- Stärkere Berücksichtigung des Klimawandels bei der Planung der Siedlungsentwicklung gemäß den Grundsätzen des ROG und BauGB als ein zunehmend bedeutsamer Belang, der mit anderen abzuwägen ist.
- Gewährleistung ausreichender Durchlüftung von Siedlungen durch angepasste bauliche Strukturen:
 - Verringerung baulicher Dichten in den für die Durchlüftung relevanten Bereichen der Städte auf Basis von Dichtekonzeptionen (blockscharfe Empfehlungen zur anzustrebenden Dichte und Festlegung stadtökologischer Mindeststandards).
 - Vermeidung von baulichen Hindernissen in Kaltluftleitbahnen durch bauleitplanerische Vorgaben zur Höhe, Stellung und/oder strömungsgünstigen Ausgestaltung baulicher Anlagen (je nach lokalen Bedingungen).
- Durchgrünung von Stadträumen:
 - Mehr Grün im städtischen Raum, zum Beispiel durch Bepflanzung von Dächern und Fassaden und Baumpflanzungen im öffentlichen Raum.
 - Verstärkte Pflege von Siedlungsgrün und Auswahl hitzeresistenter Pflanzenarten.

- Verbesserung der Aufenthaltsqualität in öffentlichen Räumen:
 - Reduktion von Abwärmequellen (z.B. Vermeidung oder Verringerung von Abwärme durch Anlagen zur thermischen Kühlung oder durch industrielle/gewerbliche Betriebs- und Produktionsstätten).
 - Verschattungs- und Kühlungsmaßnahmen im öffentlichen Raum (z.B. durch Überdachungen von Haltestellen des ÖPNV).
- Klimaangepasste Bauweise, zum Beispiel Reduktion solarer Einträge durch Verschattung, Oberflächengestaltung etc.
- Verbesselter Hochwasserschutz, zum Beispiel durch Renaturierung von Flussläufen (Sicherung und Rückgewinnung natürlicher Überschwemmungsflächen zum vorbeugenden Hochwasserschutz, auch mittels regionalplanerischer Ausweisung von Vorranggebieten).
- Einsatz planerischer Instrumente und Anpassung von Planungsprozessen:
 - Informationsreichung, etwa in Form von Kartierungen der Klimawandel-Risikogebiete.
 - Soziodemografische und klimatische Kartierung von Wohngebieten zur Erfassung von Risikogebieten für gesundheitliche Hitzebelastungen (als Voraussetzung für punktgenaue Anpassungsmaßnahmen).
 - Entwicklung und Anwendung von Kriterien zur Prüfung klimarelevanter Parameter von Wettbewerbs- und Bebauungsplanentwürfen.
 - Initiierung und Durchführung von Stadtumbaumaßnahmen zur klimaangepassten Siedlungsentwicklung (klimaangepasste Umgestaltung des Bestands).
 - Unterstützung informeller regionaler und kommunaler Klimaanpassungsprozesse (Zusammenarbeit durch verstärkte Anwendung kooperations- und konsensorientierter Verfahren – Governance).
 - Auflegen von Förderprogrammen und Anreizsystemen für klimaangepasstes Bauen (z.B. finanzielle Förderung von Gründächern).
 - Erhöhung der Anpassungsbereitschaft planender Akteure.

Eine Übersicht über diejenigen Maßnahmen, die in den jeweiligen Kreisen aufgrund deren spezifischer Vulnerabilitätsprofile als prioritär anzusehen sind, findet sich in Tabelle 17.

Bei der Anpassung gilt es insbesondere darauf zu achten, dass die Maßnahmen mit gegebenenfalls konkurrierenden Planungszielen und Leitbildern abgestimmt werden. Eine solche Konkurrenz besteht zum Beispiel zwischen der Freihaltung von Kaltluftschneisen und

der Sicherung von Grünflächen als Kaltluftentstehungsgebiete einerseits und dem Leitbild der Innenentwicklung und Nachverdichtung andererseits.

Um die Risiken negativer Folgen der zu erwartenden Klimaveränderungen in Grenzen halten zu können, was in Anbetracht des langen Zeitraums für eine Anpassung als durchaus realistisch anzusehen ist, müssen frühzeitig entsprechende Maßnahmen umgesetzt werden. Hierzu bedarf es einer weiteren Sensibilisierung für das Thema Klimaanpassung, die durch eine Ausweitung von Forschungsaktivitäten unterstützt werden sollte, um die für kleinräumliche Vulnerabilitätsanalysen notwendigen Daten bereitzustellen und die Wirkung einzelner Maßnahmen quantifizieren zu können. Dies würde auch den Willensbildungsprozess und damit die Chancen der Durchsetzbarkeit von Anpassungsmaßnahmen in der Abwägung mit anderen Belangen auf der politischen Ebene befördern, die oftmals an einer belastbaren Nutzen-Kosten-Abwägung scheitert. Eine vorausschauende Anpassung ist vor allem auch in Anbetracht der langen Bestandszeiten von Nutzungen angeraten, insbesondere vor dem Hintergrund einer erhöhten Dynamik der Klimaveränderung in der zweiten Jahrhunderthälfte. Schließlich ist es wichtig, Maßnahmen bereits zeitnah umzusetzen, da im Bereich der Stadt- und Raumplanung viele Entscheidungen lange Vorlauf- und Realisierungszeiten benötigen, planerische Impulse oftmals erst mittel- bis langfristig Wirkung entfalten und zwischenzeitlich realisierte Vorhaben einer Anpassung im Wege stehen können und in der Regel nur schwer reversibel sind. Je früher eine Anpassung erfolgt, desto geringer werden Schäden sowie Kosten, die aufgrund verspätet ergriffener Maßnahmen auftreten können, ausfallen. Anzumerken ist, dass die im Rahmen des Gutachtens ermittelten Betroffenheiten aufgrund ihrer eher »groben« räumlichen Auflösung (Klimadaten der LUBW im 25x25-km-Raster) vor allem zur Orientierung bei der Entwicklung einer weiter differenzierten Strategie bzw. als Referenzrahmen für entsprechende Aktivitäten auf regionaler und kommunaler Ebene dienen können.

1. Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung

Um Missverständnissen vorzubeugen, sind zu Beginn dieses Kapitels einige begriffliche Klärungen vorzunehmen (siehe dazu auch Abb. 5). So wird im hiesigen Kontext mit Raumplanung primär der Bereich der überörtlichen Gesamtplanung (Raumordnung) bezeichnet. Unter Stadtplanung wird die örtliche Gesamtplanung und dabei primär die kommunale Bauleitplanung verstanden. Bisweilen werden nachfolgend die Begriffe Raumplanung und Raumordnung synonym verwendet, ebenso die Begriffe Stadtplanung und (kommunale) Bauleitplanung. An manchen Stellen erweitert das Gutachten den Betrachtungshorizont um Aspekte der raumbedeutsamen Fachplanungen oder die Ebene der einzelnen baulichen Objekte.

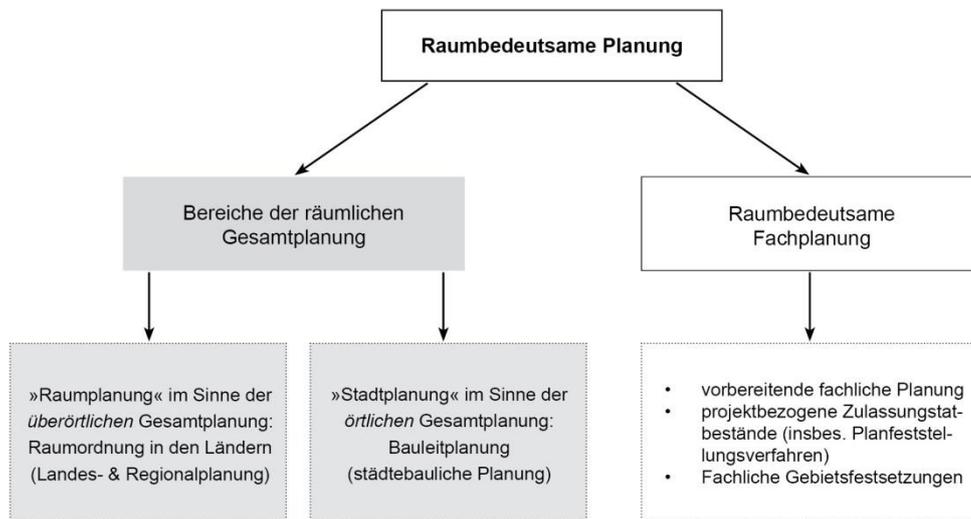


Abb. 5: Systematik der raumbedeutsamen Planung;

Quelle: Turowski, G. 2005: Raumplanung (Gesamtplanung); in: ARL (Akademie für Raumforschung und Landesplanung) (Hrsg.) 2005: Handwörterbuch der Raumordnung; Hannover: Verlag der ARL; 898; modifiziert

1.1. Definition, Rahmenbedingungen und Relevanz

1.1.1 Kurzbeschreibung der Raumplanung (Raumordnung)

Aufgabe der Raumplanung ist es – vereinfacht gesagt – die aus unterschiedlichsten menschlichen Tätigkeiten und Bedürfnissen resultierenden verschiedenen Ansprüche an den Raum zu erfassen, sie gegeneinander abzuwägen und schließlich die Umsetzung der Ergebnisse zu koordinieren. Sie steuert großräumig, wo im Raum welche Nutzungen wie zum Beispiel Siedlungen, Verkehrsinfrastruktur, Erholungsflächen, landwirtschaftliche Produktionsflächen etc. lokalisiert sind und nach welchen Vorgaben. Damit gestaltet

Raumplanung das alltägliche Lebensumfeld mit und hat maßgeblichen Einfluss auf die Nutzung des Raums, von der Wohnortwahl (z.B. durch Festlegungen zu Schwerpunkten des Wohnungsbaus) bis hin zur wirtschaftlichen Entwicklung (z.B. durch Ausweisung von Standorten für regenerative Energien). Leitvorstellung ist eine nachhaltige Raumentwicklung, die die sozialen und wirtschaftlichen Ansprüche an den Raum mit seinen ökologischen Funktionen in Einklang bringt und zu einer dauerhaften, großräumig ausgewogenen Ordnung führt (vgl. § 2 Abs. 1 Landesplanungsgesetz (LplG)). Dies wird in den Ländern vornehmlich durch die Ausweisung und Kategorisierung von Flächen und das Formulieren von Zielen und Grundsätzen in Landesentwicklungs- und Regionalplänen als den zentralen Planungswerkzeugen realisiert. Wesentliche rechtliche Grundlage der Raumordnung in den Ländern sind das Raumordnungsgesetz (ROG) und die Landesplanungsgesetze. Die Pläne und Programme der Raumordnung entfalten mit Zielen und Grundsätzen Bindungswirkung für die Ebene der Bauleitplanung, wobei im Zuge des »Gegenstromprinzips« ein enger fachlicher Austausch zwischen den Ebenen der Raumordnung einerseits und der Bauleitplanung andererseits besteht. Gegenstromprinzip im Sinne des § 2 Abs. 2 LplG heißt, dass sich die räumliche Entwicklung und Ordnung der Regionen und ihrer Teilräume in die Gegebenheiten und Erfordernisse des Gesamttraums des Landes einfügen sollen; die räumliche Entwicklung und Ordnung des Gesamttraums soll wiederum die Gegebenheiten und Erfordernisse der Regionen und ihrer Teilräume berücksichtigen.

Im Rahmen der Raumordnung kommt der Regionalplanung in diesem Zusammenhang in ihrer Mittler-, Beratungs- und Koordinationsfunktion zwischen Landes- und Kommunalebene eine besondere Bedeutung zu. Mittels ihrer Instrumente kann sie bindende Vorgaben für die kommunale Bauleitplanung machen und dabei die Raumnutzung auch über Gemarkungsgrenzen hinweg steuern, wodurch sie einen maßgeblichen Beitrag zur Klimaanpassung leisten kann. Die Regionalplanung ihrerseits orientiert sich bei ihren Planungen am Landesentwicklungsplan und dabei unter anderem an dessen vier Raumkategorien »Verdichtungsräume«, »Randzonen um die Verdichtungsräume«, »Verdichtungsbereiche im Ländlichen Raum« und »Ländlicher Raum im engeren Sinne«. Durch die vorgenommene Kategorisierung kann auf die Besonderheiten eines jeden Raums mit speziellen Zielsetzungen reagiert werden, welche im Landesentwicklungsplan festgelegt sind.

1.1.2 Kurzbeschreibung der Stadtplanung (kommunale Bauleitplanung)

Die Stadt- bzw. Bauleitplanung der Kommunen bewegt sich im Spannungsfeld zwischen großräumiger Raumordnungspolitik und der Architektur des einzelnen Bauvorhabens. Zentrale Aufgabe der Stadtplanung ist es, aufbauend auf den Vorgaben und unter Berücksichtigung raumplanerischer Leitlinien, städtische Strukturen zu schaffen bzw. zu erhalten, in denen die vielfältigen Bedürfnisse ihrer Nutzer, insbesondere ihrer Bewohner, befriedigt werden können.

Neben der Versorgung mit Gütern des täglichen Bedarfs, der Bereitstellung verschiedener Dienstleistungen (z.B. Mobilitätsangebote) und grundlegender Infrastruktur (z.B. Wasser, Energie, Telekommunikation) ist »Stadt« durch öffentliche und soziale Einrichtungen (z.B. Bildungs-, Kultur- und Gesundheitseinrichtungen) geprägt. Die Stadtplanung nimmt Einfluss auf und steuert mittels ihrer Instrumente die Bereitstellung von Flächen für Wohnen, wirtschaftliche Betätigung sowie unterschiedliche Aktivitäten (z.B. Sport, Kultur, Freizeit). Die Einbindung in regionale und überregionale Verkehrsnetze, ökologische und freiräumliche Strukturen und Wirtschaftskluster sind Merkmale, welche die Qualität, Funktion und das Bild einer Stadt maßgeblich mit bestimmen.

Die Stadtplanung muss technische, soziale, ökonomische und ökologische Aspekte und daraus resultierende unterschiedliche Interessen gegeneinander abwägen, mit dem Ziel, einen möglichst attraktiven Lebensraum zu schaffen. Bei diesen Abwägungsentscheidungen spielen oftmals auch Überlegungen zur regionalen, nationalen und ggf. sogar globalen Situation eine Rolle. Unter Beachtung all dieser Aspekte soll Stadtplanung vor allem zu einem nachhaltigen Umgang mit den räumlichen Ressourcen beitragen und künftige Entwicklungspotenziale offenhalten. Den diversen Ansprüche an den Raum wird Rechnung getragen, indem die Stadt- bzw. Bauleitplanung im Abgleich öffentlicher und privater Belange den verschiedenen Bauaufgaben und Nutzungen bestimmte Flächen zuweist. Ergebnis dieses Prozesses sind die Darstellungen und Festsetzungen in Flächennutzungs- und Bebauungsplänen nach dem Baugesetzbuch (BauGB) (vgl. Albers 2005).

1.1.3 Stadt- und Raumplanung im Kontext von Klimawandel und Klimaanpassung

Der Stadt- und Raumplanung fällt bei der Anpassung an die Folgen des Klimawandels eine zentrale Rolle zu. Grund dafür ist, dass es originäre Aufgabe der Stadt- und Raumplanung ist, verschiedene Ansprüche an den Raum – gerade auch aus anderen Disziplinen –

zusammenzuführen. Dabei kommen auf der Fläche und in den vorhandenen Räumen die unterschiedlichsten Wirkfolgen des Klimawandels zum Tragen und die Betroffenheiten hängen maßgeblich von der Ausgestaltung des jeweiligen Raums ab (vgl. Greiving und Fleischhauer 2008; Overbeck et al. 2008). Eine besonders enge Vernetzung besteht mit den Handlungsfeldern Wirtschaft, Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft, Energiewirtschaft, Gesundheit, Tourismus und Naturschutz. Aufgrund ihres querschnittsorientierten Charakters kann der Stadt- und Raumplanung in Zukunft verstärkt eine tragende Rolle dabei zukommen, die einzelnen Strategien zur Anpassung an den Klimawandel der verschiedenen Sektoren zusammenzuführen und aufeinander abzustimmen. Zielsetzung sollte sein, dass sich Maßnahmen sinnvoll ergänzen statt miteinander in Konflikt zu stehen und dass sich im Rahmen einer Gesamtstrategie Synergien entwickeln.

Raumordnung und Bauleitplanung dienen auch der Risikominimierung und -vermeidung, was mit Blick auf die projizierten Klimaveränderungen an Bedeutung gewinnen wird. Dabei kommen Stärken und Schwächen der einschlägigen Planwerke zum Tragen. Von Vorteil ist, dass sie eine rechtliche Verbindlichkeit schaffen und mit einem Zeithorizont von circa zehn bis 15 Jahren eine hohe Bestandsdauer haben (vgl. Fleischhauer und Bornefeld 2006). Eben dieser vergleichsweise große Zeithorizont kann aber, je nach Verlauf der Entwicklungen, auch zum Nachteil gereichen, wenn notwendige Anpassungen dadurch nicht rechtzeitig in Angriff genommen oder gar blockiert werden.

Der räumlichen Planung (Stadt- und Raumplanung) fällt also eine Mittlerrolle zwischen den unterschiedlichen Nutzungsansprüchen zu. Sie sichert Ressourcen für die zukünftige Entwicklung und trägt Sorge für den Erhalt der naturräumlichen Funktionen. Hierzu gehören auch die Aspekte Klimaschutz und Klimaanpassung – den letzten Aspekt beleuchtet das vorliegende Gutachten vor dem Hintergrund der aktuell zu erwartenden Folgen des Klimawandels für Baden-Württemberg. Dabei gilt es, sensible Bereiche, sofern sie in die Zuständigkeit der Stadt- und Raumplanung fallen, hinsichtlich ihrer Betroffenheit infolge der Klimaveränderungen näher zu betrachten.

Eine solche Betrachtung von Betroffenheiten wurde in diesem Gutachten für sogenannte Schutzgüter (»Mensch«, »Wirtschaft«, »Bauliche Umwelt« und »Siedlungsgrün«) und deren Teilaspekte (Themenfelder) in Form einer Vulnerabilitätsanalyse vorgenommen. Die Schutzgüter bilden dabei inhaltlich jeweils zusammengehörigen Themenfelder ab – zum Beispiel unterschiedliche gesundheitliche Risiken in der Kategorie »Schutzgut Mensch« – und stellen einen Themenquerschnitt der Stadt- und Raumplanung dar.

1.1.4 Die Bedeutung von Stadt-/Landkreisen und die Rolle der Kommunen

In der einschlägigen Literatur (siehe z.B. Ritter 2007; Brooks und Adger 2004) zum Thema Klimaanpassung fällt oft der Region eine zentrale Rolle zu, da sie vermittelnd zwischen der landesweiten Planung und der kommunalen Gemeindeentwicklung steht. Hierbei wird zuweilen nicht ausreichend deutlich darauf hingewiesen, dass jenseits aller Grundsätze und Ziele der Raumordnung es letztlich oftmals auch die Kommunen sind, bei denen die Entscheidung und Verantwortung für die Realisierung vieler Vorhaben zur Anpassung und die Ausführung im Detail liegt und deren Zustimmung notwendig ist. Erst im Bebauungsplan werden viele der formulierten Ziele endgültig zu konkreten Vorhaben (vgl. Goppel 2011).

Da es in Baden-Württemberg über 1000 Kommunen gibt, flächendeckend keine räumlich entsprechend feine Auflösung der Klimadaten existiert und dieses Gutachten Teil einer Landesstrategie ist, wurde als Betrachtungsebene für die Darstellung der potenziellen Vulnerabilitäten die der Kreise gewählt, wobei nach Stadt- und Landkreisen unterschieden wird (mehr dazu in Kap. 3). Auf Grundlage dieser Betrachtungsebene lassen sich in der Zusammenschau der potenziellen Vulnerabilitäten der Kreise entsprechende Schlussfolgerungen auch für Regionen und das ganze Landesgebiet ziehen (Stichwort Aggregation). Auf Seiten der Anpassungsmaßnahmen (siehe gesondertes Dokument »Maßnahmenformblätter«) wird indes – entsprechend den Angriffspunkten der verfügbaren planerischen Instrumente – primär die regionale und kommunale Ebene betrachtet.

Was die Beteiligung privater Akteure an Anpassungsprozessen anbelangt, können die Kommunen als Ansprechpartner fungieren. Ein mögliches Einbinden in Abwägungs- und Entscheidungsprozesse und das Bereitstellen von Informationen durch die Kommunen ermöglicht privaten Akteuren hier eine aktive Teilnahme. Dadurch kann ein wichtiger Beitrag zur Steigerung der Akzeptanz von Klimaanpassungsmaßnahmen geleistet werden (vgl. Baasch et al. 2012). Im Zusammenhang mit der konkreten Einbindung privater Akteure in Klimaanpassungsmaßnahmen (z.B. Entsiegelung privater Grundstücke) ist auch der Abschluss städtebaulicher Verträge nach § 11 BauGB denkbar.

Ein vermehrter Einsatz entsprechender informeller Instrumente und/oder gezielter Informationsreichung ist schon allein deshalb angeraten, da die Risikopotenziale der Bürger maßgeblich von deren Verhaltensweisen bestimmt sind (Stichworte: Wissensvermittlung zu möglicher Anpassung; Risikosensibilisierung); beispielhaft sei auf die Möglichkeit verwiesen,

Informationen über eine klimaangepasste Gebäudenutzung bereitzustellen, etwa im Hinblick auf natürliche Lüftung, Reduktion von Wärmequellen etc. Zudem sind für die Klimaanpassung oftmals Eingriffe vonnöten, die von den Bürgern selbst vorgenommen werden müssen (z.B. Dämmung und Verschattung von Wohnhäusern), da die Instrumente der Stadt- und Raumplanung für einen Eingriff in den Bestand begrenzt sind.

Nicht zuletzt werden in vermehrtem Maße Wissensaustausch und Kooperationen der Kommunen untereinander den Erfolg einer Anpassungsstrategie bestimmen. Eine Zusammenarbeit über Verwaltungsgrenzen hinweg, die sich an den räumlichen Ausprägungen der Klimaveränderungen orientiert, kann zu flexiblen und situationsgerechten/-spezifischen Maßnahmen führen, die den Katalog des (formellen) Instrumentariums sinnvoll ergänzen können (siehe auch Danielzyk 2005).

1.2. Raumrelevante Merkmale Baden-Württembergs

1.2.1 Flächenstruktur und Verwaltungsebenen

Baden-Württemberg ist mit 35.751 km² und einer Bevölkerung von 10,487 Millionen Einwohnern (Stand 09.05.2013, Ergebnisse Mikrozensus 2011; vgl. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2013) das drittgrößte Bundesland Deutschlands nach Bayern und Niedersachsen.

Gegliedert ist Baden-Württemberg in die vier Regierungsbezirke Stuttgart, Karlsruhe, Freiburg, Tübingen (siehe auch Abb. 6). Jeder dieser Regierungsbezirke setzt sich aus drei Regionen zusammen:

Freiburg –

- 1) Hochrhein-Bodensee
- 2) Schwarzwald-Baar-Heuberg
- 3) Südlicher Oberrhein

Karlsruhe –

- 1) Mittlerer Oberrhein
- 2) Nordschwarzwald
- 3) Rhein-Neckar (im Verbund mit Hessen und Rheinland-Pfalz)

Stuttgart –

- 1) Heilbronn-Franken
- 2) Ostwürttemberg
- 3) Stuttgart

Tübingen –

- 1) Bodensee-Oberschwaben
- 2) Donau-Iller (im Verbund mit Bayern)
- 3) Neckar-Alb

Auf diese Regionen verteilen sich 44 Kreise, davon 35 Land- und neun Stadtkreise. Auf diese verteilt finden sich 14 Oberzentren: Freiburg im Breisgau, Friedrichshafen–Ravensburg–Weingarten (Dreifachzentrum), Heidelberg, Heilbronn, Karlsruhe, Konstanz, Lörrach–Weil am Rhein (Doppelzentrum), Mannheim (Doppelzentrum mit Ludwigshafen in Rheinland-Pfalz), Offenburg, Pforzheim, Stuttgart, Tübingen–Reutlingen (Doppelzentrum), Ulm (Doppelzentrum mit Neu-Ulm in Bayern), Villingen-Schwenningen.

Die Oberzentren sind zusammen mit Mittel- und Unterzentren wichtige Einheiten für die Landes- und Regionalplanung, an ihnen richtet sich zum Beispiel der Ausbau von Verkehrsinfrastruktur aus. Auch bei anderen Aspekten wie etwa der Verteilung von Bildungseinrichtungen spielt die Einstufung eine wichtige Rolle: Ein Unterzentrum verfügt in der Regel über eine Grund- und Hauptschule, ein Mittelzentrum über weiterführende Schulen und eine Berufsschule, ein Oberzentrum über eine Fach- und Hochschule. Hintergrund dieser Unterteilungen ist das System der Zentralen Orte (nach Christaller), wonach Nutzungen möglichst aufeinander aufbauend und gleichmäßig im Raum verteilt sein sollen, so dass die Erreichbarkeit entsprechender Einrichtungen für alle Bürger in möglichst gleicher Weise gegeben ist.

Kreiskarte Baden-Württemberg 1:1 200 000



Abb. 6: Die vier Regierungsbezirke Baden-Württembergs mit deren Kreisen;
Quelle: Datengrundlage: LGL, www.lgl-bw.de

Von den 1.101 politisch selbstständigen Gemeinden sind 312 Städte, darunter auch die neun Stadtkreise (kreisfreie Städte), 92 große Kreisstädte und 789 Gemeinden (Stand 2009). Diese sind auf der nächsten Ebene in 114 Gemeindeverwaltungsverbände und 156 Vereinbarten Verwaltungsgemeinschaften zusammengeschlossen (siehe auch Abb. 7).

Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an den Klimawandel
Fachgutachten Stadt- und Raumplanung - Langfassung

Der Vollständigkeit halber seien an dieser Stelle auch die zwei gemeindefreien Gebiete in Baden-Württemberg genannt: Der »Gutsbezirk Münsingen« im Landkreis Reutlingen sowie der »Gemeindefreie Grundbesitz Rheinau« (Ortenaukreis).

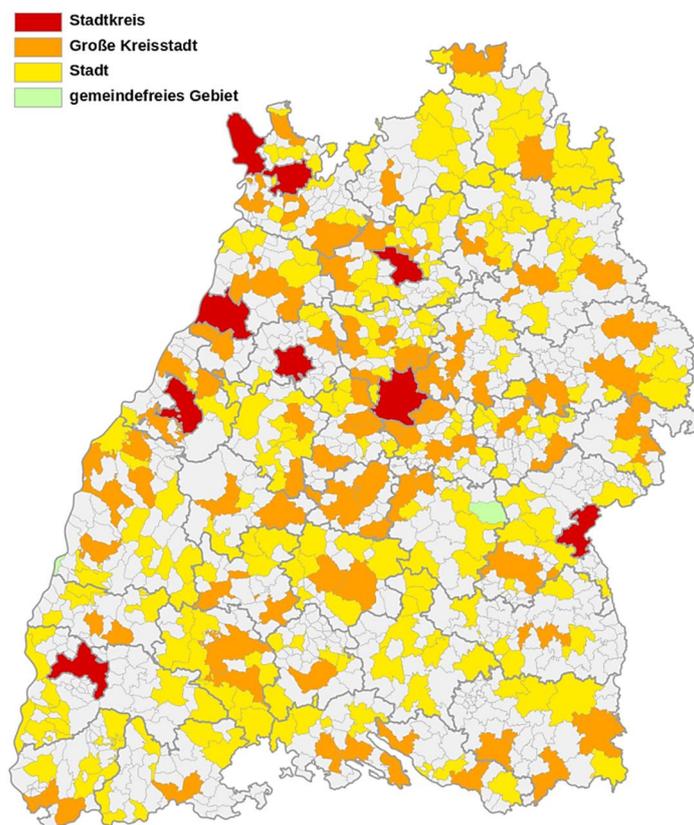


Abb. 7: Verwaltungsgemeinschaften der kommunalen Ebene in Baden-Württemberg;

Quelle: Wikimedia;

URL: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/bf/XkDE-BW_stadt.svg/1000px-XkDE-BW_stadt.svg.png

Zugriff: 24.01.2013; 15:11 Uhr

Anhand der voranstehenden Darstellung wird deutlich, wie groß die Einflussmöglichkeiten der Stadt- und Raumplanung potenziell sind, da auf jeder dieser Ebenen – vom Land selbst mit dem Landesentwicklungsplan bis hin zur Bauleitplanung der einzelnen Gemeinden – mit den Instrumenten der Planung Einfluss auf die Gestaltung des Lebensraums der rund 10,49 Millionen Bürger Baden-Württembergs genommen werden kann.

1.2.2 Raumstruktur und Bevölkerung

Von den vielen möglichen Merkmalen zur Beschreibung und Unterscheidung raumrelevanter Gegebenheiten des Landes Baden-Württemberg sollen im Folgenden jene erwähnt werden, die vor dem Hintergrund des Klimawandels bzw. möglicher Klimaanpassungsstrategien besonders relevant sind.

1.2.2.1 Bevölkerungsdichte und -verteilung in Baden-Württemberg

Mit einer Bevölkerungsdichte von durchschnittlich 302 Einwohnern/km² liegt Baden-Württemberg deutlich über dem bundesweiten Durchschnitt von 229 Einwohnern/km² (Ergebnisse der Bevölkerungsfortschreibung bis 31.12.2011; vgl. Statistische Ämter des Bundes und der Länder 08.01.2013). Mit diesem Wert nimmt Baden-Württemberg bei den Flächenländern nach Nordrhein-Westfalen (523 Einwohner/km²) und dem Saarland (394 Einwohner/km²) den dritten Rang ein. Besonders auffällig ist hierbei die Spanne zwischen der höchsten und der niedrigsten Bevölkerungsdichte innerhalb Baden-Württembergs, die von 2.925 Einwohnern/km² in der Landeshauptstadt Stuttgart bis hin zu 17 Einwohnern/km² in der Gemeinde Böllen (Landkreis Lörrach) reicht.

Die Bevölkerungsdichte gibt an, wie viele Einwohner auf einer definierten Flächeneinheit leben (z.B. Einwohner pro Fläche in km² bezogen auf ein Land, eine Region o.ä.). Ihre Aussagekraft bezüglich der tatsächlichen Bebauungs- und Einwohnerdichte ist allerdings begrenzt. In der Stadt- und Raumplanung wird deshalb in der Regel die Siedlungsdichte herangezogen, welche die Einwohnerzahl auf die Siedlungs- und Verkehrsfläche bezieht. Sie ist ein entscheidendes Merkmal angesichts des Klimawandels, da das Phänomen der Städtischen Wärmeinsel (Urban Heat Island), wie der Name anzeigt, vor allem in Städten bzw. stark verdichteten Räumen auftritt. Die Siedlungsdichte in Baden-Württemberg reicht in den Stadt- und Landkreisen von 1.987 Einwohnern/km² im Landkreis Sigmaringen bis zu 7.989 Einwohnern/km² im Stadtkreis Stuttgart, wobei das Landesmittel bei 3.472 Einwohnern/km² liegt – immer bezogen auf die km²-Zahl der Siedlungs- und Verkehrsfläche des jeweiligen Kreises. Die Kreise mit der höchsten Siedlungsdichte sind zumeist Stadtkreise (Ausnahmen sind hier Böblingen und Ludwigsburg).

Laut Landesentwicklungsplan gehören zwar fast 70 % der Fläche zum sogenannten »Ländlichen Raum«, allerdings lebt dort nur ein Drittel der Bevölkerung (vgl. Schwarck 2012). Dagegen verzeichnen die Verdichtungsräume rund die Hälfte der Einwohner Baden-

Württembergs, haben aber gemeinsam nur einen Anteil von rund 17 % an der Gesamtfläche, weshalb sie gelegentlich auch als hochverdichtete Räume bezeichnet werden.

Schon jetzt wäre demnach (legt man allein die Dichte als Kriterium an) die Hälfte der Bevölkerung von dem Phänomen der Urban Heat Island (potenziell) betroffen, welches die Lebensqualität in den Städten bzw. Verdichtungsräumen mindern und gesundheitliche Folgen nach sich ziehen kann.

1.2.2.2 Altersstruktur

Von den (Stand 2008) 10,749 Millionen Einwohnern Baden-Württembergs sind 2,20 Millionen unter 20 Jahren, 2,69 Millionen im Alter von 20 bis 40 Jahren, 3,26 Millionen im Alter von 40-60 Jahren, 2,37 im Alter von 60-85 Jahren und 0,23 Millionen über 85 Jahre alt, wobei die Frauen in den älteren Bevölkerungsgruppen den größeren Teil stellen (vgl. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 08.01.2013).

Bei einer insgesamt leicht rückläufigen Bevölkerungszahl sind unterschiedliche Entwicklungen bei den jeweiligen Altersgruppen zu erwarten (siehe Abb. 8).



Abb. 8: Künftige Entwicklung der Bevölkerung in Baden-Württemberg nach Altersgruppen bis zum Jahr 2050; Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2009): Der demografische Wandel in Baden-Württemberg. Herausforderungen und Chancen; Reihe Statistische Analysen, 1/2009; Stand 30.04.2009; 16

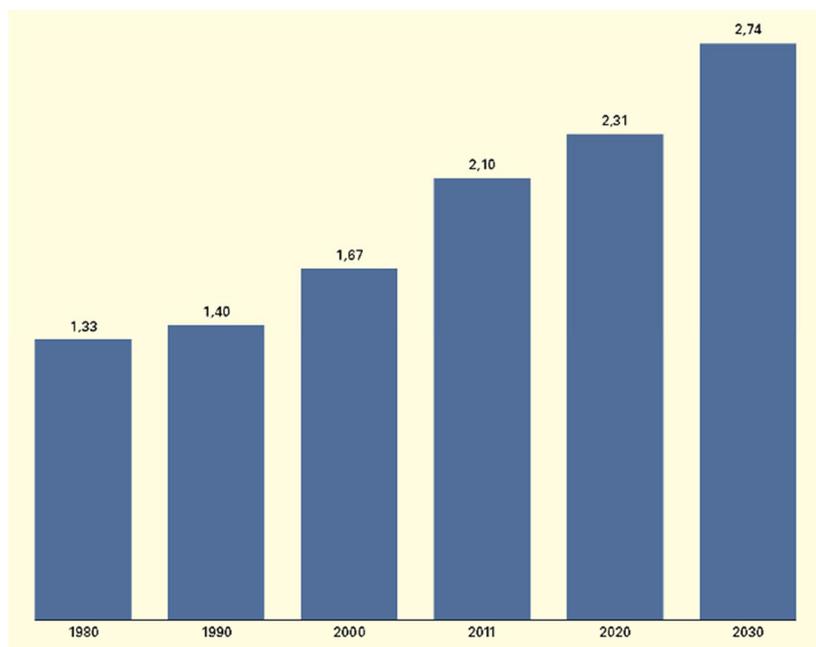


Abb. 9: Bevölkerung im Alter von 65 und mehr Jahren in Baden-Württemberg in Millionen; Daten für 2020 und 2030 auf Basis der Bevölkerungsvorausberechnung von 2008;
Quelle: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 10/2012; 54

Es wird erwartet, dass die Zahl und der Anteil der »Jungen« (unter 20 Jahren) in der Bevölkerung künftig weiter zurückgehen wird, während die der »Alten« (über 65 Jahre) kontinuierlich ansteigen wird (siehe Abb. 9). Schon 2030 werden den Vorausberechnungen zufolge doppelt so viele Alte wie Junge in Baden-Württemberg leben (vgl. Brachat-Schwarz 2012; Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2009).

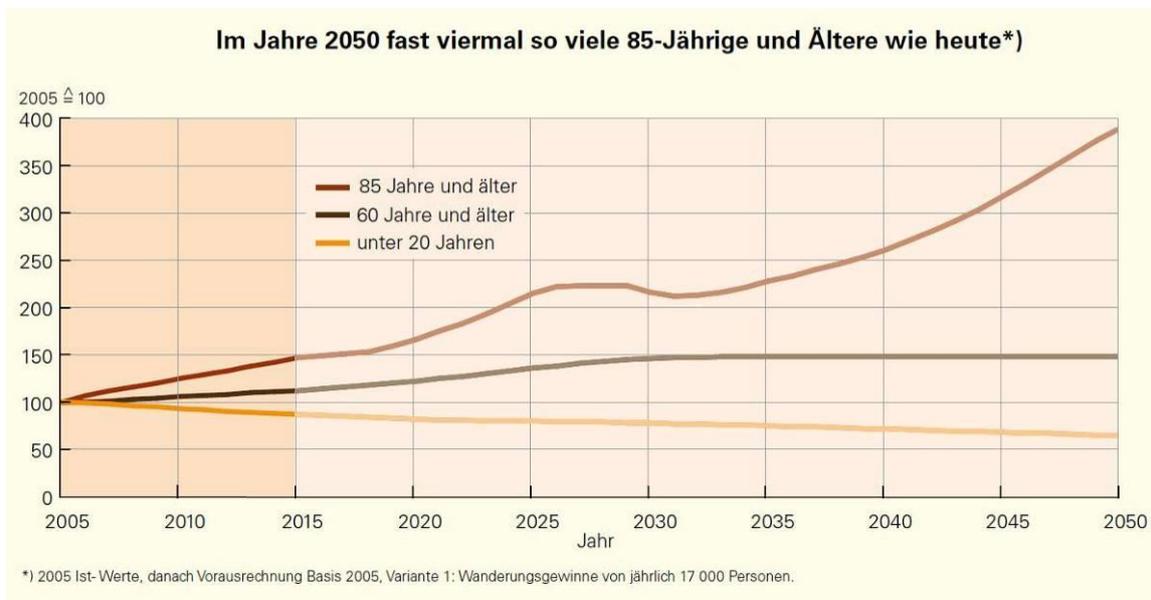


Abb. 10: Entwicklung der Anzahl der über 60-Jährigen, über 85-Jährigen und unter 20-Jährigen in Prozent bezogen auf das Jahr 2005 (= 100 %);
 Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2009: Der demografische Wandel in Baden-Württemberg. Herausforderungen und Chancen; Reihe Statistische Analysen, 1/2009; Stand 30.04.2009; 44

Betrachtet man diese Entwicklung für die jeweiligen Raumkategorien nach Landesentwicklungsplan, so wird deutlich, dass vor allem im »Ländlichen Raum im engeren Sinne« mit großen Veränderungen zu rechnen ist. In diesen Gebieten wird bis 2030 ein Verlust von circa 25 % bei der jungen Bevölkerung erwartet. Gleichzeitig wird sich die Anzahl der Hochbetagten (Lebensalter über 85 Jahre) in den »Randzonen um die Verdichtungsräume« verdoppeln (vgl. Schmidt 2010).

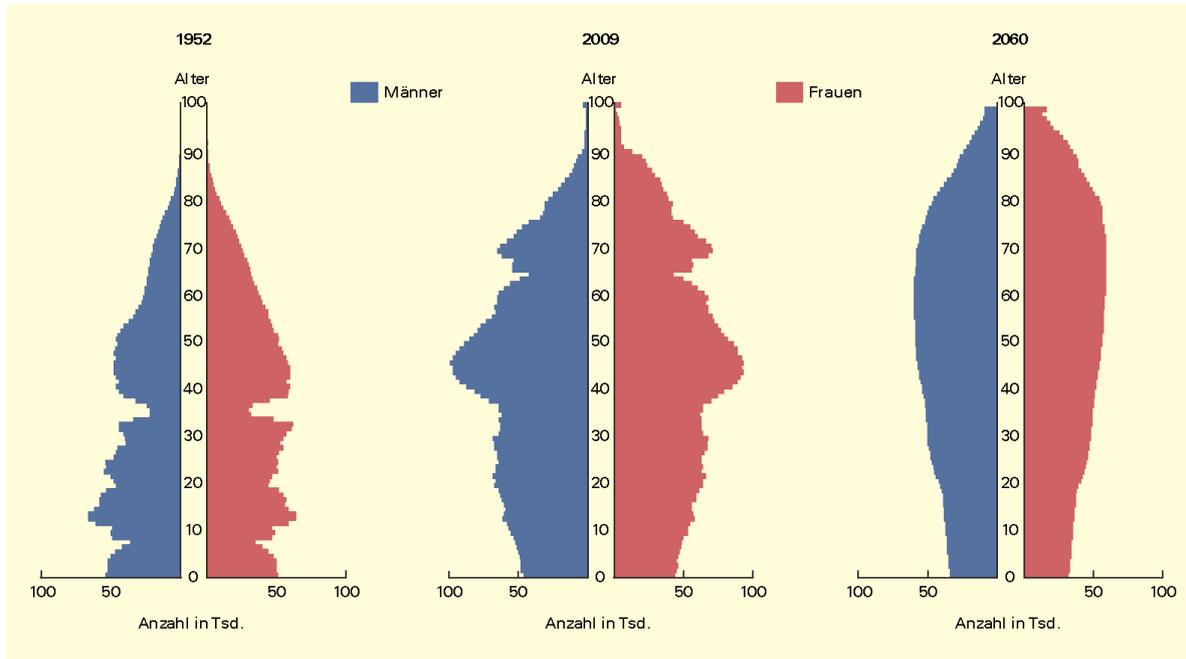


Abb. 11: Alterspyramiden in Baden-Württemberg 1952, 2009 und 2060;
Quelle: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 09/2011; 21

Demographische Entwicklungen (siehe Abb. 10 und 11 zur Veränderung der Alterspyramide) sind bedeutsam, da die Altersstruktur der Bevölkerung im Zusammenhang mit Anpassungen an den Klimawandel ein wichtiger Aspekt ist. So vergrößert sich zum Beispiel die Zahl der Alten und Hochbetagten (siehe auch Abb. 12) sowie deren Anteil an der Bevölkerung und damit eine der Haupt-Risikogruppen. Als gefährdet sind sie einzustufen, da Alte und Hochbetagte aufgrund einer geringeren physiologischen Anpassungsfähigkeit und einer höheren Zahl an Vorbelastungen (Erkrankungen) ein erhöhtes Sterberisiko bei Hitzebelastung aufweisen. Damit gewinnt die Zunahme an heißen Tagen und Hitzeperioden an Relevanz. In Zukunft ist demnach nicht nur mit einer höheren Temperaturbelastung infolge des Klimawandels zu rechnen, sondern auch mit einer annähernden Verdopplung der davon betroffenen Risikogruppe bis 2030. Es verändern sich also beide Faktoren: Die Risikogruppe nimmt zu und parallel dazu auch die Belastung durch die Klimaveränderung.

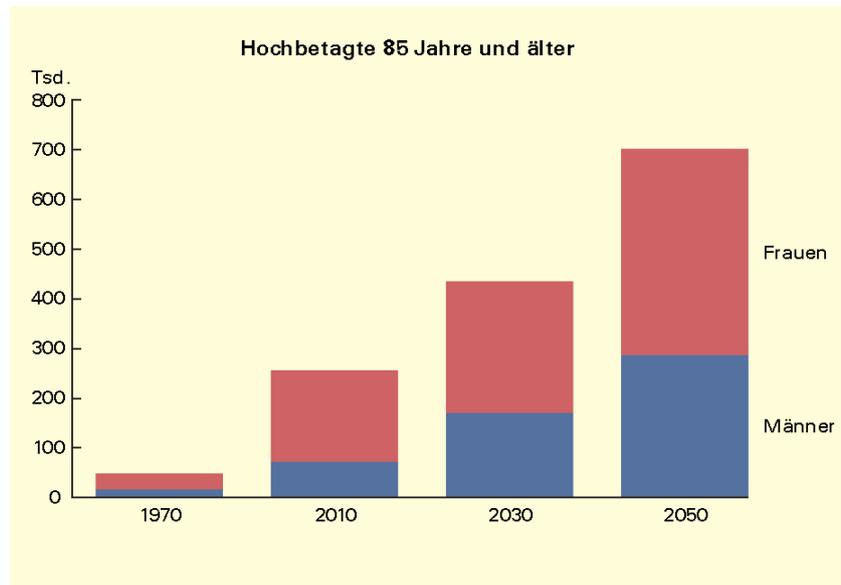


Abb. 12: Entwicklung der Hochbetagtenzahlen in Baden-Württemberg (in 1.000);
Quelle: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 01/2012; 12

Die Stadt- und Raumplanung spielt hier für die Anpassung an den Klimawandel eine wichtige Rolle. Durch die Ausweisung geeigneter Standorte, die klimaangepasste Gestaltung von Quartieren und eine Sicherung ausgleichend wirkender Erholungsflächen innerhalb besonders hitzebelasteter Gebiete sind Möglichkeiten zum Schutz vor Klimaeinflüssen und eine Risikovermeidung/-minimierung gegeben.

1.2.3 Natürliche Merkmale

1.2.3.1 Topographie / Höhenlage

Die Topographie ist ein entscheidender Aspekt, wenn es um die Betrachtung möglicher Folgen des Klimawandels geht, da die Höhenlage Einfluss auf die klimatische Belastung der jeweiligen Teilräume hat. In die bestehenden Klimamodelle geht die Höhe nicht als eigener Faktor ein, die gemessenen und modellierten Temperaturunterschiede sind aber unter anderem ein Ergebnis der Höhenunterschiede und der mit dem Relief verbundenen Windverhältnisse. Vereinfacht lässt sich hierzu sagen, dass mit zunehmender Höhe die Windhäufigkeit und Stärke zunehmen, ebenso wie als grober Richtwert von einer Abnahme der feuchtadiabatischen Temperatur um 0,5 °C pro 100 m ausgegangen werden kann.

Besonders prägende Naturräume in Baden-Württemberg sind der Rheingraben entlang der Grenze zu Frankreich mit dem tiefsten Punkt Baden-Württembergs (Rheinpegel bei Mannheim mit 85 m ü. NN) und die Mittelgebirge. In der östlichen Landeshälfte liegt in einer Süd-Ost-Achse als geschlossenes Mittelgebirge von 200 km Länge die Schwäbische Alb, deren höchster Gipfel der Lemberg mit einer Höhe von 1.015 m ü. NN ist. Sie beherbergt zahlreiche Zuläufe für Neckar und Donau, wie zum Beispiel die Brenz, die Jagst, den Kocher und die Lone und ist als Karstgebirge ein großes Versickerungs- und Grundwasserentstehungsgebiet. In der westlichen Landeshälfte erstreckt sich über etwa 150 km der Schwarzwald vom Kraichgau im Norden bis zum Hochrhein im Süden, durchdrungen von zahlreichen Flüssen, wie zum Beispiel der Enz, der Nagold oder der Kinzig. Die Höhenlagen innerhalb Baden-Württembergs reichen von 85 m ü. NN im Rheintal bis zu den 1493 m ü. NN des Feldbergs im Schwarzwald, wodurch sich eine Vielzahl unterschiedlicher Raumsituationen ergibt.

Höhendifferenzen von über 1000 m treten stellenweise auch innerhalb einzelner Landkreise (zum Beispiel Breisgau-Hochschwarzwald) auf. Dies bringt unterschiedliche teilräumliche Klimabedingungen und damit einhergehende Probleme mit sich, so dass es letztendlich für jede Kommune einer individuellen Betrachtung zur Aufstellung einer Klimaanpassungsstrategie bedarf, um auf die lokalen Charakteristika punktgenau eingehen zu können.

1.2.3.2 Wald- und Wasserflächen

Der Anteil der Wälder an der Gesamtfläche Baden-Württembergs ist angesichts des Klimawandels insofern entscheidend, als dass sie sowohl Frischluft produzieren als auch eine Filterfunktion übernehmen und somit zur Verbesserung der Luftqualität beitragen. Zudem bieten Wälder der Bevölkerung attraktive Erholungsräume, allerdings kann es dort im Sommer durch hohe Werte von bodennahem Ozon auch zu gesundheitlichen Belastungen kommen.

Der Anteil der Waldfläche an der Gesamtfläche liegt in Baden-Württemberg bei 38 % (vgl. Betzholz 2011), was nach Hessen und Rheinland-Pfalz (je 42 %) dem zweithöchsten Waldflächenanteil in der Bundesrepublik Deutschland entspricht. Große zusammenhängende Waldflächen wie der Schwarzwald, der Schwäbische Wald oder der Odenwald sind prägende Naturräume Baden-Württembergs. Hier kann die Waldfläche in

einzelnen Landkreisen über 50 % liegen, den Höchstwert verzeichnet mit 62,8 % der Fläche der LKR Freudenstadt (Stand 2011; siehe Tab. 20).

Auf die Waldflächen nehmen Stadt- und Raumplanung Einfluss, da sie laut Raumordnungsgesetz Sorge dafür zu tragen haben, dass bei neuen Siedlungstätigkeiten die Zerschneidung der Landschaft und der Waldflächen vermieden wird (siehe in diesem Zusammenhang beispielsweise § 2 Abs. 2 Nr. 2 ROG). Der Landesentwicklungsplan trägt diesem Anliegen ebenso Rechnung, indem er europäisch, national, überregional und regional bedeutsame Landschaftsteile als Grobgerüst für einen ökologisch wirksamen Freiraumverbund vorgibt. Als überregional bedeutsam werden hier unter anderem unzerschnittene Räume mit hohem Wald- und Biotopanteil und einer Größe über 100 km² als naturnahe Landschaftsräume festgelegt. Dabei wirkt der Landesentwicklungsplan durch die jeweiligen Planungsinstrumente (Plansatz 5.1.2 (LEP)) auf die regionale und kommunale Ebene ein. Mit den spezifischen Folgen der Klimaveränderungen für die Wälder setzt sich das gesonderte Gutachten »Wald- und Forstwirtschaft« auseinander.

Das Thema Wasserflächen ist im Rahmen dieses Gutachtens insofern von nachrangiger Bedeutung, als es hierfür ein gesondertes Gutachten »Wasserhaushalt« gibt. Unabhängig von der Vielzahl stehender und fließender Gewässer sei an dieser Stelle aufgrund seiner Größe und Funktion nur auf den Bodensee verwiesen. Mit 572 km² Fläche gehört er zu den größten Süßwasserseen der Welt. Er ist von besonderer Bedeutung für Baden-Württemberg, da er sowohl für Touristik, lokale Wirtschaft als auch die Trinkwasserversorgung relevant ist.

1.2.4 Flächennutzung

1.2.4.1 Siedlungsfläche und Verkehrsfläche

Der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche (siehe Abb. 13 und Abb. 14) ist angesichts des Klimawandels ein entscheidendes Raummerkmal. Unter dem Begriff Siedlungs- und Verkehrsfläche werden sowohl Gebäudeflächen und gebäudebezogene Freiflächen mit unterschiedlichen Nutzungen (Wohnen, Arbeiten, Bildung, Verwaltung), Verkehrsflächen (Straßen, Wege, Plätze, Schienen), Erholungsflächen (Sportanlagen, Campingplätze, Parks und Grünanlagen) als auch Betriebsflächen (Lager, Halden, Anlagen der Ver- und Entsorgung) und Friedhöfe zusammengefasst. Die Siedlungs- und Verkehrsfläche repräsentiert jenen Bereich, auf den die Raum- und Stadtplanung mittels ihrer Instrumente

besonders differenziert Einfluss nehmen kann, im Rahmen der Bauleitplanung etwa bis hin zu Art und Maß der baulichen Nutzung einer Fläche.

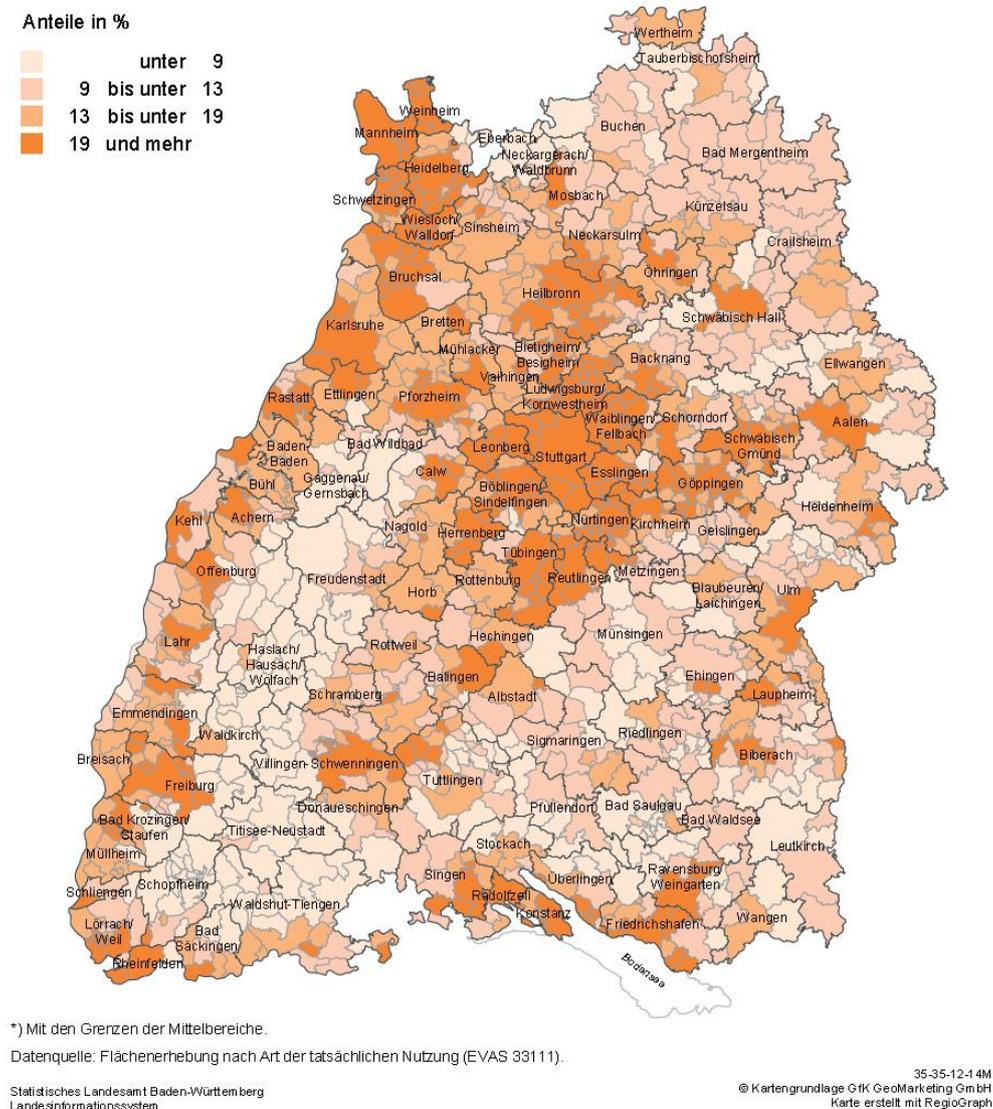


Abb. 13: Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Bodenfläche insgesamt in den Gemeinden Baden-Württembergs 2011;
 Quelle: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 1/2013; 38

Die Siedlungs- und Verkehrsfläche macht in Baden-Württemberg mit 502.947 Hektar rund 14 % der Gesamtfläche aus (siehe Abb. 14). Der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Gesamtfläche ist insbesondere in den Verdichtungsräumen und deren Randzonen mit bis zu 19 % und mehr am höchsten (siehe Abb. 13).

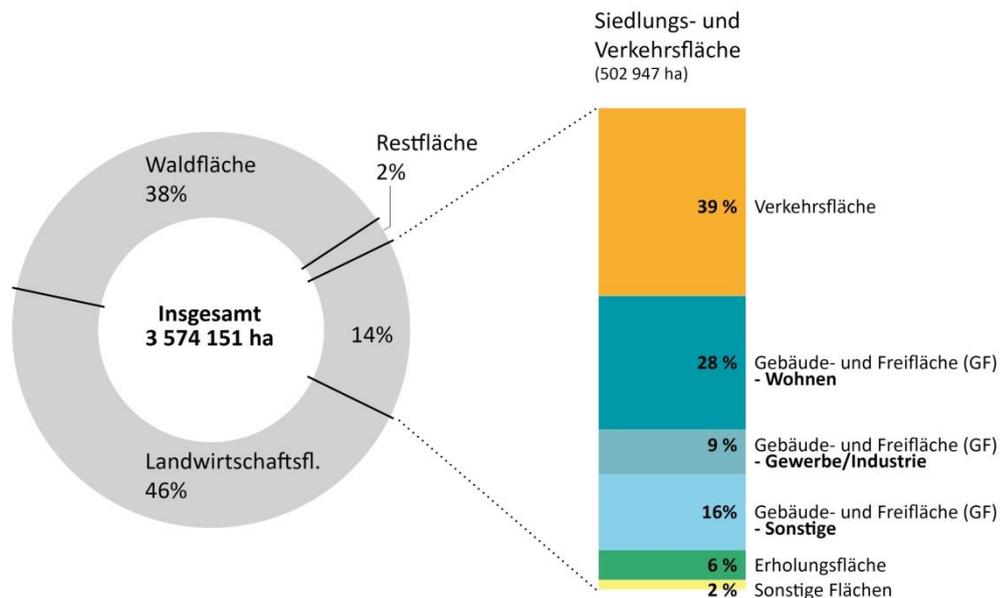


Abb. 14: Bodenfläche in Baden-Württemberg 2009 (ohne Gebiet Rheinau; Betriebsflächen ohne Abbauand);
Quelle: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 01/2011; 37; modifiziert

Betrachtet man den Anteil der Gebäude- und Freifläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche, so liegt dieser im Landesmittel bei rund 54 %, wobei sich deutliche Unterschiede zwischen den Land- und Stadtkreisen ausmachen lassen. Während die Gebäude- und Freiflächen in den Landkreisen nur 38,8 % (Main-Tauber-Kreis) bis maximal 59,2 % (Bodenseekreis) der Siedlungs- und Verkehrsfläche ausmachen, liegt der Anteil in den Stadtkreisen mit 53,7 % (Baden-Baden) bis maximal 61,6 % (Heidelberg) deutlich höher. Zwar ist der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche nicht mit der versiegelten Fläche gleichzusetzen, dennoch ist davon auszugehen, dass in besonders dichten Siedlungsgebieten deutlich mehr Boden versiegelt ist als in Gebieten mit geringerer Dichte. Die versiegelten Flächen absorbieren vergleichsweise viel Wärme und sind so mitverantwortlich für das Auftreten städtischer Wärmeinseln. Gleichzeitig geht mit einem hohen Anteil der Gebäude- und Freifläche in der Regel ein geringerer Anteil der Erholungsfläche pro Einwohner einher, was zur Entstehung des Urban-Heat-Island-Effekts (Wärmeinseleffekt) beiträgt, da Erholungsflächen in der Regel einen kühlenden Einfluss auf das Mikroklima haben. Strategien für eine klimaangepasste Raumnutzung sollten daher vor allem auch darauf abzielen, Neuversiegelungen möglichst zu vermeiden und bereits versiegelte Flächen, wo möglich, zu entsiegeln.

Neben der Gebäude- und Freifläche ist die Verkehrsfläche ein wichtiger Kennwert in der Stadt- und Raumplanung. Baden-Württemberg wird von fünf Autobahnen (A81, A5, A6, A7, A8) mit einer Länge von circa 1.020 km und Bundesstraßen mit einer Länge von circa 4.410 km durchquert, für welche der Bund zuständig ist. Was die Verkehrsflächen anbelangt, werden die Folgen für das Land also unter anderem von den Maßnahmen des Bundes abhängen.

In der Zuständigkeit des Landes sind rund 9.500 km Landesstraßen, in jener der Kreise die rund 11.700 km Kreisstraßen. Neben der reinen Länge ist die Auslastung der Verkehrswege (Jahresfahrleistung, Beförderungsleistung, Pendlerströme, Art der Fahrzeuge) mit entscheidend für die spürbaren Folgen des Klimawandels. So ist bei stark ausgelasteten Verbindungen unter anderem mit einer beschleunigten Zunahme thermisch begünstigter Verformungen und Spurrillenbildung zu rechnen (siehe auch Bundesanstalt für Straßenwesen 2010). Häufiger auftretende Schäden bedingen mehr Baustellen, Umfahrungen und Verzögerungen im Verkehrsablauf, wovon private Akteure und Unternehmen gleichermaßen negativ betroffen sind. Im städtischen Kontext kann eine solche Entwicklung zu einer zusätzlichen Wärmebelastung (beispielsweise durch zusätzliche Fahrten) führen, die den urbanen Hitzeinseleffekt weiter verstärkt.

Für die Betrachtungen im Rahmen dieses Gutachtens bleiben Schifffahrtswege, der Luftverkehr sowie der Schienenverkehr (exklusive Bahnübergänge und Gebäude) außen vor. Für diese Verkehrsträger liegen nicht ausreichend Untersuchungen zu den Wirkfolgen des Klimawandels vor und eine Auswahl aussagekräftiger Indikatoren ist somit nur schwer möglich. Zudem gehört diese Bereiche nicht zur Stadt- und Raumplanung im engeren Sinne.

1.2.4.2 Erholungsfläche

In Baden-Württemberg liegt der Anteil der Erholungsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche im Durchschnitt bei 6 %. Die Bandbreite reicht dabei in den Stadtkreisen von 6,5 % (Heilbronn) bis 14,2 % (Karlsruhe) und in den Landkreisen von 3,4 % (Rottweil) bis 9,5 % (Böblingen).

Der Anteil der Erholungsfläche als die Summe von Parks, Grünanlagen (inkl. Friedhöfe), Sportanlagen und Campingplätzen etc. ist ein entscheidendes Merkmal angesichts des Klimawandels, da sich solche Flächen in der Regel weniger stark aufheizen als versiegelte Flächen und Baustrukturen. Zudem leistet der oftmals vorhandene Bewuchs durch

Kühleffekte über Verdunstung und Verschattung einen Beitrag zur thermischen Entlastung, der vor allem in Bereichen mit hoher Siedlungs- und Verkehrsdichte von hoher Bedeutung ist. Darüber hinaus tragen Erholungsflächen mit Bewuchs und keiner oder nur geringer Versiegelung zur Grundwasserentstehung bei und wirken als Puffer bei Starkniederschlägen.

Neben den positiven Effekten auf lokale Temperaturen (Mikroklima) verbessern innerstädtische Grün- und Wasserflächen die Luftqualität und steigern damit die Lebensqualität der Einwohner. Gut erreichbare und attraktive Erholungsflächen in der unmittelbaren Wohnumgebung bieten die Möglichkeit zur aktiven Freizeitgestaltung, was gerade an sehr warmen Tagen und während Hitzeperioden einen großen Beitrag zur physiologischen und psychologischen Erholung leisten kann. Als positiver Nebeneffekt kann das Vorhandensein von siedlungsnahen Erholungsflächen eine Reduktion des Freizeitverkehrs und der damit verbundenen Luftbelastung und Abwärme bewirken.

Neben den genannten Funktionen für die Bevölkerung spielen die Erholungsflächen im Innenbereich auch als Lebensräume für unterschiedliche Fauna und Flora eine wichtige Rolle, besonders wenn sie untereinander verbunden sind und/oder Verbindungen mit natürlichen Freiräumen aufweisen.

Die Bauleitplanung kann Erholungsflächen im urbanen Kontext (Innenbereich) durch Festsetzungen (etwa zu Grünflächen) gemäß BauGB sichern. Über diese Erholungsflächen im engeren Sinne (verstanden als Anteil an der Siedlungs- und Verkehrsfläche) hinaus kann die Raumordnung weitere Flächen zur Erholung sichern, indem sie etwa in Regionalplänen entsprechende Festlegungen in Form von Vorrang- oder Vorbehaltsgebieten trifft.

1.2.4.3 Land- und forstwirtschaftliche Flächen

Im Jahr 2010 waren in Baden-Württemberg 44.512 landwirtschaftliche Betriebe registriert, die eine Fläche von 1.409 988 ha (14.099,88 km²) bei einer durchschnittlichen Betriebsgröße von 31,7 ha bewirtschafteten (vgl. Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2012). Für die Regierungsbezirke ergeben sich dabei folgende Flächen:

Karlsruhe	201.368 ha = 2014 km ²
Freiburg	318.269 ha = 3183 km ²
Tübingen	425.837 ha = 4258 km ²
Stuttgart	464.514 ha = 4645 km ²

Damit liegt der Anteil der Landwirtschaftsfläche in Baden-Württemberg bei 46 % (vgl. Abb. 14) und damit unter dem der großen Flächenländer im Norden Deutschlands mit bis zu 63 %. Innerhalb Baden-Württembergs variieren die Anteile stark. In den Großlandschaften des mittleren Oberrhein-Tieflands, der Neckar-Taubergäuplatte und im Raum Odenwald, Spessart und Südrhön (zu Teilen in Baden-Württemberg gelegen) macht die Landwirtschaftsfläche bis zu 70 % aus (vgl. Betzholz und Wöllper 2011).

Die Folgen des Klimawandels wirken sich in der Landwirtschaft nicht nur negativ, sondern aufgrund von CO₂-Düngeeffekten durchaus auch positiv aus. Das komplexe Zusammenspiel verschiedener Aspekte wird im Gutachten »Landwirtschaft« genauer beleuchtet. Die Raumplanung hat dafür Sorge zu tragen, dass sich ändernde Raumansprüche und Standortbedingungen bei der Ausweisung von Landwirtschaftsflächen berücksichtigt werden. Es ist ihre Aufgabe, „die räumlichen Voraussetzungen für die Land- und Forstwirtschaft in ihrer Bedeutung für die Nahrungs- und Rohstoffproduktion zu erhalten oder zu schaffen“ (§ 2 Abs. 2 Nr. 4 ROG).

Baden-Württemberg liegt mit 39 % Bewaldung im bundesweiten Vergleich auf Platz drei hinter Rheinland-Pfalz (42,1 %) und Hessen (41,7 %), wobei den geringsten Anteil bei den Flächenländern Schleswig-Holstein (10,3 %) aufweist (Ergebnisse der zweiten Bundeswaldinventur; Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg; Schutzgemeinschaft Deutscher Wald 14.01.2013).

Die 39 % Prozent Waldanteil entsprechen ca. 14.000 km² Fläche (1.369.993 ha), die sich vorwiegend im ländlichen Raum befinden. Den überwiegenden Anteil macht dabei Mischwald aus (878.633 ha), gefolgt von Nadelwald (353.310 ha; vorwiegend Schwarzwald), Laubwald (120.989 ha) und Gehölzen (17.061 ha). Über die vergangenen Jahre hat der Anteil der Waldfläche kontinuierlich leicht zugenommen (ca. 500 ha/Jahr; vgl. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 14.01.2013).

Für die Regierungsbezirke ergeben sich, betrachtet man die landwirtschaftlichen Betriebe mit Wandflächen und Fostbetriebe, dabei folgende Flächen (vgl. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2007):

Karlsruhe	201.368 ha = 279.590 ha
Freiburg	318.269 ha = 373.760 ha
Tübingen	425.837 ha = 250.498 ha

Stuttgart 464.514 ha = 285.323 ha

Bei den Kreisen hat Mannheim mit 12,5 % den geringsten, Freudenstadt mit 62,8 % den höchsten Anteil an Wald. Innerhalb der einzelnen Land- und Stadtkreise sind die lokalen Unterschiede stärker ausgeprägt und können vom Wert des Kreises bisweilen deutlich abweichen. Dort reicht der Anteil an Wald der zugehörigen Gemeinden von 0,0 % in Moosburg bis 90,8 % in Bad Rippoldsau-Schapbach (vgl. Interaktives Kartenverzeichnis des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg; <http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/intermaktiv/archiv/home.asp>).

1.2.5 Wirtschaft

Die 5,8 Millionen Erwerbstätigen in Baden-Württemberg erwirtschafteten im Jahr 2012 ein Bruttoinlandsprodukt von 389,5 Milliarden Euro (vgl. Statistische Ämter des Bundes und der Länder 10.01.2013).

Baden-Württemberg verzeichnet im bundesweiten Vergleich mit 31,4 % (24,7 % Bund) einen erhöhten Anteil der Erwerbstätigen (am Arbeitsort) an der wirtschaftlichen Gesamtleistung im sekundären Sektor und einen etwas geringeren im tertiären Sektor mit 67,4 % (73,7 % Bund) sowie im primären Sektor mit 1,3 % (1,6 % Bund; vgl. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 10.01.2013). Bei der Anzahl der Selbstständigen an der Erwerbstätigenzahl (Selbstständigigenquote) liegt Baden-Württemberg mit 10,4 % ebenfalls etwas unter dem Bundesdurchschnitt von 11,0 %. Mit einer Erwerbstätigenquote der 20- bis unter 65-Jährigen von 78,2 % im Jahr 2010 ist Baden-Württemberg auf Platz eins im bundesweiten Vergleich und deutlich über dem Durchschnitt von 74,9 % (vgl. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 11.01.2013).

Mit einer starken Forschungs- und Innovationslandschaft, seinen Fachhochschulen und Universitäten ist Baden-Württemberg in vielen Bereichen ein Hochtechnologiestandort und gekennzeichnet von vielen »Hidden Champions« in Form mittelständischer Unternehmen, wie zum Beispiel der Firma Trumpf (Weltmarktführer im Bereich Laserbearbeitung). Daneben sind mit Firmen wie Daimler, Würth, Bosch, Zeiss und Voith zahlreiche »Global Player« in Baden-Württemberg vertreten, die eine große Zahl von Erwerbstätigen beschäftigen.

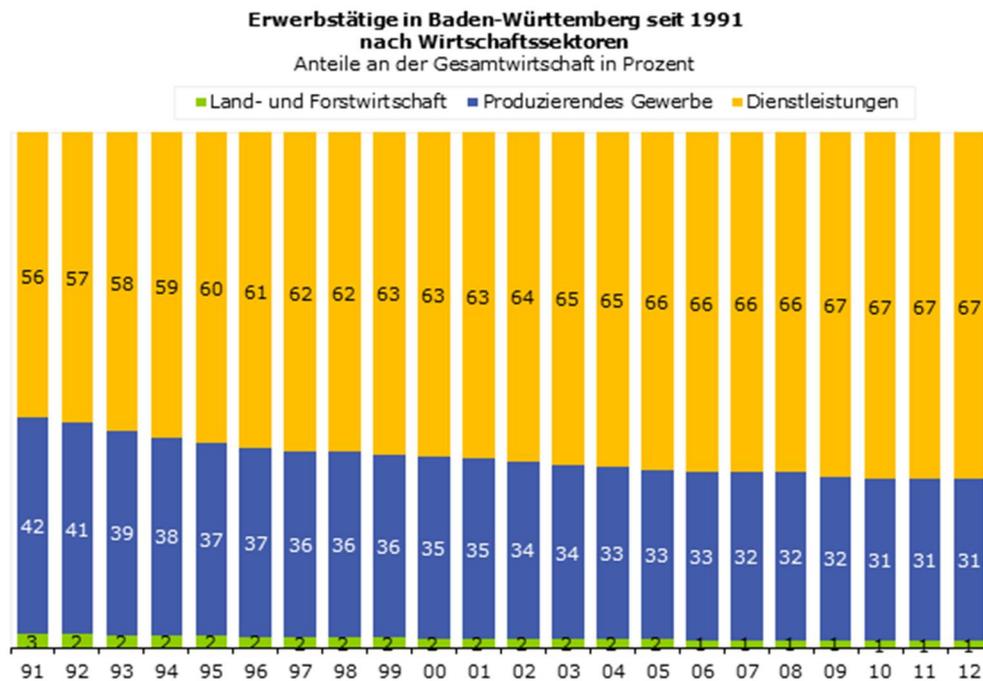


Abb.15: Erwerbstätige in Baden-Württemberg seit 1991 nach Wirtschaftssektoren (Stand Februar 2013);
Quelle: http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/arbeitsmerwerb/arbeitsmarktBW/charts/ArbmII_02_c01.png
Zugriff: 18.06.2013; 12:30 Uhr

Baden-Württemberg zeichnet sich traditionell durch eine vergleichsweise dezentralisierte Industrie- und Wirtschaftsstruktur aus. Mit den Regionen Stuttgart, Rhein-Neckar/Mannheim und Mittlerer Oberrhein/Karlsruhe gibt es aber drei industrielle Ballungsräume, die fast die Hälfte der Produktion des Landes beherbergen.

Der Klimawandel wird sich auch auf alle Bereiche der Wirtschaft auswirken, wenn auch auf verschiedene Weise und aufgrund der Verteilung in Baden-Württemberg mit regional unterschiedlichen klimatischen Belastungen. So besteht für die Industrieproduktion das Risiko einer Einschränkung der Arbeitsleistung der Erwerbstätigen infolge einer vermehrten Wärmebelastung durch die Zunahme an Sommertagen, heißen Tagen und Hitzeperioden, teilweise in Kombination mit einer Verschlechterung der Luftqualität (durch verstärkte Ozonbildung), was besonders in Städten eine Rolle spielt.

Auf die Wirtschaft nimmt die Stadt- und Raumplanung in unterschiedlicher Weise indirekten Einfluss, indem sie Rahmenbedingungen definiert, etwa durch Ausweisung von Standorten in Regional-, Flächennutzungs- und Bebauungsplänen auf Grundlage der einschlägigen Rechtsnormen (ROG, LplG, BauGB, BauNVO).

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Anteile einzelner Wirtschaftsbereiche an der Bruttowertschöpfung in Baden-Württemberg.

Tab. 2: Anteil der Wirtschaftsbereiche an der Bruttowertschöpfung in Baden-Württemberg;

Quelle: Arbeitskreis »Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder«.

URL: <http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/volkswpreise/landesdaten/LRtBWSjewPreise.asp>; modifiziert
Zugriff: 18.06.2013; 12:38 Uhr

Anteil der Wirtschaftsbereiche an der Bruttowertschöpfung in Baden-Württemberg insgesamt (in %)						
Jahr	Bruttowertschöpfung (Berechnungsstand: August 2012 / Februar 2013)					
	Primärer S.	Sekundärer Sektor		Tertiärer Sektor (Dienstleistungsbereich)		
	Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	Produzierendes Gewerbe ohne Baugewerbe	Baugewerbe	Handel, Verkehr u. Lagerei, Gastgewerbe, Information u. Kommunikation	Finanz-, Versicherungs- u. Unternehmensdienstleister; Grundstücks- u. Wohnungswesen	Öffentliche u. sonst. Dienstleister, Erziehung u. Gesundheit, Private Haushalte
1992	1,1	36,5	6,4	15,7	23,3	16,9
1994	1,0	33,0	6,4	15,9	25,7	18,0
1996	1,0	32,2	5,8	15,8	26,4	18,7
1998	1,0	33,0	5,3	16,7	25,6	18,3
2000	1,0	33,2	5,3	17,2	25,1	18,2
2002	0,7	32,4	4,7	17,7	25,8	18,7
2004	0,8	33,2	4,2	17,5	25,5	18,9
2006	0,6	34,4	4,2	17,7	24,6	18,4
2008	0,6	34,0	4,3	17,8	25,0	18,3
2010	0,5	33,1	4,4	17,8	24,7	19,4
2012	0,7	34,5	4,5	17,7	23,6	19,1

In diesem Gutachten wird in der weiteren Betrachtung zwischen dem sekundären (Energie-, Wasserwirtschaft, Bergbau, Verarbeitendes Gewerbe, Baugewerbe) und dem tertiären Sektor (Dienstleistung) unterschieden, da Dienstleistungen oftmals verstärkt im städtischen Kontext erbracht werden, hier also der urbane Hitzeinseleffekt verstärkt zum Tragen kommen kann. Dies ist vor allem in Stadtkreisen von Bedeutung, wo der Anteil der Erwerbstätigen im tertiären Sektor an der Anzahl aller Erwerbstätigen im Vergleich zu den Landkreisen höher ist. Insgesamt dominiert in den Stadtkreisen der Dienstleistungssektor. Mehr hierzu bei den Erläuterungen zur Vulnerabilitätsanalyse (siehe Kap. 3.4).

Der sogenannte primäre Sektor wurde aus der weiteren Betrachtung ausgeschlossen, da die land- und forstwirtschaftliche Produktion mit 0,7 % (siehe Tab. 2) der Bruttowertschöpfung

wirtschaftlich betrachtet in Baden-Württemberg eine eher untergeordnete Rolle spielt. Zudem wird dieser Bereich in separaten Gutachten zu den Handlungsfeldern Land- und Forstwirtschaft betrachtet.

1.3 Kernaussagen

Baden-Württemberg zeichnet sich unter anderem durch folgende raumrelevante Kennwerte aus, welche für die Anfälligkeit gegenüber Klimafolgewirkungen und den Umfang von Betroffenheiten mit bestimmend sind:

- Eine Gliederung in vier Regierungsbezirke, zwölf Regionen und 44 Stadt- und Landkreise,
- rund 10,48 Millionen Einwohner (drittbevölkerungsreichstes Bundesland)
- eine mit durchschnittlich 302 Einwohnern/km² im Bundesvergleich hohe Bevölkerungsdichte,
- einen künftig zu erwartenden Anstieg des Anteils älterer und damit hitzesensiblerer Menschen,
- 5,8 Millionen Erwerbstätige,
- einen Anteil von circa 14 % Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Bodenfläche.

Die Stadt- und Raumplanung

- koordiniert die Verteilung und/oder Ausgestaltung der Nutzungen im Raum und
- weist aufgrund ihres querschnittorientierten Charakters eine Vielzahl an Vernetzungen mit anderen Handlungsfeldern auf (z.B. Land- und Forstwirtschaft, Wasserhaushalt, Gesundheit).

Sie beeinflusst wesentlich die Bedingungen für Wohnen, Arbeiten und Freizeit. Im Sinne der Klimaanpassung gilt es deshalb, diese sensiblen Bereiche, sofern sie in die Zuständigkeit der Stadt- und Raumplanung fallen, hinsichtlich ihrer Betroffenheit infolge der Klimaveränderungen näher zu betrachten.

Eine solche Betrachtung von Betroffenheiten wurde in diesem Gutachten für sogenannte Schutzgüter («Mensch«, »Wirtschaft«, »Bauliche Umwelt« und »Siedlungsgrün«) und deren Teilaspekte (Themenfelder) in Form einer Vulnerabilitätsanalyse vorgenommen. Die Schutzgüter bilden dabei inhaltlich jeweils zusammengehörigen Themenfelder ab – zum

Beispiel unterschiedliche gesundheitliche Risiken in der Kategorie »Schutzgut Mensch« – und stellen einen Themenquerschnitt der Stadt- und Raumplanung dar.

Aufgrund der räumlichen Auflösung der Klimafaktoren wurde als Betrachtungsebene für die Vulnerabilitätsanalyse die der Stadt- und Landkreise gewählt.

2. Wirksame Klimafaktoren

Für die Erarbeitung der Landesstrategie zur Anpassung an den Klimawandel, wovon dieses Gutachten das Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung behandelt, wurde seitens der LUBW (2013) zur Ermittlung der möglichen Veränderung von Klimafaktoren ein Ensembleansatz gewählt, das heißt es wurde nicht mit nur einem Klimamodell gearbeitet, sondern mit einer Reihe von Modellen, um die Schwächen der einzelnen zu kompensieren. Die Ergebnisse des Ensembleansatzes wurden von der LUBW in Form sogenannter »Klimatische Leitplanken« zur Erstellung dieses und der anderen Gutachten der Landesstrategie als Grundlage bereitgestellt, so dass auf einer einheitlichen Datenbasis gearbeitet werden konnte. Für die Klimafaktoren wurden die Zeiträume 1971-2000 als Ist-Werte, 2021-2050 als nahe Zukunft und 2071-2100 als ferne Zukunft simuliert.

Auf Basis der mit dem Ensembleansatz berechneten Ergebnisse für einzelne Klimafaktoren (z.B. Sommertage) kann die sogenannten Expositionen, also der Grad der Ausprägung und die Häufigkeit von Hitze, Niederschlag, Sturm etc., ermittelt werden. Sie bilden im Rahmen dieses Gutachtens einen Teil der Grundlagen zur Ermittlung der potenziellen Vulnerabilitäten (siehe Kap. 3).

2.1 Klimafaktoren in der Stadt- und Raumplanung allgemein

Für das Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung sind aufgrund der jeweiligen Wirkfolgen grundsätzlich nachfolgende Klimafaktoren von Bedeutung (für Definitionen siehe LUBW 2013):

- a) Für den Bereich »Hitzebelastung«
 - Durchschnitt der Jahresmitteltemperatur
 - Sommertage
 - Heiße Tage (zuweilen als Tropentage bezeichnet)
 - Hitzeperioden-Tage
 - Tropennächte
 - Kühlgradtage
 - Globalstrahlung

- b) Für den Bereich »Naturkatastrophen«
 - Niederschlag hydrologisches Sommer-/Winterhalbjahr
 - Tage mit Starkniederschlag
 - Trockenperioden

- c) Für den Bereich »Wasserressourcen«
 - Niederschlag hydrologisches Sommer-/Winterhalbjahr
 - Tage mit Starkniederschlag
 - Trockenperioden

- d) Für den Bereich »Winterlasten«
 - Frosttage
 - Heiztage
 - Niederschlag hydrologisches Winterhalbjahr

Weitere Ausführungen zu Aspekten der Klimadaten finden sich in Teil B. Alle Daten zu den Klimafaktoren und Projektionen im Weiteren basieren auf LUBW (2013).

Für einige Faktoren, zum Beispiel die Niederschläge betreffend, sind die vorhandenen Daten nach wissenschaftlichem Verständnis nicht in jedem Fall ausreichend eindeutig in ihren Aussagen und daher mit großer Vorsicht zu interpretieren. Deshalb wurden in diesem Gutachten nur Klimafaktoren zur Bestimmung der Exposition benutzt, bei denen die Gütekriterien (Klimasignalstärke und Richtungssicherheit; vgl. LUBW 2013; siehe Teil B, Kap. 1) die höchste Kategorie erfüllen. Vereinfacht gesagt: Bei den hier herangezogenen Klimafaktoren ist klar, dass sich etwas verändert und in welche Richtung; zum Beispiel gibt es eine eindeutige Zunahme an Sommertagen in der nahen Zukunft 2021-2050 im Vergleich zum Beobachtungszeitraum von 1971-2000.

2.2 Auswahl der im Gutachten genutzten Klimafaktoren

Im Abgleich mit den Zuständigkeiten anderer Handlungsfelder (vor allem Wasserhaushalt, Naturschutz, Gesundheit) und der oben erwähnten eingeschränkten Verwendbarkeit mancher Klimafaktoren wurde der Schwerpunkt auf die Folgen möglicher Veränderungen im Bereich »Temperatur und Hitze« gelegt. Für die Vulnerabilitätsanalyse im nachfolgenden

Kapitel 3 wurden dazu die folgenden vier Klimafaktoren herangezogen (Definitionen gemäß LUBW):

- 1) Heiße Tage –
Anzahl an Tagen mit einem Temperaturmaximum ≥ 30 °C.
- 2) Hitzeperioden-Tage –
Anzahl der Perioden mit mindestens drei aufeinander folgenden Tagen mit einer Tagesmaximum-Temperatur ≥ 30 °C und Tagesminimum-Temperatur von ≥ 18 °C.
Die ausgewiesenen Hitzeperioden können laut Definition also auch länger als drei Tage dauern, wobei ab drei Tagen mitunter von einer »Hitzewelle« gesprochen wird.
- 3) Sommertage –
Anzahl an Tagen mit einem Temperaturmaximum ≥ 25 °C.
Jeder heiße Tag ist damit aufgrund der Definitionen auch immer ein Sommertag.
- 4) Kühlgradtage –
Die Summe der Überschreitungen von 18,3 °C durch die Tagesmitteltemperaturen in Grad Kelvin an allen Tagen des Jahres (Einheit Kelvin*Tage). Der Wert für die Kühlgradtage gibt indirekt Auskunft darüber, wie viel Energie notwendig ist, um Gebäude auf eine angenehme Raumtemperatur abzukühlen. Er macht keine Aussage darüber, an wie vielen Tagen gekühlt werden muss, sondern wie groß die Kühllast in der Summe für ein Jahr ausfällt.

Diese Klimafaktoren liegen in Form eines über Baden-Württemberg gelegten 25x25-km-Rasters mit jeweils einem Datensatz je Klimafaktor pro Rasterfeld vor (z.B. Anzahl Sommertage von X bis Y Tage im fraglichen Rasterfeld). Im Gutachten wurde im Hinblick auf die Vulnerabilitätsanalyse die Betrachtungsebene der Stadt- und Landkreise gewählt. Jeder Kreis wurde anhand einer dreistufigen Skala gemäß seiner Exposition (Klimawandelbetroffenheit) eingeordnet (mehr dazu in Kap. 3.1.4). Da sich die Kreise in der Regel über mehr als nur ein Rasterfeld erstrecken, wurden jeweils Mittelwerte aus den abgedeckten Rasterfeldern (gewichtet nach Flächenanteilen) gebildet. Anzumerken ist, dass sich bei einer Verschiebung der Lage des 25x25-km-Rasters andere Werte für einzelne Rasterfelder ergeben könnten, was aber aller Voraussicht nach nicht oder nur in seltenen Fällen zu Abweichungen von den in diesem Gutachten ermittelten Expositionen für die Kreise führen würde. Die durch die gegebene Lage des Rasters bedingten Klimadaten und die daraus resultierenden potenziellen Vulnerabilitäten sollten deshalb nicht übertrieben stark gebietsscharf interpretiert werden.

2.3 Veränderungen der im Gutachten betrachteten Klimafaktoren

Auf Basis der ausgewählten Klimafaktoren sollten – gemäß den Vorgaben des Auftraggebers – Vulnerabilitäten für die nahe und ferne Zukunft (nZ und fZ) immer für zwei Fälle ermittelt werden: p50.0 (50. Perzentil; Median) und p85.0 (85. Perzentil). Somit würden sich theoretisch vier Betrachtungsfälle ergeben, von denen aber ein Fall, das 50. Perzentil für die ferne Zukunft, in diesem Gutachten im Rahmen der Vulnerabilitätsanalyse nicht betrachtet wird. Hintergrund ist, dass für die ferne Zukunft primär die Betrachtung des »worst case« (negativste Entwicklung; 85. Perzentil) als interessant erachtet wird, da die angenommenen Emissionswerte der Klimaprojektionen (im sogenannten A1B Szenario) aktuell schon überschritten werden. Es ist nach Ansicht der Gutachter und vor dem Hintergrund der aktuellen globalen politischen und wirtschaftlichen Entwicklungen damit zu rechnen, dass der »worst case« in Form des p85.0 (fZ) langfristig eher an Wahrscheinlichkeit gewinnen wird. Zudem ist für solch einen weit entfernten Zeitraum nach Meinung der Gutachter von vorrangigem Interesse zu wissen, worauf es sich im schlimmsten Falle vorzubereiten gilt. Ferner liegen für den Zeitraum 2071-2100 keine Daten für die Schutzgüter (Prognosen zur Bevölkerung und Siedlungsstruktur etc.) vor, weshalb die Ermittlung von Vulnerabilitäten für diesen Zeitraum nur auf der Veränderung der Klimafaktoren aufbauen kann und somit zwangsläufig eine geringere Aussagekraft hat als für die nahe Zukunft. Zugespitzt formuliert: Es kann sich zwischen 2021-2050 und 2071-2100 schlichtweg vieles grundlegend ändern. In der Konsequenz wird für die ferne Zukunft die Entwicklung nur als Tendenz angegeben. Mehr dazu im gesonderten Dokument »Steckbriefe«.

Zu den betrachteten Perzentilen der beiden Zeiträume (nZ/fZ) ist grundsätzlich anzumerken:

- Das 50. Perzentil (p50.0; Median) sind die Ergebnisse eines Modells, welche sich bei einer Auflistung aller Ergebnisse aller Klimamodelle des Ensembles entlang ihrer Bandbreite (von niedrig nach hoch) in der Mitte befinden. Diese Werte sind keine Durchschnitts- bzw. Mittelwerte. Vielmehr liegt jeweils eine Hälfte der Ergebnisse aus allen Modellsimulationen des Ensembles über- und unterhalb des 50. Perzentils, wobei methodisch alle Ergebnisse der verwendeten Klimamodelle als gleich wahrscheinlich anzusehen sind.
- Das 85. Perzentil (p85.0) beschreibt den untersten Grenzwert der obersten 15 % aller Ergebnisse aus den Modellsimulationen. Das heißt, 15 % aller Modellergebnisse liegen oberhalb dieses Werts oder erreichen diesen genau, die sonstigen 85 %

zeigen geringere Veränderungen an. Im Rahmen dieses Gutachtens wurde das 85. Perzentil für die nahe und ferne Zukunft als »worst case« betrachtet. Hier zeichnet sich für alle vier verwendeten Klimafaktoren eine Entwicklung ab, nach der bereits die Minimalwerte für das 85. Perzentil der Jahre 2071-2100 über den Maximalwerten des Ist-Werts von 1971-2000 liegen werden.

Für die Veränderung der unter 2.2 genannten vier Klimafaktoren (Heiße Tage, Sommertage, Hitzeperioden-Tage, Kühlgradtage) werden in den nachfolgenden Tabellen 3 bis 6 die Ergebnisse der Klimaprojektionen aus dem Ensembleansatz der LUBW dargestellt. Diese geben Auskunft über folgende Punkte:

- a) die Bandbreite des Klimafaktors für Baden-Württemberg für die betrachteten Fälle (nZ p50.0 und nZ/fZ p85.0), also zum Beispiel für Heiße Tage in der nahen Zukunft (p50.0) eine Bandbreite von 1,3-16,7 Tagen. Die Änderungen der Bandbreite bedingt unterschiedliche Umfänge für die Expositionsstufen der einzelnen Betrachtungsfälle (siehe nächster Punkt).
- b) die Einteilung der Bandbreite in drei gleich große (äquivalente) Expositionsstufen (1 = gering, 2 = mittel, 3 = hoch) für jeden der drei Betrachtungsfälle; im Zuge der Vulnerabilitätsermittlung (siehe Kap. 3.1.4 und 3.4.1) wird jeder Kreis gemäß seiner klimatischen Belastung einer dieser Expositionsstufen zugeordnet.
- c) den Umfang der Exposition, ob also die Unterschiede bei den Belastungen in ganz Baden-Württemberg gleich bleiben oder ob in Zukunft manche Räume einer deutlich höheren Belastung ausgesetzt sein werden als andere (und damit größere Diskrepanzen zwischen einzelnen Teilräumen zu erwarten sind). Bei manchen Klimafaktoren kommt es zu einer solchen Zunahme der Ungleichverteilung der Belastungen, zum Beispiel bei den Kühlgradtagen. Die Steigerungen des Umfangs errechnen sich aus der Differenz der in den Tabellenspalten a aufgeführten Minimal- und Maximalwerte der Klimafaktoren.
- d) die Zunahme bei den Minimal- und Maximalwerten des jeweiligen Klimafaktors gegenüber den Beobachtungswerten, also zum Beispiel, dass die Anzahl der heißen Tage von maximal 13,8 im Beobachtungszeitraum auf maximal 16,7 in der nahen Zukunft steigt, was einer Steigerung des Maximalwerts um 2,7 Tage entspricht. Der Bezugspunkt ist hier also immer das Ist-Minimum/Maximum (siehe dazu die Ist-Werte in den Spalten a der Tabellen 3 bis 6). Aus diesen Werten lässt sich ablesen, ob die *Zunahme* der Belastung in den gering exponierten (Steigerung des Minimums) oder

den am höchsten exponierten Gebieten (Steigerung des Maximums) stärker ausfällt – unabhängig davon, wie hoch die Belastung tatsächlich ist.

- e) die Erhöhung des Minimumwerts, beim Median in Prozent des Ist-Werts angegeben (X % des Ist-Minimums), beim 85. Perzentil als Prozent des Ist-Werts des 85. Perzentils (Ist p85.0; sofern vorhanden). Liegt für das 85. Perzentil kein Ist-Wert vor, so bezieht sich die Angabe auf den normalen Ist-Wert (entspricht Ist p50.0). So steigt zum Beispiel das Minimum der Anzahl an Sommertagen in der nahen Zukunft (nZ p50.0) auf 235,5 % des Minimums für den Ist-Wert. Ein Kreis in der Expositionsstufe 1 (gering) hat damit also immer noch eine vergleichsweise deutliche Zunahme der Belastung zu verzeichnen. Für den Maximalwert des jeweiligen Faktors wird nach demselben Schema eine Aussage getroffen (Y % des Ist-Maximums). Damit wird, unbesehen der tatsächlichen Veränderungen (z.B. Zunahme an Tagen), die Dynamik der Entwicklung des Minimums und Maximums vor dem Hintergrund der Beobachtungswerte abgebildet. Je höher der Prozentwert, desto stärker verändert sich der jeweilige Minimal-/Maximalwert gemessen an dem, was »bisher üblich« war (Beobachtungszeitraum 1971-2000).

2.3.1 Veränderung des Klimafaktors »Heiße Tage«

Nachfolgend werden die Veränderungen für den Klimafaktor Heiße Tage nach dem zuvor unter 2.3 beschriebenen Schema dargestellt und erläutert.

Tab. 3: Entwicklung der Anzahl an heißen Tagen;

Legende: nZ = nahe Zukunft 2021-2050; fZ = ferne Zukunft 2071-2100; p50.0 = Median = 50. Perzentil; p85.0 = 85. Perzentil; *¹ bezogen auf den Wert Ist p85.0

	Heiße Tage (Anzahl Tage)	Ist	nZ p50.0	Ist p85.0	nZ p85.0	fZ p85.0
a	Bandbreite der Exposition	0,3-13,8	1,3-16,7	3,0-35,6	8,1-47,9	25,9-71,3
b	Expositionsstufe 1	0,3-4,8	1,3-6,5	3,0-13,9	8,1-47,9	25,9-41,0
	Expositionsstufe 2	4,9-9,3	6,6-11,6	14,0-24,7	21,5-34,6	41,4-56,2
	Expositionsstufe 3	9,4-13,8	11,7-16,7	24,8-35,6	34,7-47,9	56,3-71,3
c	Umfang der Exposition	13,5	15,4	32,6	39,8	45,4
d	Steigerung des Minimums in absoluten Tagen		1,0	2,7	5,1* ¹	22,9* ¹

	Heiße Tage (Anzahl Tage)	Ist	nZ p50.0	Ist p85.0	nZ p85.0	fZ p85.0
d	Steigerung des Maximums in absoluten Tagen		2,9	21,8	12,3* ¹	35,7* ¹
e	Minimum als X % des Ist-Minimums		433,3%		270%* ¹	863,3%* ¹
	Maximum als Y % des Ist-Maximums		121%		134,6%* ¹	200,3%* ¹

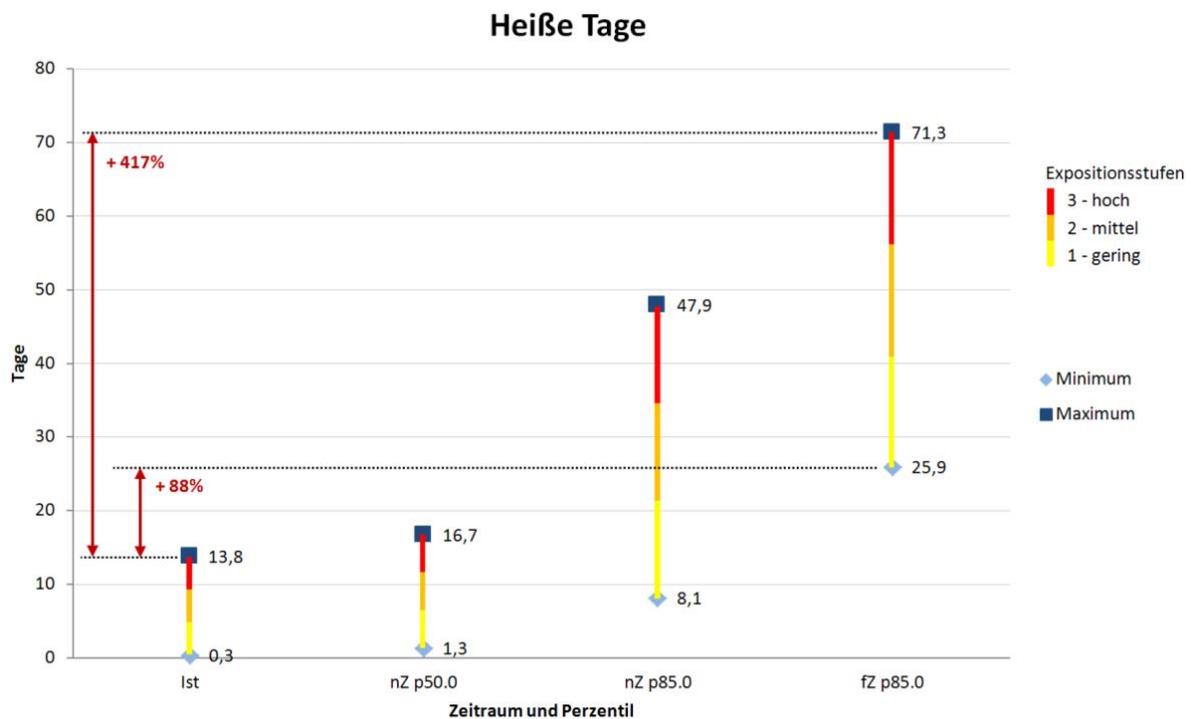


Abb. 16.: Entwicklung der Minimum- und Maximumwerte für die Anzahl der heißen Tage in Baden-Württemberg für die nahe und ferne Zukunft; eigene Darstellung

Abbildung 16 zeigt die Entwicklung der Minimum- und Maximumwerte für den Klimafaktor Heiße Tage für die Ist-Werte (1971-2000) sowie die drei Betrachtungsfälle, für die im Rahmen dieses Gutachtens potenzielle Vulnerabilitäten ermittelt wurden. Dabei ist zu erkennen, dass sich in der nahen Zukunft eine moderate Erhöhung von einem Tag für das Minimum und 2,9 Tagen für das Maximum der absoluten Belastungen ergibt (siehe dazu auch Zeile d in Tab. 3). Langfristig zeichnet sich jedoch eine starke Zunahme der Anzahl heißer Tage ab, infolge derer das Minimum für das 85. Perzentil der fernen Zukunft (fZ

p85.0) deutlich (88 %) über dem Maximum des Ist-Werts und auch über dem Maximum für das 50. Perzentil der nahen Zukunft (nZ p50.0) liegt. In der fernen Zukunft verzeichnen demnach schon die am geringsten belasteten Kreise fast doppelt so viele heiße Tage wie die in der Vergangenheit am höchsten belasteten Kreise. Für die zweite Jahrhunderthälfte ist eine Dynamik der Klimaveränderung zu erwarten, die für den »worst case« (fZ p85.0) zu einer Erhöhung des Maximums der Anzahl heißer Tage um 417 % (von 13,8 auf 71,3 Tage) führen kann. Hier ergibt sich also ein anderes Bild als für die nahe Zukunft: Eine Steigerung des Minimums um fünf Tage und des Maximums um zwölf Tage im Vergleich zum Ist-Wert stellen erhebliche Veränderungen dar.

Wie aus Abbildung 16 hervorgeht und in Kapitel 3.1.4 erläutert wird, wurden für die Exposition der drei Betrachtungsfälle gesonderte Skalen mit je drei Stufen gebildet.

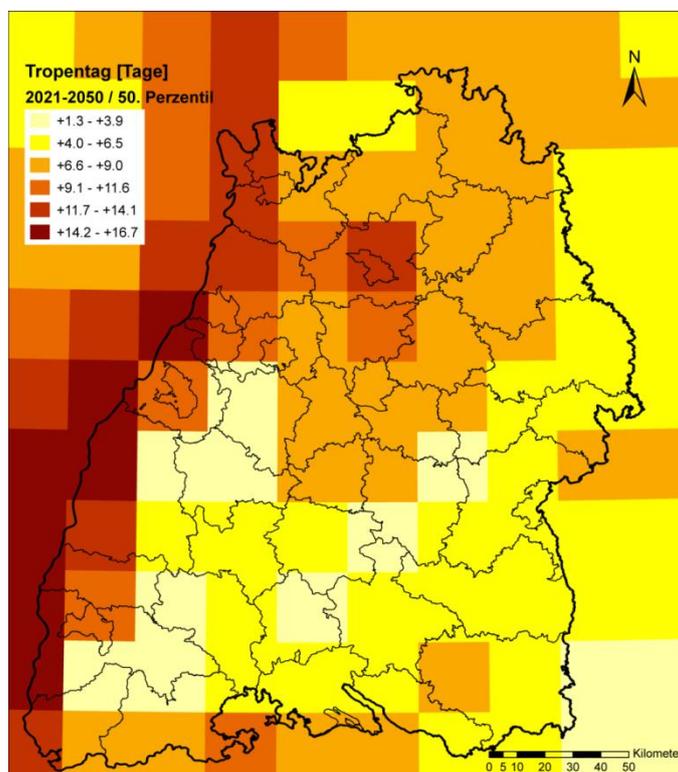


Abb. 17: Median der Anzahl heißer Tage (Tropentage) in Baden-Württemberg in der nahen Zukunft; Darstellung im 25x25-km-Raster; Umrisse der Kreise hinterlegt; eigene Darstellung auf Datenbasis LUBW

Abbildung 17 zeigt die räumliche Verteilung der Anzahl heißer Tage für den Median der nahen Zukunft in Baden-Württemberg in Form des 25x25-km-Rasters (entsprechende Karten zu diesem Klimafaktor für die anderen Zeiträume finden sich in Teil B). Dabei ist zu

erkennen, dass vor allem die Höhenlagen des Schwarzwalds und der Schwäbischen Alb die geringsten Belastungen aufweisen, wohingegen vor allem die oberrheinische Tiefebene, der Kraichgau und das Neckarbecken den höchsten Belastungen ausgesetzt sind, unter anderem aufgrund ihrer tieferen Lagen.

Um den Vorgaben des Auftraggebers nach einer dreistufigen Einteilung der Exposition nachkommen zu können, wurde die in Abbildung 17 dargestellte sechsstufige Skala für den Klimafaktor Heiße Tage in eine dreistufige überführt. In gleicher Weise wurde mit den anderen, nachfolgend dargestellten Klimafaktoren verfahren.

2.3.2 Veränderung des Klimafaktors »Hitzeperioden-Tage«

Nachfolgend werden die Veränderungen für den Klimafaktor Hitzeperioden-Tage nach dem unter 2.3 beschriebenen Schema dargestellt und erläutert.

Tab. 4: Entwicklung der Anzahl an Hitzeperioden-Tage;
Legende: nZ = nahe Zukunft 2021-2050; fZ = ferne Zukunft 2071-2100; p50.0 = Median = 50. Perzentil; p85.0 = 85. Perzentil; *¹ bezogen auf den Ist-Wert; *² bezogen auf den Wert Ist p85.0

	Hitzeperioden-Tage (Anzahl Tage)	Ist	nZ p50.0	Ist p85.0	nZ p85.0	fZ p85.0
a	Bandbreite der Exposition	0,0-0,6	0,0-1,1	0,1-1,5	0,6-2,8	2,4-4,6
b	Expositionsstufe 1	0,0-0,2	0,0-0,4	0,1-0,6	0,6-1,3	2,4-3,1
	Expositionsstufe 2	0,2-0,4	0,5-0,7	0,7-1,0	1,4-2,0	3,2-3,9
	Expositionsstufe 3	0,4-0,6	0,8-1,1	1,1-1,5	2,1-2,8	4,0-4,6
c	Umfang der Exposition	0,6	1,1	1,4	2,2	2,2
d	Steigerung des Minimums in absoluten Tagen		0	0,1	0,5* ²	2,3* ²
	Steigerung des Maximums in absoluten Tagen		0,5	0,9	1,3* ²	3,1* ²
e	Minimum als X % des Ist- Minimums		0%	-	600%* ²	2400%* ²
	Maximum als Y % des Ist- Maximums		183,3%	250%* ¹	186,7%* ²	306,7%* ²

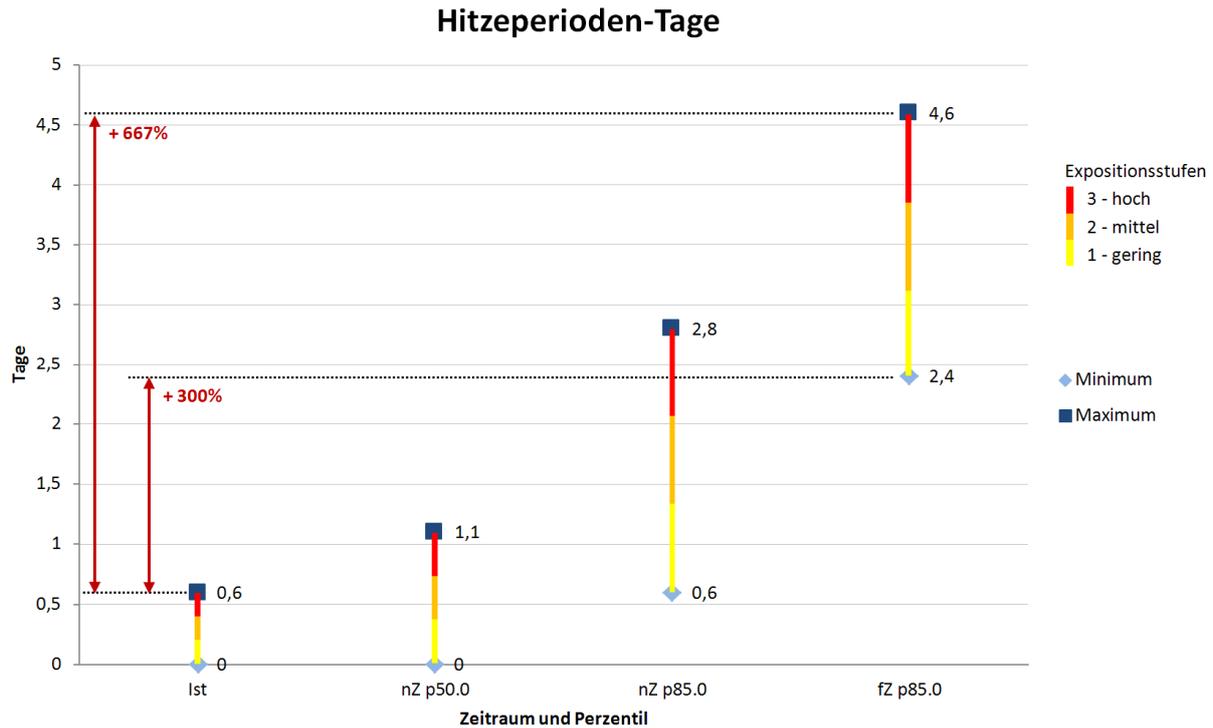


Abb. 18: Entwicklung der Minimum- und Maximumwerte für die Hitzeperioden-Tage in Baden-Württemberg für die nahe und ferne Zukunft; eigene Darstellung

Abbildung 18 zeigt die Entwicklung der Minimum- und Maximumwerte für den Klimafaktor Hitzeperioden-Tage für die Ist-Werte (1971-2000) sowie die drei Betrachtungsfälle, für die im Rahmen dieses Gutachtens potenzielle Vulnerabilitäten ermittelt wurden. Ein Hitzeperioden-Tag ist definiert als drei aufeinander folgende Tage mit einer Tagesmaximum-Temperatur ≥ 30 °C und Tagesminimum-Temperatur von ≥ 18 °C.

Es ist zu erkennen, dass sich in der nahen Zukunft eine moderate Erhöhung von 0,5 Tagen für das Maximum der absoluten Belastungen ergibt (siehe dazu auch Zeile d in Tab. 4). Langfristig zeichnet sich jedoch eine starke Zunahme der Hitzeperioden-Tage ab, infolgeder der das Minimum für das 85. Perzentil der fernen Zukunft (fZ p85.0) um ein Vielfaches (300 %) über dem Maximum des Ist-Werts und auch über dem Maximum für das 50. Perzentil der nahen Zukunft (nZ p50.0) liegt. Es ist also für die zweite Jahrhunderthälfte eine Dynamik der Klimaveränderung zu erwarten, die für den »worst case« (fZ p85.0) zu einer Erhöhung des Maximums an Hitzeperioden-Tagen um 667 % (von 0,6 auf 4,6 Tage) führen kann.

Abbildung 18 zeigt die dreistufigen Expositions-Skalen, die für jeden der drei Betrachtungsfälle separat angelegt wurden (siehe dazu auch Kap. 3.1.4).

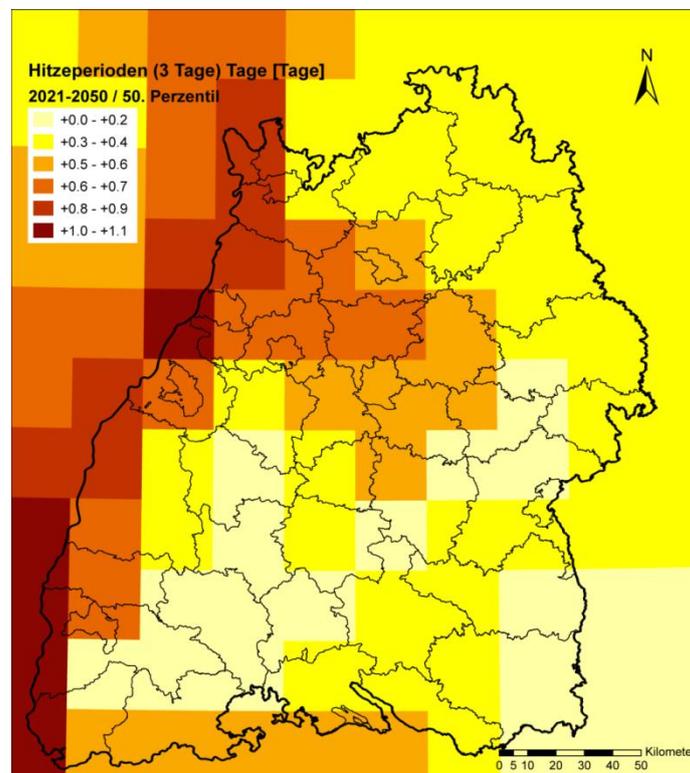


Abb. 19: Median der Anzahl an Hitzeperioden-Tagen in Baden-Württemberg in der nahen Zukunft; Darstellung im 25x25-km-Raster; Umrisse der Kreise hinterlegt; eigene Darstellung auf Datenbasis LUBW

Abbildung 19 zeigt die räumliche Verteilung der Hitzeperioden-Tage in Baden-Württemberg in Form des 25x25-km-Rasters. Dabei ist zu erkennen, dass vor allem der Schwarzwald und die Schwäbische Alb mit ihren Höhenlagen die geringsten Belastungen haben, wohingegen vor allem die oberrheinische Tiefebene, der Kraichgau und das Neckarbecken die höchsten Belastungen aufweisen, unter anderem aufgrund ihrer tieferen Lagen. Die weitgehende Übereinstimmung mit der Abbildung 17 zur Verteilung der heißen Tage ist die Konsequenz daraus, dass die heißen Tage in die Berechnung der Hitzeperioden-Tage mit eingehen.

2.3.3 Veränderung des Klimafaktors »Sommertage«

Nachfolgend werden die Veränderungen für den Klimafaktor Sommertage nach dem unter 2.3 beschriebenen Schema dargestellt und erläutert.

Tab. 5: Entwicklung der Anzahl an Sommertagen;

Legende: nZ = nahe Zukunft 2021-2050; fZ = ferne Zukunft 2071-2100; p50.0 = Median = 50. Perzentil; p85.0 = 85. Perzentil; *¹ bezogen auf den Ist-Wert

	Sommertage (Anzahl Tage)	Ist	nZ p50.0	nZ p85.0	fZ p85.0
a	Bandbreite der Exposition	6,8-54,8	16,0-60,4	33,3-80,2	59,0-107,0
b	Expositionsstufe 1	6,8-22,8	16,0-30,8	33,3-48,9	59,0-75,0
	Expositionsstufe 2	22,9-38,8	30,9-45,6	49,0-64,5	75,1-91,0
	Expositionsstufe 3	38,9-54,8	45,7-60,4	64,6-80,2	91,1-107,0
c	Umfang der Exposition	48	44,4	46,9	48
d	Steigerung des Minimums in absoluten Tagen* ¹		9,2	26,5	52,2
	Steigerung des Maximums in absoluten Tagen* ¹		5,6	25,4	52,2
e	Minimum als X % des Ist-Minimums* ¹		235,5%	489,7%	867,6%
	Maximum als Y % des Ist-Maximums* ¹		110,2%	146,3%	195,2%

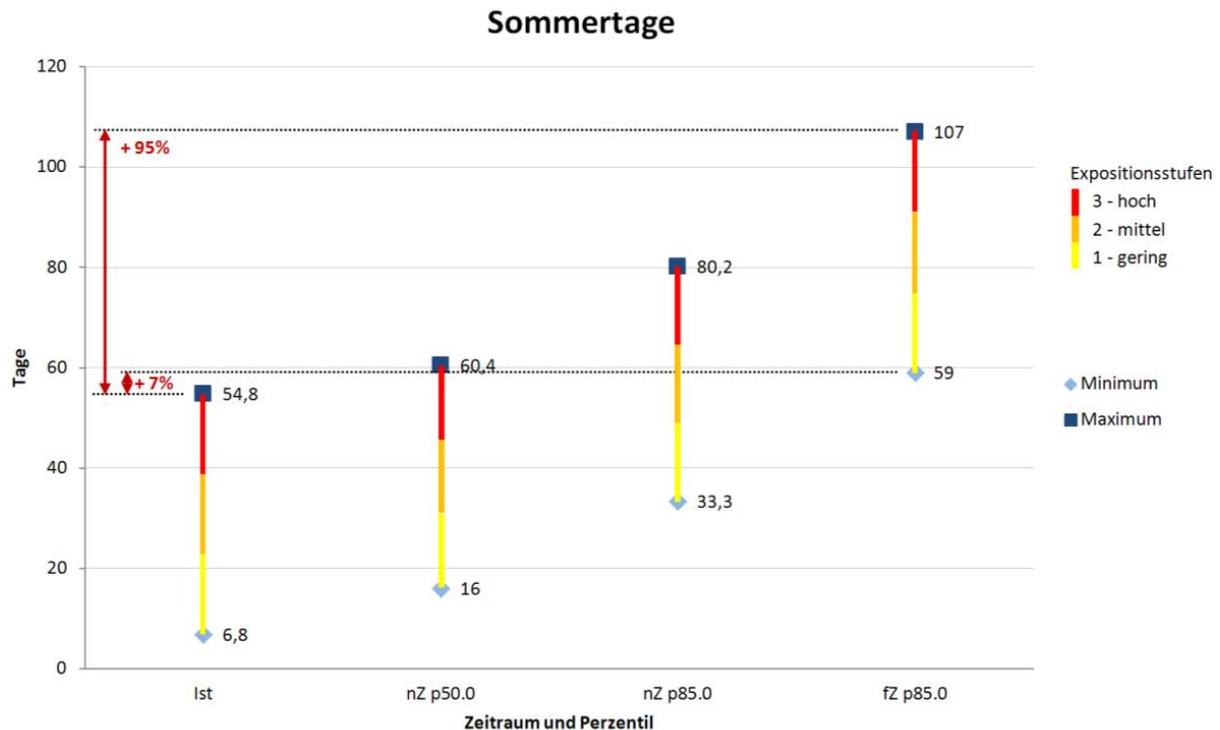


Abb. 20: Entwicklung der Minimum- und Maximumwerte für Anzahl an Sommertagen in Baden-Württemberg für die nahe und ferne Zukunft; eigene Darstellung

Eine höhere Wärmebelastung ist, neben den heißen Tagen, auch in Form einer Zunahme der Sommertage (Temperaturmaximum $\geq 25^{\circ}\text{C}$) zu verzeichnen.

Abbildung 20 zeigt die Entwicklung der Minimum- und Maximumwerte für den Klimafaktor Sommertage für die Ist-Werte (1971-2000) sowie die drei Betrachtungsfälle, für die im Rahmen dieses Gutachtens potenzielle Vulnerabilitäten ermittelt wurden. Dabei ist zu erkennen, dass sich in der nahen Zukunft eine Erhöhung von 5,6 Tagen für das Maximum der absoluten Belastungen ergibt, was in Anbetracht der bisherigen Maximalwerte (54,8 Tage) als moderat bezeichnet werden kann. Das Minimum erhöht sich dagegen deutlich, die Steigerung von bisher 6,8 auf dann 16 Tage stellt mehr als eine Verdopplung des Minimalwerts dar. Dies führt dazu, dass ein relativ (im Vergleich zu den anderen Kreisen) gering belasteter Kreis (Stufe 1) in der nahen Zukunft eine Exposition erfährt, die im Vergleich zur bisherigen deutlich höher ausfällt (siehe dazu auch Zeile d in Tab. 5).

Langfristig hingegen fällt die Veränderung bei der Anzahl der Sommertage insgesamt deutlich aus, auch wenn das Minimum für das 85. Perzentil der fernen Zukunft (fZ p85.0) nur unmerklich (7 %) über dem Maximum des Ist-Werts liegt. Für die zweite Jahrhunderthälfte ist

eine Dynamik der Klimaveränderung zu erwarten, die für den »worst case« (fZ p85.0) zu einer Erhöhung des Maximums der Anzahl Sommertage um 95 % (von 54,8 auf 107 Tage) führen kann.

Auch hier zeigt die Abbildung 20 die gesonderten dreistufigen Expositions-Skalen für jeden der drei Betrachtungsfälle (siehe dazu auch Kap. 3.1.4).

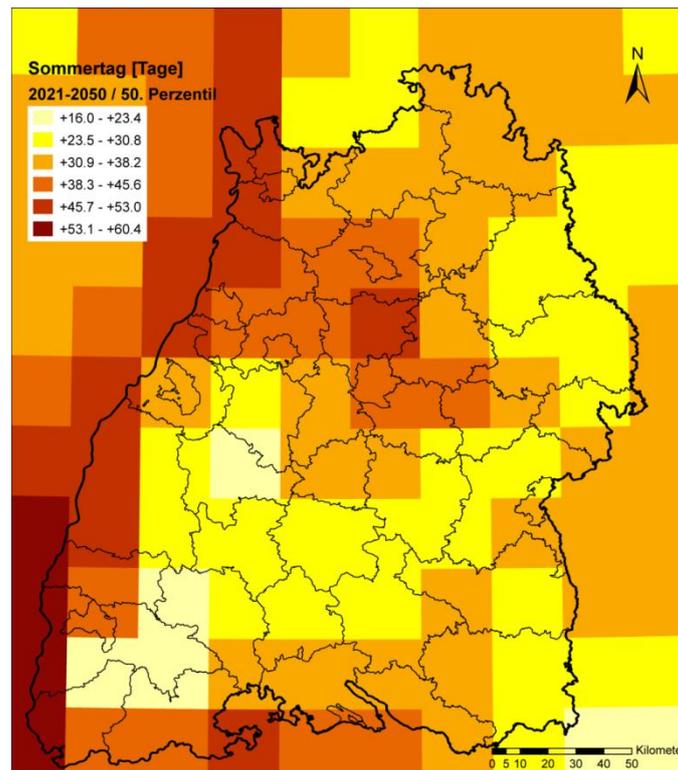


Abb. 21: Median der Anzahl an Sommertagen in Baden-Württemberg in der nahen Zukunft; Darstellung im 25x25-km-Raster; Umriss der Kreise hinterlegt; eigene Darstellung auf Datenbasis LUBW

Abbildung 21 zeigt die räumliche Verteilung der Anzahl an Sommertagen in Baden-Württemberg in Form des 25x25-km-Rasters. Auch hier zeigen sich vor allem aufgrund der unterschiedlichen Höhenlagen ähnliche Belastungsverteilungen wie bei den vorherigen Klimafaktoren (Heiße Tage; Hitzeperioden-Tage). Allerdings lässt sich für die Sommertage eine Tendenz hin zur Mitte der Skala feststellen, das heißt es gibt weniger sehr hoch oder nur sehr gering belastete Rasterfelder und dafür mehr Felder mit einer mittleren Belastung.

2.3.4 Veränderung des Klimafaktors »Kühlgradtage«

Nachfolgend werden die Veränderungen für den Klimafaktor Kühlgradtage nach dem unter 2.3 beschriebenen Schema dargestellt und erläutert.

Tab. 6: Entwicklung der Anzahl an Kühlgradtagen;

Legende: nZ = nahe Zukunft 2021-2050; fZ = ferne Zukunft 2071-2100; p50.0 = Median = 50. Perzentil; p85.0 = 85. Perzentil; *¹ bezogen auf den Ist-Wert

	Kühlgradtage (Kelvin*Tage)	Ist	nZ p50.0	nZ p85.0	fZ p85.0
a	Bandbreite der Exposition	19,7-200,7	54,0-258,1	118,8-418,5	297,1-767,9
b	Expositionsstufe 1	19,7-80	54,0-122	118,8-218,7	297,1-454,1
	Expositionsstufe 2	80,1-140,4	122,1-190,1	218,8-318,6	454,2-611,0
	Expositionsstufe 3	140,5-200,7	190,2-258,1	318,7-418,5	611,1-767,9
c	Umfang der Exposition	181	204,1	299,7	470,8
d	Steigerung des Minimums in absoluten Tagen* ¹		34,3	99,1	277,4
	Steigerung des Maximums in absoluten Tagen* ¹		57,4	217,8	567,2
e	Minimum als X % des Ist-Minimums* ¹		274%	603%	1508%
	Maximum als Y % des Ist-Maximums* ¹		129%	209%	383%

Die stärkere Wärmebelastung infolge der Klimaveränderung macht sich auch in Form einer Zunahme der Kühlgradtage bemerkbar (siehe Tab. 6 und Abb. 22). Für die Ermittlung der Kühlgradtage wird an allen Kühltagen (den Tagen, an denen die Lufttemperatur den gewählten Basiswert der Lufttemperatur von 18,3 °C überschreitet) die Differenz aus dem Basiswert und dem Temperatur-Mittelwert des Tages berechnet. Die Temperaturdifferenzen werden für alle Kühltage aufaddiert, dadurch ergibt sich die Einheit [Kelvin*Tage]. Mittels der Kühlgradtage kann (indirekt) der Kühlbedarf von Gebäuden und sonstigen Anlagen abgebildet werden, wobei keine Aussage darüber möglich ist, an wie vielen Tagen Kühlung notwendig ist. In Anbetracht der zuvor erläuterten Zunahme an Sommertagen und heißen Tagen ist aber sowohl mit einem häufigeren Kühlbedarf als auch der Zunahme der Kühllast zu rechnen. Einfach gesagt: Es muss häufiger, mehr und stärker gekühlt werden. Aufgrund

der negativen Effekte der Abwärme von Klimaanlage für das Mikroklima könnte der Anpassungsdruck dadurch noch erhöht werden; zudem ist ein steigender Kühlbedarf angesichts des Energieverbrauchs (vor allem bei konventionellen Anlagen) auch im Hinblick auf den Klimaschutz kritisch zu sehen. In den Stadtkreisen, aber auch in Kommunen mit hoher städtischer Dichte, kann der urbane Wärmeinseleffekt die lokale Belastung noch weiter erhöhen, so dass Spitzenlasten und Dauer der Kühlung die projizierten Werte lokal übertreffen könnten.

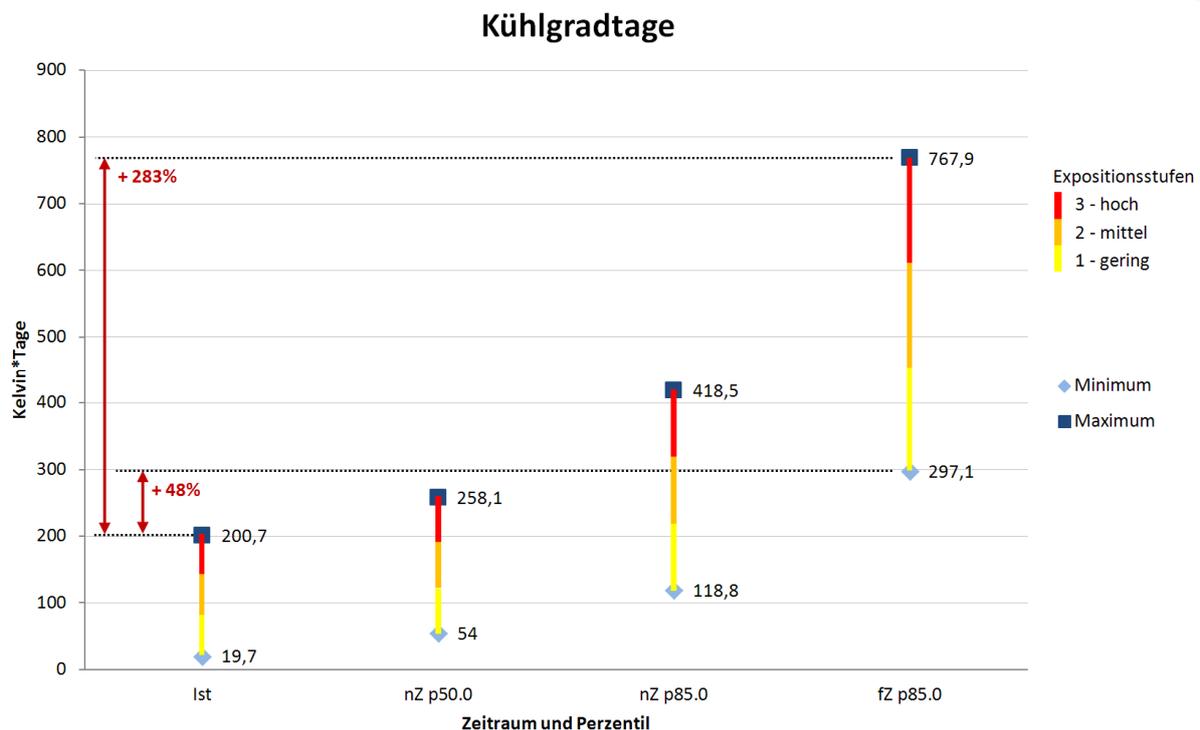


Abb. 22.: Entwicklung der Minimum- und Maximumwerte für Anzahl an Kühlgradtagen in Baden-Württemberg für die nahe und ferne Zukunft; eigene Darstellung

Abbildung 22 zeigt die Entwicklung der Minimum- und Maximumwerte für den Klimafaktor Kühlgradtage [Kelvin*Tage] für die Ist-Werte (1971-2000) sowie die drei Betrachtungsfälle dieses Gutachtens. Dabei ist zu erkennen, dass sich für das Minimum in der nahen Zukunft eine deutliche Erhöhung um 34,3 Kühlgradtage (von 19,7 auf 54 Kühlgradtage; entspricht Zunahme auf 274 % des Ist-Werts) der absoluten Belastungen ergibt und für das Maximum um 57,4 Kühlgradtage (von 200,7 auf 258,1; entspricht einer Zunahme auf 129 % des Ist-Werts) (siehe dazu auch Zeile d in Tab. 6). Somit steigt auch in den Kreisen, die im Vergleich mit anderen eine geringe Exposition (Stufe 1) aufweisen, der tatsächliche Kühlbedarf

gemessen an den bisherigen Bedarfen. Langfristig zeichnet sich eine sehr starke Zunahme der Kühlgradtage ab, infolge derer das Minimum für das 85. Perzentil der fernen Zukunft (fZ p85.0) deutlich (48 %) über dem Maximum des Ist-Werts und auch über dem Maximum für das 50. Perzentil der nahen Zukunft (nZ p50.0) liegt. Es ist also für die zweite Jahrhunderthälfte eine Dynamik der Klimaveränderung zu erwarten, die für den »worst case« (fZ p85.0) zu einer Erhöhung des Maximums der Anzahl der Kühlgradtage um 283 % (von 200,7 auf 767,9 Kühlgradtage) führen kann.

Wie für die anderen Klimafaktoren wurden auch hier für die drei Betrachtungsfälle jeweils eigene Skalen mit je drei Stufen gebildet (siehe auch Abb. 22 sowie Kap. 3.1.4).

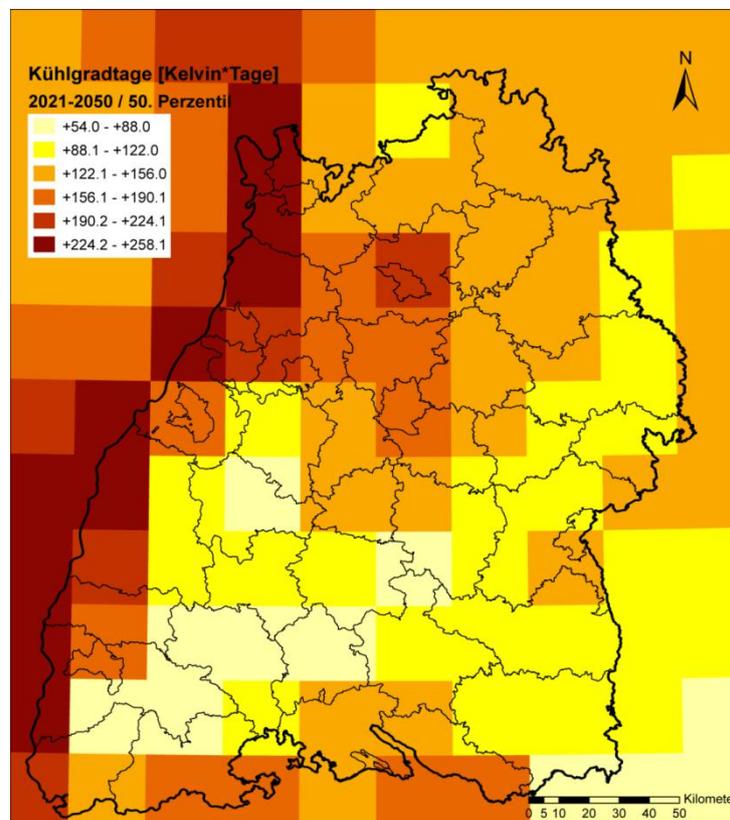


Abb. 23: Median der Anzahl an Kühlgradtagen in Baden-Württemberg in der nahen Zukunft; Darstellung im 25x25km-Raster; Umrisse der Kreise hinterlegt; eigene Darstellung auf Datenbasis LUBW

Abbildung 23 zeigt die räumliche Verteilung der Kühlgradtage in Baden-Württemberg in Form des 25x25-km-Rasters. Auch hier zeigen sich vor allem aufgrund der unterschiedlichen

Höhenlagen ähnliche Belastungsverteilungen wie bei den zuvor erläuterten Klimafaktoren (Heiße Tage; Hitzeperioden-Tage; Sommertage).

2.4 Kernaussagen

Im Mittelpunkt des Gutachtens stehen die Wirkfolgen zunehmender Hitzebelastung und daraus resultierende raumrelevante Problemlagen.

Zur Ermittlung der Expositionen (klimatische Belastung) der einzelnen Stadt- und Landkreise wurden dementsprechend vier temperaturbezogene Klimafaktoren ausgewählt:

- Heiße Tage
- Hitzeperioden-Tage
- Sommertage
- Kühlgradtage

Für die Veränderungen dieser Faktoren ist festzuhalten:

- Für den Median (p50.0) der nahen Zukunft (2021-2050) ist mit unterschiedlichen, meist jedoch moderaten Veränderungen der *einzelnen* Klimafaktoren zu rechnen. In Teilräumen können jedoch – je nach örtlichen Begebenheiten – auch schon in der nahen Zukunft deutlich höhere Belastungen als bisher bekannt auftreten, unter anderem aufgrund einer Erhöhung der Minimalwerte; ebenso können sich aus der *Überlagerung* einzelner Faktoren deutlich höhere Belastungen ergeben.
- Für den »worst case« des 85. Perzentils (p85.0) in der fernen Zukunft (2071-2100) ist in nahezu allen Landesteilen mit einer sehr starken Zunahme der klimatischen Belastung zu rechnen.

Was die räumliche Verteilung angeht, sind vergleichsweise hohe Belastungen vor allem in den tiefer gelegenen und/oder verdichteten Räumen Baden-Württembergs (insbesondere Rheinebene und Neckarbecken) zu erwarten.

3. Vulnerabilitätsanalyse

Weltweit werden die Regionen unterschiedlich stark von den Auswirkungen des Klimawandels und der damit einhergehenden Häufung von Extremwetterereignissen wie Starkregen, Hochwasser, Stürme und Hitzewellen etc. betroffen sein (vgl. IPCC-Bericht 2007). Generell ist für dicht besiedelte und wirtschaftsstarke Agglomerationen wie auch für strukturschwache ländlich geprägte Räume mit Schäden und volkswirtschaftlichen Verlusten zu rechnen (vgl. Stern 2006; Fahl et al. 2005). Dabei entsteht nicht nur aus der zu erwartenden Zunahme extremer Wetterereignisse ein Handlungsbedarf. Vielmehr wird auch die graduelle Klimaänderung in Form des Anstiegs der Durchschnittstemperatur und der Anzahl heißer Tage und Sommertage sowie sich verändernder Niederschlagsverhältnisse nicht zu unterschätzende Folgen auf Wirtschaft und Gesellschaft haben (vgl. UBA 2006; UBA 2005) und die Entwicklung von Anpassungsstrategien notwendig machen.

Grundlage einer wirksamen Anpassungsstrategie ist die Ermittlung zukünftiger Betroffenheiten mittels einer Vulnerabilitätsanalyse.

3.1 Methodische Grundlagen der Vulnerabilitätsanalyse

Die Ergebnisse der Vulnerabilitätsermittlung für Baden-Württemberg werden ab Kapitel 3.4.2 vorgestellt. Im Vorlauf dazu folgen einige grundlegende methodische Anmerkungen. Zur besseren Einordnung der Ergebnisse sei darauf hingewiesen, dass eine Beschränkung auf die Lektüre einzelner Abschnitte der Vulnerabilitätsanalyse oder von Steckbriefen einzelner Stadt- und/oder Landkreise (siehe dazu gesondertes Dokument »Steckbriefe«) leicht zu Fehlinterpretationen und Missverständnissen führen kann. Es wird daher dringend angeraten, die Lektüre der methodischen Grundlagen in den nachfolgenden Kapiteln vorzuschalten. Ein kompakter Überblick über das methodische Vorgehen, der die wesentlichen Punkte der folgenden Kapitel bündelt, findet sich zudem in Kapitel 3.4.1.

3.1.1 Aufbau einer Vulnerabilitätsanalyse allgemein

Eine Vulnerabilitätsanalyse bestimmt für ein klimasensitives System dessen Betroffenheit anhand dreier Faktoren (siehe auch Abb. 24):

- Erstens der Art, Größenordnung (Ausmaß) und Rate (Geschwindigkeit) des Klimastimulus (klimainduzierte Veränderung), auch Exposition genannt.

- Zweitens der Sensitivität (systemspezifische Empfindlichkeit, auch Anfälligkeit genannt) des Systems oder Objekts der Betrachtung (z.B. von hitzesensitiven Personengruppen oder baulichen Anlagen).
- Drittens der Anpassungskapazität (»Adaptive Capacity«) des betrachteten Systems oder Objekts, zum Teil in Form zivilisatorischer Einflüsse, wie zum Beispiel der räumlichen Planung (vgl. Storck 2009,99; Heiland et al. 2012,45).

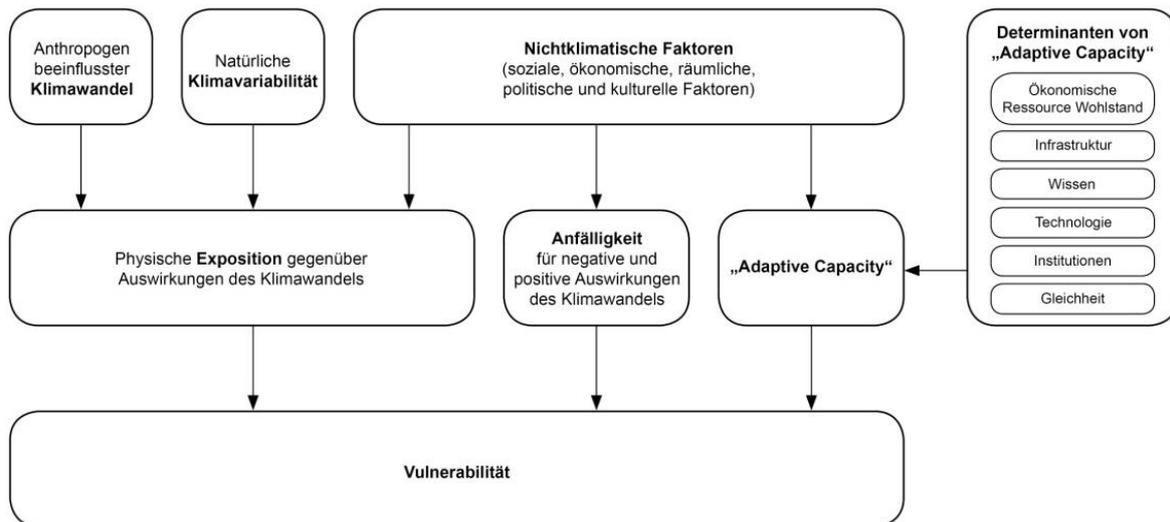


Abb. 24: Komponenten einer Vulnerabilitätsanalyse;

Quelle: Frommer, B. 2009: Handlungs- und Steuerungsfähigkeit von Städten und Regionen im Klimawandel. Der Beitrag strategischer Planung zur Erarbeitung und Umsetzung regionaler Anpassungsstrategien; in: Raumforschung und Raumordnung; 2009, 2; 131

3.1.2 Die potenzielle Vulnerabilität

Wie unter 3.1.1 erläutert und in Abbildung 24 dargestellt, beinhaltet eine Vulnerabilitätsanalyse im Regelfall neben den Faktoren Exposition und Sensitivität (Anfälligkeit) auch die Anpassungskapazität. Deren Ermittlung ist einer von drei »Bausteinen« einer Vulnerabilitätsanalyse. Die Anpassungskapazität gibt Aufschluss darüber, in welchem Maße ein System gegen (zumeist negative) Klimafolgwirkungen gewappnet ist. Eine kritische Sondierung einschlägiger methodischer Grundlagenliteratur sowie der bisherigen Handhabung des Konzepts der Anpassungskapazität in der Praxis zeigen jedoch: Sowohl konzeptionell als auch im Hinblick auf die Durchführung konkreter Analysen der Anpassungskapazität ist eine Reihe von Defiziten zu verzeichnen, die einer zuverlässigen Bestimmung vorhandener Anpassungskapazitäten und dem daraus

resultierenden künftigen Handlungsbedarf zur Klimaanpassung entgegensteht. Hierbei wären beispielsweise zu nennen: a) es wird nicht hinreichend zwischen Maßnahmen zur Anpassung und solchen zur Erhöhung der Anpassungskapazität unterschieden; b) über die für eine Bestimmung der Anpassungskapazität zu betrachtenden Determinanten und passende Indikatoren besteht keine Einigkeit. Mehr zu den Defiziten in Teil B im Abschnitt 7.1.

Im Rahmen des vorliegenden Gutachtens wurde aufgrund der methodischen Schwächen des Konzepts der Anpassungskapazität auf deren Bestimmung verzichtet. Damit erfolgt die Bestimmung der Betroffenheiten der Stadt- und Landkreise Baden-Württembergs nur durch eine Verschneidung von Exposition und Sensitivität zur Ermittlung der sogenannten potenziellen Vulnerabilität (siehe auch nachfolgende Abb. 25).

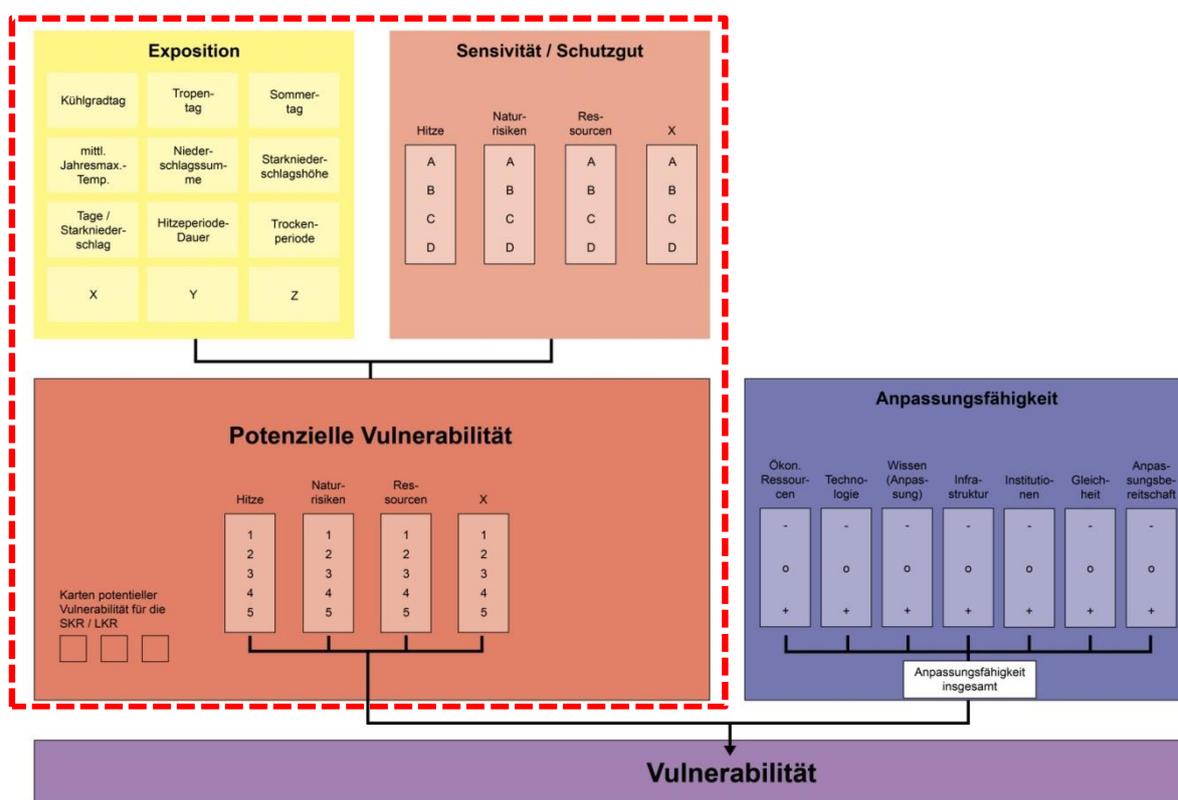


Abb. 25: Schema zur Ermittlung der Vulnerabilität; eigene Darstellung in Anlehnung an Greiving, S.; Lindner, C.; Lückenkötter, J.; Flex, F. 2012: Räumliche Auswirkungen des Klimawandels in Europa; in: RaumPlanung; 165, 6-2012; 16; modifiziert

Für die langfristig anzustrebende Ermittlung der Vulnerabilität ist entsprechende Forschung zum Konzept der Anpassungskapazität und dessen Anwendbarkeit in der Praxis notwendig.

3.1.3 Betrachtete Zeiträume

Das Fachgutachten betrachtet, wie schon zuvor unter 2.3 erwähnt, die Veränderungen für zwei Zeiträume: Für die nahe Zukunft (nZ = 2021-2050) und die ferne Zukunft (fZ = 2071-2100). Für beide Zukünfte sollten ursprünglich der Median (p50.0) und das 85. Perzentil (p85.0) und damit insgesamt vier Fälle betrachtet werden. Für zwei dieser vier Betrachtungsfälle ergeben sich indes folgende Einschränkungen:

- Der Median (p50.0) fällt für die ferne Zukunft (2071-2100) aus der Betrachtung heraus, da die im Rahmen dieses Gutachtens zur Verfügung stehenden Daten, vor allem auf Seiten der sensitiven Systeme, es kaum zulassen, die entsprechenden Vulnerabilitäten zu überprüfen. In vielen Fällen liegen die betreffenden Daten in der notwendigen räumlichen Differenzierung bisher nicht vor, so zum Beispiel zu bestimmten Gebäudetypologien und/oder Baujahren, bei denen aufgrund ihrer Bauweise von einer besonders hohen Hitzebelastung für die Nutzer auszugehen ist.
- Für das 85. Perzentil der fernen Zukunft (2071-2100) können im Hinblick auf die potenzielle Vulnerabilität nur Aussagen über Entwicklungstendenzen getroffen werden, da zwar die Qualität der Klimakennwerte (Klima- und Richtungssignale) belastbare Aussagen zulässt, die Entwicklungen in relevanten Bereichen der Sensitivität (z.B. Wirtschaftsleistung, Flächenversiegelung, Bevölkerungsstruktur, Grünflächen etc.) aber nur unzureichend prognostiziert sind. Was von den langfristig deutlich zunehmenden Klimaveränderungen also wirklich an Belastungen verursacht werden wird, kann nicht im selben Maße bzw. mit derselben Zuverlässigkeit wie für die nahe Zukunft ermittelt werden.

Somit verbleiben für dieses Gutachten drei Betrachtungsfälle: Für die nahe Zukunft (2021-2050) das 50. und 85. Perzentil sowie für die ferne Zukunft (2071-2100) das 85. Perzentil, wobei sich für den letztgenannten Fall, wie oben dargelegt, nur Tendenzen aufzeigen lassen.

3.1.4 Relative potenzielle Vulnerabilitäten und getrennte Betrachtung der Stadt- und Landkreise

Bei der nachfolgenden Vulnerabilitätsanalyse für Baden-Württemberg (siehe Kap. 3.4) wurde für die oben genannten Betrachtungsfälle eine Einstufung der Kreise *relativ zueinander*

vorgenommen. Dies bedeutet, dass für die Bestimmung der Sensitivität und der Klimaexposition jeweils Skalen zugrunde gelegt wurden, welche die Bandbreite der absoluten Werte der Indikatoren für die Schutzgüter einerseits (z.B. Anzahl der Erwerbstätigen) und Klimafaktoren andererseits (wie sie sich als Folge der Klimaveränderung für jeden der drei Betrachtungsfälle ergeben, siehe Kap. 2.3; z.B. Anzahl der Sommertage) in jeweils drei gleiche Stufen (1-2-3, gering-mittel-hoch) teilen.

Für die Klimafaktoren gilt: Jeder Kreis wurde anhand seines Mittelwerts – gebildet aus den Flächenanteilen der Raster, die er abdeckt (siehe Kap. 2.2) – einer Stufe zugeordnet. Diese Einstufung wurde für jeden der drei Betrachtungsfälle separat vorgenommen. Die Expositionen und damit die Belastungen steigen für alle Kreise in jedem Betrachtungsfall, aber in jeweils unterschiedlichem Maße. Die Exposition eines Kreises ist deshalb eine Aussage über die klimatische Belastung für jeden Betrachtungsfall in Relation zu den Belastungen aller Kreise. Sie ist keine Aussage zu Dynamik und Umfang der Veränderungen in Bezug auf die Ist-Situation. Die hieraus ggf. resultierenden zusätzlichen Belastungen und Anpassungsbedarfe bleiben somit unberücksichtigt. Die im Rahmen dieses Gutachtens angesetzten Stufen für die Exposition sind demnach keine Aussagen zum Grad der Veränderung im Verhältnis zum »Gewohnten« (zum Beispiel hoch = sehr starke Veränderung). Vielmehr bildet die Exposition die tatsächlichen Belastungen für den jeweiligen Betrachtungsfall ab – unterschieden nach drei Stufen (gering, mittel, hoch) – und macht auf dieser Basis Aussagen zur Belastung der einzelnen Kreise relativ zueinander. So ist etwa für den Betrachtungsfall des Median in der nahen Zukunft die Belastung an heißen Tagen in Baden-Württemberg in drei Stufen eingeteilt, die 1,3 bis 16,7 Tage umfassen. Weißt ein Kreis zum Beispiel einen Mittelwert im unteren Drittel dieses Umfangs auf (z.B. 2,8 Tage), wird er als gering eingestuft. Diese Einstufung erfolgt dabei nicht anhand einer allgemeingültigen Skala, da eine solche nicht existiert, sondern im Verhältnis zur höchstmöglichen Belastung in Baden-Württemberg.

Dabei können sich für einzelne Kreise Sondersituationen ergeben, was die Veränderung der Exposition angeht, die aus der Vulnerabilitätsanalyse nicht hervorgehen. Eine solche ist zum Beispiel, dass ein Kreis in der Stufe 1, der also im Verhältnis zu den anderen Kreisen und gemessen an den absoluten Werten »gering« belastet ist, dennoch eine deutliche *Zunahme* der Belastung (vom Status Quo aus betrachtet) erfahren kann. Ausgehend von einem vergleichsweise sehr niedrigen Ausgangsniveau der Klimabelastung ist in einem solchen Fall ein deutlicher *Anstieg* zu verzeichnen, der aber – absolut gesehen und gemessen an

anderen Kreisen – im Ergebnis immer noch keine hohe Belastung darstellt. Auch hier können Anpassungen notwendig sein, aber eben an eine viel geringer belastende Klimasituation als es bei einem Kreis in der Expositionsstufe 3 »hoch« der Fall ist. Das Beispiel zeigt: Eine Vulnerabilitätsanalyse ist grundsätzlich auf die Bewertung tatsächlicher Belastungen, nicht der Dynamik ausgelegt. Dies bedeutet: Eine Vulnerabilitätsanalyse berücksichtigt die *tatsächlichen* Klimabelastungen infolge der Veränderungen, jedoch nicht den *Grad der Veränderung*.

Für das Verständnis der ermittelten potenziellen Vulnerabilitäten (siehe Kap. 3.4) und zur Vermeidung von Fehlinterpretationen ist eine weitere methodische Anmerkung notwendig: Aufgrund der vorgenommenen relativen und in sich geschlossenen Einstufungen der Klimaveränderungen für den Median und die 85. Perzentile sind keine direkten Vergleiche der Betrachtungsfälle möglich. Für *jeden einzelnen* Betrachtungsfall – vom Median in der nahen Zukunft bis zum 85. Perzentil in der fernen Zukunft – wurde eine eigene Skala mit drei Expositionsstufen angelegt, welche sich aus der jeweiligen Bandbreite (Minimum bis Maximum der Veränderung) ergibt. Mit anderen Worten: Es wurde nicht eine einzige Skala über den Umfang der Veränderung vom Median der nahen Zukunft (Minimum) bis hin zum 85. Perzentil der fernen Zukunft (Maximum) und damit über alle Betrachtungsfälle hinweg gebildet. Der methodische Grund und Vorteil gesonderter Skalen für die jeweiligen Betrachtungsfälle ist, dass nicht erst die maximalen klimatischen Veränderungen des »worst case« (ferne Zukunft, 85. Perzentil) zu einer Eingruppierung in der höchsten Expositionsstufe führen, was bei nur einer Skala über alle Werte vom Median (nZ) bis zum 85. Perzentil (fZ) der Fall wäre (siehe hierzu Teil B, Kap. 5, Abb. 51); zudem wird es erst durch getrennte Skalen möglich, schon für den Median der nahen Zukunft überhaupt Belastungsunterschiede zwischen einzelnen Kreisen aufzeigen zu können, die andernfalls – trotz teilräumlicher Unterschiede – für diesen Betrachtungsfall allesamt als gering belastet einzustufen wären. Indes lässt sich mit dieser Vorgehensweise nicht direkt erkennen, in welchem Ausmaß sich die Belastung vom Median (nZ) hin zum 85. Perzentil (fZ) verändern wird, sondern nur, wie ein Stadt- oder Landkreis relativ zur Gesamtentwicklung in Baden-Württemberg im einzelnen Betrachtungsfall (z.B. Median nahe Zukunft) betroffen sein wird, sprich, ob er im Vergleich zu den anderen Kreisen gering, mittel, oder hoch belastet ist. Ein direkter Vergleich der einzelnen Betrachtungsfälle ist nicht möglich, eine hohe Belastung in der nahen Zukunft ist nicht gleichzusetzen mit einer hohen Belastung in der fernen Zukunft. Das heißt: Wird ein Kreis in einem Betrachtungsfall der nahen Zukunft als hoch belastet (Expositionsstufe 3)

eingestuft und ebenso in der fernen Zukunft, ist er trotz dieser gleichen Einstufung in der fernen Zukunft einer höheren Belastung als in der nahen Zukunft ausgesetzt, wie die Darstellung der Entwicklung der Klimafaktoren in Kapitel 2 deutlich macht.

Anders als bei der Exposition wurden in der Vulnerabilitätsanalyse die Sensitivitäten der Problemlagen getrennt nach Stadt- und Landkreisen ermittelt. Hier käme es andernfalls – bei einer gemeinsamen Betrachtung von Stadt- und Landkreisen – aufgrund von großen Unterschieden in den Daten, die oftmals schlicht aus der Zugehörigkeit zur jeweiligen Kreiskategorie (SKR vs. LKR) resultieren, zu unerwünschten Verzerrungen bei der Einstufung. Um dies zu vermeiden, wurde die Ermittlung der potenziellen Vulnerabilität mittels unterschiedlicher Bezugswerte (absolute Werte vs. Anteile) der Indikatoren für den »Umfang an vorhandenem Schutzgut« vorgenommen (mehr dazu in Teil B, Kap. 7.2).

3.2 Klimawandelbedingte Problemlagen im Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung allgemein

Es lassen sich unterschiedliche raumrelevante Folgen der Klimaveränderungen über bestimmte Wirkpfade (Boden, Wasser, Luft) annehmen (siehe hierzu die Wirkungsketten des Umweltbundesamts, o.J., unveröffentlicht; BMVBS 2010). Jedoch sind nicht alle räumlichen Wirkfolgen auch relevant für die Raumordnung und Bauleitplanung. Dies ist erst dann der Fall, wenn mit Hilfe raumplanerischer Instrumente die negativen Folgen der Klimaveränderung oder deren Eintrittswahrscheinlichkeit reduziert werden können (siehe auch Greiving und Fleischhauer 2008).

Die im Bisherigen schon an kurzen Beispielen exemplarisch beschriebenen Folgen des Klimawandels lassen sich hinsichtlich ihrer Relevanz für die räumliche Planung genauer differenzieren. So hat das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) zusammen mit dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) im Forschungsprogramm »Modellvorhaben der Raumordnung« (MORO) eine systematische Beurteilung von Teilaspekten von Klimaeffekten anhand von drei Kategorien vorgenommen (vgl. BMVBS 2010):

- Relevanz für die Raumordnung
- Relevanz für die Bauleitplanung
- Relevanz für Vorhabengenehmigung

Dabei wurden jene Folgen als relevant für die räumliche Planung eingestuft, die

- räumlich differenziert auftreten, so dass sich
- unterschiedliche Grade der Betroffenheit über Kriterien abgrenzen lassen und
- eine Minimierung der Eintrittswahrscheinlichkeit oder der Folgeschäden mit den Mitteln der räumlichen Planung möglich ist.

Für die unterschiedlichen Ebenen bedeutet dies (vgl. auch BMVBS 2010):

- Raumordnung
Für die Raumordnung sind Wirkfolgen von Bedeutung, wenn sie für die Landes- und Regionalplanung relevant sind. Damit ist gemeint, dass (nach § 3 Abs. 6 ROG) durch Klimafolgen entweder Raum in Anspruch genommen und/oder die Entwicklung oder Funktion eines Teilraums beeinflusst wird. Die so kategorisierten und erfassbaren Anforderungen an den Raum sind gemäß § 1 Abs. 1 Nr. 1 ROG aufeinander abzustimmen, um die jeweils auftretenden Konflikte der beteiligten Planungsebenen auszugleichen. Darüber hinaus ist nach § 1 Abs. 1 Nr. 2 ROG der Raum dabei unter den Aspekten der Vorsorge für einzelne Nutzungen und Funktionen zu behandeln, womit im Sinne einer »nachhaltigen Entwicklung« ein dauerhaft ausbalanciertes Verhältnis der ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Anforderungen an den Lebensraum gewährleistet werden soll. Dies beinhaltet auch die Herstellung und/oder Erhaltung gleichwertiger Lebensverhältnisse in den Teilräumen (§ 1 Abs. 2 ROG).
- Bauleitplanung
Um für die Bauleitplanung von Bedeutung zu sein, muss die Folge einer Klimaveränderung einen Bezug zur Bodennutzung aufweisen (vgl. § 1 Abs. 1 BauGB), das heißt die bauliche oder sonstige Nutzbarkeit des Bodens muss eingeschränkt sein (vgl. § 5 Abs. 3b Nr. 1) und/oder Flächen für Maßnahmen zur Abmilderung oder Kompensation einer Wirkfolge müssen benötigt werden (vgl. § 9 Abs. 1 Nr. 16, 24).
- Vorhabengenehmigung
Als relevant für die Vorhabengenehmigung wird eine Wirkfolge eingestuft, wenn durch ihr Auftreten ein Aspekt der Vorhabengenehmigung (Baugenehmigung, Planfeststellung oder gebundene Zulassungsentscheidungen) zur Reaktion notwendig ist, das heißt Vorsorgemaßnahmen im Bereich von Normen oder Bauordnungen liegen.

Auf Grundlage dieser Überlegungen erstellte das BMVBS (2010) eine Tabelle, die nachfolgend in modifizierter Weise wiedergegeben wird (Tab. 7). Als relevant für das Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung werden dabei diejenigen Klima-Wirkfolgen definiert, die als raumrelevant einzustufen sind und zugleich von der Raumordnung und/oder Bauleitplanung (und/oder in Teilen auch im Rahmen der Vorhabengenehmigung) beeinflussbar sind.

Tabelle 7 diente als Grundlage für die in Kapitel 3.3 vorgenommene Selektion der in diesem Gutachten betrachteten Themenfelder.

Tab. 7: Mögliche Wirkfolgen des Klimawandels und deren Relevanz für das Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung;
Quelle: BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung) (Hrsg.) 2010: Klimawandel als Handlungsfeld der Raumordnung: Ergebnisse der Vorstudie zu den Modelvorhaben
»Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel« (Forschungen Heft 144); 15ff; modifiziert

Mögliche Wirkfolge	Raum-relevant	Fachplanung; andere Zuständige	Raum-ordnung	Bauleit-planung	Vorhaben-genehmigung
Einschränkung der Brauchwasserressourcen	JA	Wasserwirtschaft; Agrarplanung; Energieplanung	JA (z.B. Kühlwasser für Kraftwerke)	BEDINGT	JA (z.B. Vorgaben Kraftwerksbau)
Häufigere Beeinträchtigung / Zerstörung von Infrastruktur (Straßen, Schienen, Leitungen)	JA	Verkehrsplanung; Energieplanung	JA (Trassenführung; Lage kritischer Infrastruktur)	s.l.	JA (z.B. Ansprüche an thermisch-mechanische Belastbarkeit)
Häufigere Hitzeperioden oder Hitzewellen	JA	Gesundheitswesen	JA (z.B. Freihalten überörtlicher Frischluftschneisen)	JA (z.B. Freihalten örtlicher Grünbereiche)	JA (z.B. Baunormen Wärmedämmung, Infragestellung aktueller Architekturen)
Häufigere Starkregenereignisse und Sturzfluten	JA	Wasserwirtschaft (inkl. Tiefbau bei Fragen der Entwässerung)	JA (z.B. Ausweisung von Überschwemmungsgebieten)	JA	JA (z.B. Dimensionierung von Kanalisation und Abläufen, Rückschlagventil, Rückhaltebecken)
Häufigere und höhere Sturmflutwasserstände	JA	Küstenschutzplanung	JA	JA	JA
Schmelzen von Gletschern und permanenten	JA	Wasserwirtschaft; Landschaftsplanung	NEIN	NEIN	BEDINGT

Mögliche Wirkfolge	Raum-relevant	Fachplanung; andere Zuständige	Raum-ordnung	Bauleit-planung	Vorhaben-genehmigung
Schneefeldern					
Steigende Durchschnittstemperaturen	NEIN				
Steigende Gefahr gravitativer Massenbewegungen	JA	Geologische Dienste; Forstplanung	JA (z.B. Ausweisung von Vorbehaltsgebieten)	JA (schränkt z.B. Bebaubarkeit mancher Gebiete ein)	JA (z.B. Gründung von Gebäuden anpassen)
Steigende Gefahr von meteorologischen Dürren	JA (über informelle Instrumente)	Forstplanung; Wasserwirtschaft; Agrarplanung; Landschaftsplanung	JA	NEIN	NEIN
Steigende Gefahr von Stürmen	JA	Forstplanung	NEIN	BEDINGT (z.B. Normen für Dachlasten, Sicherung Solarkollektoren)	BEDINGT (z.B. Anpassung der Normen für Windlasten)
Steigende Gefahr von vektorübertragenen Krankheiten und verändertes Auftreten von Luftallergenen	BEDINGT	Gesundheitswesen	NEIN	NEIN	NEIN
Steigende Gefährdung der Artenvielfalt	JA	Landschaftsplanung; Naturschutz	JA (z.B. regionale Grünzüge, Biotopverbundsysteme)	JA (z.B. Schutzgebietsausweisungen)	JA
Steigende Waldbrandgefahr	JA	Forstplanung; Landschaftsplanung	JA	JA (z.B. Sicherheitsabstände zu Wäldern, Steuerung der Erholungsnutzung, Anlagen zur Brandbekämpfung)	BEDINGT
Steigender Meeresspiegel	BEDINGT	Küstenschutzplanung	BEDINGT	BEDINGT	BEDINGT
Veränderte Anfälligkeit gegenüber	JA	Agrarplanung;	NEIN	NEIN	NEIN

Mögliche Wirkfolge	Raum-relevant	Fachplanung; andere Zuständige	Raum-ordnung	Bauleit-planung	Vorhaben-genehmigung
herkömmlichen Schadorganismen		Forstplanung			
Veränderte Frostgefährdung	JA	Agrarplanung; Verkehrsplanung	BEDINGT	NEIN	NEIN
Veränderung der Quantität an Schnee	JA	Tourismus	BEDINGT (z.B. Tourismusgebiete)	BEDINGT	BEDINGT (z.B. Normen für Schneelasten)
Veränderung des biotischen Ertragspotenzials	JA	Agrarplanung; Forstplanung	BEDINGT	BEDINGT	NEIN
Veränderung von Frequenz und Stärke von Flusshochwässern	JA	Wasserwirtschaft; Verkehrsplanung; Landschaftsplanung	JA (z.B. Überschwemmungsgebiete)	JA (z.B. Überschwemmungsgebiete)	JA (z.B. Hochwasserschutzeinrichtungen)
Verminderung des Selbstreinigungsvermögens von Gewässern	BEDINGT		NEIN	NEIN	BEDINGT
Verringerte Schiffbarkeit der Wasserstraßen	JA	Verkehrsplanung; Wasserwirtschaft	NEIN	BEDINGT	BEDINGT
Verschiebung der Jahreszeiten	NEIN				
Verschiebung von Anbau- und Vegetationszonen	JA	Agrarplanung; Forstplanung; Landschaftsplanung	BEDINGT	BEDINGT	NEIN
Verstärkte Ausbreitung und verbesserte Anbaubedingungen für wärmeliebende Arten	JA	Agrarplanung; Forstplanung; Landschaftsplanung	NEIN	NEIN	NEIN
Zunehmende Schwankungen des Grundwasserspiegels	JA	Wasserwirtschaft; Agrarplanung; Forstplanung; Landschaftsplanung	JA	JA	JA (z.B. Abdichtung von Kellern)
Zunehmender CO ₂ -Düngeeffekt	NEIN	Agrarplanung; Forstplanung	NEIN	NEIN	NEIN
Zunehmender Verlust des Oberbodens durch Wassererosion	JA	Agrarplanung; Forstplanung; Landschaftsplanung	JA	BEDINGT	NEIN
Zuwanderung von	NEIN				

Mögliche Wirkfolge	Raum-relevant	Fachplanung; andere Zuständige	Raum-ordnung	Bauleit-planung	Vorhaben-genehmigung
Klimafüchtlingen					

Da Vulnerabilitäten räumlich selten mit Verwaltungsgrenzen übereinstimmen, stellt bei der Vulnerabilitätsanalyse sowie der Erarbeitung und Umsetzung von Lösungen die Betrachtung und Kommunikation zwischen regionaler und kommunaler Ebene eine wesentliche Herausforderung für die Klimaanpassung dar. Erfahrungen in Regionen im »KlimaMORO« (Modellvorhaben »Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel«, BMVBS) zeigen, dass die Regionalplanung einen wichtigen Ansprechpartner für die Kommunen darstellt, was geeignete Methoden und Daten, aber auch die Organisation von Governance-Prozessen und die formale Steuerung angeht (vgl. Riegel et al. 2011,51).

3.3 Selektion von Problemlagen für die weitere Betrachtung im Rahmen dieses Gutachtens

Für dieses Gutachten wurde, ausgehend von der Sammlung in Tabelle 7, die Anzahl der betrachteten Problemlagen aus folgenden Gründen reduziert:

- In einigen Bereichen hat die Stadt- und/oder Raumplanung *keinen direkten Einfluss*.
- Einige Problemlagen werden *von anderen Fachgutachtern* bearbeitet; entsprechende Hinweise hierzu sind vermerkt.
- Die Problemlagen sind *nicht von gleicher Dringlichkeit*, so dass bei begrenzten Mitteln und unterschiedlicher Stärke der Klimaveränderungen ein Fokus gesetzt werden sollte.
- Manche Themen haben für *Baden-Württemberg keine Bedeutung* (z.B. Küstenschutz).
- Die *Zuständigkeit liegt beim Bund* und nicht auf Landesebene (z.B. Autobahnen oder Schiffbarkeit von Bundeswasserstraßen).
- Für manche Problemlagen *fehlen Daten zur Sensitivität* (z.B. flächendeckend für Baden-Württemberg zu Gebäudetypologien und technischer Ausstattung von Gebäuden, Alter der Bausubstanz, Anteil einzelner Altersgruppen an den jeweiligen Wirtschaftssektoren (primär, sekundär, tertiär)).

- Die vorhandenen *Klimaprojektionen sind teilweise nicht ausreichend belastbar* (z.B. Niederschlag).
- Die vorhandenen *Klimaprojektionen weisen keine Veränderung aus* (z.B. für die Windgeschwindigkeiten und die Zunahme von Starkwindereignissen).
- Für manche Themen ist die *Auflösung der Klimaprojektionen im Raster von 25x25 km zu grob*, um Handlungsempfehlungen ableiten zu können.
- Es *fehlen räumlich aufgelöste Erkenntnisse* zu Wirkfolgen und Zusammenhängen, (z.B. zum Umfang der Grundwasserschwankungen).
- Es *fehlen flächendeckende Untersuchungen und damit Modelle bzw. Risikokarten* für eine landesweite Betrachtung (z.B. zu Risiken von Erdbeben).
- Das *Fehlen von räumlich aufgelösten Klimafaktoren* (z.B. Hagel).
- etc.

Diese Einschränkungen führten unter anderem zum Ausschluss jener Problemlagen, die auf den Klimafaktoren »Niederschlag« (Stichwort Überflutung/Hochwasser) und »Wind« (Stichwort Sturmschäden) beruhen. Zwar werden in diesem Gutachten für den Bereich Niederschlag und damit verbundene Wirkfolgen mögliche Anpassungsmaßnahmen benannt (siehe gesondertes Dokument »Maßnahmenformblätter«). Auf eine Bestimmung der potenziellen Vulnerabilitäten wurde aber nicht zuletzt auch im Hinblick auf das Vorhandensein des Gutachtens »Wasserhaushalt« verzichtet.

Die Ermittlung der potenziellen Vulnerabilitäten für die Stadt- und Raumplanung fokussiert sich deshalb auf eine (inhaltlich und methodisch fundierte) Auswahl von Problemlagen die vorrangig Folgen einer zunehmenden Hitzebelastung sind.

3.4 Ermittlung und Darstellung potenzieller Vulnerabilitäten für Baden-Württemberg

Von den im Abschnitt »Klimawandelbedingte Problemlagen in der Stadt- und Raumplanung allgemein« (3.2) vorgestellten Gefährdungen infolge des Klimawandels blieben nach der Selektion zwölf Problemlagen (auch Themenfelder genannt) übrig, die Tabelle 8 zu entnehmen sind. Diese Problemlagen lassen sich vier Gruppen von Schutzgütern zuordnen:

- 1 - Mensch
- 2 - Wirtschaft
- 3 - Bauliche Umwelt (Gebäude und Verkehrsinfrastruktur)
- 4 - Siedlungsgrün

Für die zwölf Problemlagen wurden zur Ermittlung der potenziellen Vulnerabilitäten, also der reinen Betroffenheiten ohne Berücksichtigung vorhandener Anpassungskapazitäten (siehe dazu Kap. 3.1.2), jeweils spezifische Indikatoren für die Sensitivität sowie für die Klimafaktoren (Exposition) bestimmt. Dieses Vorgehen entspricht den gängigen Verfahren zur Bestimmung von Vulnerabilitäten (siehe unter anderem Frommer 2009; IPCC 2007; Stock et al. 2009; Blättner et al. 2010; siehe auch Kap. 3.1.1). Tabelle 8 gibt einen Überblick, welche Indikatoren und Klimafaktoren für die Problemlagen (Themenfelder 1 bis 12) ausgewählt wurden.

Tab. 8: Ausgewählte Problemfelder mit Indikatoren für SKR/LKR und Klimafaktoren

Nr.	Themenfeld	Indikatoren für die Sensitivität		Klimafaktoren
		SKR	LKR	
Schutzgut Mensch				
1	Sterberisiko der über 75-Jährigen	(1) Anzahl Personen älter als 75 Jahre in 2030 (2) Siedlungsdichte (Einwohner je km ² Siedlungs- und Verkehrsfläche)		(1) Heiße Tage (2) Hitzeperioden-Tage
2	Gesundheitsschäden bei Personen mit Vorbelastung	Anzahl pflegebedürftiger Personen (Pflegestufen 1-3)		Sommertage
Schutzgut Wirtschaft				
Nr.	Themenfeld	Indikatoren für die Sensitivität		Klimafaktoren
		SKR	LKR	
3	Gesundheitsschäden für unter 5-Jährige	Anzahl Personen jünger als 5 Jahre		Sommertage
4	Leicht eingeschränkte Leistungsfähigkeit von Erwerbstätigen im tertiären Sektor	%-Anteil Erwerbstätiger im tertiären Sektor an allen Erwerbstätigen	Anzahl Erwerbstätiger im tertiären Sektor	Sommertage (1) Heiße Tage (2) Hitzeperioden-Tage
5	Leicht eingeschränkte Leistungsfähigkeit von Erwerbstätigen im sekundären Sektor	%-Anteil Erwerbstätiger im sekundären Sektor an allen Erwerbstätigen	Anzahl Erwerbstätiger im sekundären Sektor	
6	Stark eingeschränkte Leistungsfähigkeit von Erwerbstätigen im tertiären Sektor	%-Anteil Erwerbstätiger im tertiären Sektor an allen Erwerbstätigen	Anzahl Erwerbstätiger im tertiären Sektor	
7	Stark eingeschränkte	%-Anteil Erwerbstätiger	Anzahl Erwerbstätiger	

Nr.	Themenfeld	Indikatoren für die Sensitivität		Klimafaktoren
		SKR	LKR	
	Leistungsfähigkeit von Erwerbstätigen im sekundären Sektor	im sekundären Sektor an allen Erwerbstätigen	im sekundären Sektor	

Schutzgut bauliche Umwelt (Gebäude und Verkehrsinfrastruktur)

8	Schäden an Gebäuden	%-Anteil der Gebäude- und Freifläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche	Gebäude-/Freifläche absolut	(1) Heiße Tage (2) Hitzeperioden-Tage
9	Bedarf zur Gebäudekühlung im tertiären Sektor	%-Anteil Erwerbstätiger im tertiären Sektor an allen Erwerbstätigen	Anzahl Erwerbstätiger im tertiären Sektor	Kühlgradtage
10	Bedarf zur Gebäudekühlung im sekundären Sektor	%-Anteil Erwerbstätiger im sekundären Sektor an allen Erwerbstätigen	Anzahl Erwerbstätiger im sekundären Sektor	
11	Schädigung von Verkehrswegen	%-Anteil der Verkehrsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche	Verkehrsfläche absolut	(1) Heiße Tage (2) Hitzeperioden-Tage

Schutzgut Siedlungsgrün

12	Schädigung von Erholungsflächen	%-Anteil der Erholungsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche	Erholungsfläche absolut	(1) Heiße Tage (2) Hitzeperioden-Tage
----	---------------------------------	---	-------------------------	--

Die Datengrundlagen basieren im Wesentlichen auf Daten des Statistischen Landesamts Baden-Württemberg sowie Datensätzen des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BSR); siehe dazu Tabelle 20 in Teil B, Kapitel 11.1.

Den ab Kapitel 3.4.2 vorgestellten Ergebnissen der Vulnerabilitätsanalyse zu den vier Schutzgütern und zwölf Themenfeldern (siehe Tab. 8) vorausgreifend lässt sich zusammenfassend Folgendes zum Betrachtungsfall der nahen Zukunft (2021-2050; p50.0) festhalten: Es ist zu erwarten, dass sich durch die Zunahme der temperaturbezogenen klimatischen Exposition (z.B. mehr heiße Tage) die Belastungen in Wohn- und Arbeitsstätten sowie der Freiräume (Stichwort Siedlungsgrün) erhöhen werden. Eher geringen Belastungen in den höher gelegenen Landesteilen Baden-Württembergs stehen dabei teilweise deutliche Belastungszunahmen gegenüber, insbesondere in den tiefer gelegenen Räumen des Rheintals, des Kraichgau und des Neckarbeckens.

Die kleinräumlich variierenden Belastungen hängen dabei außer von der Exposition und der jeweiligen Sensitivität von weiteren Faktoren ab. Diese können im Rahmen einer landesweiten Betrachtung sowie aufgrund der vergleichsweise grob aufgelösten Klimakennwerte (25x25-km-Raster) bei der hier durchgeführten Vulnerabilitätsanalyse nicht betrachtet werden, sollen aber dennoch nicht unerwähnt bleiben. Zu nennen sind unter anderem die Gebäudeausrichtung, das Volumen-Oberflächenverhältnis, die Größe, Orientierung und der technische Standard der Fensterflächen, die Wärmedämmung der Außenhülle, vorhandene Verschattung etc. Diese Faktoren sind zugleich »Stellschrauben«, an denen es im Hinblick auf mögliche Anpassungsmaßnahmen (siehe dazu Kap. 4) auch anzusetzen gilt.

3.4.1 »Strickmuster« zur Ermittlung der potenziellen Vulnerabilitäten

Um die Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse (ab Kap. 3.4.2) zu den oben aufgeführten zwölf Themenfeldern besser einordnen zu können, folgt im Weiteren eine Darstellung der Vorgehensweise von der Auswahl der zwölf Themenfelder bis hin zur Verrechnung der Klimafaktoren (Exposition) mit den Indikatoren (Sensitivität). Sie gibt dabei die im jeweiligen Zusammenhang wesentlichen Teile der vorherigen Kapitel kompakt zusammengefasst wieder.

1.1 Auswahl der Themenfelder

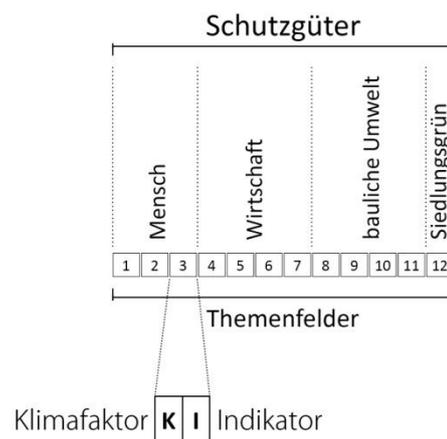


Abb. 26: Vier Schutzgüter mit zugeordneten Themenfeldern; eigene Darstellung

Das Gutachten betrachtet zwölf Problemlagen (Themenfelder). Die inhaltlich jeweils zusammengehörigen Themenfelder sind in sogenannte Schutzgüter gruppiert, zum Beispiel unterschiedliche gesundheitliche Risiken in der Kategorie »Schutzgut Mensch« (vgl. Abb. 26). Die resultierenden vier Schutzgüter »Mensch«, »Wirtschaft«, »Bauliche Umwelt« und »Siedlungsgrün« stellen einen Themenquerschnitt der Stadt- und Raumplanung dar.

2.5 Grundmuster der Vulnerabilitätsmittlung

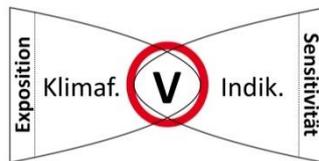


Abb. 27: Überlagerung von Exposition (Klimafaktor - K) und Sensitivität (Indikator - I) zur Bestimmung der potenziellen Vulnerabilitäten für die Themenfelder; eigene Darstellung

Die Bestimmung der potenziellen Vulnerabilitäten (V) der Stadt- und Landkreise in Baden-Württemberg für die zwölf Themenfelder erfolgte durch eine Überlagerung von Exposition (Klimafaktoren K) und Sensitivität (Indikatoren I).

Anzumerken ist, dass die Anpassungskapazität als ein weiterer »Baustein« einer Vulnerabilitätsanalyse in diesem Gutachten nicht betrachtet wird; aus diesem Grund wird mitunter auch von »potenziellen« Vulnerabilitäten gesprochen (mehr dazu in Kap. 3.1.2).

3.1 Ermittlung der Exposition (Skalierung der Klimafaktoren)

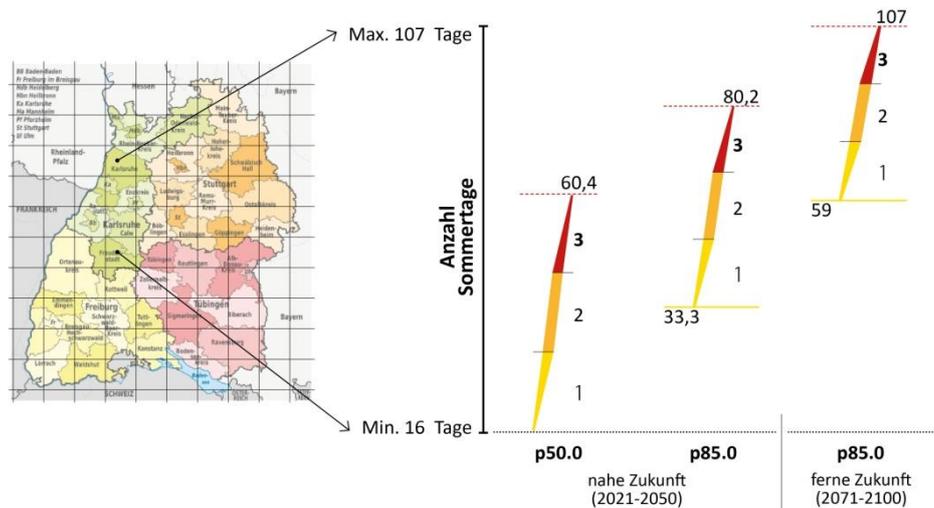


Abb. 28: Getrennte Expositionsstufen auf Basis der Veränderungen einzelner Klimafaktoren für die drei Betrachtungsfälle; eigene Darstellung

Zur Bestimmung der potenziellen Vulnerabilitäten bedarf es für das Klima und das betreffende Themenfeld (z.B. »Sterberisiko der über 75-Jährigen«) entsprechender Kennwerte, aus deren Überlagerung sich die Betroffenheit ermitteln lässt (vgl. Punkt 2 oben). Auf der Klimaseite sind dies die Kennwerte unterschiedlicher Klimafaktoren und deren Veränderungen, welche mittels eines Ensembleansatzes (mehrere Modelle) von der LUBW (2013) bestimmt und zur Verfügung gestellt wurden. Dieses Gutachten konzentriert sich auf die hitzerelevanten Klimafaktoren (Heiße Tage, Sommertage, Hitzeperioden-Tage, Kühlgradtage; vgl. Kap. 2.2), da ein gesondertes Gutachten »Wasserhaushalt« vorliegt, das die für die Stadt- und Raumplanung theoretisch ebenfalls relevanten Klimafaktoren zum Niederschlag betrachtet.

Was die Veränderungen der Klimafaktoren betrifft wurden im Ensembleansatz der LUBW zwei Zeiträume betrachtet: (1) die nahe Zukunft von 2021-2050 und (2) die ferne Zukunft von 2071-2100. Für beide Zeiträume wurden die Veränderungen für das 50. Perzentil (p50.0; Median) und das 85. Perzentil (p85.0) ermittelt. Der Median der nahen Zukunft, also jenes Ergebnis, das in der Mitte aller Ergebnisse der im Ensemble enthaltenen Modelle liegt (nicht der Durchschnitt), bildet die Grundlage für den Hauptteil der Vulnerabilitätsanalyse dieses Gutachtens. Der Median für die ferne Zukunft wurde aus der Betrachtung ausgeschlossen (siehe Kap. 2.3). Das 85. Perzentil, jener Wert unterhalb dessen noch 85 % der Modellergebnisse liegen, wurde für die nahe Zukunft zur Bestimmung der Tendenz und für die ferne Zukunft zur Trendabschätzung herangezogen. Die Werte des 85. Perzentils bilden

sozusagen den »worst case« der Veränderungen ab, welcher sich schon in der nahen Zukunft erheblich vom 50. Perzentil unterscheiden kann (vgl. Abb. 28).

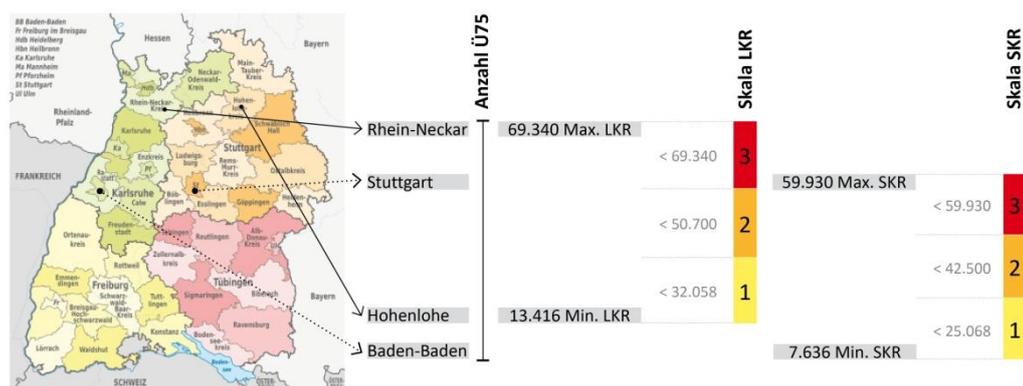
Zusammengefasst: Die Vulnerabilitätsanalyse umfasst drei Betrachtungsfälle:

- das 50. Perzentil für die nahe Zukunft 2021-2050
- das 85. Perzentil für die nahe Zukunft 2021-2050 (Tendenz)
- das 85. Perzentil für die ferne Zukunft 2071-2100 (Trend)

Betrachtet wurde zum Beispiel der Klimafaktor »Anzahl Sommertage« (vgl. Abb. 28). Hierzu wurde für jeden der oben genannten Betrachtungsfälle über die Bandbreite der Werte hinweg eine eigene, in sich geschlossene Skala mit drei Stufen (1 = gering/gelb; 2 = mittel/orange; 3 = hoch/rot) gebildet. Man erhält somit drei Skalen, anhand derer für jeden Kreis – je nach dessen Belastung (siehe dazu z.B. Abb. 17 in Kap. 2.3.1) – eine Einstufung für jeden Betrachtungsfall vorgenommen wurde. Zusätzlich wurden für das 50. Perzentil der nahen Zukunft eventuelle Belastungsspitzen oder Entlastungszonen als »Spots« auf den sogenannten Steckbriefen ausgewiesen.

Um Fehlinterpretationen der auf den Steckbriefen (vgl. extra Dokument) ausgewiesenen potenziellen Gesamtvulnerabilitäten für die drei Betrachtungsfälle des Gutachtens zu vermeiden, gilt es anzumerken: Die Exposition einer Stufe 1 bis 3, zum Beispiel für das 50. Perzentil in der nahen Zukunft (nZ, 2021-2050), entspricht nicht der Exposition derselben Stufe in einem der anderen Betrachtungsfälle, zum Beispiel für das 85. Perzentil der fernen Zukunft (fZ, 2071-2100), wo die Belastungen deutlich höher sind (siehe Abb. 28; vgl. auch Abschnitte d der Tabellen in Kap. 2.3). Es gilt also für die Expositionsstufen: nZ p50.0 \neq nZ p85.0 \neq fZ p85.0 (mehr zu diesem Thema in Teil B, Kap. 5).

4.3 Ermittlung der Sensitivität (Indikatorstufen)



Skala für LKR auf Basis absoluter Werte, z.B. Fläche der Verkehrsfläche.

Skala für SKR auf Basis absoluter Werte; oder als Anteil des absoluten Wertes an übergeordneter Einheit, z.B. X% der Verkehrsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche; Vermeidung einer Unterbewertung als Folge der üblicherweise geringeren Größe der SKR.

Abb. 29: Getrennte Sensitivitätsstufen der Indikatoren für die Land- und Stadtkreise am Beispiel der über 75-Jährigen; eigene Darstellung

Auf Seiten der Schutzgüter erfolgte die Auswahl der Kennwerte (Indikatoren der Sensitivität) unter anderem auf Basis der verfügbaren Daten auf Stadt- und Landkreisebene. Diese Betrachtungsebene ist, was die vorhandenen Datenbestände und die räumliche Differenzierung betrifft, am besten für eine Vulnerabilitätsanalyse geeignet. Für die einzelnen Schutzgüter (z.B. »Mensch«) wurden in Abhängigkeit ihrer spezifischen Sensitivität gegenüber den Klimaveränderungen entsprechende Indikatoren ausgewählt, das heißt beim Schutzgut »Mensch« wurde der Fokus auf die ältere und sehr junge Bevölkerung (über 75-Jährige und unter 5-Jährige) sowie vorbelastete Personen (Pflegebedürftige) gelegt. Die einzelnen Sensitivitätsindikatoren sind Tabelle 8 zu entnehmen und werden innerhalb der einzelnen Themenfelder (ab Kap. 3.4.2) näher erläutert. Zur Ermittlung der potenziellen Vulnerabilität wurden für jeden der Indikatoren die Kreise anhand ihrer Werte den drei Stufen 1 = gering, 2 = mittel oder 3 = hoch zugeordnet, wobei für die Stadt- und Landkreise getrennte Skalen vorliegen (vgl. Abb. 29). Die Trennung der Skalen wurde vorgenommen, weil es andernfalls – bei einer gemeinsamen Betrachtung von Stadt- und Landkreisen – aufgrund von großen Unterschieden in den Daten, die oftmals schlicht aus der Zugehörigkeit zur jeweiligen Kreiskategorie (SKR vs. LKR) resultieren, zu unerwünschten Verzerrungen bei der Einstufung käme.

Das Fehlen von Daten, zum Beispiel zur Anzahl der über 75-Jährigen im Jahre 2071 und danach, bedingt für die ferne Zukunft 2071-2100 Einschränkungen bei der Vulnerabilitätsermittlung. In der Konsequenz wurde für die ferne Zukunft das 50. Perzentil nicht betrachtet, da keine belastbaren Kennwerte für die Schutzgüter vorliegen (z.B. Bevölkerungsvorausberechnungen bis 2100). Es wird stattdessen als Trend angegeben, wie hoch die Belastung voraussichtlich sein wird, wenn man die Klimadaten für das 85. Perzentil der fernen Zukunft mit den aktuellen Daten für die Schutzgüter verschneidet.

5.5 Relative Bewertung der Kreise anhand absoluter Daten

Für beide Arten von Kennwerten – die Klimafaktoren und Indikatoren (Sensitivität) – liegen absolute Daten vor, das heißt Bandbreiten (z.B. Anzahl der Sommertage von X bis Z) oder konkrete Zahlenwerte (z.B. Anzahl Einwohner pro Kreis). Diese lassen aber keine Aussagen darüber zu, wie die Vulnerabilität »absolut« zu bewerten ist, da entsprechende »Benchmarks« empirisch bislang nicht ermittelt sind (sofern dies überhaupt möglich ist). Zwar weiß man für einzelne Indikatoren genauer, wie sich eine Klimaveränderung auswirkt: So nimmt zum Beispiel an Sommertagen ($\geq 25^\circ\text{C}$) mit steigender Temperatur die Leistungsfähigkeit ab und die Morbidität zu. Ab wie vielen Erwerbstätigen bzw. Pflegebedürftigen oder ab welcher Anzahl von Sommertagen aber diese Zu- bzw. Abnahme als »mittel«, »gering«, oder »hoch« einzustufen ist, wurde wissenschaftlich bislang noch nicht bestimmt.

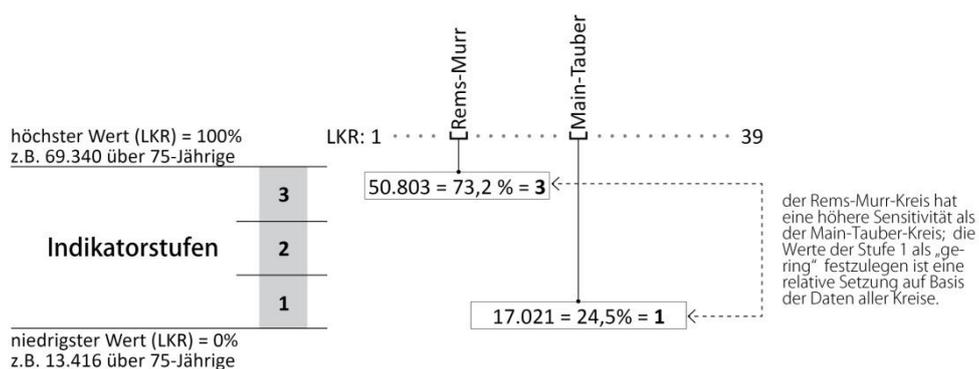


Abb. 30: Skalen für die relativen Einstufungen anhand absoluter Werte am Beispiel der über 75-Jährigen; eigene Darstellung; Legende: rot = hoch; orange = mittel; gelb = gering

Um die Unterschiede der Vulnerabilitäten einzelner Kreise darstellen zu können, wurde eine relative Bewertung der Kreise zueinander anhand der absoluten Werte vorgenommen. Hierzu wurde für die Daten aller Kreise in Baden-Württemberg des jeweiligen Indikators, also zum Beispiel die Anzahl der Erwerbstätigen im sekundären Sektor, eine Skala mit drei gleich großen Gruppen gebildet (Indikatorstufen). Anhand dieser wurde jeder Kreis auf der Skala eingeordnet, womit für den Indikator eine Einstufung als »gering«, »mittel«, oder »hoch« sensitiv erfolgte (Kreise mit Werten im unteren Drittel der gesamten Spannweite der Daten in die Stufe 1 = gering usw.). Für jeden Landkreis ergibt sich damit auf Basis seiner absoluten Daten für die einzelnen Indikatoren eine relative Bewertung der Sensitivitäten im Verhältnis zu allen anderen Kreisen in Baden-Württemberg. Diese relativen Bewertungen wurden für die Stadt- und Landkreise gesondert ermittelt (siehe Abb. 29). Somit bilden die relativen Bewertungen konkrete Belastungen ab, wobei Kreise mit einem höheren Wert bei einem Indikator, also zum Beispiel einer höheren Anzahl an über 75-Jährigen, als sensitiver eingestuft werden.

Zusammengefasst: Die Einstufung der Sensitivität jedes Kreises erfolgt für jedes Themenfeld auf Basis der absoluten Daten für den jeweiligen Indikator anhand einer Skala mit drei gleichen Stufen. Der Umfang der Skala und deren drei Stufen ergeben sich aus dem geringsten und dem höchsten Wert aller Kreise (getrennt für LKR und SKR) in Baden-Württemberg und stellt somit eine relative Bewertung (gering, mittel, hoch) des jeweiligen Kreises im Verhältnis zur Situation in den anderen Kreisen dar (vgl. Abb. 30).

6 Ë Ermittlung der potenziellen Vulnerabilitäten und deren Verrechnung zur potenziellen Gesamtvulnerabilität

Gemäß dem Grundprinzip einer Vulnerabilitätsanalyse (siehe Punkt 2 dieses »Strickmusters«) erfolgte die Vulnerabilitätsermittlung durch eine Überlagerung (Verrechnung) der Kennwerte für die Klimafaktoren (siehe Punkt 3) mit den Kennwerten für die Sensitivitätsindikatoren (siehe Punkt 4).

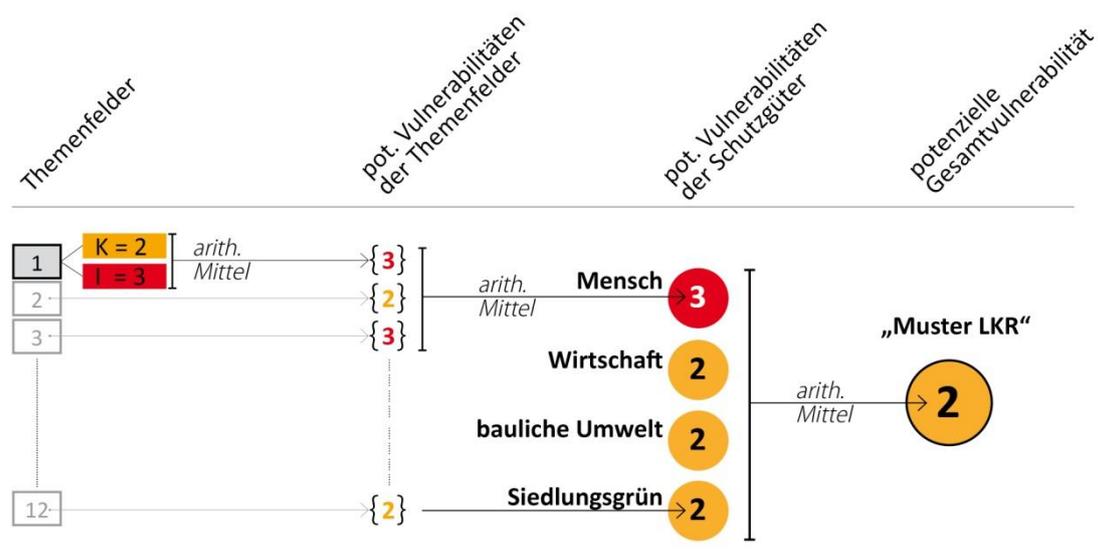


Abb. 31: Aggregationsschritte zur Bestimmung der pot. Vulnerabilität und der pot. Gesamtvulnerabilität auf Basis der Expositions- und Sensitivitätseinstufung für jedes Themenfeld; eigene Darstellung

Abbildung 31 zeigt schematisch die einzelnen Schritte zur Ermittlung der potenziellen Gesamtvulnerabilität.

In einem ersten Schritt wurden für jeden Kreis die zu jedem Themenfeld vorgenommenen Einstufungen (Stufen 1 = gering, 2 = mittel, 3 = hoch) der Exposition (nZ p50.0, nZ und fZ p85.0) mit denen der spezifischen Sensitivitäten verrechnet. Hierzu wurde, wenn mehr als ein Indikator oder Klimafaktor herangezogen wurde, zunächst für die Klimafaktoren und Indikatoren getrennt das jeweilige arithmetische Mittel gebildet, so dass ein Zahlenwert für die Klimaseite (z.B. 2 = mittel) und für die Sensitivität (z.B. 1 = gering) vorlag. Diese Werte wurden dann aggregiert, indem für jedes Themenfeld das arithmetische Mittel aus der Exposition und der Sensitivität gebildet wurde. So kann zum Beispiel ein Kreis anhand seiner Anzahl an Sommertagen bei der Exposition der Stufe 2 (mittel) zugeordnet sein und sich bei der mittels des Indikators »Anzahl Pflegebedürftige« bestimmten Sensitivität in der Stufe 1 (gering) befinden. Als arithmetisches Mittel folgt dann: 2 (Exposition) + 1 (Sensitivität) = 3; geteilt durch 2 (Anzahl Faktoren) = 1,5; gerundet ergibt sich dann die potenzielle Vulnerabilität 2 = »mittel« für das Themenfeld »Risiko für Gesundheitsschäden bei Personen mit Vorbelastung«.

Im zweiten Schritt wurde aus den jeweiligen potenziellen Vulnerabilitäten der Themenfelder jedes Schutzguts ebenfalls das arithmetische Mittel gebildet, womit die potenziellen

Vulnerabilitäten der vier Schutzgüter vorlagen. Ein Vergleich dieser gibt ggf. einen Hinweis auf ein (im jeweiligen Kreis) besonders vulnerables Schutzgut. So unterscheiden sich Kreise mit einer gleichen Gesamtvulnerabilität oftmals in der Betroffenheit der einzelnen Schutzgüter (genauer im Dokument »Steckbriefe«).

Das arithmetische Mittel aus den potenziellen Vulnerabilitäten der vier Schutzgüter ergibt die potenzielle Gesamtvulnerabilität.

Für jedes Themenfeld, die einzelnen Schutzgüter und die potenzielle Gesamtvulnerabilität liegen auf den Steckbriefen (für den Betrachtungsfall Median der nahen Zukunft) die Ergebnisse in den Stufen 1 bis 3 (»gering« bis »hoch«) vor. Somit ist es für jeden Kreis möglich, die »Zusammensetzung« der potenziellen Gesamtvulnerabilität bis auf die Ebene der einzelnen Themenfelder (potenzielle Vulnerabilität) nachzuvollziehen und die zu ergreifenden Anpassungsmaßnahmen auf die lokalen Begebenheiten abzustimmen (siehe dazu auch Kap. 4.3.2).

Zusammengefasst: Aus den Werten der Einstufungen von Klimafaktoren und Sensitivitäten der einzelnen Kreise in 1 bis 3 (»gering« bis »hoch«) wurde das arithmetische Mittel für jedes Themenfeld gebildet. Aus diesen Mittelwerten wurde für jedes der vier Schutzgüter eine potenzielle Vulnerabilität und aus diesen – ebenfalls in Form des arithmetischen Mittels – die potenzielle Gesamtvulnerabilität berechnet.

Nachfolgend werden die zur Ermittlung der potenziellen Vulnerabilitäten angesetzten Klimafaktoren und Indikatoren (Sensitivität) in ihrer Bedeutung für die einzelnen Schutzgüter und zugehörigen Themenfelder erläutert und die Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse im Detail vorgestellt.

3.4.2 Schutzgut Mensch

Für das »Schutzgut Mensch« wurden für ausgewählte Bevölkerungsgruppen mit erhöhter Sensitivität drei Problemlagen zur Bestimmung der potenziellen Vulnerabilität betrachtet:

- Risiko erhöhter Mortalität bei über 75-Jährigen,
- Risiko für gesundheitliche Beeinträchtigungen bei vorbelasteten Personen (Pflege),
- Risiko für Gesundheitsschäden bei unter 5-Jährigen.

Die Abbildung 32 zeigt die Aggregation der Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse zu den oben genannten drei Themenfeldern für das Schutzgut »Mensch« für die einzelnen Stadt- und Landkreise (potenzielle Vulnerabilitäten). Als »hoch« vulnerabel eingestuft werden die Kreise *Mannheim, Rhein-Neckar, Karlsruhe (LKR), Ludwigsburg, Rems-Murr-Kreis, Esslingen, Stuttgart* und der *Ortenaukreis*.

Die in einzelnen Kreisen kleinräumlich klimatisch höheren oder geringeren Belastungen sind, mit den entsprechenden methodisch bedingten Einschränkungen, dem jeweiligen Steckbrief des Kreises zu entnehmen (vgl. auch die Leseanleitung im Dokument »Steckbriefe«).

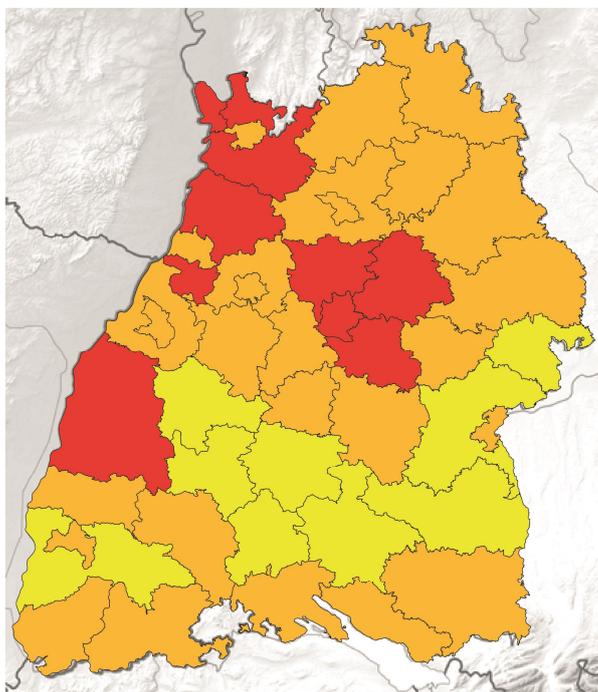


Abb. 32: pot. Vulnerabilitäten der Stadt- und Landkreise für alle Teilaspekte (Problemlagen) des »Schutzgut Mensch« in der nahen Zukunft (2021-2050; p50.0); eigene Darstellung; Legende: rot = hoch; orange = mittel; gelb = gering

Auf einer detaillierteren Ebene werden nachfolgend die einzelnen Ergebnisse zu den drei dem Schutzgut »Mensch« zugehörigen Themenfeldern vorgestellt. Dabei werden die jeweiligen Indikatoren für die Sensitivität sowie die betrachteten Klimafaktoren erläuternd zueinander in Bezug gesetzt.

3.4.2.1 Themenfeld 1: »Erhöhte Mortalität« (Sterberisiko der über 75-Jährigen)

Für die Bevölkerungsgruppe der über 75-Jährigen sind die Veränderungen im Bereich »Hitze« von besonderer Relevanz. Eine höhere Hitzebelastung bedeutet mit zunehmendem Lebensalter ein erhöhtes Sterberisiko, da der Körper in abnehmendem Maße in der Lage ist, die Körpertemperatur und damit verbundene Vitalfunktionen ausreichend zu regeln, sprich sich schnell genug und ausreichend zu akklimatisieren (siehe die bei Eis 2010,111 angegebenen Quellen; Koppe et al. 2004; Havenith 2005; Kropp et al. 2009; UBA 2009a).

Als besonders gefährdet werden die über 75-Jährigen in der Regel auch deshalb angesehen, da ab diesem Alter eine Häufung der körperlichen Einschränkungen und Erkrankungen auftritt, die über Alterserscheinungen hinausgeht.

Ein guter Überblick über vorhandene Untersuchungen und Zusammenhänge von Mortalität und Hitze findet sich bei Eis et al. (2010; Sachstandsbericht des Robert-Koch Instituts). Allein zu den Folgen des Hitzesommers 2003 für die menschliche Gesundheit finden sich demnach über 70 wissenschaftliche Publikationen (siehe Eis et al. 2010,122).

Neben dem Alter haben im Einzelfall weitere Faktoren maßgeblichen Einfluss auf die Hitzebelastung: Die Wohnlage (z.B. überhitzte Dachwohnung vs. Erdgeschoss in Parknähe), die soziale Situation (z.B. familiäre Einbindung), die ökonomische Lage (z.B. ausreichende Rücklagen für klimaangepassten Umbau), die körperliche Fitness (z.B. Übergewicht) und weitere (vgl. Koppe et al. 2004). Unterschiede der Individualsituationen können im Rahmen eines solchen Gutachtens naheliegender Weise nicht berücksichtigt werden. Somit ist bei der Interpretation der Aussagen zur potenziellen Vulnerabilität immer zu bedenken, dass sich im Rahmen dieses Gutachtens nur Abschätzungen für die potenzielle Entwicklung von Risiken treffen lassen. Diese beruhen auf der Annahme, dass eine ungefähre Gleichverteilung der unterschiedlichen oben genannten Individualsituationen in den Kreisen Baden-Württembergs vorliegt. Auf Basis dieser Annahme ist ein höherer Anteil an der Bevölkerung bzw. eine größere Zahl an über 75-Jährigen gleichbedeutend mit einer höheren Sensitivität. Ebenso können lokalklimatische Besonderheiten, welche die tatsächlichen

Belastungen beeinflussen, bei einer Betrachtung auf Basis eines 25x25-km-Rasters nicht einbezogen werden.

An dieser Stelle ist ein besonderer Hinweis auf die zukünftige Bedeutung dieses Schutzguts angebracht: Für den Aspekt des erhöhten Sterberisikos kommt langfristig erschwerend hinzu, dass sich der abzeichnende demografische Wandel und das damit steigende Sensitivitätsniveau mit der Zunahme an Hitzebelastungen überlagern wird. Es wird also nicht nur tendenziell mehr Betagte (über 65-Jährige nach WHO¹) und Hochbetagte (über 85-Jährige nach WHO) in der nahen Zukunft geben (vgl. die Bevölkerungsvorberechnung, siehe Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 28.11.2012), sondern diese werden das Alter in einem veränderten Klima mit häufigerem und stärkerem Hitzestress verbringen.

An dieser Stelle ist der Vollständigkeit halber zu erwähnen, dass mit der Klimaveränderung eine Erhöhung der Temperaturen in den Wintermonaten einhergeht, was das Sterberisiko für diesen Zeitraum senkt, womit also auch eine positive Folge zu verzeichnen sein wird.

Ein genaueres Bild der Hitzebelastung ließe sich mit Hilfe des »Klima-Michel-Modells« zeichnen, welches aber für kleinräumigere Auflösungen (Stadt- und kleine Regionalmodelle) gedacht ist. Zudem werden hierfür klimatische Parameter benötigt, die für dieses Gutachten nicht in der notwendigen Form vorlagen, wie zum Beispiel Daten zu Windverhältnissen, zur Luftfeuchte und Globalstrahlung.

Indikatoren Æ Sensitivität

Zur Vulnerabilitätsermittlung wurden die Sensitivitäts-Indikatoren (1) »*Siedlungsdichte*« (Definition: Einwohner je km² Siedlungs- und Verkehrsfläche) und (2) »*Anzahl Ü75*« ausgewählt.

Indikator (1) zeigt an, wie viele Menschen pro besiedelte Flächeneinheit (km²) wohnen, was indirekt auf die bauliche Dichte verweist bzw. mit dieser korreliert. Die entsprechende Gedankenfigur dahinter ist: Je höher die Dichte, desto höher die Hitzebelastung infolge des urbanen Hitzeinseleffekts und umso höher die potenzielle Vulnerabilität.

Indikator (2) zeigt an, wie viele der zu schützenden, weil aufgrund ihres Alters mit über 75 Jahren besonders hitzeanfälligen Menschen im jeweiligen LKR/SKR leben.

¹ Es finden sich unterschiedliche Definitionen; so wird zuweilen auch für die 65-74-Jährigen von »älteren Menschen«, für die 75-90-Jährigen von »Hochbetagten«, für die 90-100-Jährigen von »Höchstbetagten« und allen über 100 Jahren von »Langlebigen« gesprochen.

Klimafaktoren \ddot{E} Exposition

Auf Seiten der Klimafaktoren wurde als erster Faktor (1) der »*Heiße Tag*« (Definition: Tagesmaximum-Temperatur ≥ 30 °C) verwendet, weil es beim Thema Mortalität um die Belastungsspitzen geht. Der Zusammenhang von Temperatur und erhöhter Mortalität findet sich, wie bereits erwähnt, in unterschiedlichsten Studien belegt (siehe Huyen et al. 2001; Laschewski und Jendritzky 2002; Kysely 2004). Die Hitzebelastung in Form von heißen Tagen nimmt für die nahe Zukunft (2021-2050) in allen Kreisen zu (siehe Abschnitt 2.3).

Als zweiter Faktor wurden die (2) »*Hitzeperioden-Tage*« (Definition: mindestens 3 Tage mit einer Tagesmaximum-Temperatur ≥ 30 °C und einer Tagesminimum-Temperatur von ≥ 18 °C; Einheit: Tage) verwendet; dieser Faktor zeigt an, wie häufig heiße Tage in direkter Abfolge ohne zwischenzeitliche Abkühlung auftreten. Umso häufiger dies der Fall ist, desto öfter kann sich die Hitzebelastung quasi »aufbauen« und eine »Hitzewelle«² entstehen. Während solcher Hitzewellen wird dauerhaft die Erholung während des Schlafes beeinträchtigt, was die ohnehin schon hohe Hitzebelastung am Folgetag zusätzlich steigert. Neben der Temperatur haben also auch Hitzewellen einen verstärkenden Einfluss auf die Mortalität, was Untersuchungen zu diesen als eigenständigem Faktor gezeigt haben (siehe Paldy et al. 2005; Moshhammer et al. 2006; Hajat et al. 2006; Hutter et al. 2007; Baccini et al. 2008; Hertel et al. 2009).

Besonders in Städten mit hoher baulicher Dichte kann die Hitzebelastung deutlich über den hier zugrunde gelegten Werten der Klimaprojektionen liegen, was als urbaner Hitzeinseleffekt (aufgrund verstärkter Wärmespeicherung und Abstrahlung der Gebäude) bezeichnet wird. Neben der thermischen Belastung als solcher und der physiologischen Anpassung an das regionale Klima spielen hier also die bauliche Dichte und Ausprägung als weitere Komponenten eine Rolle, die einen zusätzlichen Risikofaktor darstellen (siehe McGeehin und Mirabelli 2009; Smoyer et al. 2000). Im Sommer 2003 konnten urbane Hitzeinseleffekte in weiten Teilen Süd- und Westeuropas beobachtet werden sowie unter anderem in den Städten Paris, Freiburg und Rostock, für die detaillierte Untersuchungen vorliegen. Dabei zeigte sich ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Wohnort und

² Zur Dauer einer Hitzewelle finden sich unterschiedliche Angaben; bei Tinz (2008) sind es mindestens fünf Tage mit einem Tagesmaximum von im Mittel über 30 °C; für diese Setzung findet sich aber kein empirisch zwingender Beleg.

Sterberisiko bzw. einer Zunahme an Todesfällen (siehe Keatinge et al. 2000; Laschewski und Jendritzky 2002; Schönwiese et al. 2003; Jendritzky 2007).

Die nachfolgende Abbildung 33 zeigt für die Problemlage »Erhöhte Mortalität der über 75-Jährigen« die sich ergebenden potenziellen Vulnerabilitäten für die einzelnen Stadt- und Landkreise, wobei die Kreise *Mannheim, Heidelberg, Rhein-Neckar, Karlsruhe (LKR), Karlsruhe (SKR), Heilbronn (LKR), Ludwigsburg, Rems-Murr, Esslingen, Böblingen, Stuttgart* und der *Ortenaukreis* als »hoch« vulnerabel eingestuft werden.

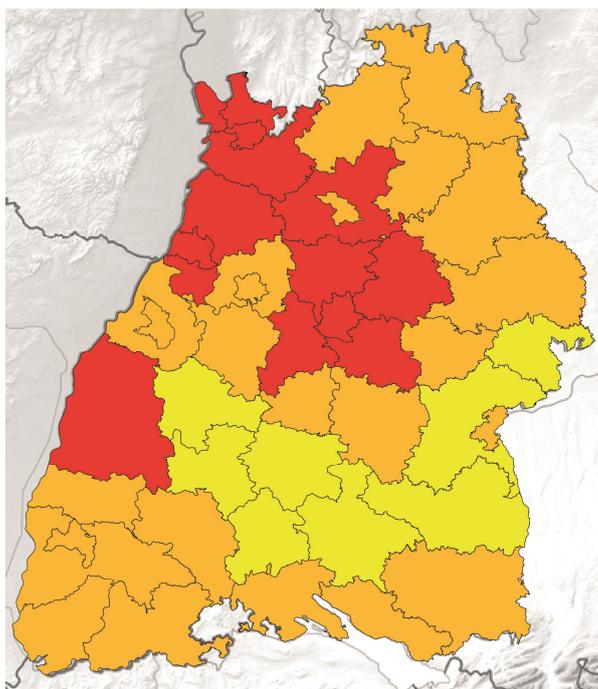


Abb. 33: potenzielle Vulnerabilität der Stadt- und Landkreise für eine erhöhte Mortalität der über 75-Jährigen in der nahen Zukunft (2021-2050; p50.0); eigene Darstellung; Legende: rot = hoch; orange = mittel; gelb = gering

3.4.2.2 Themenfeld 2: »Erhöhte Morbidität Pflege« (Risiko für Gesundheitsschäden bei Personen mit Vorbelastung)

Eine moderate Steigerung der Wärmebelastung ist besonders für jene Personen kritisch, die aufgrund einer Vorbelastung nur in eingeschränktem Umfang in der Lage sind, sich anzupassen. Sei es, dass ihre Körperfunktionen beeinträchtigt sind, oder sie nicht selbstständig die veränderten Bedürfnisse (z.B. höherer Trinkbedarf) wahrnehmen und/oder befriedigen können.

Indikator Æ Sensitivität

Im Bereich »Schutzgut Mensch« wurde deshalb als weitere sensitive Bevölkerungsgruppe die der *Pflegebedürftigen* (Indikator Anzahl) in den Kreisen betrachtet. Bei dieser Personengruppe ist von einer erhöhten Anfälligkeit gegenüber temperaturbedingten Wärmebelastungen auszugehen, da häufig eine Vorbelastung bzw. physische (oder mentale) Einschränkung vorliegt, weshalb die Wärmebelastung in besonderem Maße zum Tragen kommt. Zudem kann das »Krankheitsbild«, welches die Pflegebedürftigkeit bedingt, verstärkt werden, weshalb Betroffene in doppelter Weise beeinträchtigt sein können (vgl. RKI 2003). Sie sind dem Risiko ausgesetzt, dass sie aufgrund ihrer Vorbelastung verstärkt leiden, weitere Einschränkungen hinnehmen müssen, sich ihr Zustand ggf. weiter verschlechtert und sie weitere Hilfe benötigen.

Klimafaktor Æ Exposition

Auf Seiten der Klimaexposition wurde der Faktor »Anzahl Sommertage« (Definition: Tagesmaximum-Temperatur ≥ 25 °C) verwendet, da dieser eine (vergleichsweise moderate) Belastung abbildet, die bei Pflegebedürftigen schon zu Beeinträchtigungen des körperlichen und geistige Befindens führen können (z.B. durch mangelnde Schlaferholung).

Die nachfolgende Abbildung 34 zeigt für die Problemlage »Erhöhte Morbidität für Pflegebedürftige« die sich ergebenden potenziellen Vulnerabilitäten für die einzelnen Stadt- und Landkreise, wobei die Kreise *Main-Tauber*, *Neckar-Odenwald*, *Pforzheim*, *Baden-Baden* und der *Ortenaukreis* als »hoch« vulnerabel eingestuft werden.

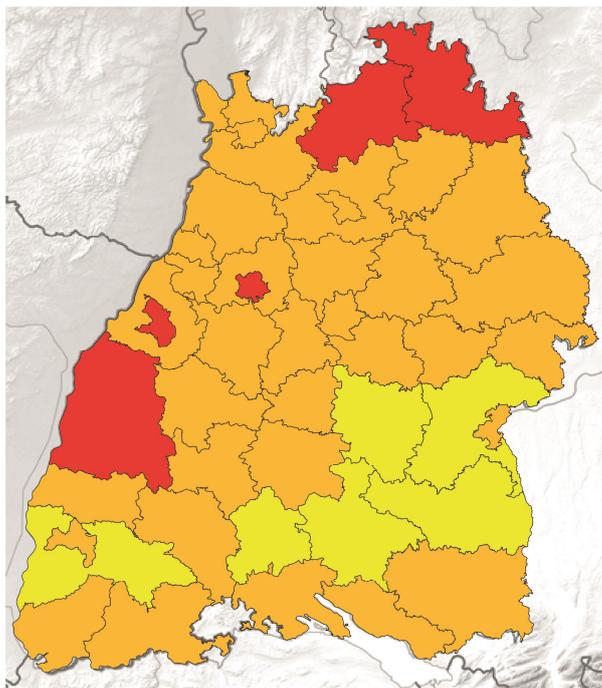


Abb. 34: potenzielle Vulnerabilität der Stadt- und Landkreise für eine erhöhte Morbidität für die Risikogruppe der Pflegebedürftigen (2021-2050; p50.0); eigene Darstellung; Legende: rot = hoch; orange = mittel; gelb = gering

3.4.2.3 Themenfeld 3: »Erhöhte Morbidität U5« (Risiko für Gesundheitsschäden bei unter 5-Jährigen)

Eine weitere Personengruppe, die aufgrund begrenzter Fähigkeiten zur Regulation der Körpertemperatur ein erhöhtes Risiko für Gesundheitsschäden bei höherer Wärmebelastung aufweist, sind Kleinkinder und Kinder unter fünf Jahren (vgl. Eis 2010,94). Für diese Altersgruppe haben Basu und Ostro (2008) zwar eine erhöhte Mortalität (Sterberisiko) in einer Studie belegt. Da aber keine weiteren Studien vorliegen, die ausreichend belastbar zum selben Ergebnis kommen, wurde an dieser Stelle die Betrachtung der Morbidität vorgezogen. Generell ist die Anzahl der Studien zur Morbidität ebenfalls gering, es gibt aber unter anderem von Josseran et al. (2009) für den Sommer 2006 eine aussagekräftige Studie für Paris, die eine Erhöhung der Krankheitsfälle nachweist. Das hier ausgewiesene Risiko stützt sich auf physiologische Vorgänge, die bei höherer Hitzebelastung die Mortalität erhöhen, aber auch schon bei geringerer Belastung zu gesundheitlichen Beschwerden führen, also die Morbidität erhöhen. Vorrangig geht es hier um Dehydrierung, Hyperthermie

und Hyponatriämie³, Unwohlsein und die Gefahr eines Nierenversagens (siehe Blättner et al. 2010). Die Gruppe der Kinder unter fünf Jahren ist hier in erhöhtem Maße gefährdet, da Kleinkinder eine instabile Thermoregulation aufweisen (vgl. Jendritzky et al. 1998).

Indikator Æ Sensitivität

Zur Vulnerabilitätsermittlung wurde vor dem Hintergrund obiger Ausführungen der Sensitivitäts-Indikator »Anzahl U5« ausgewählt. Dieser zeigt an, wie viele der zu schützenden, weil aufgrund ihres Alters mit unter fünf Jahren anfälligen Menschen im jeweiligen LKR/SKR leben.

Klimafaktor Æ Exposition

Auf Seiten des Klimafaktors wurden die »Sommertage« (Definition: Tagesmaximum-Temperatur ≥ 25 °C) verwendet, weil es bei Morbidität nicht um die Belastungsspitzen, sondern um die fortwährende vergleichsweise moderate Belastung außerhalb der üblichen thermische Komfortzone von 18-24 °C geht. Außerhalb dieser sind Beeinträchtigungen des körperlichen und geistige Befindens bemerkbar (z.B. mangelnde Erholung im Mittagsschlaf bei Kleinkindern).

Die nachfolgende Abbildung 35 zeigt für die Problemlage »Erhöhte Morbidität der unter 5-Jährigen« die sich ergebenden potenziellen Vulnerabilitäten für die einzelnen Stadt- und Landkreise, wobei die Kreise *Mannheim, Rhein-Neckar, Karlsruhe (LKR), Ludwigsburg, Rems-Murr, Stuttgart, Esslingen* und der *Ortenaukreis* als »hoch« vulnerabel eingestuft werden.

³ Hyperthermie bezeichnet allgemein die Überwärmung des Körpers mit damit verbundenen Einbußen der Leistungsfähigkeit; Hyponatriämie bezeichnet einen verringerten Gehalt an Natriumionen im Blut (Blutplasma), was zu Lethargie, Krämpfen, Desorientierung und in extremen Fällen zum Koma führen kann.

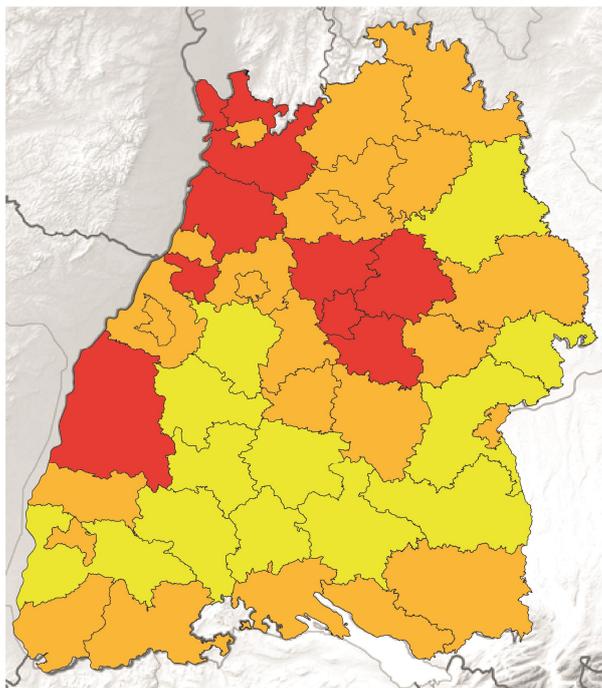


Abb. 35: potenzielle Vulnerabilität der Stadt- und Landkreise für eine erhöhte Morbidität der unter 5-Jährigen in der nahen Zukunft (2021-2050; p50.0); eigene Darstellung; Legende: rot = hoch; orange = mittel; gelb = gering

3.4.3 Schutzgut Wirtschaft

Für das »Schutzgut Wirtschaft« wurden vier Problemlagen zur Ermittlung der potenziellen Vulnerabilitäten untersucht:

- Risiko *leicht* eingeschränkter Leistungsfähigkeit für den *tertiären* Sektor,
- Risiko *leicht* eingeschränkter Leistungsfähigkeit für den *sekundären* Sektor,
- Risiko *stark* eingeschränkter Leistungsfähigkeit für den *tertiären* Sektor,
- Risiko *stark* eingeschränkter Leistungsfähigkeit für den *sekundären* Sektor.

Die Grundannahme dabei ist, dass eine steigende Hitzebelastung die Leistungsfähigkeit einschränken und zu geringerer Produktivität und ökonomischen Einbußen führen kann (vgl. Hübler et al. 2007; WWF 2007; BMVBS und BBR 2008). Vor diesem Hintergrund sind auch Erwerbstätige in Abhängigkeit von ihrer Arbeitsstätte als sensitiv gegenüber hohen Temperaturen und Hitzeperioden anzusehen, insbesondere dann, wenn sie einen hohen Glasfassadenanteil (vornehmlich Bürogebäude der letzten Jahrzehnte) oder unzureichende Dämmungen und/oder unzureichende Kühlsysteme aufweisen. Vor allem in diesen Fällen können sich hohe Temperaturen und Sonneneinstrahlung negativ auf den thermischen Komfort auswirken und die Produktivität der Beschäftigten beeinträchtigen (vgl. BMVBS und

BBR 2008). So ergaben zum Beispiel entsprechende Untersuchungen zur Arbeitsproduktivität bei Bürotätigkeiten, dass eine Raumtemperatur von etwa 22 °C als optimal angesehen werden kann. Ab Temperaturen von über 24 °C beginnt die Produktivität stetig abzunehmen (Sepänen et al. 2006 nach Grothmann et al. 2009). Nicht an das Klima angepasste Bauweisen von Bürogebäuden können somit volkswirtschaftliche Einbußen zur Folge haben.

Der tertiäre Sektor wurde bei der Vulnerabilitätsermittlung getrennt vom sekundären betrachtet, weil tertiäre Arbeitsstätten eher innerstädtisch lokalisiert sind und somit von einer höheren Hitzeexposition auszugehen ist, wohingegen sich Arbeitsstätten des sekundären Sektors häufiger am Stadtrand in Gewerbegebieten befinden. Außerdem erfordern die im sekundären Sektor (tendenziell) eher körperlichen Arbeiten, zuweilen in Kombination mit Prozessabwärme von Produktionsschritten, andere Maßnahmen als im tertiären Sektor.

Bei der Leistungsfähigkeit wurde unterschieden zwischen I - »leichter Belastung« (Klimafaktor Sommertage) und II - »starker Belastung« (Klimafaktoren heiße Tage und Hitzeperioden). Die Unterscheidung wurde getroffen, weil zum einen bereits vor der maximalen Belastung bei einer eher leichten Belastung bzw. ab circa 24 °C die mentale Leistungsfähigkeit abnimmt und weil zum anderen jenseits der 30-Grad-Schwelle eine Belastung einsetzt, welche die Leistungsfähigkeit noch einmal deutlich mindert (vgl. Urlaub et al. 2012). Zudem können für beide Belastungsfälle unterschiedliche Maßnahmen zur Anwendung kommen, im Hinblick auf Zeiten mit maximaler Belastung wäre zum Beispiel über Sonderpausen und Verlagerung der Arbeitszeiten nachzudenken.

Weiterführend wäre zu prüfen, inwiefern sich die ökonomischen Belastungen durch einen zusätzlichen sommerlichen Kühlbedarf durch Einsparungen beim winterlichen Heizbedarf aufgrund des Rückgangs an Heiztagen kompensieren lassen. Dies ist indes nicht ohne weiteres möglich, da nicht wie beim Kühlgradtag eine Summe von Über- bzw.

Unterschreitungen einer Temperaturschwelle angegeben wird – beim Heiztag wäre dies (analog zum Kühlgradtag) die Summe der Unterschreitungen an allen Tagen mit einer Tagesmitteltemperatur von ≤ 15 °C – sondern die Anzahl an Tagen, an denen die Tagesmitteltemperatur ≤ 15 °C ist. Zudem ist die Anzahl der Heiztage pro Kalenderjahr als arithmetisches Mittel (der Temperatur) und nicht in Form des sonst verwendeten Median angegeben.

Abbildung 36 zeigt die Aggregation der Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse zu den oben genannten drei Themenfeldern für das Schutzgut »Wirtschaft« für die einzelnen Stadt- und Landkreise (potenzielle Vulnerabilitäten). Als »hoch« vulnerabel eingestuft werden die Kreise *Mannheim, Heidelberg, Rhein-Neckar, Karlsruhe (LKR), Karlsruhe (SKR), Heilbronn (LKR), Heilbronn (SKR), Ludwigsburg, Rems-Murr, Göppingen, Esslingen, Böblingen, Pforzheim, Ortenau* und *Freiburg*.

Die in einzelnen Kreisen kleinräumlich klimatisch höheren oder geringeren Belastungen sind, mit den entsprechenden methodisch bedingten Einschränkungen, dem jeweiligen Steckbrief des Kreises zu entnehmen (vgl. auch die Leseanleitung im Dokument »Steckbriefe«).

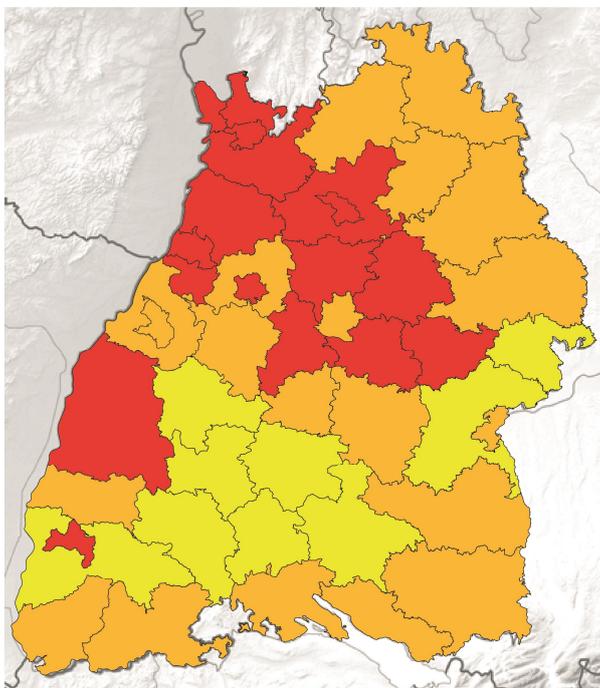


Abb. 36: pot. Vulnerabilitäten der Stadt- und Landkreise für alle Teilaspekte des »Schutzgut Wirtschaft« in der nahen Zukunft (2021-2050; p50.0); eigene Darstellung; Legende: rot = hoch; orange = mittel; gelb = gering

Auf einer detaillierteren Ebene werden nachfolgend die einzelnen Ergebnisse zu den vier dem Schutzgut »Wirtschaft« zugehörigen Themenfeldern vorgestellt.

3.4.3.1 Themenfeld 4: »Eingeschränkte Leistungsfähigkeit tertiärer Sektor I« (Risiko leicht eingeschränkter Leistungsfähigkeit von Erwerbstätigen im tertiären Sektor)

Der tertiäre Sektor ist ein wesentlicher Faktor für die Wertschöpfung in Baden-Württemberg. Mit 3,91 Millionen und damit 67,4 % aller Erwerbstätigen an der Gesamtwirtschaft in Baden-Württemberg ist er der wichtigste Wirtschaftssektor, liegt aber unter dem Bundesdurchschnitt von 73,7 % Anteil der Erwerbstätigen an der Gesamtwirtschaft (siehe Abb. 15 in Kap. 1.2.5; vgl. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 10.01.2013).

Gerade für größere Städte und Kommunen stellt der tertiäre Sektor einen wichtigen Wirtschaftszweig dar, der ein weites Spektrum von diversen Dienstleistungen bis hin zu Forschung und Lehre umfasst. Somit sind die Erwerbstätigen im tertiären Sektor im Hinblick auf das Risiko wirtschaftlicher Einbußen infolge zunehmender Wärmebelastung eine wichtige sensitive Bevölkerungsgruppe. Mit einer Zunahme der Wärmebelastung im tertiären Sektor, der vornehmlich durch sitzende, geistige Tätigkeiten gekennzeichnet ist, sinkt die kognitive Leistungsfähigkeit. Es gibt zwar durchaus auch hier eine gewisse Adaption. Diese nimmt aber eine relativ große Zeitspanne in Anspruch, während derer es zu Einbußen der Leistungsfähigkeit kommen kann (vgl. Urlaub et al. 2012).

Zur langfristigen Sicherung der wirtschaftlichen Leistungskraft in den einzelnen Kreisen (und Regionen) und damit ganz Baden-Württembergs ist also eine Berücksichtigung klimabedingter Leistungseinschränkungen bei der Planung, dem Betrieb und der Umnutzung von Gebäuden notwendig. Gleichzeitig ist an dieser Stelle aber anzumerken, dass es noch einigen Forschungsbedarf gibt, um diese Aspekte in entsprechenden Planungswerkzeugen (Simulationen bei der Gebäudeplanung) hinreichend berücksichtigen zu können.

Ein Büro mit nach Süden orientierter, großer Glasfassade in einem dicht bebauten Raum mit wenig Durchlüftung und Grünflächen kann (infolge des urbanen Hitzeinseleffekts) eine enorme Belastung darstellen. Üblicherweise wird hier versucht, über haustechnische Anlagen zur Klimatisierung ein angenehmes Raumklima zu erzeugen. Die Abwärme von Klimaanlageanlagen hat aber zur Folge, dass sich die Lufttemperatur im Außenbereich weiter erhöht, womit ein negativer Kreislauf in Gang gesetzt wird. Für diesen Themenaspekt eröffnet sich vor allem der Stadtplanung eine breite Palette an Maßnahmen (z.B. Fassadenbegrünung), wie im gesonderten Dokument »Maßnahmenformblätter« nachzulesen ist.

Indikator Æ Sensitivität

Beim verwendeten Indikator wurde eine Unterscheidung zwischen Stadt- und Landkreisen getroffen. Für die LKR wurde der Indikator »Anzahl der Erwerbstätigen im tertiären Sektor« (Stand 2010) verwendet, der angibt, wie viel vom Schutzgut »Erwerbstätige« vorhanden ist; für die SKR wurde der Indikator »Anteil der Erwerbstätigen im tertiären Sektor an allen Erwerbstätigen« (Stand 2009) verwendet, der angibt, wie groß die Gruppe der potenziell Betroffenen im Vergleich zu allen Erwerbstätigen im SKR ist, wie relevant also die Erwerbstätigengruppe des tertiären Sektors für den Stadtkreis relativ betrachtet ist.

Auf eine Hinzunahme des theoretisch denkbaren Indikators »%-Anteil der 55-67 Jährigen Erwerbstätigen« innerhalb des sekundären und tertiären Sektors musste verzichtet werden, weil entsprechende Daten auf Kreisebene nicht vorliegen. Verfügbar sind nur die Anteile der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten innerhalb des sekundären und tertiären Sektors auf Ebene der LKR/SKR oder die Anteile der Erwerbstätigen auf Ebene der Regionen (Mikrozensus). Da aber nicht alle Erwerbstätigen einer sozialversicherungspflichtigen Beschäftigung nachgehen, würden diese Indikatoren das hier zu betrachtende Schutzgut nur unzureichend abbilden.

Die Erhebung entsprechend nutzbarer Daten stellt einen Forschungsbedarf dar und sollte zukünftig in Vulnerabilitätsanalysen eingehen, weil bei älteren Erwerbstätigen von einer altersbedingt höheren Anfälligkeit für wärmebedingte physische und mentale Leistungseinschränkungen auszugehen ist. Dabei zeigen Daten auf Bundesebene (Mikrozensus 2011), dass bundesweit circa 2/3 der Erwerbstätigen über 55 Jahre im tertiären Sektor arbeiten, in diesem Bereich der Faktor »ältere Erwerbstätige« also eine hervorgehobene Rolle spielt.

Klimafaktor Æ Exposition

Auf Seiten des Klimafaktors wurden die »Sommertage« (Definition: Tagesmaximum-Temperatur ≥ 25 °C) verwendet, da es ab dem definitorischen Schwellenwert (bzw. genau genommen, laut der o.g. Studien, ab 24 °C, spätestens aber 26 °C) zu Beeinträchtigungen des körperlichen Befindens und der mentalen Leistungsfähigkeit kommt. Zudem liegt laut Arbeitsstättenrichtlinie des Bundes (Stand 2011) die Temperaturobergrenze in Büroräumen bei 26 °C. Wie im Abschnitt 2.3 dargestellt, verzeichnen alle Kreise bei der Anzahl der Sommertage eine Zunahme für den Median der nahen Zukunft, dessen Steigerung in der

fernen Zukunft so deutlich zunehmen wird (vgl. Kap. 2.3.3), dass eine frühzeitige Anpassung angeraten ist.

Die nachfolgende Abbildung 37 zeigt für die Problemlage »Leicht eingeschränkte Leistungsfähigkeit der Erwerbstätigen im tertiären Sektor« die sich ergebenden potenziellen Vulnerabilitäten für die einzelnen Stadt- und Landkreise, wobei die Kreise *Rhein-Neckar*, *Heidelberg*, *Karlsruhe (LKR)*, *Karlsruhe (SKR)*, *Ludwigsburg*, *Rems-Murr*, *Göppingen*, *Esslingen*, *Böblingen*, *Ortenau* und *Freiburg* als »hoch« vulnerabel eingestuft werden.

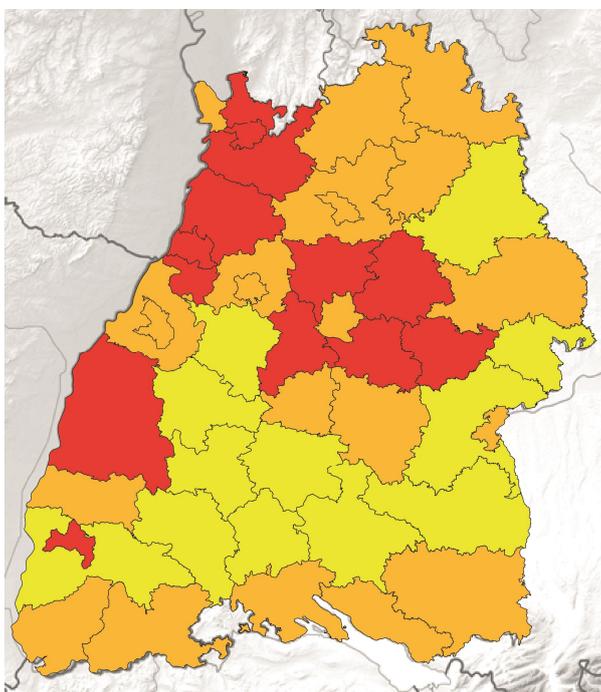


Abb. 37: potenzielle Vulnerabilität der Stadt- und Landkreise für eine leicht eingeschränkte Leistungsfähigkeit der Erwerbstätigen im tertiären Sektor in der nahen Zukunft (2021-2050; p50.0); eigene Darstellung; Legende: rot = hoch; orange = mittel; gelb = gering

3.4.3.2 Themenfeld 5: »Eingeschränkte Leistungsfähigkeit sekundärer Sektor I« (Risiko leicht eingeschränkter Leistungsfähigkeit von Erwerbstätigen im sekundären Sektor)

Der sekundäre Sektor trägt mit einem Anteil von 31,4 % der Erwerbstätigen an der Gesamtwirtschaft in Baden-Württemberg (Bundesdurchschnitt 24,7 %) zur Wertschöpfung bei. In ihm sind 1,82 Millionen Erwerbstätige beschäftigt, was 31 % der insgesamt 5,8 Millionen Erwerbstätigen entspricht.

Analog zu den Belastungen im tertiären Sektor infolge einer höheren Anzahl an Sommertagen ist dies auch für den sekundären Sektor bzw. die Erwerbstätigen im Bereich der (industriellen) Produktion und des verarbeitenden Gewerbes sowie Handels der Fall, wenn auch in anderer Form. So ist hier mit einer (Vor-)Belastung durch die Abwärme von Maschinen und Produktionsschritten in Verbindung mit körperlicher Anstrengung zu rechnen, die – je nach Ausstattung des Gebäudes mit Klimaanlage, Möglichkeiten zur Lüftung etc. – zu Einschränkungen der Leistungsfähigkeit führen können. In der Folge sind eine Zunahme des Verletzungsrisikos, eine erhöhte Fehlerrate, eine reduzierte Arbeitsgeschwindigkeit und andere Phänomene zu erwarten (vgl. Urlaub et al. 2012). Auch hier ist eine frühzeitig Adaption anzudenken (Stichworte: Umrüsten, Nachrüsten, Verlagerung der Produktion räumlich und zeitlich etc.).

Indikator Ë Sensitivität

Auch hier wurde beim zugrunde gelegten Indikator zwischen Stadt- und Landkreisen unterschieden.

Indikator bei den LKR ist die »Anzahl der Erwerbstätigen im sekundären Sektor« (Stand 2010), die angibt, wie viel vom spezifischen Schutzgut »Erwerbstätige« im jeweiligen LKR vorhanden ist. Bei den SKR zeigt der Indikator »Anteil der Erwerbstätigen im sekundären Sektor an allen Erwerbstätigen« (Stand 2009) an, wie groß diese Gruppe im Vergleich zu allen Erwerbstätigen in einem SKR ist, ob also die Gruppe aufgrund ihres Anteils an allen potenziell Betroffenen besonders relevant ist.

Auch hier wäre eine zusätzliche Verschneidung mit den älteren Erwerbstätigen im Alter über 55 Jahren von Interesse, wobei im bundesweiten Durchschnitt im sekundären Sektor tendenziell weniger Alte arbeiten als im tertiären Sektor (Verhältnis ca. 1:2 für die Sektoren; Angabe nur bundesweit vorhanden, vgl. Statistisches Bundesamt 2011,42) und dieser Faktor hier also geringer gewichtet werden müsste als beim tertiären Sektor.

Klimafaktor ☿ Exposition

Auf Seiten des Klimafaktors wurden die »*Sommertage*« (Definition: Tagesmaximum-Temperatur ≥ 25 °C) verwendet, da es nach Urlaub et al. (2012) bei Temperaturen über 24 °C zu Beeinträchtigungen des körperlichen Befindens und der Leistungsfähigkeit kommen kann.

Die nachfolgende Abbildung 38 zeigt für die Problemlage »Leicht eingeschränkte Leistungsfähigkeit der Erwerbstätigen im sekundären Sektor« die sich ergebenden potenziellen Vulnerabilitäten für die einzelnen Stadt- und Landkreise, wobei die Kreise *Mannheim, Heilbronn (SKR), Ludwigsburg, Pforzheim, Böblingen, Esslingen, Göppingen* und der *Ortenaukreis* als »hoch« vulnerabel eingestuft werden.

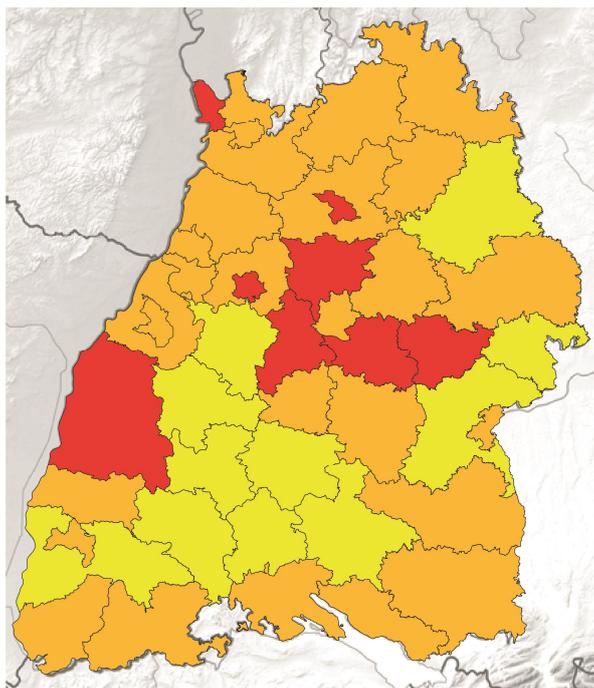


Abb. 38: potenzielle Vulnerabilität der Stadt- und Landkreise für eine leicht eingeschränkte Leistungsfähigkeit der Erwerbstätigen im sekundären Sektor in der nahen Zukunft (2021-2050; p50.0); eigene Darstellung; Legende: rot = hoch; orange = mittel; gelb = gering

3.4.3.3 Themenfeld 6: »Stark eingeschränkte Leistungsfähigkeit tertiärer Sektor II« (Risiko starker Produktivitätseinbußen im tertiären Sektor)

Grundlegend gelten für *starke* Belastungen im tertiären Sektor die gleichen Zusammenhänge, die zuvor im Zusammenhang mit den *leichten* Belastungen erörtert wurden. Allerdings ist bei einer starken klimatischen Belastung mit einer deutlichen Verschärfung der Problemlagen und damit einer Zunahme der Einschränkungen zu rechnen.

Indikator \ddot{E} Sensitivität

Der Indikator ist identisch mit dem unter 3.4.3.1 »Leistungsfähigkeit tertiärer Sektor I« beschriebenen, das heißt es wurde für die Landkreise der Indikator »Anzahl der Erwerbstätigen im tertiären Sektor« und für die Stadtkreise der Indikator »%-Anteil der Erwerbstätigen an allen Erwerbstätigen« zur Bestimmung der potenziellen Vulnerabilität zugrunde gelegt. Den Unterschied bei der Verwundbarkeit bewirken in diesem Fall allein die Klimafaktoren.

Klimafaktoren \ddot{E} Exposition

Zur Bestimmung des Risikos starker Einbußen im Hinblick auf die Produktivität bzw. Leistungsfähigkeit wurde die maximale Hitzebelastung für die Erwerbstätigen betrachtet, abgebildet durch die Klimafaktoren (1) »Heißer Tag« (Definition: Tagesmaximum-Temperatur ≥ 30 °C) und (2) »Hitzeperioden-Tage« (Definition: mindestens 3 Tage mit einer Tagesmaximum-Temperatur ≥ 30 °C und einem Tagesminimum von ≥ 18 °C; Einheit: Tage).

Wie unter 3.4.3 erläutert, führen Temperaturen über 30 °C (Heiße Tage), die ggf. auch noch über einen längeren Zeitraum anhalten (Hitzeperioden), zu deutlich stärkeren Beeinträchtigungen der mentalen und körperlichen Leistungsfähigkeit als Sommertage.

Für die theoretisch interessante Betrachtung der älteren Erwerbstätigen gilt dasselbe, wie oben bereits beschrieben.

Die nachfolgende Abbildung 39 zeigt für die Problemlage »Stark eingeschränkte Leistungsfähigkeit der Erwerbstätigen im tertiären Sektor« die sich ergebenden potenziellen Vulnerabilitäten für die einzelnen Stadt- und Landkreise, wobei die Kreise *Rhein-Neckar*,

Heidelberg, Heilbronn (LKR), Karlsruhe (LKR), Karlsruhe (SKR), Ludwigsburg, Rems-Murr, Böblingen, Esslingen, Freiburg und der Ortenaukreis als »hoch« vulnerabel eingestuft werden.

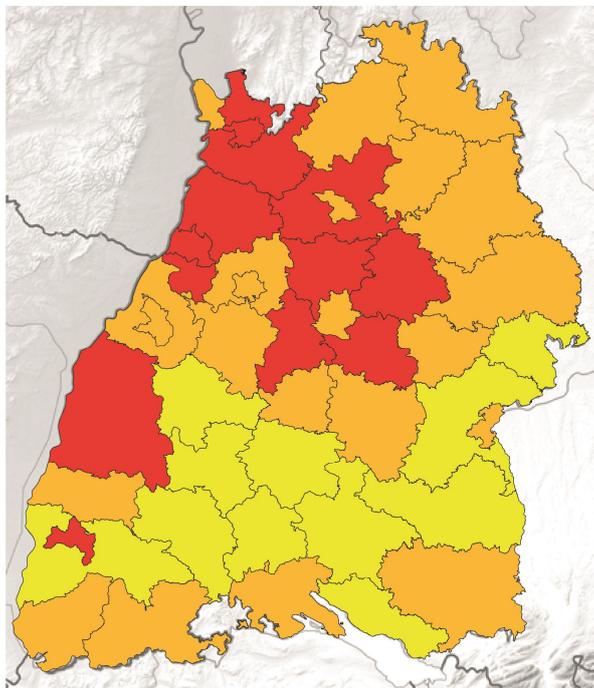


Abb. 39: potenzielle Vulnerabilität der Stadt- und Landkreise für eine stark eingeschränkte Leistungsfähigkeit der Erwerbstätigen im tertiären Sektor in der nahen Zukunft (2021-2050; p50.0); eigene Darstellung; Legende: rot = hoch; orange = mittel; gelb = gering

3.4.3.4 Themenfeld 7: »Stark eingeschränkte Leistungsfähigkeit sekundärer Sektor II« (Risiko starker Produktivitätseinbußen im sekundären Sektor)

Im Hinblick auf die grundlegenden Wirkzusammenhänge gilt für die starken Belastungen im sekundären Sektor im Kern, was unter 3.4.3.2 für die leichten Belastungen beschrieben wurde.

Indikatoren Æ Sensitivität:

Die jeweiligen Indikatoren für die SKR und LKR sind identisch mit den unter 3.4.3.2 »Leistungsfähigkeit sekundärer Sektor I« aufgeführten: »Anzahl der Erwerbstätigen im sekundären Sektor« (Stand 2010) für die LKR; »Anteil der Erwerbstätigen im sekundären Sektor an allen Erwerbstätigen« (Stand 2009) für die SKR. Allerdings spielen bei den starken Produktivitäts- bzw. Leistungseinbußen auch Aspekte der Kühlung von Produktionsschritten

und Produkten theoretisch eine Rolle; da aber keine räumlich differenzierten Daten für die einzelnen Wirtschaftszweige des sekundären Sektors vorliegen, konnten keine Vulnerabilitätsbestimmungen mit einem entsprechenden Detaillierungsgrad durchgeführt werden.

Für die theoretisch interessante Betrachtung der älteren Erwerbstätigen gilt dasselbe wie oben ausgeführt.

Klimafaktoren Æ Exposition:

Im Hinblick auf die Exposition wurden dieselben Klimafaktoren herangezogen wie bei der vorab beschriebene Problemlage „Leistungsfähigkeit tertiärer Sektor II“ (Risiko starker Produktivitätseinbuße im tertiären Sektor): (1) »*Heißer Tag*« (Definition: Tagesmaximum-Temperatur ≥ 30 °C) und (2) »*Hitzeperioden-Tage*« (Definition: mindestens 3 Tage mit einem Tagesmaximum ≥ 30 °C und einem Tagesminimum von ≥ 18 °C; Einheit: Tage).

Die Zunahme der heißen Tage in Verbindung mit einer höheren Anzahl an Hitzeperioden wird voraussichtlich zu Belastungen führen, die so gravierend sind, dass im Zweifelsfall darüber nachzudenken sein wird, ob die Erwerbstätigkeit zum Schutz der Gesundheit zeitweise eingestellt oder bestimmte Arbeitsschritte räumlich/zeitlich verlagert werden sollten.

Die nachfolgende Abbildung 40 zeigt für die Problemlage »Stark eingeschränkte Leistungsfähigkeit der Erwerbstätigen im sekundären Sektor« die sich ergebenden potenziellen Vulnerabilitäten für die einzelnen Stadt- und Landkreise, wobei die Kreise *Mannheim, Rhein-Neckar, Karlsruhe (LKR), Karlsruhe (SKR), Heilbronn (LKR), Heilbronn (SKR), Pforzheim, Ludwigsburg, Böblingen, Esslingen* und der *Ortenaukreis* als »hoch« vulnerabel eingestuft werden.

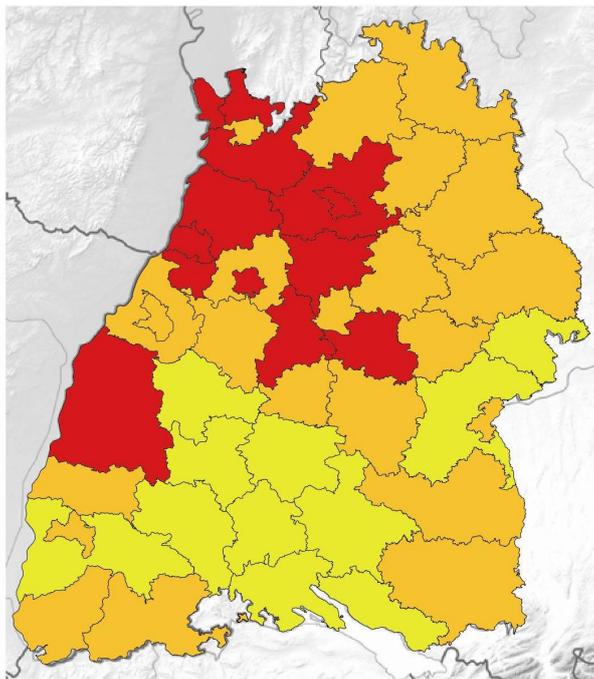


Abb. 40: potenzielle Vulnerabilität der Stadt- und Landkreise für eine stark eingeschränkte Leistungsfähigkeit der Erwerbstätigen im sekundären Sektor in der nahen Zukunft (2021-2050; p50.0); eigene Darstellung; Legende: rot = hoch; orange = mittel; gelb = gering

3.4.4 Schutzgut bauliche Umwelt (Gebäude & Infrastruktur)

Das »Schutzgut bauliche Umwelt« gliedert sich in die zwei Teilbereiche

- Gebäude und
- verkehrliche Infrastruktur.

Im Teilbereich »Schutzgut Gebäude« wurden drei Themenfelder einer Vulnerabilitätsanalyse unterzogen (siehe die nachfolgenden Kapitel 3.4.4.1 bis 3.4.4.3).

Der Teilbereich »Schutzgut verkehrliche Infrastruktur« fokussiert zur Abschätzung der potenziellen Vulnerabilität auf Straßen in der Zuständigkeit des Landes, der Kreise und der Kommunen als zentraler Teil der von Raumordnung und Bauleitplanung beeinflussbaren verkehrlichen Infrastruktur (siehe 3.4.4.4).

Abbildung 41 zeigt die Aggregation der Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse für die Themenfelder des Schutzguts »Bauliche Umwelt« für die einzelnen Stadt- und Landkreise (potenzielle Vulnerabilitäten). Als »hoch« vulnerabel eingestuft werden die Kreise *Mannheim, Heidelberg, Rhein-Neckar, Heilbronn (SKR), Heilbronn (LKR), Karlsruhe (LKR), Karlsruhe (SKR), Pforzheim, Ludwigsburg, Böblingen, Esslingen* und der *Ortenaukreis*.

Die in einzelnen Kreisen kleinräumlich klimatisch höheren oder geringeren Belastungen sind, mit den entsprechenden methodisch bedingten Einschränkungen, dem jeweiligen Steckbrief des Kreises zu entnehmen (vgl. auch die Leseanleitung im Dokument »Steckbriefe«).

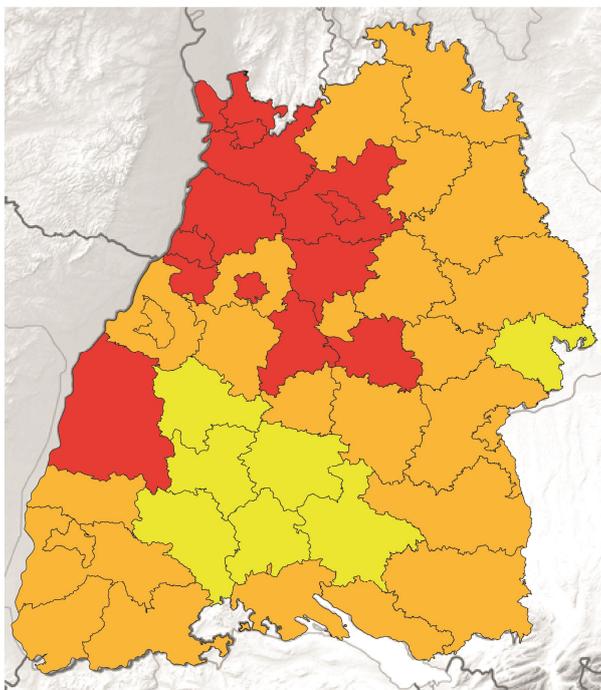


Abb. 41: pot. Vulnerabilitäten der Stadt- und Landkreise für alle Teilaspekte des »Schutzgut bauliche Umwelt« in der nahen Zukunft (2021-2050; p50.0); eigene Darstellung; Legende: rot = hoch; orange = mittel; gelb = gering

3.4.4.1 Themenfeld 8: »Risiko für Schäden an Gebäuden und baulichen Anlagen«

Der Gebäudebestand sowie im Bau befindliche Gebäude und Infrastrukturen werden in naher und ferner Zukunft einer höheren thermischen Belastung ausgesetzt sein. Leider liegen zu den resultierenden Folgen aktuell kaum aussagekräftige Studien vor. Dies hat mit den Schwierigkeiten der Simulation entsprechend langer Zeiträume und den begrenzten Möglichkeiten zur Beobachtung von Schadensfällen an echten Objekten zu tun. Ein Hitzesommer wie der im Jahr 2003 genügt nicht für entsprechende Erkenntnisse, anders als es etwa im Hinblick auf die Mortalität der Fall ist, da die Schäden sich bei baulichen Anlagen über größere Zeiträume aufbauen und eine Erfassung nicht »automatisch« erfolgt (wie z.B. bei Todesfällen). Infolgedessen fehlen entsprechende Vergleichsdaten.

Das Umweltbundesamt (UBA o.J., unveröffentlichtes Dokument zu den Wirkfolgen der Klimaveränderung) geht jedoch von einer Zunahme der Schäden an Gebäuden aus. Diesem

Ansatz folgt dieses Gutachten. Er scheint insofern sinnvoll, da Prozesse der Erwärmung und Abkühlung sowie thermische Spitzenbelastungen über längere Zeiträume zu Bauteilermüdung, vorzeitiger Materialalterung, Dehnungsrissen und Ausfällen von technischen Gebäudeanlagen führen können. Aufgrund der steigenden Summe mäßiger Belastungen (mehr Sommertage) und häufigeren und höheren Belastungsspitzen (mehr heiße Tage mit höheren Temperaturen) ist damit zu rechnen, dass entsprechende Schäden künftig zahlreicher und früher auftreten werden. Besonders in städtischen Ballungsräumen, wo aufgrund urbaner Hitzeinseln die Belastungen noch einmal höher ausfallen, wird sich zukünftig voraussichtlich ein steigendes Risiko für Schadensfälle an Gebäuden und baulichen Anlagen ergeben.

Indikatoren Æ Sensitivität

Bei der Ermittlung der potenziellen Vulnerabilitäten wurde der Indikator »Gebäude-/Freifläche« zugrunde gelegt. Dieser wurde für die Kreise weiter unterschieden in »%-Anteil an der Siedlungs-/Verkehrsfläche« für die Stadtkreise und »absolute Gebäude-/Freifläche« (Einheit: ha) für die Landkreise.

Der Indikator bildet indirekt die Summe der Gebäude ab, die durch die Exposition gegebenenfalls Schaden nehmen können. Dabei bleiben Aspekte wie Baujahr, Konstruktionsart und Ausrichtung der Gebäude, welche einen Einfluss auf die tatsächlichen Folgen einer Hitzebelastung haben können, unberücksichtigt, da es hierzu auf Kreisebene keine Daten gibt. Zudem bedürfte es für eine solch detaillierte Betrachtung spezifische Erkenntnisse zum thermischen Langzeitverhalten unterschiedlicher Baustoffe und Konstruktionen, die in dieser Form nicht vorliegen.

Das Gutachten folgt deshalb bei der Einstufung der einzelnen Kreise der vereinfachenden Annahme, der zufolge es prinzipiell dort vermehrt zu Schadensfällen kommen kann, wo sich viele Gebäude (Schutzgüter) befinden.

Klimafaktor Æ Exposition

Da Gebäude auch heute schon für die Temperaturen eines Sommertags ausgelegt sind, wurden für die Ermittlung der potenziellen Vulnerabilität hier die Klimafaktoren (1) »Heiße Tage« (Definition: Tagesmaximum-Temperatur ≥ 30 °C) und (2) »Hitzeperioden-Tage« (Definition: mindestens 3 Tage mit einer Tagesmaximum-Temperatur ≥ 30 °C und einer

Tagesminimum-Temperatur von $\geq 18\text{ °C}$; Einheit: Tage) herangezogen. Dieser Ansatz wurde gewählt, weil für Schäden an Bauteilen die Spitzenbelastungen und deren Dauer entscheidend sind, sowohl im Hinblick auf die maximalen Dehnungsprozesse als auch auf Veränderungen der (chemischen) Struktur (z.B. bei Dichtungen) und Belastungen für Haustechnikanlagen (z.B. Klimaanlage).

Die nachfolgende Abbildung 42 zeigt für die Problemlage »Risiko für Schäden an Gebäuden und baulichen Anlagen« die sich ergebenden potenziellen Vulnerabilitäten für die einzelnen Stadt- und Landkreise, wobei die Kreise *Mannheim, Rhein-Neckar, Heidelberg, Karlsruhe (LKR und SKR), Heilbronn (LKR und SKR), Pforzheim* und der *Ortenaukreis* als »hoch« vulnerabel eingestuft werden.

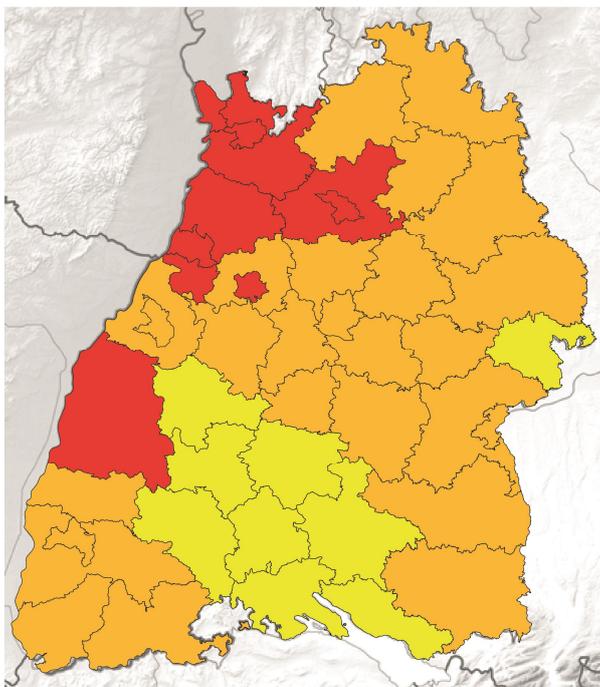


Abb. 42: potenzielle Vulnerabilität der Stadt- und Landkreise für Schäden an Gebäuden und baulichen Anlagen in der nahen Zukunft (2021-2050; p50.0); eigene Darstellung; Legende: rot = hoch; orange = mittel; gelb = gering

3.4.4.2 Themenfeld 9: »Bedarf an Gebäudekühlung im tertiären Sektor« (Risiko für die ökonomische Nutzbarkeit von Gebäuden im tertiären Sektor)

Die Zunahme der thermischen Belastungen führt im tertiären Sektor zu einem erhöhten Bedarf der Gebäude- und Anlagenkühlung, um die Produktivität der Mitarbeiter aufrecht zu erhalten und die notwendigen Rahmenbedingungen zur Durchführung spezieller Arbeiten

(z.B. in Laborräumen) weiterhin gewährleisten zu können. Dies führt bei einer entsprechenden Ausrüstung mit Kühlsystemen zu höheren Betriebskosten, ggf. wird eine Nachrüstung oder ein Umbau erforderlich sein. Infolge der damit verbundenen höheren Kosten besteht das Risiko, dass Gebäude nicht mehr in dem Maße wirtschaftlich betrieben werden können, wie dies zum Zeitpunkt ihrer Errichtung kalkuliert war.

Indikatoren Æ Sensitivität

Die Erwerbstätigen wurden hier als indirekter Indikator für den Bedarf an Kühlung angesetzt, da bei gleicher Zahl an Erwerbstätigen und steigenden Temperaturen die Kühllast in der Regel zunimmt. Zudem ist die Körperwärme – neben dem solaren Eintrag und der Abwärme technischer Geräte – in der Regel die größte Wärmequelle in den Bürogebäuden des tertiären Sektors.

Auch hier wurde zwischen den Kreisarten differenziert. Für die Stadtkreise wurde als Indikator der »%-Anteil der Erwerbstätigen im tertiären Sektor an allen Erwerbstätigen« angesetzt. Bei den Landkreisen wurde die absolute »Anzahl der Erwerbstätigen im tertiären Sektor« betrachtet. Dadurch konnte eine Verzerrung aufgrund der unterschiedlichen Größe und damit in der Regel höheren Anzahl an Erwerbstätigen in den Landkreisen im Vergleich zu den Stadtkreisen vermieden werden. Ohne entsprechende Unterscheidung würde es für die meisten Stadtkreise zu einer Unterbewertung ihrer Vulnerabilität kommen.

Klimafaktor

Als Klimafaktor zur Bestimmung des Risikos für die ökonomische Nutzbarkeit von Gebäuden wurde die Anzahl der »Kühlgradtage« zugrunde gelegt. Dieser Faktor gibt in Kelvin die Summe der Temperaturen jener Tage eines Jahres an, deren Tagesmitteltemperatur über 18,3 °C liegt. Je höher der Wert, desto mehr muss gekühlt werden. Über die Häufigkeit des Kühlbedarfs gibt der Kühlgradtag hingegen keine Auskunft.

Der Median steigt für diesen Klimafaktor in ganz Baden-Württemberg in der Bandbreite von 19,7-200,7 Kühlgradtagen im Beobachtungszeitraum auf 54,0-258,1 Tage in der nahen Zukunft (p50.0). Dies entspricht einer Steigerung des Minimalwerts um 174 % (entspricht einem Zuwachs von 34,3 Tagen) und des Maximalwerts von 28 % (plus 57,4 Tage) in der nahen Zukunft.

Bei den Betriebskosten können solche Steigerungen, gerade im Bereich der Maximalwerte, eine entscheidende Größe für einen wirtschaftlich rentablen Betrieb eines Gebäudes darstellen. Ein erhöhter Kühlbedarf trägt zudem über die Abwärme konventioneller Klimaanlage zu einer Verstärkung des urbanen Hitzeinseleffekts bei. Der Einsatz solcher Anlagen ist damit kritisch zu sehen, da sie als vermeintliche Lösung zugleich ein Teil des Problems sind. Dies macht sich besonders in Stadtkreisen bemerkbar.

Die Lebenszyklus- und Betriebskosten spielen bei der Planung von Gebäuden zwar eine Rolle, jedoch werden hier in der Regel noch keine Klimaprojektionen in die Kalkulation mit einbezogen, was auf einen möglichen Forschungsbedarf hinweist (z.B. Ermittlung von Benchmarks, Daten zur Klimaveränderung etc.).

Die nachfolgende Abbildung 43 zeigt für die Problemlage »Bedarf an Gebäudekühlung im tertiären Sektor« die sich ergebenden potenziellen Vulnerabilitäten für die einzelnen Stadt- und Landkreise, wobei die Kreise *Rhein-Neckar, Heidelberg, Karlsruhe (LKR und SKR), Ludwigsburg, Rems-Murr, Esslingen, Böblingen, Ortenau* und *Freiburg* als »hoch« vulnerabel eingestuft werden.

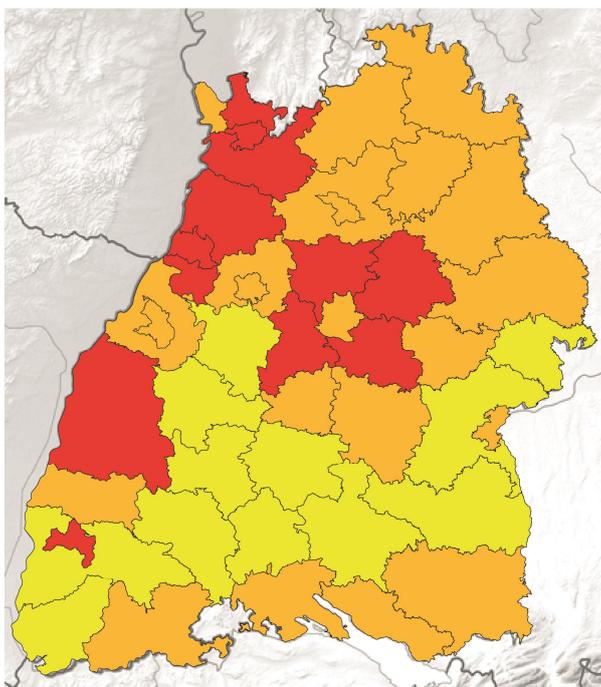


Abb. 43: potenzielle Vulnerabilität der Stadt- und Landkreise für Bedarf an Gebäudekühlung im tertiären Sektor in der nahen Zukunft (2021-2050; p50.0); eigene Darstellung; Legende: rot = hoch; orange = mittel; gelb = gering

3.4.4.3 Themenfeld 10: »Bedarf an Gebäudekühlung im sekundären Sektor« (Risiko für die ökonomische Nutzbarkeit von Gebäuden im sekundären Sektor)

Auch im sekundären Sektor ist die Kühlung von Arbeitsstätten ein Faktor für den wirtschaftlichen Betrieb eines Gebäudes. Im sekundären Sektor betrifft dieser Aspekt nicht nur die Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter, sondern ebenso temperatursensible Fertigungs- und Produktionsprozesse und die Lagerung von verderblichen oder temperaturempfindlichen Produkten.

Hier kommt verstärkend hinzu, dass je nach Produktionsstätte und -verfahren bereits eine hohe Abwärmelast vorliegt (z.B. in der Metall verarbeitenden Industrie, dem Maschinenbau, bei Gussverfahren, der Papierproduktion etc.). Zudem nimmt die Körperstrahlung (Abwärme zur Kühlung des Körpers) der Erwerbstätigen infolge der Zunahme von Sommertagen und heißen Tagen zu, was eine zusätzliche »Kühllast« ausmacht und besonders im sekundären Sektor aufgrund der hohen Anteile körperlicher Arbeit einen wichtigen Faktor darstellt.

Indikatoren Æ Sensitivität

Die Erwerbstätigen wurden (analog zum tertiären Sektor, siehe oben) als indirekter Indikator für den Kühlbedarf angesetzt. Hintergrund ist, dass bei gleicher Zahl an Erwerbstätigen und damit verbundener Produktionsleistung die Kühllast infolge der durch den Klimawandel bedingten höheren Temperaturlasten steigt.

Auch hier wurde zwischen den Kreisarten differenziert. Für die Stadtkreise wurde der »%-Anteil der Erwerbstätigen im sekundären Sektor an allen Erwerbstätigen« angesetzt. Bei den Landkreisen wurde die absolute »Anzahl der Erwerbstätigen im sekundären Sektor« herangezogen. Dadurch konnte eine Verzerrung aufgrund der unterschiedlichen Größe und damit in der Regel höheren Anzahl an Erwerbstätigen in den Landkreisen gegenüber den Stadtkreisen vermieden werden. Ohne entsprechende Unterscheidung würde es für die meisten Stadtkreise zu einer Unterbewertung ihrer Vulnerabilität kommen.

Klimafaktor Æ Exposition

Als Klimafaktor zur Bestimmung des Risikos für die ökonomische Nutzbarkeit von Gebäuden wurde die Anzahl der »Kühlgradtage« zugrunde gelegt. Dieser Faktor gibt in Kelvin die Summe der Temperaturen jener Tage eines Jahres an, deren Tagesmitteltemperatur über 18,3 °C liegt. Je höher der Wert, desto mehr muss gekühlt werden. Über die Häufigkeit des Kühlbedarfs gibt der Kühlgradtag keine Auskunft.

Alle weiteren Aspekte decken sich mit den zuvor unter 3.4.4.2 »Bedarf zur Gebäudekühlung im tertiären Sektor« getroffenen Aussagen. Für den sekundären Sektor kommt auf kleinräumlicher Ebene ggf. abmildernd zum Tragen, dass Industrie- und Gewerbegebiete in der Regel nicht im (inner-)städtischen Kontext angesiedelt sind. Mit einem Hitzeinseleffekt ist hier also nur in Ausnahmefällen, sprich bei sehr großen Betrieben oder einer Ansammlung vieler Unternehmen zu rechnen.

Die nachfolgende Abbildung 44 zeigt für die Problemlage »Bedarf an Gebäudekühlung im sekundären Sektor« die sich ergebenden potenziellen Vulnerabilitäten für die einzelnen Stadt- und Landkreise, wobei die Kreise *Mannheim, Heidelberg, Karlsruhe (LKR und SKR), Pforzheim, Ludwigsburg, Böblingen, Esslingen* und der *Ortenaukreis* als »hoch« vulnerabel eingestuft werden.

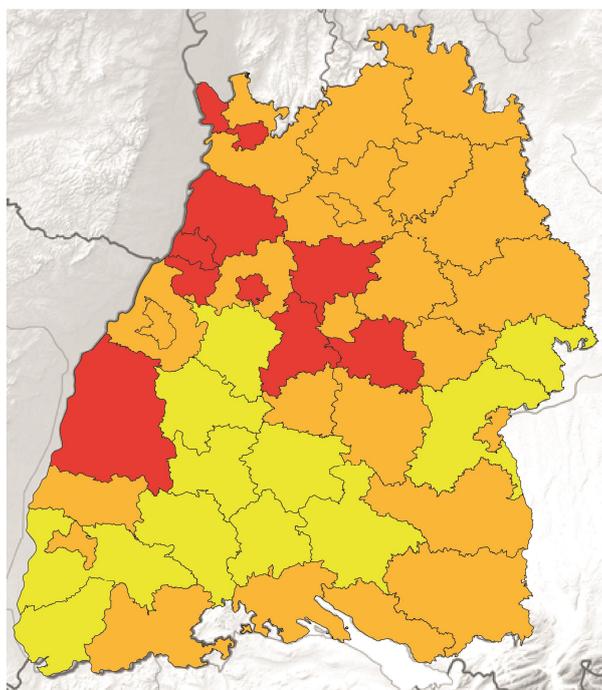


Abb. 44: potenzielle Vulnerabilität der Stadt- und Landkreise für Bedarf an Gebäudekühlung im sekundären Sektor in der nahen Zukunft (2021-2050; p50.0); eigene Darstellung; Legende: rot = hoch; orange = mittel; gelb = gering

3.4.4.4 Themenfeld 11: »Risiko für Schäden an Verkehrswegen«

Die verkehrliche Infrastruktur und hierbei insbesondere die Straßen sind über mehrere Wirkketten vom Klimawandel betroffen. Aspekte sind die zunehmenden Schwankungen der Temperaturen, der Anstieg der durchschnittlichen Temperatur sowie die Zunahme der Hitzetage im Sommer. Bei den bisher verbauten Fahrbahndecken und Konstruktionsweisen können diese Klimaänderungen unterschiedliche Folgen mit sich bringen (vgl. Bundesanstalt für Straßenwesen 2010). So ist mit Veränderungen

- des Materialverhaltens unter Belastung,
- der Spannungen im Straßenaufbau mit resultierenden Materialermüdungen,
- des Langzeitverhaltens von Standardbauweisen infolge der Zunahme der mittleren Temperatur und der Anzahl der heißen Tage zu rechnen; damit verbunden sind eine Zunahme der Spurrinnenbildung (plastische Verformungen), eine Erhöhung der Anzahl der »Blow-ups« (Hitzeaufbrüche/-sprengung) bei Betonfahrbahndecken und Betonbefestigungen, Überschreitungen zulässiger Längsdehnungen bei Brückenbauwerken, horizontale Fugenbewegungen bei Betonbefestigungen und Schäden an Brückenlagern.

Für die tatsächlichen Schäden vor Ort spielen die regionalen Klimadaten, die Topographie, das Aufkommen an Schwerverkehr und die Temperaturen aufgrund des lokalen Umfelds (z.B. Wälder, versiegelte Flächen) eine Rolle. Hierzu werden im Rahmen eines laufenden Forschungsprojekts der Bundesanstalt für Straßenwesen (Stand 04-2013) offene Fragen zur besseren Einschätzung der Vulnerabilität untersucht, zum Beispiel zum unterschiedlichen Verhalten der Fahrbahndecken unter Hitzeeinwirkung.

Die Schäden an den Verkehrswegen haben (neben den Kosten zu deren Instandsetzung) auch indirekte Folgekosten. Dazu zählen ein höheres Unfallrisiko und damit verbundene Unfallkosten, die Kosten durch höheren Verschleiß an Fahrzeugen, Zeitverluste infolge von Straßensperrungen und damit verbundene (Umwelt-)Kosten für Umwege.

Anzumerken ist, dass die Stadt- und Raumplanung im Themenfeld Verkehr zum Beispiel im Sinne des Bündelungsprinzips (als ein Aspekt des Konzepts der Zentralen Orte) auf eine

Reduzierung der Schadenspotenziale durch sparsamen Ausbau von Verkehrsflächen hinwirken kann, ihre Steuerungsmöglichkeiten hier aber grundsätzlich beschränkt sind.

Indikator \ddot{E} Sensitivität

Zur Vulnerabilitätsermittlung wurde der Indikator Verkehrsfläche genutzt. Es wird unterschieden nach »*Verkehrsfläche*« [in ha] für die Landkreise und »*%-Anteil der Verkehrsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche*« für die Stadtkreise.

Diese Unterscheidung erfolgt, da sonst (bei einer Betrachtung anhand der absoluten Fläche für alle Kreise) im Ergebnis die vor allem ländlich geprägten Landkreise gegenüber den Stadtkreisen sensitiver eingestuft würden, da sie aufgrund der vielen Verbindungswege zwischen den einzelnen Kommunen/Nutzungen und ihrer Größe in den meisten Fällen mehr Verkehrsfläche aufweisen. Hier ist anzumerken, dass bei der Betrachtung der Verkehrsflächen die Zuständigkeiten des Bundes, das heißt Autobahnen, Bundesstraßen und sonstige ihm zugeordneten Verkehrsflächen, außen vor bleiben.

Klimafaktoren \ddot{E} Exposition

Da Schäden vor allem bei sehr hohen Temperaturen auftreten, wurden hier – analog zur Betrachtung der baulichen Anlagen, siehe Kapitel 3.4.4.1 – (1) die *Anzahl heißer Tage* und (2) die *Hitzeperioden-Tage* als Klimafaktoren zur Anwendung gebracht, mit denen sich Belastungsspitzen abbilden lassen.

Die nachfolgende Abbildung 45 zeigt für die Problemlage »Schäden an Verkehrswegen« die sich ergebenden potenziellen Vulnerabilitäten für die einzelnen Stadt- und Landkreise, wobei die Kreise *Rhein-Neckar*, *Karlsruhe (LKR)*, *Heilbronn (LKR)*, *Schwäbisch Hall*, *Main-Tauber* und der *Ortenaukreis* als »hoch« vulnerabel eingestuft werden.

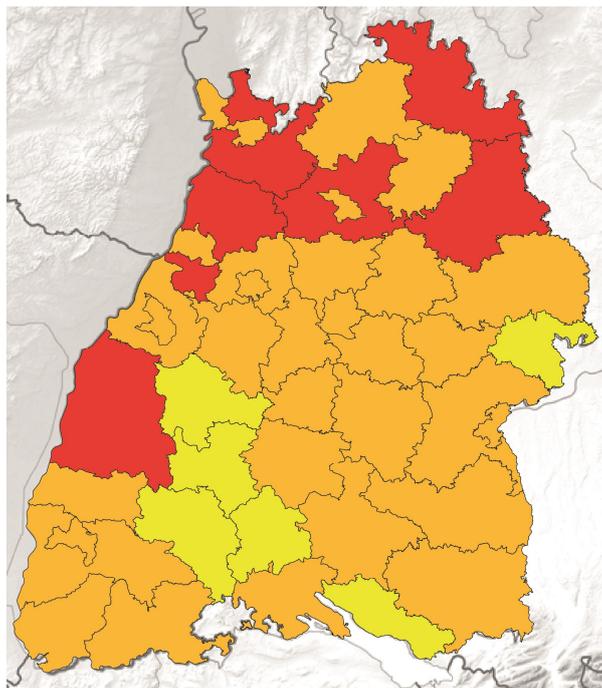


Abb. 45: potenzielle Vulnerabilität der Stadt- und Landkreise für Schäden an Verkehrswegen (Straßenraum) in der nahen Zukunft (2021-2050; p50.0); eigene Darstellung; Legende: rot = hoch; orange = mittel; gelb = gering

3.4.5 Schutzgut Siedlungsgrün \ddot{E} Themenfeld 12: »Risiko für Schädigung von Flächen zur Erholung«

Die Flächen zur Erholung spielen im Hinblick auf den Klimawandel in mehrfacher Hinsicht eine wichtige Rolle für die Raumordnung und Bauleit- bzw. Stadtplanung. Sie übernehmen wichtige Funktionen für das lokale Mikroklima (z.B. Kühleffekt, Luftreinhaltung), den Wasserhaushalt (z.B. Retention, Grundwasserentstehung), den Klimaschutz (z.B. weniger Freizeitverkehr) und bieten unterschiedlichsten Tier- und Pflanzenarten einen Lebensraum. Darüber hinaus tragen sie wesentlich zur Durchgrünung von Agglomerationsräumen und städtischen Räumen bei und bieten vor allem den in ihrer Mobilität eingeschränkten Bevölkerungsgruppen (z.B. ältere und kranke Menschen, Kinder, junge Familien, Menschen ohne eigenes Kfz) Möglichkeiten zur aktiven Freizeitgestaltung im nahen Wohnumfeld. Dies ist sowohl für die physische als auch die psychische Erholung gerade in Phasen hoher Wärmebelastung von besonderer Bedeutung für das Wohlbefinden. Die Erholungsflächen sind demgemäß ein Schutzgut, das für die Lebens- und Wohnqualität von zunehmender Bedeutung ist und dessen Schädigung sich in mehrfacher Weise negativ auswirken kann.

Indikator \ddot{E} Sensitivität

Der zur Vulnerabilitätsermittlung angesetzte Indikator Erholungsfläche (Einheit: ha) ist wie folgt definiert: Unbebaute Flächen, die vor allem dem Sport und der Erholung dienen. Hierzu gehören unter anderem Grünanlagen einschließlich Parks und Schrebergärten sowie Sportflächen und Campingplätze. Der Indikator wurde für die Landkreise (LKR) als »*Erholungsfläche*« angesetzt, also als die absolute ha-Zahl der vorhandenen Erholungsflächen. Für die Stadtkreise wurde der »*%-Anteil der Erholungsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche*« genutzt. Dieser Wert gibt an, wie viel Fläche gemessen an der Siedlungsfläche der Erholung dient. Umso kleiner der %-Anteil ist, desto urbaner und damit auch anfälliger für lokale Hitzeinseln ist ein Stadtraum.

Klimafaktor \ddot{E} Exposition

Da für das Schutzgut Erholungsfläche das Risiko einer (dauerhaft) die Funktion einschränkenden Schädigung betrachtet wurde, wurden als Klimafaktoren (1) »*Heiße Tage*« (Definition: Tagesmaximum-Temperatur ≥ 30 °C) und (2) »*Hitzeperioden-Tage*« (Definition: mindestens 3 Tage mit einer Tagesmaximum-Temperatur ≥ 30 °C und einer Tagesminimum-Temperatur von ≥ 18 °C; Einheit: Tage) ausgewählt. Hintergrund ist, dass der aus lang anhaltenden Hitzebelastungen resultierende Hitze- und Trockenstress eine Schädigung von Grünbewuchs bis hin zu dessen Absterben verursachen kann.

Die nachfolgende Abbildung 46 zeigt für das Schutzgut »Siedlungsgrün« die sich ergebenden potenziellen Vulnerabilitäten für die einzelnen Stadt- und Landkreise, wobei die Kreise *Mannheim, Rhein-Neckar, Karlsruhe (LKR und SKR, Heilbronn (LKR), Ludwigsburg, Böblingen, Baden-Baden, Ortenau* und *Ulm* als »hoch« vulnerabel eingestuft werden.

Die in einzelnen Kreisen kleinräumlich klimatisch höheren oder geringeren Belastungen sind, mit den entsprechenden methodisch bedingten Einschränkungen, dem jeweiligen Steckbrief des Kreises zu entnehmen (vgl. auch die Leseanleitung im Dokument »Steckbriefe«).

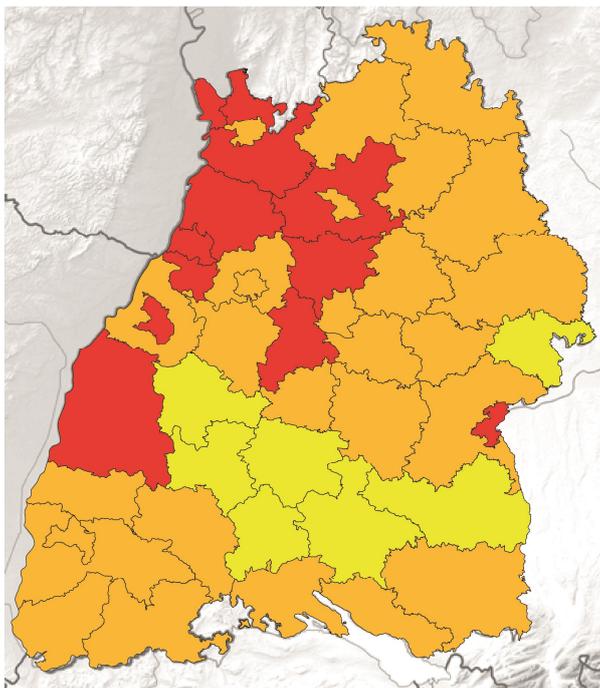


Abb. 46: potenzielle Vulnerabilität der Stadt- und Landkreise für Schädigung von Erholungsflächen in der nahen Zukunft (2021-2050; p50.0); eigene Darstellung; Legende: rot = hoch; orange = mittel; gelb = gering

3.4.6 Exkurs: Schutzgut Wasser

Der Klimawandel hat möglicherweise zur Folge, dass es zu einer Häufung extremer Niederschlagsereignisse mit dem Risiko vermehrter Überflutungsereignisse kommen wird. Beim momentanen Kenntnisstand ermöglichen aber sowohl die Datenlage als auch die Leistungsfähigkeit der verwendeten Klimamodelle keine ausreichend belastbaren Projektionen zukünftiger Entwicklungen für die Siedlungsentwässerung (vgl. Schmitt 2011).

Dies ist auch der Fall bei den für dieses Gutachten verwendeten Klimaprojektionen zum Thema »Niederschlag«, welche mit zu vielen Unsicherheiten versehen sind (siehe Kap. 2.1). Aus den Daten lassen sich kaum Aussagen zur Häufigkeit, Intensität und räumlichen Verteilung von Starkwetterereignissen ableiten (siehe dazu auch Fachgutachten »Wasserhaushalt«). Die nachfolgenden Teilaspekte zum »Schutzgut Wasser« wurden deshalb nicht in die rechnerische Ermittlung der potenziellen Vulnerabilitäten einbezogen.

Sie werden hier aber dennoch in Form eines Exkurses thematisiert, da Maßnahmenformblätter (siehe gesondertes Dokument) erstellt wurden, um in jenen Kreisen, für welche zum Beispiel die Hochwasserrisikokarten eine Gefährdung ausweisen, eine Abstimmung der Maßnahmen in der Gesamtschau zu ermöglichen. Die

Hochwasserrisikokarten sind laut Projektstandkarte der Hochwassergefahrenkarte Baden-Württembergs (LUBW) aktuell in der Überarbeitung bzw. Erstellung (Stand April 2013) und werden deshalb im Rahmen dieses Gutachtens nicht angeführt.

Generell bleibt festzuhalten, dass für das Thema »Niederschlag« als Konsequenz aus den Unsicherheiten der Projektionen eine mögliche große Flexibilität der Entwässerungssysteme und entsprechender Puffer (Überlaufbecken, Retentionsflächen) angestrebt werden sollte. Zusätzlich kommt der Untersuchung lokaler Überflutungsrisiken eine große Bedeutung zu (vgl. Schmitt 2011). Ebenso sind für die Abschätzung zukünftiger Hochwasserrisiken der Umfang und die Art weiterer Änderungen in der natürlichen und gebauten Umwelt (z.B. infolge neuer Flächenausweisungen) mit ihren Einflüssen auf Abflussvolumina/-charakteristika kritisch zu begutachten.

Wesentliche Problemlagen im Kontext »Wasser« werden im Folgenden skizziert (vgl. unter anderem Schmitt 2011).

- Risiko für Schäden an baulichen Anlagen durch Starkregen (Überflutung pluvial): Die Veränderungen der Niederschlagsereignisse können zu direkten (durch Schlagregen) oder indirekten Schäden (Überlaufen von Dachentwässerungssystemen, Rückstau in der Kanalisation, anstauendes Oberflächenwasser) an bzw. in Gebäuden führen, zum Beispiel in Form von Durchfeuchtung von Fassaden- und Sockelbereichen, Eintritt von Wasser ins Gebäudeinnere.

Potenziell besonders gefährdet sind hier diejenigen Gebiete, welche unter der jeweiligen Rückstauenebene des Geländes/der Kanalisation liegen. Zukünftige Vorhaben sollten besonders bei der Planung von Fassaden und der Dimensionierung von Dachentwässerungen auf mögliche Veränderungen infolge des Klimawandels achten (siehe dazu auch die einschlägigen Maßnahmen im gesonderten Dokument »Maßnahmenformblätter«).

Pluviale Hochwasser sind in ihrer Entstehung maßgeblich durch eher kleinräumliche Zusammenhänge und Faktoren beeinflusst, das heißt (neben dem lokalen Wetterereignis als solchem) durch eine zu geringe Dimensionierung von Entwässerungssystemen, einen hohen Versiegelungsgrad, zu wenig Retentionsflächen (z.B. Gründächer) und weitere Faktoren. Sie führen damit in der Regel auch nur in einem begrenzten Gebiet zu Schäden.

- Risiko für Schäden an baulichen Anlagen durch fluviale Hochwasser:
Durch eine Überlagerung mehrerer zeitnaher oder zeitgleicher Niederschlagsereignisse im Einzugsgebiet von Flüssen kann es bei entsprechend großen Mengen in kurzen Zeitabständen oder bei langen Niederschlagsperioden zu fluvialen Hochwassern kommen. Der Austritt von Flusswasser aus dem natürlichen Flussbett kann zur Beschädigung oder Zerstörung baulicher Anlagen führen. Zur Vermeidung von Schäden spielt in diesem Zusammenhang – neben dem Ausweisen großräumiger Retentionsflächen mit den Mitteln der Raumordnung – vor allem auch die lokale Risikoabschätzung bei der Ausweisung von Flächen für Standorte baulicher Anlagen mit den Mitteln der Bauleitplanung eine wesentliche Rolle.
- Risiko einer Verknappung von Wasserressourcen (Betriebs- und Trinkwasser):
Die Veränderungen des Niederschlags sind, wie in der Einleitung zu diesem Kapitel erläutert, zwar mit großen Unsicherheiten behaftet. Allerdings zeichnet sich eine Tendenz ab, deren Entwicklung ein Risiko für die Verfügbarkeit von Wasserressourcen mit sich bringen kann. So zeigen die Modellprojektionen (LUBW 2013,47ff), dass es zu einer Verschiebung der Niederschlagsmengen vom meteorologischen Sommer- ins Winterhalbjahr kommen wird. Diese Verschiebung könnte, in Verbindung mit der als vergleichsweise sicher anzunehmenden Zunahme an Sommertagen, heißen Tagen und Hitzeperioden-Tagen, einen wesentlichen Einfluss auf die Verfügbarkeit von Wasser und den Wasserhaushalt per se haben. Eine solche Entwicklung würde im Hinblick auf Grünflächen und deren Bedeutung für die Entstehung von Kaltluft im urbanen Raum (Urban Cooling Island) ein nicht unerhebliches Risiko darstellen, da eine Schädigung der Vegetation durch Hitzestress und Trockenheit deren Leistungsfähigkeit einschränken würde. Dies würde in der Folge die Belastung für Menschen in entsprechenden Stadträumen dreifach erhöhen: Es würde noch wärmer werden, da der Kühleffekt geringer ausfällt, die Erholungsfunktion der Flächen wäre eingeschränkt und das Auftreten von bodennahem Ozon und Schadstoffen könnte zunehmen.
- Risiko für Schäden an baulichen Anlagen durch Veränderungen beim Grundwasser (Absinken und Ansteigen):
Der geologische Aufbau des Baugrunds mit seiner spezifischen Schichtung und darin ggf. enthaltenen Grundwasser führenden Schichten hat Einfluss auf die

Standfestigkeit von Fundamenten. Veränderungen in diesen Schichten durch ein Ansteigen (ggf. in Verbindung mit Aufquellen) oder Absinken des Grundwasserspiegels können Hebungen und Senkungen baulicher Anlagen nach sich ziehen, die zu Spannungen in der Konstruktion und Rissen oder Brüchen führen.

3.5 Potenzielle Gesamtvulnerabilitäten für Baden-Württemberg, Dringlichkeit und Handlungsdruck im Überblick

3.5.1 Aggregation der potenziellen Vulnerabilitäten (zwölf Themenfelder) zur potenziellen Gesamtvulnerabilität

Aus den einzelnen potenziellen Vulnerabilitäten der jeweiligen Themenfelder (Problemlagen) eines jeden Schutzguts (»Mensch«, »Wirtschaft«, »Bauliche Umwelt«, »Siedlungsgrün«; Kap. 3.4.2 bis 3.4.5) wurde der gerundete Mittelwert errechnet. Aus den sich ergebenden potenziellen Vulnerabilitäten für jedes Schutzgut wurde – wiederum als gerundeter Mittelwert – die potenzielle Gesamtvulnerabilität des jeweiligen Kreises ermittelt. Diese ist damit eine Aggregation aller zwölf im Gutachten betrachteten Themenfelder. Die nachfolgende Abbildung 47 macht für jeden Kreis dessen Stufe der potenziellen Gesamtvulnerabilität (rot = hoch, orange = mittel, gelb = niedrig) sichtbar.

Vergleichsweise geringe oder mittlere potenzielle Gesamtvulnerabilitäten ergeben sich tendenziell eher für die »ländlichen« Kreise. Auch hier kann es zu einer Zunahme vor allem an klimatischen Belastungen kommen, die lokale Anpassungsstrategien erforderlich machen. Aus Sicht des Landes und mit Blick auf zu ergreifende Anpassungsaktivitäten sollten zunächst jedoch vor allem die verdichteten, hoch belasteten Teilräume und Kreise (siehe nachfolgende Aufzählung) im Fokus stehen.

Die Stufe »hohe potenzielle Gesamtvulnerabilität« (Stufe III) wird von den Kreisen *Mannheim (LKR)*, *Rhein-Neckar*, *Heidelberg*, *Heilbronn (LKR und SKR)*, *Karlsruhe (LKR und SKR)*, *Pforzheim*, *Ludwigsburg*, *Rems-Murr-Kreis*, *Böblingen*, *Esslingen* und dem *Ortenaukreis* besetzt.

Der Ortenaukreis befindet sich aus zwei Gründen als einziger »ländlicher« Kreis (»Verdichtungsbereiche im Ländlichen Raum« und »Ländlicher Raum im engeren Sinne« laut LEP) in dieser Stufe. Erstens führen allein schon seine Größe und die damit verbundene hohe Anzahl an Schutzgütern beim Vergleich mit den anderen Kreisen (oftmals) zur höchsten Einstufung bei der Sensitivität. Zweitens sieht sich der Ortenaukreis in großen

Teilen einer hohen Exposition ausgesetzt, was durch seine teilweise Lage im Rheingraben bedingt ist. Daraus ergibt sich für alle Themenfelder und damit auch in der Aggregation die »hohe potenzielle Gesamtvulnerabilität«.

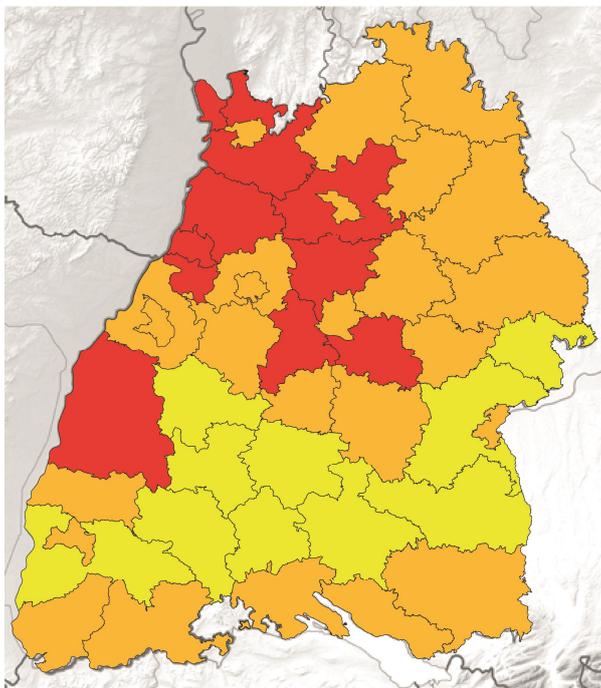


Abb. 47: potenzielle Gesamtvulnerabilitäten im Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung für die Stadt- und Landkreise Baden-Württembergs in der nahen Zukunft (2021-2050) auf Basis der Entwicklungen des Median; potenziellen Gesamtvulnerabilität; eigene Darstellung; Legende: rot = hoch; orange = mittel; gelb = gering

Einem hohen Risiko für negative Folgen des Klimawandels sehen sich demnach Teile der *Regionen Rhein-Neckar, Mittlerer Oberrhein, Nordschwarzwald, Stuttgart, Südlicher Oberrhein* und *Heilbronn-Franken* gegenüber.

Somit sind es vor allem die *Regierungsbezirke Karlsruhe* und *Stuttgart*, in denen sich Kreise mit einer hohen potenziellen Vulnerabilität befinden. Der *Regierungsbezirk Freiburg* verzeichnet mit dem Ortenaukreis den flächenmäßig größten Kreis in der höchsten potenziellen Vulnerabilitätsstufe, ist aber über alle Kreise hinweg gesehen deutlich geringer belastet als die Regierungsbezirke Karlsruhe und Stuttgart.

Ein Vergleich des aktuellen Landesentwicklungsplans Baden-Württemberg (vgl. Abb. 48) mit den potenziellen Gesamtvulnerabilitäten (Abb. 47) lässt erkennen, dass die hohen potenziellen Vulnerabilitäten weitestgehend mit der Raumkategorie »Verdichtungsräume« übereinstimmen. Das bedeutet, dass in den Verdichtungsräumen zukünftig die höchsten Belastungen auftreten werden. Zugleich werden die vorhandenen Verdichtungsräume und

deren Randzonen im Falle weiterer Flächeninanspruchnahme und Nutzungsansiedlung voraussichtlich einen Schwerpunkt der Entwicklung darstellen, was gegebenenfalls zu einer weiteren Erhöhung der Risiken auf Seiten der Sensitivität gerade in klimatisch kritischen Bereichen führen kann. Vor diesem Hintergrund ist besonders in den Verdichtungsräumen dem Belang der Klimaanpassung bei der planerischen Abwägung schon heute (und damit vor dem Eintreten der weiter erhöhten Belastungen in der fernen Zukunft) verstärkt Gewicht zu verleihen. Je früher eine Anpassung erfolgt, desto geringer werden Schäden sowie Kosten, die aufgrund verspätet ergriffener Maßnahmen auftreten können, ausfallen. Eine möglichst frühzeitige Anpassung ist vor allem auch in Anbetracht der langen Bestandszeiten von Nutzungen angeraten, insbesondere vor dem Hintergrund einer erhöhten Dynamik der Klimaveränderung in der zweiten Jahrhunderthälfte.

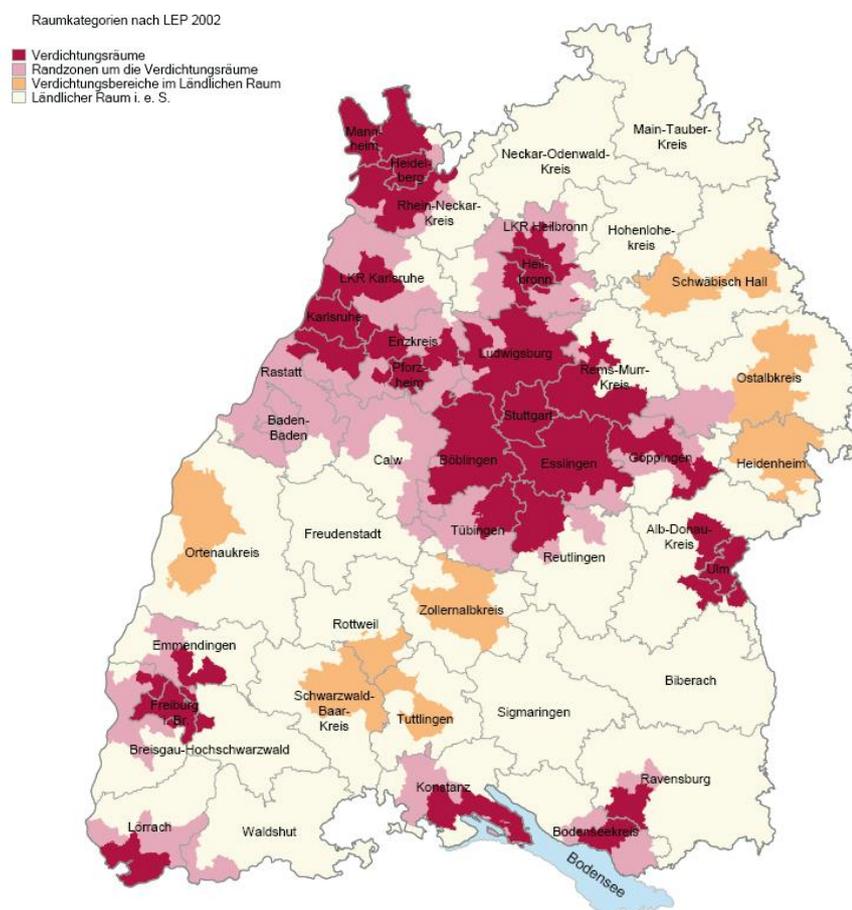


Abb. 48: Landesentwicklungsplan Baden-Württemberg;
Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg

3.5.2 Einschätzung des Handlungsdrucks für die Kreise

Auf Basis der bisherigen Betrachtungen wird nachfolgend der Handlungsdruck für eine Anpassung für jeden Teilaspekt der Schutzgüter (zwölf Problemlagen, siehe Kap. 3.4.2 bis 3.4.5) in der Zusammenschau von potenzieller Vulnerabilität, Dringlichkeit und dem Vorhandensein einer Anpassungsstrategie ermittelt, und zwar für den Betrachtungsfall des Median in der nahen Zukunft (2021-2050) (siehe dazu Tabellen 9 und 10).

Die Dringlichkeit wird aus der Dynamik der projizierten Klimaveränderungen abgeleitet (siehe Kapitel 2.3), wozu hier die Veränderungen für den Median der nahen Zukunft gegenüber dem Ist-Zustand eingeschätzt werden. Wo notwendig, werden weitere Aspekte herangezogen und erläutert, zum Beispiel der demografische Wandel. Für die Dynamik ist zu berücksichtigen, dass es keine absoluten Vergleichsskalen gibt, denen zum Beispiel zu entnehmen wäre, ab wie viel mehr Sommertagen die Dringlichkeit nicht mehr nur als mittel (II), sondern als hoch (III) zu veranschlagen ist. Vor dem Hintergrund der projizierten Entwicklungen bezogen auf das 85. Perzentil der nahen und vor allem der fernen Zukunft sind aber die Dringlichkeiten für die hier betrachteten Klimafaktoren langfristig durchweg als hoch (III) einzustufen.

Was das Vorhandensein von Anpassungsstrategien und Maßnahmen angeht, können die Aussagen hier meist nur auf Einschätzungen beruhen. Dabei wurde zum Beispiel davon ausgegangen, dass im Rahmen des betrieblichen Arbeitsschutzes schon Maßnahmen vorliegen, diese aber nicht oder nur sehr bedingt die zu erwartenden Klimaveränderungen berücksichtigen. In einzelnen Punkten ist auch davon auszugehen, dass Strategien und Maßnahmen für die Anpassung in Umsetzung sind, so zum Beispiel das Mortalitätsrisiko der über 75-Jährigen betreffend (Stufe I). Dies bedeutet aber nicht, dass in diesen Bereichen auch schon alle Möglichkeiten zur Anwendung kommen und das Anpassungspotenzial voll ausgeschöpft ist.

Die Aussagen zum Handlungsdruck in den nachfolgenden Tabellen 9 und 10 beschränken sich zudem auf die sogenannte potenzielle Gesamtvulnerabilität, das heißt die Anpassungskapazität wurde nicht weiter berücksichtigt, da hierfür weder ausreichende Daten zu möglichen Kapazitäten noch methodisch anerkannte Verfahren zur Verrechnung mit der potenziellen Vulnerabilität vorhanden sind (siehe dazu auch Kap. 3.1.2 und Teil B, Kap. 7.1).

3.5.2.1 Einschätzung des Handlungsdrucks in den SKR

Der Handlungsdruck für die Stadtkreise (siehe Tab. 9) ist das arithmetische Mittel aus potenzieller Gesamtvulnerabilität (siehe dazu Kap. 3.5.1), der Dringlichkeit (mehr dazu unten) sowie dem Vorhandensein von Anpassungsstrategien, die – wie im oben ausgeführt – auf Einschätzungen beruht.

Für die Stadtkreise ergeben sich im Hinblick auf die Dringlichkeit aufgrund möglicher urbaner Hitzeinseleffekte andere Einschätzungen als für die Landkreise. So erhöht etwa der Hitzeinseleffekt in den Stadtkreisen die Dringlichkeit gegenüber den Landkreisen für den tertiären Sektor (Bereiche Leistungsfähigkeit; Kühlung) und die Erholungsflächen (zusätzlicher Hitze- und Trockenstress). Für Schäden an Gebäuden wurde die sich rein aus der Dynamik der Klimaveränderung ergebende Dringlichkeit von der Stufe II auf die Stufe I herabgesetzt, da die Resilienz von Baustrukturen gegenüber Hitzefolgen als hoch angesehen werden kann. Während also Gebäude bei einer gewissen Erhöhung der Temperaturen langfristig »nur« Schaden nehmen, erhöht sich in der Gruppe der über 75-Jährigen schon die Mortalität, so dass hier bei gleicher Klimadynamik die Dringlichkeit höher eingestuft wird. Hier erfolgte eine Aufwertung in die Stufe III, ebenso wie für die Gruppe der Pflegebedürftigen, nicht zuletzt auch deshalb, da in beiden Fällen eine Verschärfung der Problematik infolge des demografischen Wandels zu berücksichtigen ist.

Anzumerken ist, dass sich aufgrund der projizierten Dynamik der Klimaveränderung (abzulesen an den Entwicklungen für die ferne Zukunft (2071-2100), siehe dazu Kap. 2.3) zukünftig ein höherer Handlungsdruck ergeben wird, insbesondere falls Anpassungsmaßnahmen nicht schon zeitnah ergriffen werden.

Tab. 9: Handlungsdruck für die Stadtkreise die einzelnen Problemlagen betreffend (auf Basis von pot. Gesamtvulnerabilität, Dringlichkeit und dem Vorhandensein einer Anpassungsstrategie);

Risiko	Pot. Gesamtvuln. (nZ p50.0)	Dringlichkeit	Anpassungsstrategie vorhanden	Handlungsdruck
	SKR	SKR	SKR	SKR
Sterberisiko der über 75-Jährigen	II	III (inklusive demografische Entwicklung)	I	II = mittel

Risiko	Pot. Gesamtvuln. (nZ p50.0)	Dringlichkeit	Anpassungsstrategie vorhanden	Handlungsdruck
	SKR	SKR	SKR	SKR
Gesundheitsschäden bei Personen mit Vorbelastung	II	III (inklusive demografische Entwicklung)	I	II = mittel
Gesundheitsschäden für unter 5-Jährige	II	II	III	II = mittel
Leicht eingeschränkte mentale Leistungsfähigkeit von Erwerbstätigen im tertiären Sektor	II	III (inklusive urbane Hitzeinseleffekte)	II	II = mittel
Leicht eingeschränkte mentale Leistungsfähigkeit von Erwerbstätigen im sekundären Sektor	II	II	II	II = mittel
Starke Produktivitätseinbußen im tertiären Sektor	II	III (inklusive urbane Hitzeinseleffekte)	II	II = mittel
Starke Produktivitätseinbußen im sekundären Sektor	II	II	II	II = mittel
Schäden an Gebäuden	II	I (hohe Resilienz)	III	II = mittel
Bedarf zur Gebäudekühlung im tertiären Sektor	II	III (inklusive urbane Hitzeinseleffekte)	II	II = mittel
Bedarf zur Gebäudekühlung im sekundären Sektor	II	II	II	II = mittel
Schädigung von Verkehrswegen	II	II	II	II = mittel
Schädigung von Erholungsflächen (Siedlungsgrün)	II	III (inklusive urbane Hitzeinseleffekte)	II	II = mittel

Legende:

Pot. Gesamtvulnerabilität:

III = hoch (hohe Exposition, hohe Sensitivität)

II = mittel

I = gering (geringe Exposition, geringe Sensitivität)

Dringlichkeit:

III = hoch

II = mittel

I = gering

Anpassungsstrategie:

III = es sind bislang keine Strategien und Maßnahmenvorschläge vorhanden

II = es befinden Strategien und Maßnahmenvorschläge in der Bearbeitung

I = Strategien und Maßnahmenvorschläge sind entwickelt und vollumfänglich vorhanden

Handlungsdruck:

III = hoch

II = mittel

I = gering

3.5.2.2 Einschätzung des Handlungsdrucks in den LKR

Die Ermittlung des Handlungsdrucks auf Ebene der Landkreise (Tab. 10) erfolgte nach dem gleichen Prinzip wie zuvor für die Stadtkreise erläutert.

Für die Landkreise ergeben sich im Hinblick auf die Dringlichkeit andere Einschätzungen als für die Stadtkreise, da hier die Schutzgüter dispers im Raum verteilt vorliegen, wenn auch zuweilen (lokal) mit ähnlichen städtischen Dichten. Analog zu den Stadtkreisen wurde für Schäden an Gebäuden die sich rein aus den Klimaveränderungen ergebende Dringlichkeit (gemessen an der Dynamik der Klimaveränderung) von Stufe II auf die Stufe I herabgesetzt, da die Resilienz von Baustrukturen gegenüber Hitzefolgen als vergleichsweise hoch angesehen werden kann. Ebenso wie bei den Stadtkreisen erfolgte auch für die Landkreise eine Aufwertung der Risiken der Mortalität bei den über 75-Jährigen und der Morbidität der Pflegebedürftigen in die Stufe III, um dadurch die Verschärfung der Problematik infolge des demografischen Wandels zu berücksichtigen.

Anzumerken ist, dass sich aufgrund der prognostizierten Dynamik der Klimaveränderung (abzulesen an den Entwicklungen für die ferne Zukunft (2071-2100), siehe dazu Kap. 2.3) zukünftig ein höherer Handlungsdruck ergeben wird, insbesondere falls Anpassungsmaßnahmen nicht schon zeitnah ergriffen werden.

Tab. 10: Handlungsdruck für die Landkreise die einzelnen Problemlagen betreffend (auf Basis von pot. Gesamtvulnerabilität, Dringlichkeit und dem Vorhandensein einer Anpassungsstrategie);

Risiko	Pot. Gesamtvuln. (nZ p50.0)	Dringlichkeit	Anpassungsstrategie vorhanden	Handlungsdruck
	LKR	LKR	LKR	LKR
Sterberisiko der über 75-Jährigen	II	III (inklusive demografische Entwicklung)	I	II = mittel
Gesundheitsschäden bei Personen mit Vorbelastung	II	III (inklusive demografische Entwicklung)	I	II = mittel
Gesundheitsschäden für unter 5-Jährige	II	II	III	II = mittel
Leicht eingeschränkte mentale	II	II	II	II = mittel

Risiko	Pot. Gesamt vuln. (nZ p50.0)	Dringlichkeit	Anpassungsstrategie vorhanden	Handlungsdruck
	LKR	LKR	LKR	LKR
Leistungsfähigkeit von Erwerbstätigen im tertiären Sektor				
Leicht eingeschränkte mentale Leistungsfähigkeit von Erwerbstätigen im sekundären Sektor	II	II	II	II = mittel
Starke Produktivitätseinbußen im tertiären Sektor	II	II	II	II = mittel
Starke Produktivitätseinbußen im sekundären Sektor	II	II	II	II = mittel
Schäden an Gebäuden	II	I (hohe Resilienz)	III	II = mittel
Bedarf zur Gebäudekühlung im tertiären Sektor	II	II	II	II = mittel
Bedarf zur Gebäudekühlung im sekundären Sektor	II	II	II	II = mittel
Schädigung von Verkehrswegen	II	II	II	II = mittel
Schädigung von Erholungsflächen (Siedlungsgrün)	II	II	II	II = mittel

Legende:

Pot. Gesamt vulnerabilität:

III = hoch (hohe Exposition, hohe Sensitivität)

II = mittel

I = gering (geringe Exposition, geringe Sensitivität)

Dringlichkeit:

III = hoch

II = mittel

I = gering

Anpassungsstrategie:

III = es sind bislang keine Strategien und Maßnahmenvorschläge vorhanden

II = es befinden Strategien und Maßnahmenvorschläge in der Bearbeitung

I = Strategien und Maßnahmenvorschläge sind entwickelt und vollumfänglich vorhanden

Handlungsdruck:

III = hoch

II = mittel

I = gering

3.6 Steckbriefe der Stadt-/Landkreise für deren potenzielle Gesamtvulnerabilität

Die potenziellen Gesamtvulnerabilitäten (siehe Kap. 3.5.1) werden für alle Stadt- und Landkreise jeweils in einem sogenannten Steckbrief (siehe gesondertes Dokument) dargestellt. Auf den Steckbriefen werden zudem die potenziellen Vulnerabilitäten für die zwölf Themenfelder, welche die potenzielle Gesamtvulnerabilität ergeben, einzeln ausgewiesen. Den Steckbriefen ist eine Leseanleitung vorangestellt.

3.7 Kernaussagen

Als besonders sensitive Bereiche im Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung wurden zwölf Themenfelder identifiziert, die zu den vier Schutzgütern Mensch, Wirtschaft, bauliche Umwelt und Siedlungsgrün zusammengefasst wurden.

In der Gesamtschau ergibt sich für den Betrachtungsfall des Median (p50.0) der nahen Zukunft (2021-2050) folgendes Ergebnis für die potenziellen Gesamtvulnerabilitäten:

- hoch = 13 Kreise
- mittel = 25 Kreise
- gering = 6 Kreise

Einem hohen Risiko für negative Folgen des Klimawandels sehen sich vor allem Teile der Regionen Rhein-Neckar, Mittlerer Oberrhein, Nordschwarzwald, Stuttgart, Südlicher Oberrhein und Heilbronn-Franken gegenüber. Dabei treten die zukünftig höchsten Belastungen vor allem in den Verdichtungsräumen auf.

Die Einstufung der Belastungen erfolgte anhand absoluter Werte (Sensitivitätsindikatoren und Klimafaktoren) für die Stadt- und Landkreise, auf deren Basis diese relativ zueinander in Bezug gesetzt wurden.

4. Anpassungsziele und -maßnahmen

Die im Rahmen des Gutachtens erarbeiteten 75 Anpassungsmaßnahmen für das Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung finden sich in Form von Maßnahmenformblättern gebündelt im gleichnamigen (gesondert vorliegenden) Dokument. Die nachfolgenden Kapitel beinhalten Überblickstabellen über die Maßnahmenformblätter sowie eine kurze Darstellung der Anpassungsziele, die mit den Maßnahmen verfolgt werden.

Die Bandbreite der Maßnahmen reicht von der großräumigen Steuerung der klimaangepassten Siedlungsentwicklung mit den Mitteln der Raumordnung bis hin zu lokalen Maßnahmen zur thermischen Entlastung mit den Mitteln der Bauleitplanung, etwa in Form von Festsetzungen zur Begrünung von baulichen Anlagen. Über diese Maßnahmen hinaus, die zumeist unmittelbar die Ausweisung von Flächen und/oder die Gestaltung der Siedlungsstruktur und Bebauung betreffen, umfasst die Darstellung eine Reihe grundlegender formeller und informeller Instrumente, Ansätze und Steuerungsmöglichkeiten, mittels derer sich weitere Möglichkeiten eröffnen, um auf eine klimaangepasste Raumnutzung hinzuwirken – zum Beispiel Raumordnungsverfahren, Anreizsysteme für ein klimaangepasstes Bauen oder die Initiierung informeller regionaler oder kommunaler Klimaanpassungsprozesse (Governance).

Über die bauleitplanerischen Festsetzungsmöglichkeiten hinaus können zudem Anpassungsmaßnahmen auf Gemeindeebene grundsätzlich auch durch Abschluss städtebaulicher Verträge (§ 11 BauGB) angestoßen werden. So kann zum Beispiel die Vorbereitung und Durchführung städtebaulicher Maßnahmen – etwa die Entsiegelung von Grundstücksflächen – durch entsprechende vertragliche Vereinbarungen mit Grundstückseigentümern oder Investoren durch private Akteure erfolgen. Dies ist insofern von Bedeutung, als eine umfassende Anpassung räumlicher/baulicher Strukturen an die Folgewirkungen des Klimawandels nur durch freiwilliges Mitwirken privater Akteure möglich ist.

4.1 Anpassungsziele

Die Anpassungsziele im Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung lassen sich in die Hauptbereiche A bis C mit jeweils zugehörigen Teilzielen untergliedern:

A. Ziel: Klimaangepasste Raumnutzung; Teilziele:

- Klimaangepasste großräumige Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung (A.1)
- Sicherung von Flächen primär zur thermischen Entlastung und zum Wasserrückhalt (A.2)
- Gewährleistung ausreichender Durchlüftung und Verringerung baulicher Dichte in Siedlungen / Minimierung der Inanspruchnahme von Flächen (A.3)
- Schutzgewährung vor Klimaeinwirkungen und -folgewirkungen / Hochwasserschutz (A.4)
- Begrünung von Flächen oder baulichen Anlagen / Siedlungsgrün (A.5)
- Klimaangepasste Gestaltung, Ausstattung und Beschaffenheit baulicher Anlagen / Infrastruktur (A.6)
- Verbesserung der Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum (A.7)
- Minimierung der Bodenversiegelung primär zum verbesserten Wasserrückhalt (A.8)
- Regenwasserversickerung im Gebäudeumfeld / Regenwasserbewirtschaftung (A.9)

B. Ziel: Steuerung klimaangepasster Verhaltensweisen durch Information der Bevölkerung und Nutzungsregeln

C. Ziel: Ausschöpfung weiterführender formeller und informeller Instrumente sowie Schaffung von Grundlagen für eine klimaangepasste Planung; Teilziele:

- Einsatz multifunktionaler Instrumente / Weiterentwicklung des raumplanerischen Instrumentariums im Kontext Klimaanpassung (C.1)
- Informationsbereitstellung und Verbesserung der Wissensgrundlagen im Kontext Klimaanpassung (C.2)
- Verbesserung der Kommunikation und Kooperation im Kontext Klimaanpassung (C.3)

Zur Erreichung dieser Ziele steht den Akteuren der räumlichen Planung ein breites Spektrum unterschiedlicher Maßnahmen zur Verfügung. Dabei ist der Erfolg einer Anpassungsstrategie im Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung von einer für den jeweiligen Teilraum sorgfältig vorzunehmenden Auswahl einzelner Maßnahmen abhängig (siehe dazu Kap. 4.3.2). Erst in der Kombination unterschiedlicher Maßnahmen lässt sich eine gegen die negativen Folgen des Klimawandels möglichst resiliente Raumnutzung gewährleisten. Die Anpassung an den Klimawandel als einen an Bedeutung gewinnenden Belang zukünftig verstärkt in die

planerische Abwägung einzubeziehen, wird mit darüber entscheiden, inwieweit die negativen Folgewirkungen der Klimaveränderung zum Tragen kommen werden.

4.2 Überblick über die Anpassungsmaßnahmen

Die Tabellen 11 und 12 zeigen die insgesamt 75 Einzelmaßnahmen dieses Gutachtens im Überblick; die Bezeichnungen der Maßnahmen sind Kurztitel, ausführliche Informationen zu den Maßnahmen finden sich im gesonderten Dokument »Maßnahmenformblätter«.

Tabelle 11 zeigt, welche Anpassungsmaßnahmen aus den Bereichen A. »Klimaangepasste Raumnutzung« und B. »Steuerung klimaangepasster Verhaltensweisen durch Information der Bevölkerung und Nutzungsregeln« in welchem Vulnerabilitätsbereich (bezogen auf die betrachteten Schutzgüter, siehe u.a. Tab. 8 in Kap. 3.4) wirksam sind. Maßnahmen zum Bereich C werden im Anschluss gesondert aufgeführt.

Tab. 11: Überblick über die Anpassungsmaßnahmen (Kurztitel) im Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung, Bereiche A und B

Nr.	Kurztitel Maßnahme	Maßnahme wirkt im Vulnerabilitätsbereich (Schutzgüter)					
		Hitze				Wasser	
		Mensch	Wirtschaft	Bauliche Umwelt	Siedlungsgrün	Bauliche Umwelt	Ressourcen
01	Berücksichtigung Klima bei Planung Siedlungsbereiche	x	x	x		x	
02	Berücksichtigung Klima bei Festlegung Eigenentwicklung	x	x	x		x	
03	Schwerpunktsetzung Wohnungsbau	x					
04	Schwerpunktsetzung Industrie, Dienstleistung etc.		x	x			x
05	Allokation von Infrastruktur			x		x	
06	großräumig übergreifende Freiraumstrukturen	x	x	x	x	x	x

Nr.	Kurztitel Maßnahme	Maßnahme wirkt im Vulnerabilitätsbereich (Schutzgüter)					
		Hitze				Wasser	
		Mensch	Wirtschaft	Bauliche Umwelt	Siedlungsgrün	Bauliche Umwelt	Ressourcen
07	Zusammenhängende urbane Grün- und Freiflächen	x	x	x	x	x	x
08	Sicherung urbane Grün- bzw. Erholungsflächen	x	x	x	x	x	x
09	Sicherung Flächen für die Landwirtschaft und Wald	x	x	x	x	x	x
10	Sicherung von Wasserflächen	x	x	x	x	x	x
11	Sicherung von Flächen zum Schutz von Boden, Natur etc.	x	x	x	x	x	x
12	Ausgleich von Beeinträchtigungen / Flächenpool	x	x	x	x	x	x
13	Dichtekonzeption	x	x	x	x		
14	Festsetzungen zur Grundflächenzahl	x	x	x	x	x	x
15	Festsetzung der überbaubaren Grundstücksflächen	x	x	x	x	x	x
16	Festsetzungen Mindest- und Höchstmaße Grundstücke	x	x	x	x	x	x
17	Festsetzungen zu Flächen, die freizuhalten sind	x	x	x	x	x	x
18	Festsetzungen zur Höhe baulicher Anlagen	x	x	x	x		
19	Festsetzungen zur Stellung baulicher Anlagen	x	x	x	x		
20	Festsetzungen zur Bauweise	x	x	x	x		
21	strömungsgünstige Baukörper	x	x	x	x		
22	natürliche Überschwemmungsflächen					x	x
23	Risikovorsorge hinter Deichen					x	x
24	Gebiete zur Sicherung von Wasservorkommen						x
25	hochwasserschutzrelevante Flächen					x	x

Nr.	Kurztitel Maßnahme	Maßnahme wirkt im Vulnerabilitätsbereich (Schutzgüter)					
		Hitze				Wasser	
		Mensch	Wirtschaft	Bauliche Umwelt	Siedlungsgrün	Bauliche Umwelt	Ressourcen
26	klimafolgenangepasste Höhenlage von Nutzungen					x	
27	Kennzeichnung bauliche Vorkehrungen	x	x	x		x	
28	Nachrichtliche Übernahme Überschwemmungsgebiete					x	
29	Anpflanzung von Bäumen, Sträuchern auf Flächen	x	x	x	x	x	x
30	Bepflanzung von Dächern und Fassaden baulicher Anlagen	x	x	x	x	x	x
31	Begrünung von Bahnkörpern	x	x	x	x		
32	Förderprogramme zur Bepflanzung und Begrünung	x	x	x	x	x	x
33	Pflanzung resilienter Baum- und Pflanzenarten	x	x	x	x	x	x
34	Intensivierung Kontrolle, Pflege von Erholungsflächen				x		
35	Kartierung von Wohngebieten	x	x	x			
36	Wärmeschutz für besonders hitzeexponierte Gebäude	x		x			
37	Verschattung von Gebäuden	x	x	x			
38	Erhöhung des Albedo-Effekts	x	x	x			
39	Reduktion solarer Einträge in Gebäude	x	x	x			
40	effiziente bzw. ressourcenschonende Gebäudekühlsysteme	x	x	x			
41	bauliche Vorsorgemaßnahmen Hochwasserschäden					x	
42	angepasste Dachformen					x	
43	Fassaden- bzw. Wandverkleidungen					x	
44	Anpassung von Fahrbahnbelägen und Brücken			x			

Nr.	Kurztitel Maßnahme	Maßnahme wirkt im Vulnerabilitätsbereich (Schutzgüter)					
		Hitze				Wasser	
		Mensch	Wirtschaft	Bauliche Umwelt	Siedlungsgrün	Bauliche Umwelt	Ressourcen
45	Entwässerungssysteme von Verkehrsflächen			x			
46	Reduktion von Abwärmequellen in Siedlungen	x	x	x	x		
47	Verschattung und Kühlung im öffentlichen Raum	x					
48	Trinkbrunnen und Wasserspender im öffentlichen Raum	x					
49	Versickerung Niederschlagswasser auf speziellen Flächen					x	x
50	wasserdurchlässige Oberflächenbeläge	x	x	x	x	x	x
51	Unzulässigkeit von Neben- bzw. Gemeinschaftsanlagen					x	x
52	Stellplätze und Garagen in Geschossen baulicher Anlagen					x	x
53	flächensparende Verkehrsflächen					x	x
54	Versickerung von Regenwasser im Gebäudeumfeld	x	x	x	x	x	x
55	Dimensionierung von Regenwasserableitungen					x	
56	Einsatz von Zisternen					x	x
57	Regenwasserrückhaltung mittels Retentionsspeicher					x	
58	Gebäudekühlung durch passive Nachtlüftung	x	x				
59	Reduktion von Wärmequellen in Gebäuden	x	x				
60	Erweiterung Heizwarnsystem um Innenraumbelastung	x	x				

Tabelle 12 gibt einen Überblick über die Anpassungsmaßnahmen aus dem Bereich C. »Grundlagen einer klimaangepassten Planung – weiterführende formelle und informelle Instrumente, Ansätze und Steuerungsmöglichkeiten«. Eine Zuordnung zu einzelnen

Vulnerabilitätsbereichen wie oben in Tabelle 11 ist hier nicht sinnvoll, da es grundsätzlich um den Einsatz (teils multifunktionaler) raumplanerischer Instrumente geht, die ihre Wirkung im Hinblick auf unterschiedlichste klimabedingte Problemsituationen entfalten können.

Tab. 12: Überblick über die Anpassungsmaßnahmen (Kurztitel) im Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung, Bereich C

Nr.	Kurztitel Maßnahme
61	Durchführung einer Strategischen Umweltprüfung (SUP) mit stärkerem Fokus auf Klimawandel
62	Auflegen von Förderprogrammen und Anreizsysteme für ein klimaangepasstes Bauen
63	Durchführung Raumordnungsverfahrens mit stärkerem Fokus auf Klimawandel
64	Zeitlich begrenzte Zulassung von Nutzungen
65	Initiierung und Durchführung von Stadtumbaumaßnahmen
66	Initiierung und Durchführung von städtebaulichen Sanierungsmaßnahmen
67	Klimatische Optimierung von Wettbewerbs- und Bebauungsplanentwürfen
68	Prüfung Einführung gesetzliche periodische Revisionspflicht von Flächennutzungsplänen
69	Nutzung Risikokartierungen
70	Informationen und Aufklärung durch öffentlichen Diskurs auf kommunaler Ebene
71	Erhöhung der Anpassungsbereitschaft planender Akteure
72	Prüfung der Entwicklung kleinräumlicher Szenarien bezüglich der Eignung von Flächen
73	Unterstützung regionaler Klimaanpassungsprozesse – Regional Governance
74	Unterstützung lokaler/kommunaler Klimaanpassungsprozesse – Urban Governance
75	Effektivierung der Zusammenarbeit der Umweltfachplanungen

4.3 Wirkungsbereiche der Anpassungsmaßnahmen und Relevanz für die Stadt- und Landkreise

4.3.1 Zuordnung der Anpassungsmaßnahmen zu den Schutzgütern der Vulnerabilitätsanalyse

Für jedes der vier Schutzgüter (1) »Mensch«, (2) »Wirtschaft«, (3) »Bauliche Umwelt«, (4) »Siedlungsgrün«, für welche die potenziellen Vulnerabilitäten untersucht wurden (ab Kap. 3.4.2), lässt sich ein spezifisches Maßnahmenpaket für die Anpassung erstellen.

Dazu werden in den nachfolgenden Tabellen 13 bis 16 jeweils diejenigen Anpassungsmaßnahmen in Form von »Maßnahmenpaketen« aufgeführt, die in Bezug auf das jeweilige Schutzgut wirksam sind (für detaillierte Beschreibungen der Maßnahmen siehe die entsprechend nummerierten Maßnahmenformblätter im gesonderten Dokument).

Weiterhin lassen sich den Tabellen drei Informationen als Hilfe zur Auswahl entnehmen:

- (a) Die Spalte »Prio« zeigt an, wie hoch die Priorität der Maßnahme ist (entsprechend den Einstufungen in den jeweiligen Maßnahmenformblättern). Diese kann indes je nach lokalen Gegebenheiten abweichen und ist anhand dieser zu überprüfen.
- (b) Die Spalte »no regret« zeigt an, ob die Maßnahme einen Mehrwert über die Anpassung hinaus hat und eine Umsetzung damit nicht bereut werden muss, falls die Klimaveränderungen nicht im erwarteten Umfang eintreten.
- (c) Die Spalte »Multi« zeigt an, welchem anderen Maßnahmenpaket bzw. Schutzgut (1) bis (4) diese Maßnahme noch angehört (Mehrfachzuweisungen sind möglich). Dadurch wird erkennbar, ob/inwiefern eine Maßnahme in mehrerlei Hinsicht zur Anpassung an die verschiedenen Klimawandelfolgen beitragen kann; zum Beispiel kann die Ausweisung neuer Grünflächen sowohl zur thermischen Entlastung – Schutzgut (1) »Mensch« – als auch zum Wasserrückhalt – Schutz baulicher Anlagen vor Starkregenereignissen, Schutzgut (3) »Bauliche Umwelt« – beitragen.

Tab. 13: Maßnahmenpaket 1 –Schutzgut »Mensch«

Nr.	Kurztitel Maßnahme	Prio	no-regret	Multi
01	Berücksichtigung Klima bei Planung Siedlungsbereiche	hoch	nein	2, 3
02	Berücksichtigung Klima bei Festlegung Eigenentwicklung	hoch	nein	2, 3
03	Schwerpunksetzung beim Wohnungsbau	hoch	nein	
06	großräumig übergreifende Freiraumstrukturen	hoch	ja	2, 3, 4
07	Zusammenhängende urbane Grün- und Freiflächen	hoch	ja	2, 3, 4
08	Sicherung urbane Grün- bzw. Erholungsflächen	hoch	ja	2, 3, 4
09	Sicherung Flächen für die Landwirtschaft und Wald	niedrig	nein	2, 3, 4
10	Sicherung von Wasserflächen	mittel	ja	2, 3, 4
11	Sicherung von Flächen zum Schutz von Boden, Natur etc.	niedrig	ja	2, 3, 4
12	Ausgleich von Beeinträchtigungen / Flächenpool	hoch	ja	2, 3, 4
13	Dichtekonzeption	hoch	nein	2, 3, 4
14	Festsetzungen zur Grundflächenzahl	hoch	nein	2, 3, 4
15	Festsetzung der überbaubaren Grundstücksflächen	hoch	nein	2, 3, 4
16	Festsetzungen Mindest- und Höchstmaße Grundstücke	hoch	nein	2, 3, 4
17	Festsetzungen zu Flächen, die freizuhalten sind	hoch	nein	2, 3, 4
18	Festsetzungen zur Höhe baulicher Anlagen	mittel	nein	2, 3, 4
19	Festsetzungen zur Stellung baulicher Anlagen	hoch	nein	2, 3, 4
20	Festsetzungen zur Bauweise	mittel	nein	2, 3, 4
21	strömungsgünstige Baukörper	niedrig	nein	2, 3, 4
27	Kennzeichnung bauliche Vorkehrungen	niedrig	ja	2, 3
29	Anpflanzung von Bäumen, Sträuchern auf Flächen	mittel	ja	2, 3, 4
30	Bepflanzung von Dächern und Fassaden baulicher Anlagen	hoch	ja	2, 3, 4
31	Begrünung von Bahnkörpern	niedrig	ja	2, 3, 4
32	Förderprogramme zur Bepflanzung und Begrünung	hoch	ja	2, 3, 4
33	Pflanzung resilienter Baum- und Pflanzenarten	mittel	ja	2, 3, 4

Nr.	Kurztitel Maßnahme	Prio	no-regret	Multi
35	Kartierung von Wohngebieten	hoch	nein	2, 3
36	Wärmeschutz für besonders hitzeexponierte Gebäude	hoch	ja	3
37	Verschattung von Gebäuden	hoch	ja	2, 3
38	Erhöhung des Albedo-Effekts	hoch	ja	2, 3
39	Reduktion solarer Einträge in Gebäude	hoch	nein	2, 3
40	effiziente bzw. ressourcenschonende Gebäudekühlsysteme	mittel	ja	2, 3
46	Reduktion von Abwärmequellen in Siedlungen	hoch	ja	2, 3, 4
47	Verschattung und Kühlung im öffentlichen Raum	hoch	nein	
48	Trinkbrunnen und Wasserspender im öffentlichen Raum	mittel	ja	
50	wasserdurchlässige Oberflächenbeläge	hoch	ja	2, 3, 4
54	Versickerung von Regenwasser im Gebäudeumfeld	mittel	nein	2, 3, 4
58	Gebäudekühlung durch passive Nachtlüftung	mittel	ja	2
59	Reduktion von Wärmequellen in Gebäuden	hoch	ja	2
60	Erweiterung Hitzewarnsystem um Innenraumbelastung	hoch	ja	2

Tab. 14: Maßnahmenpaket 2 –Schutzgut »Wirtschaft«

Nr.	Kurztitel Maßnahme	Prio	no-regret	Multi
01	Berücksichtigung Klima bei Planung Siedlungsbereiche	hoch	nein	1, 3
02	Berücksichtigung Klima bei Festlegung Eigenentwicklung	hoch	nein	1, 3
04	Schwerpunktsetzung Industrie, Dienstleistung etc.	hoch	nein	3
06	großräumig übergreifende Freiraumstrukturen	hoch	ja	1, 3, 4
07	Zusammenhängende urbane Grün- und Freiflächen	hoch	ja	1, 3, 4
08	Sicherung urbane Grün- bzw. Erholungsflächen	hoch	ja	1, 3, 4
09	Sicherung Flächen für die Landwirtschaft und Wald	niedrig	nein	1, 3, 4
10	Sicherung von Wasserflächen	mittel	ja	1, 3, 4
11	Sicherung von Flächen zum Schutz von Boden, Natur etc.	niedrig	ja	1, 3, 4

Nr.	Kurztitel Maßnahme	Prio	no-regret	Multi
12	Ausgleich von Beeinträchtigungen / Flächenpool	hoch	ja	1, 3, 4
13	Dichtekonzeption	hoch	nein	1, 3, 4
14	Festsetzungen zur Grundflächenzahl	hoch	nein	1, 3, 4
15	Festsetzung der überbaubaren Grundstücksflächen	hoch	nein	1, 3, 4
16	Festsetzungen Mindest- und Höchstmaße Grundstücke	hoch	nein	1, 3, 4
17	Festsetzungen zu Flächen, die freizuhalten sind	hoch	nein	1, 3, 4
18	Festsetzungen zur Höhe baulicher Anlagen	mittel	nein	1, 3, 4
19	Festsetzungen zur Stellung baulicher Anlagen	hoch	nein	1, 3, 4
20	Festsetzungen zur Bauweise	mittel	nein	1, 3, 4
21	Strömungsgünstige Baukörper	niedrig	nein	1, 3, 4
27	Kennzeichnung bauliche Vorkehrungen	niedrig	ja	1, 3
29	Anpflanzung von Bäumen, Sträuchern auf Flächen	mittel	ja	1, 3, 4
30	Bepflanzung von Dächern und Fassaden baulicher Anlagen	hoch	ja	1, 3, 4
31	Begrünung von Bahnkörpern	niedrig	ja	1, 3, 4
32	Förderprogramme zur Bepflanzung und Begrünung	hoch	ja	1, 3, 4
33	Pflanzung resilienter Baum- und Pflanzenarten	mittel	ja	1, 3, 4
35	Kartierung von Wohngebieten	hoch	nein	1, 3
37	Verschattung von Gebäuden	hoch	ja	1, 3
38	Erhöhung des Albedo-Effekts	hoch	ja	1, 3
39	Reduktion solarer Einträge in Gebäude	hoch	nein	1, 3
40	effiziente bzw. ressourcenschonende Gebäudekühlsysteme	mittel	ja	1, 3
46	Reduktion von Abwärmequellen in Siedlungen	hoch	ja	1, 3, 4
50	wasserdurchlässige Oberflächenbeläge	hoch	ja	1, 3, 4
54	Versickerung von Regenwasser im Gebäudeumfeld	mittel	nein	1, 3, 4
58	Gebäudekühlung durch passive Nachtlüftung	mittel	ja	1
59	Reduktion von Wärmequellen in Gebäuden	hoch	ja	1

Nr.	Kurztitel Maßnahme	Prio	no-regret	Multi
60	Erweiterung Hitzewarnsystem um Innenraumbelastung	hoch	ja	1

Tab. 15: Maßnahmenpaket 3 –Schutzgut »Bauliche Umwelt«

Nr.	Kurztitel Maßnahme	Prio	no-regret	Multi
01	Berücksichtigung Klima bei Planung Siedlungsbereiche	hoch	nein	1, 2
02	Berücksichtigung Klima bei Festlegung Eigenentwicklung	hoch	nein	1, 2
04	Schwerpunktsetzung Industrie, Dienstleistung etc.	hoch	nein	2
05	Allokation von Infrastruktur	hoch	nein	
06	großräumig übergreifende Freiraumstrukturen	hoch	ja	1, 2, 4
07	Zusammenhängende urbane Grün- und Freiflächen	hoch	ja	1, 2, 4
08	Sicherung urbane Grün- bzw. Erholungsflächen	hoch	ja	1, 2, 4
09	Sicherung Flächen für die Landwirtschaft und Wald	niedrig	nein	1, 2, 4
10	Sicherung von Wasserflächen	mittel	ja	1, 2, 4
11	Sicherung von Flächen zum Schutz von Boden, Natur etc.	niedrig	ja	1, 2, 4
12	Ausgleich von Beeinträchtigungen / Flächenpool	hoch	ja	1, 2, 4
13	Dichtekonzeption	hoch	nein	1, 2, 4
14	Festsetzungen zur Grundflächenzahl	hoch	nein	1, 2, 4
15	Festsetzung der überbaubaren Grundstücksflächen	hoch	nein	1, 2, 4
16	Festsetzungen Mindest- und Höchstmaße Grundstücke	hoch	nein	1, 2, 4
17	Festsetzungen zu Flächen, die freizuhalten sind	hoch	nein	1, 2, 4
18	Festsetzungen zur Höhe baulicher Anlagen	mittel	nein	1, 2, 4
19	Festsetzungen zur Stellung baulicher Anlagen	hoch	nein	1, 2, 4
20	Festsetzungen zur Bauweise	mittel	nein	1, 2, 4
21	strömungsgünstige Baukörper	niedrig	nein	1, 2, 4
27	Kennzeichnung bauliche Vorkehrungen	niedrig	ja	1, 2
29	Anpflanzung von Bäumen, Sträuchern auf Flächen	mittel	ja	1, 2, 4

Nr.	Kurztitel Maßnahme	Prio	no-regret	Multi
30	Bepflanzung von Dächern und Fassaden baulicher Anlagen	hoch	ja	1, 2, 4
31	Begrünung von Bahnkörpern	niedrig	ja	1, 2, 4
32	Förderprogramme zur Bepflanzung und Begrünung	hoch	ja	1, 2, 4
33	Pflanzung resilienter Baum- und Pflanzenarten	mittel	ja	1, 2, 4
35	Kartierung von Wohngebieten	hoch	nein	1, 2
36	Wärmeschutz für besonders hitzeexponierte Gebäude	hoch	ja	1
37	Verschattung von Gebäuden	hoch	ja	1, 2
38	Erhöhung des Albedo-Effekts	hoch	ja	1, 2
39	Reduktion solarer Einträge in Gebäude	hoch	nein	1, 2
40	effiziente bzw. ressourcenschonende Gebäudekühlsysteme	mittel	ja	1, 2
44	Anpassung von Fahrbahnbelägen und Brücken	hoch	nein	
45	Entwässerungssysteme von Verkehrsflächen	hoch	nein	
46	Reduktion von Abwärmequellen in Siedlungen	hoch	ja	1, 2, 4
50	wasserdurchlässige Oberflächenbeläge	hoch	ja	1, 2, 4
54	Versickerung von Regenwasser im Gebäudeumfeld	mittel	nein	1, 2, 4

Tab. 16: Maßnahmenpaket 4 –Schutzgut »Siedlungsgrün«

Nr.	Kurztitel Maßnahme	Prio	no-regret	Multi
06	großräumig übergreifende Freiraumstrukturen	hoch	ja	1, 2, 3
07	Zusammenhängende urbane Grün- und Freiflächen	hoch	ja	1, 2, 3
08	Sicherung urbane Grün- bzw. Erholungsflächen	hoch	ja	1, 2, 3
09	Sicherung Flächen für die Landwirtschaft und Wald	niedrig	nein	1, 2, 3
10	Sicherung von Wasserflächen	mittel	ja	1, 2, 3
11	Sicherung von Flächen zum Schutz von Boden, Natur etc.	niedrig	ja	1, 2, 3
12	Ausgleich von Beeinträchtigungen / Flächenpool	hoch	ja	1, 2, 3
13	Dichtekonzeption	hoch	nein	1, 2, 3

Nr.	Kurztitel Maßnahme	Prio	no-regret	Multi
14	Festsetzungen zur Grundflächenzahl	hoch	nein	1, 2, 3
15	Festsetzung der überbaubaren Grundstücksflächen	hoch	nein	1, 2, 3
16	Festsetzungen Mindest- und Höchstmaße Grundstücke	hoch	nein	1, 2, 3
17	Festsetzungen zu Flächen, die freizuhalten sind	hoch	nein	1, 2, 3
18	Festsetzungen zur Höhe baulicher Anlagen	mittel	nein	1, 2, 3
19	Festsetzungen zur Stellung baulicher Anlagen	hoch	nein	1, 2, 3
20	Festsetzungen zur Bauweise	mittel	nein	1, 2, 3
21	strömungsgünstige Baukörper	niedrig	nein	1, 2, 3
29	Anpflanzung von Bäumen, Sträuchern auf Flächen	mittel	ja	1, 2, 3
30	Bepflanzung von Dächern und Fassaden baulicher Anlagen	hoch	ja	1, 2, 3
31	Begrünung von Bahnkörpern	niedrig	ja	1, 2, 3
32	Förderprogramme zur Bepflanzung und Begrünung	hoch	ja	1, 2, 3
33	Pflanzung resilienter Baum- und Pflanzenarten	mittel	ja	1, 2, 3
34	Intensivierung Kontrolle, Pflege von Erholungsflächen	mittel	nein	
46	Reduktion von Abwärmequellen in Siedlungen	hoch	ja	1, 2, 3
50	wasserdurchlässige Oberflächenbeläge	hoch	ja	1, 2, 3
54	Versickerung von Regenwasser im Gebäudeumfeld	mittel	nein	1, 2, 3

4.3.2 Sortierung der Anpassungsmaßnahmen nach deren Relevanz für die Stadt- und Landkreise

Gemäß den jeweils unterschiedlichen Betroffenheiten der Stadt- und Landkreise für die einzelnen Schutzgüter ist für die jeweiligen Kreise nicht jedes der vier im vorigen Abschnitt dargestellten Maßnahmenpakete gleichermaßen relevant. Tabelle 17 ist zu entnehmen, für welche Kreise welche/s Maßnahmenpaket/e als prioritär anzusehen ist/sind.

Dazu werden diejenigen Kreise mit einem »A« gekennzeichnet, für die im Hinblick auf das jeweilige Schutzgut – (1) »Mensch«, (2) »Wirtschaft«, (3) »Bauliche Umwelt«, (4) »Siedlungsgrün« – eine hohe potenzielle Vulnerabilität ermittelt wurde (siehe dazu Kap. 3.4) und für die hier entsprechend ein vergleichsweise hoher Handlungsdruck zu veranschlagen ist; diejenigen Kreise, die eine mittlere potenzielle Vulnerabilität aufweisen, werden mit »B« markiert (mittlerer Handlungsdruck); sofern für einen Kreis eine geringe potenzielle Vulnerabilität ermittelt wurde, bleibt das entsprechende Feld frei (kein oder eher geringer Handlungsdruck). Diejenigen Kreise, für die für alle vier Schutzgüter eine hohe potenzielle Vulnerabilität errechnet wurde – Ludwigsburg (LKR), Heilbronn (LKR), Karlsruhe (LKR), Rhein-Neckar-Kreis (LKR), Ortenaukreis (LKR) – werden zusätzlich **fett** dargestellt.

Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass die kleinräumlichen Vulnerabilitäten innerhalb der einzelnen Kreise variieren können (siehe dazu auch die Hot- und Coolspots im Dokument »Steckbriefe«), was ggf. entsprechend differenzierte, kleinräumlich angepasste Strategien erforderlich machen kann.

Tab. 17: Priorisierung der Maßnahmenpakete für die einzelnen Stadt- und Landkreise

LKR/SKR	Maß.-Paket 1/ »Mensch« (siehe Tab. 13)	Maß.-Paket 2/ »Wirtschaft« (siehe Tab. 14)	Maß.-Paket 3/ »Bauliche Umwelt« (siehe Tab. 15)	Maß.-Paket 4/ »Siedlungs- grün« (siehe Tab. 16)
Stuttgart (SKR)	A	B	B	B
Böblingen (LKR)	B	A	A	A
Esslingen (LKR)	A	A	A	B
Göppingen (LKR)	B	A	B	B
Ludwigsburg	A	A	A	A

LKR/SKR	Maß.-Paket 1/ »Mensch« (siehe Tab. 13)	Maß.-Paket 2/ »Wirtschaft« (siehe Tab. 14)	Maß.-Paket 3/ »Bauliche Umwelt« (siehe Tab. 15)	Maß.-Paket 4/ »Siedlungs- grün« (siehe Tab. 16)
(LKR)				
Rems-Murr-Kreis (LKR)	A	A	B	B
Heilbronn (SKR)	B	A	A	B
Heilbronn (LKR)	A	A	A	A
Hohenlohekreis (LKR)	B	B	B	B
Schwäbisch Hall (LKR)	B	B	B	B
Main-Tauber- Kreis (LKR)	B	B	B	B
Heidenheim (LKR)				
Ostalbkreis (LKR)	B	B	B	B
Baden-Baden (SKR)	B	B	B	B
Karlsruhe (SKR)	B	A	A	A
Karlsruhe (LKR)	A	A	A	A
Rastatt (LKR)	B	B	B	B
Heidelberg (SKR)	B	A	A	B
Mannheim (SKR)	A	A	A	A
Neckar- Odenwald-Kreis (LKR)	B	B	B	B
Rhein-Neckar-	A	A	A	A

LKR/SKR	Maß.-Paket 1/ »Mensch« (siehe Tab. 13)	Maß.-Paket 2/ »Wirtschaft« (siehe Tab. 14)	Maß.-Paket 3/ »Bauliche Umwelt« (siehe Tab. 15)	Maß.-Paket 4/ »Siedlungs- grün« (siehe Tab. 16)
Kreis (LKR)				
Pforzheim (SKR)	B	A	A	B
Calw (LKR)	B	B	B	B
Enzkreis (LKR)	B	B	B	B
Freudenstadt (LKR)				
Freiburg im Breisgau (SKR)	B	A	B	B
Breisgau- Hochschwarzwald (LKR)			B	B
Emmendingen (LKR)	B	B	B	B
Ortenaukreis (LKR)	A	A	A	A
Rottweil (LKR)				
Schwarzwald- Baar-Kreis	B			B
Tuttlingen (LKR)				
Konstanz (LKR)	B	B	B	B
Lörrach (LKR)	B	B	B	B
Waldshut (LKR)	B	B	B	B
Reutlingen (LKR)	B	B	B	B
Tübingen (LKR)	B	B	B	B
Zollernalbkreis (LKR)				

LKR/SKR	Maß.-Paket 1/ »Mensch« (siehe Tab. 13)	Maß.-Paket 2/ »Wirtschaft« (siehe Tab. 14)	Maß.-Paket 3/ »Bauliche Umwelt« (siehe Tab. 15)	Maß.-Paket 4/ »Siedlungs- grün« (siehe Tab. 16)
Ulm (SKR)	B	B	B	B
Alb-Donau-Kreis (LKR)			B	B
Biberach (LKR)		B	B	
Bodenseekreis (LKR)	B	B	B	B
Ravensburg (LKR)	B	B	B	B
Sigmaringen (LKR)				

Legende:

A = hohe pot. Vulnerabilität = 3

B = mittlere pot. Vulnerabilität = 2

4.4 Auswahl von Kernmaßnahmen zur Klimaanpassung (priorisierte Anpassungsmaßnahmen aus der Gesamtmenge aller 75 Formblätter)

Die nachfolgende Tabelle 18 listet – unabhängig von teilräumlichen Betroffenheiten/Vulnerabilitäten – die nach Ansicht der Gutachter allgemein zu priorisierenden bzw. wichtigsten Klimaanpassungsmaßnahmen im Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung auf (»Top 10«). Dieses »Bündel der Kernmaßnahmen zur Klimaanpassung« ist eine Teilmenge der im gesonderten Dokument »Maßnahmenformblätter« aufgeführten Anpassungsmaßnahmen (siehe die jeweiligen, entsprechend nummerierten Maßnahmenformblätter 01 bis 75 (Nr. MFB)). Die gesonderten Nummerierungen der Kernmaßnahmen (Nr. KM) folgt keiner inhaltlichen Hierarchie.

Die Auswahl der Kernmaßnahmen beinhaltet Maßnahmen aus dem Bereich der überörtlichen Gesamtplanung bzw. Regionalplanung und örtlichen Gesamtplanung (Bauleitplanung). Auswahlkriterium ist die möglichst ausgewogene Berücksichtigung der zentralen Zielkategorien (siehe Kap. 4.1) und jener Maßnahmen innerhalb dieser Kategorien, die einen maßgeblichen Beitrag zum jeweils verfolgten Anpassungsziel leisten.

Tab. 18: Bündel der Kernmaßnahmen zur Klimaanpassung (»Top 10«)

Nr. KM	Nr. MFB	primäre Zuständigkeit	Anpassungsmaßnahme	Zielkategorie
1	06	Raumordnung	Sicherung großräumig übergreifender Freiraumstrukturen (Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten)	Maßnahmen zur Sicherung von Flächen primär zur thermischen Entlastung und zum Wasserrückhalt
2	07	Bauleitplanung	Erhalt und Schaffung eines zusammenhängenden Verbunds von Flächen zur thermischen Entlastung im urbanen Kontext	Maßnahmen zur Sicherung von Flächen primär zur thermischen Entlastung und zum Wasserrückhalt
4	13	Kommunen	Dichtekonzeption zur Sicherung stadtökologischer Qualitäten im Vorgriff auf die Projektentwicklung und Bauleitplanung	Maßnahmen zur Gewährleistung ausreichender Durchlüftung und Verringerung baulicher Dichte in Siedlungen / Minimierung der Inanspruchnahme von Flächen

Nr. KM	Nr. MFB	primäre Zuständigkeit	Anpassungsmaßnahme	Zielkategorie
5	19	Bauleitplanung	Gewährleistung einer klimaangepassten Bebauung durch Festsetzungen zur Stellung baulicher Anlagen	Maßnahmen zur Gewährleistung ausreichender Durchlüftung und Verringerung baulicher Dichte in Siedlungen / Minimierung der Inanspruchnahme von Flächen
6	30	Bauleitplanung	Bepflanzung von Dächern und Fassaden baulicher Anlagen	Maßnahmen zur Begrünung von Flächen oder baulichen Anlagen / Siedlungsgrün
7	35	Kommunen	Soziodemografische und klimatische Kartierung von Wohngebieten zur Erfassung von Risikogebieten für gesundheitliche Hitzebelastungen	Maßnahmen zur klimaangepassten Gestaltung, Ausstattung und Beschaffenheit baulicher Anlagen / Infrastruktur
8	47	Kommunen	Verschattung und Kühlung im öffentlichen Raum	Maßnahmen zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum
9	63	Raumordnung	Stärkere Berücksichtigung der Aspekte des Klimawandels bei der Durchführung von Raumordnungsverfahren	Einsatz multifunktionaler Instrumente / Weiterentwicklung des raumplanerischen Instrumentariums im Kontext Klimaanpassung
9	65	Bauleitplanung	Initiierung und Durchführung von Stadtumbaumaßnahmen zur klimaangepassten Siedlungsentwicklung (klimaangepasste Umgestaltung des Bestands)	Einsatz multifunktionaler Instrumente / Weiterentwicklung des raumplanerischen Instrumentariums im Kontext Klimaanpassung
10	71	Diverse	Erhöhung der Anpassungsbereitschaft planender Akteure	Informationsbereitstellung und Verbesserung der Wissensgrundlagen im Kontext Klimaanpassung

Weiterhin sind die in Tabelle 19 aufgeführten Maßnahmen (»Top 11-18«) aus der Gesamtmenge aller 75 Anpassungsmaßnahmen hervorzuheben. Sie sind ihrer Priorität folgend gelistet.

Tab. 19: Maßnahmen von hervorgehobener Priorität (»Top 11-18«)

Prio.	Nr. MFB	primäre Zuständigkeit	Anpassungsmaßnahme	Zielkategorie
1	12	Bauleitplanung	Sicherung von Flächen und/oder Vorgaben zu Maßnahmen zum Ausgleich von Beeinträchtigungen der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts in Verbindung mit dem Anlegen eines Flächen- und/oder Maßnahmenpools	Maßnahmen zur Sicherung von Flächen primär zur thermischen Entlastung und zum Wasserrückhalt
2	22	Raumordnung	Sicherung und Rückgewinnung natürlicher Überschwemmungsflächen zum vorbeugenden Hochwasserschutz (Ausweisung von Vorranggebieten)	Maßnahmen zur Schutzgewährung vor Klimaeinwirkungen und -folgewirkungen / Hochwasserschutz
3	69	Diverse	Nutzung von Risikokartierungen zur Informierung von Akteuren und als Hilfestellung im planerischen Abwägungsprozess	Informationsbereitstellung und Verbesserung der Wissensgrundlagen im Kontext Klimaanpassung
4	74	Kommune	Unterstützung informeller lokaler/kommunaler Klimaanpassungsprozesse (stadtplanerische Zusammenarbeit durch verstärkte Anwendung kooperations- und konsensorientierter Verfahren – Urban Governance)	Kommunikation und Kooperation im Kontext Klimaanpassung
5	37	Diverse	Verschattung von Gebäuden	Maßnahmen zur klimaangepassten Gestaltung, Ausstattung und Beschaffenheit baulicher Anlagen / Infrastruktur
6	46	Kommunen	Reduktion von Abwärmequellen in Siedlungen (Schwerpunkt städtische, verdichtete Räume)	Maßnahmen zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum

Prio.	Nr. MFB	primäre Zuständigkeit	Anpassungsmaßnahme	Zielkategorie
7	50	Bauleitplanung	Einsatz wasserdurchlässiger Oberflächenbeläge bei Wegen, Kfz-Stellplätzen, Plätzen etc.	Maßnahmen zur Minimierung der Bodenversiegelung primär zum verbesserten Wasserrückhalt
8	67	Kommunen	Klimatische Optimierung von Wettbewerbs- und Bebauungsplanentwürfen	Einsatz multifunktionaler Instrumente / Weiterentwicklung des raumplanerischen Instrumentariums im Kontext Klimaanpassung

4.5 Kernaussagen

Stadt- und Raumplanung stehen weitreichende und fein ausdifferenzierte Instrumente zur Klimaanpassung auf unterschiedlichen Ebenen zur Verfügung.

Ansatzpunkte für Anpassungsmaßnahmen sind:

- Klimaangepasste großräumige Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung,
- Sicherung von Flächen primär zur thermischen Entlastung und zum Wasserrückhalt,
- Gewährleistung ausreichender Durchlüftung und Verringerung baulicher Dichte in Siedlungen,
- Minimierung der Inanspruchnahme von Flächen,
- Begrünung von Flächen oder baulichen Anlagen,
- klimaangepasste Gestaltung, Ausstattung und Beschaffenheit baulicher Anlagen / Infrastruktur,
- Verbesserung der Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum,
- Minimierung der Bodenversiegelung primär zum verbesserten Wasserrückhalt.

Regional und lokal sind die Maßnahmen auf die jeweiligen Gegebenheiten abzustimmen.

Dem Aspekt der Klimaanpassung sollte in der Abwägung mit anderen Belangen künftig mehr Gewicht verliehen werden.

Die Anpassung sollte in Anbetracht der langfristigen Planungshorizonte und der Bestandsdauer baulicher Nutzungen möglichst frühzeitig eingeleitet werden.

Teil B Æ Weiterführende Informationen und Hintergründe

Nachfolgend werden zu ausgewählten Aspekten des Teils A zusätzliche und vertiefende Informationen angeführt.

1. Die Klimamodelle und resultierende Projektionen

Für das vorliegende Gutachten wurde von Seiten der Landesanstalt für Umwelt, Messung und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) für eine Vielzahl von Klimafaktoren Daten zu deren Entwicklung bereitgestellt. Um die darauf basierenden Aussagen in Teil A besser einordnen zu können, folgen dazu im Weiteren einige grundsätzliche Anmerkungen.

Die in Teil A verwendeten Klimadaten wurden von der LUBW nach folgendem Vorgehen ermittelt:

- Ensembleansatz, das heißt die Ergebnisse resultieren aus der Nutzung mehrerer Klimamodelle
- Plausibilisierung von 29 Klimaprojektionen, von denen fünf ausgeschlossen wurden
- 24 Projektionen für die nahe Zukunft 2021-2050
- 15 Projektionen für die ferne Zukunft 2071-2100
- Für die zuvor genannten Zeiträume wurden die projizierten Klimaveränderungen jeweils für das 15. Perzentil, das 50. Perzentil (Median) und das 85. Perzentil ermittelt
- Alle Projektionen beruhen auf den IPCC-Szenarien A1B, mit Ausnahme eines B2-Szenarios von 2007
- Alle Ergebnisse wurden auf ein einheitliches 25x25-km-Raster umgerechnet

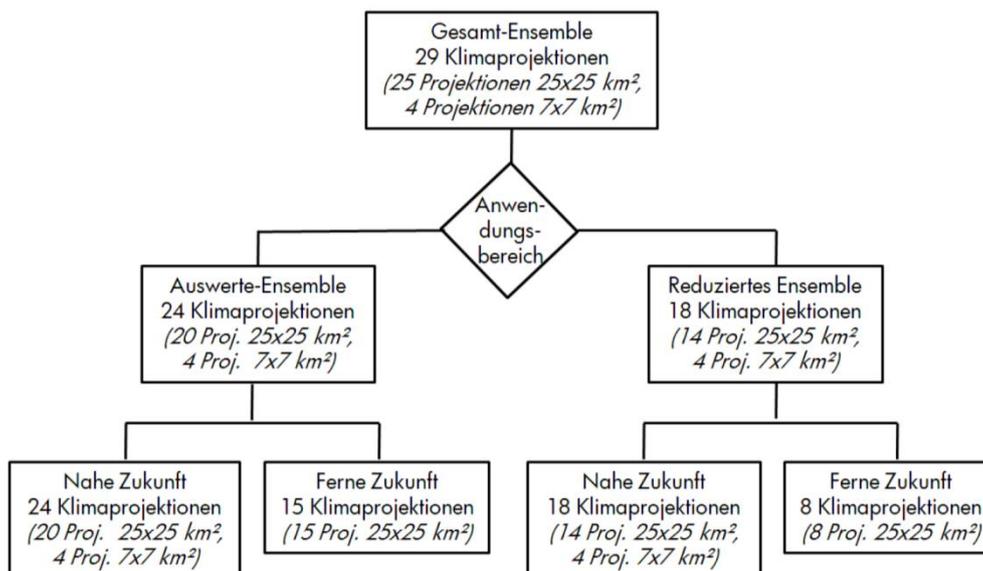


Abb. 49: Übersicht der ausgewerteten Klimaprojektionen;
 Quelle: LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) (Hrsg.) 2012:
 Vergleich regionaler Klimaprojektionen für Baden-Württemberg; Karlsruhe (Internetausgabe Stand 22.05.2012);
 30

Der Ensembleansatz (vgl. Abb. 49) enthält für jeden betrachteten Fall und Zeitraum mehrere Werte, woraus sich ein Korridor ergibt, der als »zukunftsbezogene klimatische Leitplanken« zu verstehen ist. Diese Leitplanken geben die unteren und oberen Bereiche der Veränderungen des Klimawandels für die einzelnen Modelle des Ensembleansatzes an. Der Korridor zeigt damit die Streuung der Ergebnisse und ermöglicht Einschätzungen der sogenannten Stärke und Richtungssicherheit der zu erwartenden Klimaänderungen. Die Stärke beschreibt das Ausmaß und die Höhe der Veränderung eines Klimasignals. Eine Richtungssicherheit liegt vor, wenn die Klimaprojektionen der Modelle des Ensembles weitgehend die gleiche Richtung für die Entwicklung des Klimasignals (zunehmend, abnehmend oder unverändert) anzeigen (vgl. LUBW 2013,2).

Wie im Teil A (Kap. 2) erläutert, wurden in diesem Gutachten nur Klimafaktoren verwendet, welche in die höchste Güteklasse für die Stärke des Klimasignals und die Richtungssicherheit eingeordnet sind (siehe Tabelle 6.1 in LUBW 2013,30). Eine weiterführende Diskussion der Modellergebnisse findet sich in »Vergleich regionaler Klimaprojektionen für Baden-Württemberg« (LUBW 2013).

2. Urbane Hitzeinseln (Urban Heat Island)

Wie in Teil A bereits erwähnt, gibt es eine zusätzliche Wärmebelastung und Hitzeentwicklung in Städten, die als »Urbaner Hitzeinseleffekt« oder auch »Wärmeinseleffekt« bezeichnet wird.

Dieser Effekt ist schon lange bekannt, bereits 1973 untersuchte Oke den Zusammenhang von Stadtgröße und Intensität der »städtischen Wärmeinsel« und fand einen positiv linearen Zusammenhang. Es vergrößern sich demnach die thermischen Unterschiede zwischen dem Zentrum einer Stadt (bzw. Bereichen mit hoher Dichte) und dem Umland mit zunehmender Größe einer Stadt. Diese Temperaturdifferenzen liegen unter aktuellen klimatischen Verhältnissen im Durchschnitt bei 1-2 °C, können aber in Extremfällen in der Nacht bis zu 10 °C betragen (vgl. Matzarakis 2001; BMVBS und BBR 2008; Grothmann et al. 2009). Der jeweilige Grad der Temperaturunterschiede hängt dabei unter anderem auch von der geographischen und topographischen Lage der Stadtgebiete ab (vgl. Wienert und Kuttler 2005; Kuttler 2009). Darüber hinaus hat ein Temperaturgefälle zwischen Stadt und Umland weitere Ursachen (vgl. Oke 1973; Moeller 2004):

- städtische Bebauungen bieten eine größere Oberfläche und können deshalb mehr kurzweilige Strahlung absorbieren;
- Gebiete mit hoher Oberflächenversiegelung und geringem Grünflächenanteil haben einen geringeren Kühleffekt (Verdunstung);
- die Abgabe von in den Baukörpern gespeicherter Wärme verringert die nächtliche Abkühlung in stark bebauten und versiegelten Siedlungsräumen;
- ein höherer Energieverbrauch durch Transport, Verkehr sowie die Gebäudenutzung in den Städten hat eine entsprechend hohe Abwärme zur Folge (Oke 1982);
- Oberflächenstruktur, Bevölkerungsdichte und Stadtgröße sind weitere Einflussgrößen städtischer Hitzeinseln.

Die Klimaprojektionen spiegeln bis zu einem gewissen Grad den urbanen Hitzeinseleffekt wider. Allerdings ist die Auflösung des im Rahmen dieses Gutachtens zur Anwendung gekommenen 25x25-km-Rasters zu grob, um kleinräumlich auftretende Temperaturspitzen im Stadtraum bzw. in einzelnen Städten abbilden zu können.

Mit städtischen Hitzeinseleffekten gehen gesundheitliche Probleme einher, die sich bei Hitzeperioden zusätzlich verschärfen. Dieser Aspekt wurde in Teil A durch die Auswahl der

Klimafaktoren »Heiße Tage« und »Hitzeperioden-Tage« für die Betrachtung des Mortalitätsrisikos der über 75-Jährigen berücksichtigt. Um entsprechende gesundheitlichen Folgen für die Bevölkerung so gering wie möglich zu halten, sollten im Rahmen einer Vorsorgestrategie (neben Interventionsstrategien im öffentlichen Gesundheitswesen und Hitzewarnsystemen) die urbanen Räume so gestaltet werden, dass sie Hitzeinseleffekte nach Möglichkeit vermeiden oder zumindest minimieren. Entsprechende Maßnahmen finden sich im gesonderten Dokument »Maßnahmenformblätter«. Die dort beschriebenen Gestaltungsmöglichkeiten können bei konsequenter Anwendung zur Entstehung klimaangepasster urbaner Raumstrukturen (Stichworte: Durchlüftung; Einsatz geeigneter Oberflächenmaterialien; Verschattung etc.) und damit zu einer Reduktion der gesundheitlichen Belastungen beitragen.

3. Unterirdische Urbane Hitzeinseln

Neben den »normalen« urbanen Hitzeinseln gibt es im städtischen Raum auch unterirdische Hitzeinseln. In einer Studie untersuchten Menberg et al. (2013) in sechs Städten (Berlin, München, Köln, Frankfurt, Karlsruhe und Darmstadt) die grundwasserführenden Schichten und fanden lokale »HotSpots«, die bis zu 20 °C höhere Temperaturen aufwiesen.

Als mögliche Ursachen nennen die Autoren unzureichend isolierte Gebäude, Mülldeponien, Veränderungen der Oberflächenbedeckung (Änderung von Bewuchs und Bebauung), U-Bahnen und Straßentunnels, Geothermiesysteme sowie Abwassersysteme, auch wenn sie zugleich darauf hinweisen, dass die Prozesse und Faktoren für diese Erwärmungsprozesse noch nicht vollständig erforscht sind.

Inwiefern das Phänomen der unterirdischen Hitzeinseln in der Zukunft verstärkt zur Entstehung und der Intensität urbaner Hitzeinseln beitragen wird, kann aktuell nicht abschließend beurteilt werden. Klar ist jedoch schon heute, dass auch die nicht auf den ersten Blick wahrnehmbaren und offensichtlichen Bereiche einen maßgeblichen Einfluss auf das Klima und die Wohnbarkeit von Städten haben werden – und umgekehrt.

Hier wäre durch weitere Forschungen zu klären, inwiefern die Regelungen zur Gestaltung der einzelnen Einflussfaktoren (Ursachen) in den Zuständigkeitsbereich der Stadt-/Raumplanung fallen, welche Kooperationen sinnvoll sind und welche Maßnahmen im Rahmen einer Anpassungsstrategie ergriffen werden können, um mögliche negative Folgen zu minimieren.

4. Nähere Betrachtung der unterschiedlichen Folgen von »Hitze« im Handlungsfeld

4.1 Gesundheitliche Belastungen

Wie in Teil A beschrieben, zählen die *Belastungen für die menschliche Gesundheit* durch höhere Temperaturen (Sommertage) und häufigere Hitzetage zu den Hauptfolgen des Klimawandels. Hierzu wurden in diesem Gutachten die über 75-Jährigen, unter 5-Jährigen und Pflegebedürftigen ihren spezifischen Risiken entsprechend betrachtet. Im Mittelpunkt steht dabei immer die *Thermoregulation*, welche das Herz-Kreislauf-System auf verschiedene Arten beansprucht. So müssen zur Anpassung an die Umgebungstemperatur die Blutgefäße flexibel genug sein, um sich erweitern, weiten oder verengen zu können. Die Erweiterung der Gefäße vergrößert das Volumen, der gleichen Menge Blut steht nun also »mehr Platz« zur Verfügung, was Probleme bei der Blutdruckregulation hervorrufen kann. Gleichzeitig muss sich der Herzschlag, um das vergrößerte Blutvolumen in gleicher Zeit durch den Körper pumpen zu können, erhöhen. Da bei älteren Menschen das Herz-Kreislauf-System oftmals vorgeschädigt ist, kann der Organismus hier nur eingeschränkt auf die Belastungen reagieren, mit vielfältigen Folgen wie Lethargie, Schwindel, etc. Hinzu kommt, dass sowohl bei älteren Menschen wie auch bei Kindern die Schweißproduktion reduziert ist und damit weniger Verdunstungskühle zur Abkühlung gebildet werden kann.

4.2 Thermische Komfortwerte und Schwellenwerte

Aufgrund der zuvor genannten Vielzahl an Einflussfaktoren ist die Bestimmung von Komfort- und Schwellenwerten für die thermische Gesundheitsbelastung nicht ohne weiteres möglich. Speziell das individuelle Empfinden von Hitzewerten hängt unter anderem sehr von der *geografischen Lage* ab, sowohl global und großräumlich, als auch im Lokalen. So scheinen höhere Schwellenwerte für das Mortalitätsminimum eher dort aufzutreten, wo die großräumigen klimatischen Bedingungen höhere Sommertemperaturen aufweisen (Hajat et al. 2006), die Bevölkerung also höhere Temperaturen gewohnt ist. Wie schnell entsprechende Anpassungsprozesse an klimatische Veränderungen wie zum Beispiel die projizierte Zunahme an Sommertagen stattfinden, ist völlig unklar.

Daneben spielen bei den Schwellenwerten für die Mortalität auch die regionalen klimatischen Verhältnisse eine wesentliche Rolle, wie Studien in Frankreich und Großbritannien gezeigt haben (Laaidi et al. 2006). Für Paris ergaben sich höhere Schwellenwerte (20,6 – 23,6 °C) als beispielsweise für die Départements Cote-d'Or (16,7 – 19,7 °C) und Hautes-Alpes (14,8 – 17,8 °C). Auch für England und Wales zeigte sich, dass Regionen mit höheren durchschnittlichen Sommertemperaturen auch für die Mortalität höhere Temperaturschwellen aufweisen (Armstrong et al. 2010).

Als weiterer wichtiger Faktor kommt die *Luftfeuchtigkeit* bei der Ermittlung von für die Mortalität relevanten Schwellenwerten hinzu. Denn die Verdunstungsrate über die Haut hängt stark von der Feuchte der Umgebungsluft ab, weshalb die Luftfeuchtigkeit eine wichtige Kenngröße für das Behaglichkeitsempfinden darstellt. Eine hohe relative Feuchte in Kombination mit hohen Lufttemperaturen (d.h. ein hoher Wassergehalt der Luft) behindert die Schweißverdunstung und führt in der Folge zu verstärktem Hitzestress, da keine ausreichende Kühlung erzielt wird. Dieser bedingt bei vulnerablen Personen eine Erhöhung des Sterberisikos (vgl. Eis et al. 2010,114).

Zudem gibt es Unterschiede bei den *Schwellenwerten*, die über den Jahresverlauf hinweg nicht stabil zu sein scheinen (vgl. Eis et al. 2010, 109). So ist eine Hitzewelle relativ früh im Jahr unter Umständen belastender als eine Hitzewelle mit sogar höheren Werten später im Jahr, wenn bereits eine gewisse Anpassung an die höheren Temperaturen stattgefunden hat (siehe Eis et al. 2010,115). Siehe hierzu auch unten Abbildung 50.

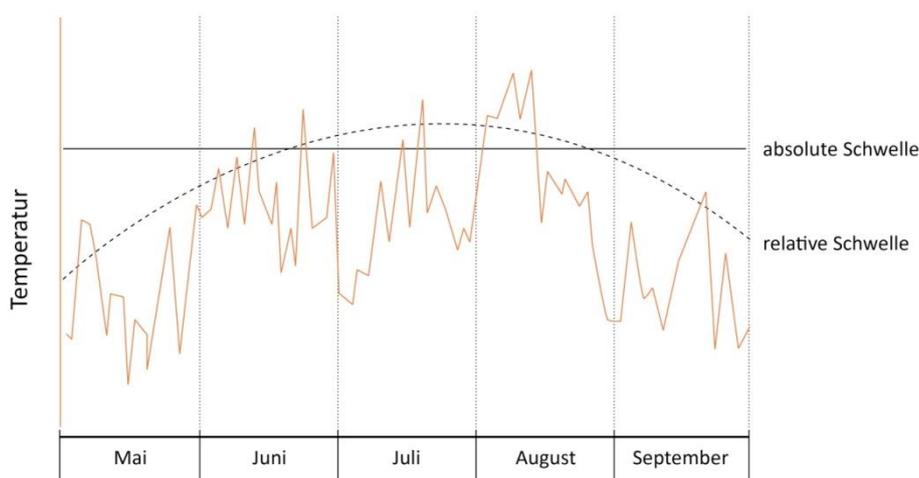


Abb.50: Hypothetisches Beispiel für die Varianz der Temperaturschwelle einer Hitzewelle im Jahresverlauf (absolut vs. relativ);

Quelle: Eis, D.; Helm, D.; Laußmann, D.; Stark, K. 2010: Gesundheitliche Auswirkungen von Hitzewellen und anderen klimaassoziierten Ereignissen; in: Robert Koch-Institut (Hrsg.): Klimawandel und Gesundheit – Ein Sachstandsbericht; Berlin; 99; modifiziert

Hitzewellen müssten somit eigentlich nach Klimazone (zur Berücksichtigung der Anpassung der Bevölkerung) und Jahreszeit betrachtet werden.

Zwei weitere Faktoren konnten in Studien während des Hitzesommers 2003 identifiziert werden: So haben die *Ozonkonzentrationen* und die *Luftverunreinigung* einen deutlichen Anteil an der Erhöhung der Mortalität (Filleul et al. 2006; Eis et al. 2010,122).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich für die Zunahme an heißen Tagen und Hitzewellen (Hitzeperioden) eine Erhöhung der Sterblichkeitsraten feststellen lässt – wie in Teil A, Kapitel 3.4.2 bereits ausgeführt und im Rahmen der Vulnerabilitätsanalyse dargestellt wurde. Die beobachteten höheren Mortalitäten sind aber nur in der Zusammenschau mit anderen Faktoren (z.B. Luftfeuchtigkeit) zu erklären und die verwendeten Indikatoren und Klimafaktoren bilden nur einen Ausschnitt der tatsächlichen Risikofaktoren ab. Somit lässt auch die potenzielle Vulnerabilitätsbestimmung keine Rückschlüsse darauf zu, in welchen Kreisen sich die Mortalitätsrate tatsächlich erhöht. Sie macht nur Aussagen darüber, wo ein erhöhtes Risiko besteht.

4.3 Einflussgrößen beim Mortalitätsrisiko

Die Belastungen für die Gesundheit und eventuelle Einschränkungen des thermischen Wohlbefindens werden nicht allein von der Temperatur beeinflusst. Es gibt hier keine einfache, monokausale Verknüpfung von erhöhten Temperaturen und negativen Gesundheitsfolgen. Vielmehr spielt zum Beispiel die *Veränderung des Strahlungshaushalts* für das Wohlbefinden eine wichtige Rolle (vgl. Ali-Toudert und Mayer 2007), ebenso wie die *Luftfeuchtigkeit*. Neben den klimatischen und meteorologischen Einflussgrößen und den Varianzen über den Jahresverlauf hinweg gibt es weitere Faktoren, die das Mortalitätsrisiko beeinflussen:

- Vorerkrankungen (z.B. Herz-Kreislaufkrankungen, Diabetes, Adipositas, Demenz),
- Akute körperlich Belastungen (z.B. durch Medikamente, Alkohol, Drogen),
(UBA 2009b),

- Alter,
- Geschlecht (Frauen sind höher belastet),
- Fitnessgrad,
- Wasserhaushalt,
- Bekleidung,
- Sozio-ökonomische Situation (z.B. familiäre Einbindung, finanzielle Möglichkeiten).

Diese Faktoren sind durch raumordnerische, bauleitplanerische oder sonstige Maßnahmen dieses Handlungsfelds nicht direkt beeinflussbar.

Des Weiteren wurden diverse Umweltfaktoren mit einem erhöhten Mortalitätsrisiko in Verbindung gebracht:

- Erhöhte Temperaturen im unmittelbaren Wohnumfeld (Wärmeinseleffekt),
- Wohnungen in älteren Gebäuden,
- geringerer Wohnkomfort der Wohnungen,
- fehlende Gebäudeisolation,
- Wohnen in Dachgeschosswohnungen, insbesondere Schlafen bei längerer Sonnenscheindauer oder nachmittägliches Öffnen der Fenster,
- fehlende Klimaanlage (vgl. Vandentorren et al. 2006; Eis et al. 2010,122; Smargiassi et al. 2009).

Für diese ergeben sich Optionen im Rahmen des Handlungsfelds Stadt- und Raumplanung, die präventiv und protektiv zur Umsetzung gebracht werden können, um gefährdete Personen, insbesondere ältere Menschen und Menschen mit gesundheitlich eingeschränkter Anpassungsfähigkeit, vor Gefahrensituationen zu schützen. Die nachfolgende Auflistung legt nahe, dass dabei eine Kooperation unterschiedlicher Akteure (Planer, Gesundheitsdienste, Betroffene und deren Umfeld) von großer Bedeutung für den Erfolg ist:

- Wohnungsgröße (z.B. Möglichkeit zum Ausweichen in kühlere Räume),
- Begrünung des Wohnumfelds,
- Wasserflächen / Brunnen in der näheren Wohnumgebung,
- Möglichkeiten zur Selbstversorgung ohne langfristige Hitzeexposition,
- Option und/oder Fähigkeit sich selbst Kühlung zu verschaffen (z.B. leichte sommerliche Bekleidung, Duschen, Einsatz von Klimageräten und Ventilatoren etc.),
- klimatisierte Räume in Krankenhäusern,

- flächendeckende Hitzewarnsysteme,
- aufsuchende Präventionspflege (vgl. Vandentorren et al. 2006; Eis et al 2010,122).

Schon heute sind also die wichtigsten Parameter der zu erwartenden Problemlagen bekannt und Ansatzpunkte zu deren Lösung vorhanden, die bei einer konsequenten Umsetzung die möglichen Risiken reduzieren können.

4.4 Grenzen der Aussagefähigkeit zur Mortalität

Die Bestimmung der Mortalität infolge von Hitzebelastungen (in den bisher vorgestellten Untersuchungen) weist eine Besonderheit auf: Es gibt eine Art »Kompensationseffekt«, das heißt die Anzahl der »Hitzetoten« wird teilweise durch niedrigere Sterberaten nach Ende einer Hitzeperiode ausgeglichen. Einige der während einer Hitzeperiode zu beobachtenden Todesfälle gehen also nicht direkt »ursächlich« auf diese zurück, sondern sind um einige Tage »vorgezogene« Todesfälle (»Harvesting Effect«). Das heißt, die entsprechenden Personen wären mit hoher Wahrscheinlichkeit in unmittelbarer Kürze ohnehin verstorben. In der Summe ergibt sich bei starken Hitzebelastungen aber dennoch ein Anstieg gegenüber den durchschnittlichen Sterberaten (Huyen et al. 2001; Hellmeier et al. 2007).

Insgesamt ist die Modellierung der hitzebedingten Mortalität und Morbidität unter Berücksichtigung des Klimawandels mit einigen Unsicherheiten verbunden. Diese ergeben sich aus der Anzahl der zu berücksichtigenden Prozesse, deren Abhängigkeiten und Verknüpfungen, wovon jeder einzelne Prozess für sich schon mit Unsicherheiten behaftet ist. Maßgebliche Unsicherheiten finden sich nach Gosling et al. (2007) vor allem bei

- der Modellierung zukünftiger Temperatur-Mortalitäts-Beziehungen,
 - den Klimaprojektionsmodellen und
 - der Modellierung vulnerabler Bevölkerungsgruppen.
- (siehe auch Eis et al. 2010,127).

Gerade bei der Modellierung des hitzebedingten Mortalitätsrisikos in epidemiologischen Studien werden bestehende Zusammenhänge auf der Grundlage gegenwärtiger oder zurückliegender Daten aufgebaut. Dies bedeutet für die Vorhersagen zukünftiger Mortalitätsrisiken, dass diese auf der Annahme beruhen, die Zusammenhänge seien

stationärer Natur und würden in gleicher Weise auch für die Zukunft gelten (vgl. Eis et al 2010,129).

Die methodischen Grenzen für Aussagen zu den Vulnerabilitäten in Verbindung mit einem langsamen Verlauf der klimatischen Veränderungen über Jahrzehnte hinweg, womit eine Akklimatisation der Bevölkerung und (technologische) Anpassungen möglich erscheinen, könnte die Schlussfolgerung zulassen, dass trotz der langfristig sehr deutlichen Zunahme der Exposition das Risiko für die hitzebedingte Sterblichkeit für die ferne Zukunft eventuell (leicht) überschätzt wird (vgl. Eis et al 2010,132).

4.5 Untersuchungen zur Morbidität und Leistungsfähigkeit

Neben der Zunahme an Todesfällen durch eine steigende Hitzebelastung gibt es auch nicht tödliche Gesundheitsfolgen, deren Auftreten mit Wärmebelastung in Verbindung gebracht wird. Dieser Aspekt ist aufgrund fehlender Statistiken nicht direkt zu quantifizieren, da unter anderem die hierfür notwendigen Zeitreihen mit hoher zeitlicher Auflösung in der Regel fehlen (vgl. Eis et al. 2010,124). Einen kurzen Überblick zu existierenden Methoden zur Erfassung thermischer Belastungen und Folgerungen für Hitzewarnverfahren findet sich unter anderem bei Koppe et al. (2003).

5. Skaleneffekte bei der Bestimmung der Vulnerabilität

Die in Teil A, Kapitel 3.4 dargestellten potenziellen Vulnerabilitäten der Stadt- und Landkreise wurden nicht anhand absoluter Schwellenwerte ermittelt, da es keine Untersuchungen dazu gibt, ab welcher klimatischen Veränderung (z.B. ab wie viel Hitzeperioden-Tage mehr) die nächst höhere Vulnerabilitätsstufe für einen LKR/SKR erreicht wäre. So lässt sich nicht empirisch belegt sagen, dass zum Beispiel alle Werte über 4,0 Hitzeperioden-Tage der »Stufe 3 - hohe Exposition« zuzuordnen sind. Würden entsprechende Benchmarks vorliegen, so könnte dies dazu führen, dass aufgrund der zunehmenden Belastung in ganz Baden-Württemberg beim 85. Perzentil (p85.0) der fernen Zukunft alle Kreise in derselben Stufe (hier 3 – hoch) liegen würden und keine Differenzierung mehr möglich wäre. Nur über eine räumliche Differenzierung kann aber eine Koordination von Maßnahmen und ggf. eine gezielte Mittelzuweisung erfolgen, weshalb in diesem Gutachten eine relative Einstufung der LKR/SKR zueinander anhand der Exposition vorgenommen wurde. Demnach werden die Kreise anhand ihrer absoluten Werte, die sich infolge der Klimaveränderungen ergeben, im Verhältnis zueinander eingestuft.

Die Einstufung der Kreise entsprechend ihrer Klimaexposition erfolgte mittels einer jeweils eigenen dreistufigen Skala für jeden Betrachtungsfall, das heißt jeweils für die Perzentile p50.0 (Median) und p85.0 für die nahe und ferne Zukunft. Dieses Vorgehen hat einen methodischen Vorteil, da es so möglich wird, auch schon für die Entwicklungen des Median (p50.0) der nahen Zukunft eine hohe potenzielle Gesamtvulnerabilität auszuweisen. Nutzt man eine Skala über alle Entwicklungen der nahen Zukunft und fasst also die Werte des 50. Perzentils und des 85. Perzentils in einer Skala zusammen, dann ergeben sich für die nahe Zukunft keine »hohen« Expositionen. Diesen Zusammenhang von Skalenbildung und Exposition veranschaulicht die nachfolgende Abbildung 51. In dieser ist die Anzahl an Sommertagen auf der x-Achse für die betrachteten Zeiträume und Perzentile aufgetragen. Darüber wurden die möglichen dreistufigen Skalen eingezeichnet, jeweils eine für das 50., das 85. sowie für beide Perzentile zusammen (nahe Zukunft). Zur Erinnerung: Das 50. Perzentil (p50.0) ist das Ergebnis für die Bandbreite an Sommertagen aus allen Modellen, jeweils die Hälfte der Modelle liegt darüber und darunter. Das 85. Perzentil (p85.0) ist die Bandbreite, für welche 85 % der Modellergebnisse darunter liegen, quasi eine Art »worst-case«-Szenario.

Man erkennt in der Abbildung 51 anhand der grau umrandeten Zone, dass die Stufe 2 (mittel) der Skala für beide Perzentile den Stufen 2 (mittel) und 3 (hoch) der Skala nur für das

p50.0 entspricht. Es könnten also die meisten Kreise, die aufgrund der Veränderungen nach dem 50. Perzentil (Median) für die nahe Zukunft eine hohe Exposition aufweisen, bei einer Bewertung nach der gemeinsamen Skala (Skala für p50.0 und p85.0) nur als mittel exponiert eingestuft werden (Ausnahme: der kleine Überschneidungsbereich der beiden 3er-Stufen).

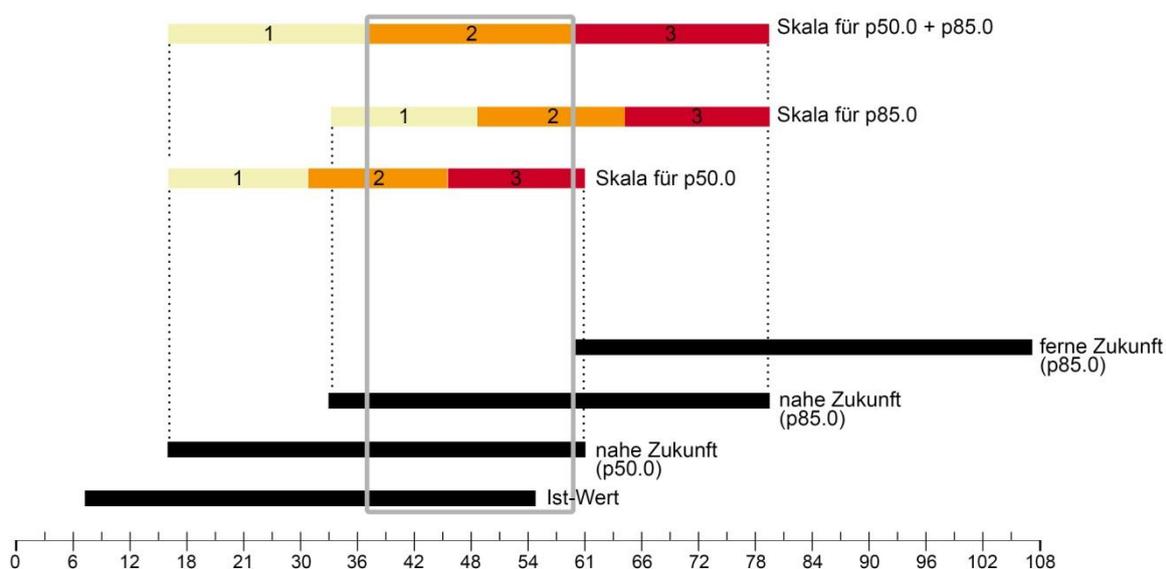


Abb. 51: Vergleich von Skalenvarianten für Veränderung des Klimafaktors »Sommertage«; eigene Darstellung

Ähnliches gilt für den umgekehrten Fall: Die meisten Kreise, die nach der Skala für p85.0 nur »gering« (Stufe 1) exponiert wären, würden bei einer gemeinsamen Skala für p50.0 und p85.0 der Exposition »mittel« (Stufe 2) zugeordnet werden. Nur wenige würden bei beiden Skalen in der Stufe 1 eingeordnet werden.

Da aber eine Anpassung nicht nur an den maximalen Schadensfall erfolgen soll, wurde hier also nicht die höchste Anzahl Sommertage laut dem p85.0 als die maximale Exposition zur Skalenbildung genutzt. Vielmehr wurden p50.0 und p85.0 als in sich geschlossene Teilbilder möglicher Entwicklungspfade verstanden; entsprechend wurden auch die potenziellen Vulnerabilitäten jeweils getrennt ermittelt.

6. Weitere die Vulnerabilität beeinflussende Entwicklungen

Die Vulnerabilität infolge des Klimawandels ergibt sich letzten Endes anhand der tatsächlichen Gegebenheiten der Schutzgüter in den jeweils betrachteten Zeiträumen (nahe Zukunft 2021-2050, ferne Zukunft 2071-2100). Dabei ist, gerade auch für den langfristigen Trend 2071-2100, die gesamtgesellschaftliche Entwicklung für die Folgen der Klimaexposition mit entscheidend. Nachfolgende Themen und deren Überlagerung bzw. wechselseitige Beeinflussung mit den Klimaveränderungen sind hier mit zu berücksichtigen:

- Demographische Veränderungen (»älter & bunter«)
- Versiegelung infolge weiteren Flächenverbrauchs (aktuell leicht sinkend)
- Zunahme der individuellen Mobilität (Kilometer/Jahr; veränderte Anlässe)
- Zunahme des Transportaufkommens von Gütern und Waren
- Großer Altbestand energetisch nicht sanierter Gebäude aus den 60er/70er Jahren
- Regionaler Anpassungsdruck zur Reduzierung von CO₂-Emissionen mit Folgen für die ökonomische Wettbewerbsfähigkeit
- Planerische Leitlinie »Innenentwicklung vor Außenentwicklung«
- Verstärkter Druck auf öffentliche Kassen und beschränkte Finanzmittel
- etc.

Hier liegen nicht-lineare Prozesse vor, die als zirkuläre Wirkmodelle beschrieben werden können, zugespitzt zum Beispiel: Es wird wärmer, Menschen schwitzen bei körperlicher Aktivität verstärkt, nehmen daher für Besorgungen eher das klimatisierte Kfz, was zusätzliche Abwärme erzeugt, wodurch es noch wärmer wird ...

Eine entsprechende Einbeziehung solcher systemischer Zusammenhänge bei der Betrachtung der Klimawandelfolgen eröffnet die Möglichkeit, jene Bereiche zu identifizieren, in denen auch Instrumente jenseits der Stadt- und Raumplanung zum Einsatz kommen können, beispielsweise

- Kürzere Distanzen zum Einkaufen (Verteilung von Nutzungen; Erreichbarkeit);
- Vorfahrt für ÖPNV;
- klimatisch optimierte Wartestellen und Fahrzeuge;
- dichtes Netz an Haltestellen;
- Sommer-Maut für private PKW;
- Abbau steuerlicher Vorteile für Dienstfahrzeuge;

- Vorrangflächen für Car-Sharing auf Elektroautobasis;
- etc.

Eine solche, die Fachdisziplinen überbrückende Herangehensweise, könnte auch bei der Bewältigung von Problemlagen helfen, die erst durch mangelnde integrative Betrachtung der Einzelmaßnahmen gefördert oder gar erst verursacht werden. Solche Problemlagen ergeben sich zum Beispiel durch die Überlagerung von mehreren Faktoren, die zu neuen und/oder verstärkten Problemlagen führen.

Hierzu ein Beispiel:

	Zunahme der Jahresmitteltemperatur
überlagert mit:	Rückgang der Niederschläge im hydrologischen Sommerhalbjahr
überlagert mit:	Trockenperioden
führt zu:	höherer BVOC-Abgabe der Pflanzen (BVOC = Biological Volatil Organic Compounds; diese sind an der Entstehung von bodennahem, die Atemwege reizenden Ozon beteiligt)
kombiniert mit:	stabileren Luftschichten (Wärmeinseln)
führt zu:	höherer Konzentration an bodennahem Ozon (O ₃)
trifft auf:	demografischen Wandel (mehr Menschen über 75 Jahre, die gesundheitlich weniger belastbar sind)
überlagert mit:	mehr Sommertage, heiße Tage und Hitzeperioden-Tage
führt zu:	deutlich erhöhte Anzahl an potenziell Leidenden (Risiko der Mortalität und Morbidität erhöht)

7. Methodische Hintergründe zur potenziellen Vulnerabilität

7.1 Einschränkungen bei der Bestimmung der Vulnerabilität – der Aspekt Anpassungskapazität

Wie unter 3.1.2 in Teil A bereits ausgeführt, gibt es bei der Analyse der Vulnerabilität für den Faktor »Anpassungskapazität« einige methodische Defizite zu verzeichnen, die dessen Einbeziehung in die Vulnerabilitätsanalyse in wissenschaftlich akzeptabler Weise nicht

zulassen. Eine vertiefte Auseinandersetzung mit dem Thema Anpassungskapazität offenbarte hierfür folgende Gründe:

- a. In Arbeiten zur Klimaanpassung wird die Anpassungskapazität zwar oftmals als essentieller Baustein von Vulnerabilitätsbestimmungen zur Ermittlung regionaler oder lokaler Vulnerabilitäten benannt, in die *tatsächlich* vorgenommenen Berechnungen und/oder Abschätzungen der Höhe der Vulnerabilität findet sie aber nicht oder nur sehr fragmentarisch bzw. unzureichend Eingang (vgl. z.B. Heiland et al. 2012).
- b. Es besteht kein »common sense« in der Frage, welche Faktoren bzw. Determinanten für die Anpassungskapazität maßgeblich sind. Dies steht einem vergleichbaren methodischen Vorgehen bei der Bestimmung von Vulnerabilitäten entgegen. Zwar gibt es einen Kern wiederkehrend genannter Determinanten (siehe hierzu Schröter et al. 2004 und Abbildung 24; siehe dazu u.a. auch Smit und Pilifosova 2001; Frommer 2009), zu welchem etwa die ökonomischen Ressourcen oder institutionellen Kapazitäten eines Raums/Systems zählen. Gleichwohl werden immer wieder Determinanten weggelassen und/oder andere hinzugefügt, ohne, dass sich dies aus dem jeweiligen Gegenstand der Vulnerabilitätsanalyse und/oder raumbezogenen Spezifika zwingend erschließt.
- c. Auch die Frage der konkreten Indikatoren bzw. Daten für die Determinanten der Anpassungskapazität betreffend herrscht in der Forschung ein Defizit. Dies liegt nicht zuletzt daran, dass die Determinanten in der Literatur zumeist relativ allgemein und damit gezwungenermaßen vage beschrieben werden.
- d. Konzepte der Anpassungskapazität trennen nur unzureichend zwischen Determinanten, die auf eine *tatsächliche* Minderung klimabedingter Problemlagen abzielen (z.B. Vorhandensein von Hochwasserschutzanlagen) und solchen, die lediglich auf ein *Potenzial* zur Minderung verweisen (z.B. ökonomische Ressourcen), die es im Bedarfsfall erst zu aktivieren gilt bzw. einer Bereitschaft zur Aktivierung bedürfen.
- e. Es finden sich in bisherigen Studien und Forschungspublikationen nahezu keine Angaben dazu, wie eine »Verrechnung« der Anpassungskapazität mit der Exposition und der Sensitivität zur Bestimmung der Vulnerabilität bewerkstelligt werden kann. Ohnehin bleibt zu klären, inwieweit eine Ermittlung der Vulnerabilitäten bzw. Handlungsbedarfe unter Verrechnung der Anpassungskapazität überhaupt möglich ist.

Die voranstehend aufgeführten Defizite des Konzepts der Anpassungskapazität bzw. seiner Handhabung erschweren es, die Ausmaße tatsächlicher Betroffenheiten bzw. konkreter

Handlungsbedarfe zu ermitteln. Deshalb wurde im Rahmen dieses Gutachtens bewusst nur die Bestimmung der potenziellen Vulnerabilität vorgenommen.

7.2 Getrennte Betrachtung von Stadt- und Landkreisen

In der Vulnerabilitätsanalyse (Teil A, Kap. 3) wurden die Problemlagen getrennt nach Stadt- und Landkreisen ermittelt. Hier käme es andernfalls – bei einer gemeinsamen Betrachtung von Stadt- und Landkreisen – aufgrund von großen Unterschieden in den Daten, die oftmals schlicht aus der Zugehörigkeit zur jeweiligen Kreiskategorie (SKR vs. LKR) resultieren, zu unerwünschten Verzerrungen bei der Einstufung. Um dies zu vermeiden, wurde die Ermittlung der potenziellen Vulnerabilität mittels unterschiedlicher Bezugswerte (absolute Werte vs. Anteile) der Indikatoren für den »Umfang an vorhandenem Schutzgut« vorgenommen.

Die Hintergründe für diesen Ansatz werden deutlich, wenn man einige Merkmale der Stadtkreise im Vergleich zum »typischen« Landkreis näher betrachtet. So ist ein SKR in der Regel gekennzeichnet durch

- einen im Vergleich zu den LKR hohen Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Gesamtfläche von im Schnitt 36,7 % mit einem Maximalwert von 58,1 % in Mannheim und der Ausnahme Baden-Baden mit nur 14,6 % (LKR von 9,6-24,5 %, im Schnitt 14 %);
- einen relativ konstanten Anteil der Verkehrsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche im Bereich von 28,3-32,8 % (LKR von 33,3-55,5 %, im Schnitt 40 %);
- und einen hohen Anteil der Verkehrsfläche an der Gesamtfläche mit im Schnitt 10,8 % bei Werten von 4,8 % (Baden-Baden) bis 16,4 % (Mannheim);
- einen hohen Anteil an Erwerbstätigen im tertiären Sektor von 78,4% im Durchschnitt (72,1-86,2 %) (LKR 47-75,9 %, im Schnitt 61 %);
- eine hohe Siedlungsdichte von im Schnitt 3954 Einwohnern je km² Siedlungs- und Verkehrsfläche (2674 – 5692) (LKR im Schnitt 1887 E/km² Siedlungs- und Verkehrsfläche);
- einen geringen Anteil von Erholungsfläche von durchschnittlich 9,6 % (6,5-14,2 %) an der Siedlungs- und Verkehrsfläche (LKR von 3,4-9,5, im Schnitt 6 %; hier ist die leichte Erreichbarkeit von Naturräumen zur Erholung nicht berücksichtigt) und an der Gesamtfläche mit durchschnittlich 3,6 %.

Bei den Stadtkreisen handelt es sich also in der Regel um dichte, städtische Räume, die eine zusätzliche Gefährdung aufgrund urbaner Hitzeinseleffekte aufweisen können. Somit würde man bei einer gemeinsamen Betrachtung von Stadt- und Landkreisen einen unzulässigen Vergleich anstellen.

7.3 Integration des Aspekts dynamischer Veränderungen in die Vulnerabilitätsanalyse

Abschließend soll an dieser Stelle die Frage gestellt werden, inwiefern eine Anpassungsstrategie auf einer Bestimmung von Vulnerabilitäten anhand absoluter Klimawerte zu einem Zeitpunkt X beruhen kann – oder ob nicht auch der Umfang der Veränderung vom »aktuellen Zustand« bis zum Zeitpunkt X mit in die Betrachtungen einfließen muss.

Dies wäre insofern überlegenswert, da ein Kreis mit einer schon bisher moderaten oder hohen Belastung möglicherweise gewisse Anpassungen schon vorgenommen hat oder leichter vornehmen kann. Tendenziell sind in solchen Gebieten entsprechende Sensibilitäten schon ausgeprägt und Maßnahmen zur Reaktion auf die Folgen bekannt und in der Umsetzung. Im Gegensatz dazu wird ein Kreis, der von einer niedrigen Belastung ausgehend eine große Zunahme bewältigen muss, sich ggf. deutlich größeren Schwierigkeiten bei der Anpassung gegenüber sehen. Hier gilt es vor allem der Zunahme bei den Minimalwerten besondere Aufmerksamkeit zu schenken, und nicht nur die Belastungsspitzen zu berücksichtigen.

Zur Verdeutlichung kann hier das Beispiel der Veränderungen bei den Kühlgradtagen für die LKR Göppingen und Ludwigsburg dienen. Der LKR Göppingen hat für den Beobachtungszeitraum eine Belastung von 19,7-110,2 Kühlgradtagen (Stufe 1), der LKR Ludwigsburg weist 80,1-140,4 Kühlgradtage (Stufe 2) auf. Beide Kreise verbleiben für die nahe Zukunft in ihrer Stufe, Göppingen dann mit 88,1-156,0 und Ludwigsburg mit 122,1-190,1 Kühlgradtagen. Die Steigerung der Minimalbelastung in Göppingen um 68,4 Kühlgradtage (von 19,7 auf 88,1 im Minimum) fällt dabei aber deutlicher stärker aus, als in Ludwigsburg mit 41,9 Kühlgradtagen (von 80,1 auf 122,1). Für die Maximalbelastung steigt die Zahl der Kühlgradtage in Göppingen um 45,8 Tage (von 110,2 auf 156,0), in Ludwigsburg um 49,7 Tage (von 140,4 auf 190,1) – hier ist die Zunahme also nahezu gleich. Eine Anpassungsstrategie sollte nach Ansicht der Gutachter also im besten Fall nicht nur berücksichtigen, wie hoch die Belastung ist, an welche eine Anpassung erfolgen muss, auch

wenn aufgrund der Wirkmechanismen die Schäden natürlich mit der Höhe der Belastung steigen. Vielmehr sollte auch mit bedacht werden, wer welchen Anpassungsbedarf im Sinne des Umfangs der Belastungszunahme bewältigen muss. Dies ist aber bei einer Vulnerabilitätsanalyse nicht vorgesehen.

8. Forschungsbedarfe

Trotz der bereitgestellten Daten ist für eine Analyse der Vulnerabilitäten, wie sie auch die Literatur vorsieht (vgl. Stock 2009,106), sowohl eine weitere räumliche Auflösung der Klimadaten sinnvoll wie auch die Erhebung weiterer nichtklimatischer Indikatoren für die Sensitivität der Schutzgüter. Hier ist beim jetzigen Bearbeitungsstand ein Forschungsbedarf hinsichtlich zusätzlicher raumbezogener Informationen angezeigt.

Eine Schwäche der Klimamodelle, an deren Beseitigung gearbeitet wird, ist die Repräsentation von Extremwetterereignissen. Bisher ist die Analyse des Klimas vor allem auf die »mittleren« Eigenschaften des Wetters bzw. »schleichende« Klimaveränderungen ausgerichtet. Die Wetterextreme sind aber für Entscheidungsträger von besonderer Bedeutung, sei es zur Nachjustierung von Bemessungsgrößen oder zur konkreten Risikoeinschätzung (vgl. Stock 2009,107). Hier bietet sich im Rahmen des Fachgutachtens keine weitere Möglichkeit diese Schwäche auszugleichen, als den Umgang mit dieser als wichtigen Teilaspekt der Planungs- und Anpassungsprozesse zu thematisieren (Stichwort: Puffer und Reserven).

Es ist zu erwarten, dass künftig hohe Ansprüche an die methodische Fundierung von Vulnerabilitätsanalysen gestellt werden, wenn deren Ergebnissen bei der Abwägung innerhalb der räumlichen Planung ein höheres Gewicht zugesprochen werden soll. Um diesem Anspruch gerecht werden zu können, sollten Methoden und Vorgehensweisen erarbeitet und neue Prozessbausteine erprobt und zur Verfügung gestellt werden. Idealerweise ergibt sich hieraus ein Werkzeugkasten, der den spezifischen räumlichen Rahmenbedingungen entsprechend genutzt und weiterentwickelt werden kann (vgl. Riegel et al. 2011,59).

Ohne Anspruch auf Vollständigkeit nachfolgend eine Auflistung der während der Bearbeitung des Gutachtens eruierten Forschungsbedarfe in stichwortartiger Form:

- Erstellung von Klimakarten für alle Städte ab der Kategorie »Mittelzentrum« aufwärts und/oder Städte mit besonders hohen Sensitivitäten in Gebieten mit hoher Exposition.
- Datenerhebung zu Gebäudebestand und -alter.
- Datenerhebung zur wirtschaftlichen Struktur der LKR/SKR.
- Prüfung der Möglichkeiten zu stärkerer Verpflichtung der Wirtschaft zur Klimaanpassung.
- Studien zu Auswirkungen des Klimawandels auf die Bau- und Immobilienbranche.
- Quantitative Studien zu Effekten von Grünflächen und Siedlungsstrukturen bzgl. deren Kühleffekt.
- Forschungen zum Nutzen städtischer »CoolSpots« zur Erholung.
- Untersuchungen zum gezielten Ausbau von Mobilitätssystemen in Gebiete mit geringer Exposition (Erreichbarkeit von Erholungsräumen).
- Forschungen, wie, wo und in welcher Form kleinräumliche Klimadaten für die Kommunen zur Planung bereitgestellt werden können inkl. Pilotprojekt.
- Auseinandersetzung mit gegensätzlichen Zielen, zum Beispiel »Nachverdichtung« und »Stadt der kurzen Wege« vs. »Grünflächen und Durchlüftung« und »Minimierung urbaner Hitzeinseln«. Hintergrund: Klare Empfehlungen, nach welche Kriterien bei der Frage Pro-/Contra Nachverdichtung im Einzelfall entschieden werden kann und auf was bei einer Nachverdichtung konkret zu achten ist.
- Ausarbeitung eines klaren Konzepts zum Umgang mit dem Baustein »Anpassungskapazität« bei der Vulnerabilitätsanalyse.
- Erweiterung der Computermodelle zur Gebäudesimulation um die Nutzung lokaler Klimadatensätze (frei verfügbar); insbesondere Berücksichtigung bei Berechnungen zu Lebenszykluskosten, hier ggf. als Teilleistung in der HOAI verankern.
- Verankerung solcher Aspekte in der Lehre bei Architekten und Städte- und Raumplanern.

Die Ergebnisse entsprechender Forschungen könnten sowohl zur Erhöhung des Planerwissens und der Bereitschaft von Bürgern zur eigenverantwortlichen Anpassung oder Akzeptanz entsprechender Maßnahmen beitragen, als auch die Ermittlung der Vulnerabilitäten auf nachvollziehbare und vergleichbare Weise befördern.

9. Bisherige Anpassungsmaßnahmen und Projekte/Planungen in Baden-Württemberg und auf Ebene des Bundes

- ADAM – Adaptation and Mitigation (EU 2006-2009)
<http://www.tyndall.ac.uk/research/adam.shtml>
- ASTRA – Developing Policies & Adaptation Strategies to Climate Change in the Baltic Sea Region (EU, Interreg B III 2005-2007)
<http://www.astra-project.org>
- Ne-Water – New Approaches to Adaptive Water Management under Uncertainty (EU 2005-2008)
<http://www.newater.info>
- ARMONIA – Applied Multi Risk Mapping of Natural Hazards for Impact Assessment (EU 2004-2007)
<http://www.armoniaproject.net>
- ASCCUE – Adaptation Strategies for Climate Change in the Urban Environment (EU 2004-ongoing)
<http://www.art.man.ac.uk/PLANNING/cure/ASCCUE.htm>
- BaltCICA - Climate Change: Impacts, Costs and Adaptation in the Baltic Sea Region; BalticClimate - Herausforderungen und Chancen für die lokale und regionale Entwicklung durch den Klimawandel im Ostseeraum (EU)
- ESPON-Climate – Climate change and territorial effects on regions and local economies.
- GLOWA-Elbe – Auswirkungen des globalen Wandels auf Umwelt und Gesellschaft im Elbegebiet; Übergeordnetes Ziel von GLOWA ist die Entwicklung von Entscheidungsunterstützungssystemen (DSS).
- IMMORISK - Risikoabschätzung der zukünftigen Klimafolgen in der Immobilien- und Wohnungswirtschaft.
- INKA BB - Innovationsnetzwerk Klimaanpassung Brandenburg Berlin.
- KIBEX - Kritische Infrastruktur, Bevölkerung und Bevölkerungsschutz im Kontext klimawandelbeeinflusster Extremwetterereignisse.
- klimAIX - Klimaverträgliche Gewerbeflächenentwicklung in der StädteRegion Aachen
- KLARA-Net Netzwerk zur KLimaAdaption in der Region StArkenburg (seit Juni 2006)
- KLIFF-IMPLAN - Implementierung von Ergebnissen aus "KLIFF" (Klimafolgenforschung - Szenarien für die Klimaanpassung) in der räumlichen Planung in Niedersachsen.

- KLIMZUG-Nord - Entwicklung von Techniken und Methoden zur Minderung der Klimafolgen und der Anpassung von Gesellschaft und Ökonomie an die erhöhten Risiken durch den Klimawandel.
- nordwest2050 - Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen-Oldenburg.
- KlimaMORO
- ReSiPrec - Hochauflösende regionale Simulationen künftiger Starkniederschlagsereignisse in Baden-Württemberg
- PArK - Probabilistische Abschätzung regionaler Klimaänderungen
- RESTER - Strategien zur Reduzierung des Sturmschadensrisikos für Wälder
- KLIBB - Auswirkungen des Klimawandels auf Biotope Baden-Württembergs
- DFG-Forschergruppe 1695 'Regionaler Klimawandel' an der Uni Hohenheim; Modellregionen Kraichgau und Schwäbische Alb: „Agrarlandschaften unter dem Einfluss des globalen Klimawandels - Prozessverständnis und Wechselwirkungen auf der regionalen Skala“.
- KLIMAKS – Klimaanpassungskonzept Stuttgart; unter Federführung des Amtes für Umweltschutz/Stadtklimatologie erstelltes Anpassungskonzept, das bisherige und zukünftig notwendige Maßnahmen bündelt.; inklusive des Hitzewarnsystem Stuttgart (HITWIS)
- AMICA - Adaptation and Mitigation - an Integrated Climate Policy Approach; Ziel der Kombination von langfristigem Klimaschutz mit kurz- und mittelfristigen Anpassungsmaßnahmen zur Verbesserung von Entscheidungen auf lokaler Ebene (Klimaschutz und Klimaanpassung).
- etc.

Beim jetzigen Stand der Bearbeitung zeichnet sich bereits ab, dass vor allem die Regionen Heilbronn-Franken (Brennpunkt Heilbronn), Rhein-Neckar (Brennpunkt Mannheim), Mittlerer Oberrhein (Brennpunkte Karlsruhe und Baden-Baden), Nordschwarzwald (Brennpunkt Pforzheim) und Südlicher Oberrhein (Brennpunkt Emmendingen) sowie Bodensee-Oberschwaben einen erhöhten Bedarf für eine lokale Anpassungsstrategie aufweisen.

10. Synergien und Wirkfolgen mit anderen Themenfeldern

Mögliche »Vernetzungsknoten« mit anderen Handlungsfeldern ergeben sich vor allem aus der Überlagerung unterschiedlicher Wirkfelder und deren Integration. Diese ist notwendig, um den drei Hauptaufgaben einer Anpassung an den Klimawandel gerecht zu werden. Zu diesen heißt es bei Stock (2009,111):

„In Bezug auf die Anpassung ist die räumliche Planung vor allem für die Umsetzung eines integrativen Ansatzes unter folgenden Aspekten von großer Bedeutung:

- Risikovorsorge durch die Anpassung an die erwartete zukünftige Zunahme der Intensität und Häufigkeit von Extremwetterlagen,
- Anpassung an den Landschaftswandel und mögliche Einschränkungen der Nutzbarkeit natürlicher Ressourcen,
- Bevölkerungsschutz im Zeichen des Klimawandels.

10.1 Wasser Æ Tourismus Æ Wirtschaft Æ Landwirtschaft

Die wechselseitige Beeinflussung der Handlungsfelder Wasser, Tourismus, Wirtschaft, Landwirtschaft und die resultierenden langfristigen Konfliktpotenzial, die sich auch in der Raumplanung bemerkbar machen, werden nachfolgend an Beispielen kurz umrissen. So ist zum Beispiel klar, dass Schnee in allen Regionen im Alpenraum (inklusive der Gletscher) einen wichtigen Süßwasserspeicher darstellt, der als Ressource für die Landwirtschaft und Trinkwassergewinnung genutzt wird. Schon heute gibt es hier eine Konkurrenz zwischen Skitourismus und Landwirtschaft (siehe hierzu Hahn 2004). Die Speicherung von Wasser in Teichen im hochalpinen Bereich für die künstliche Beschneigung von Skipisten im Fall von Schneearmut soll die touristische Auslastung in den Wintermonaten sichern. Hierbei werden für einen Hektar Skipiste in der Saison etwa 4.000 m³ Wasser zur Beschneigung benötigt. Der gesamte Alpenraum verzeichnet aktuell ca. 238 km² Piste, die künstlich beschneit werden können. Ein entsprechender Einsatz künstlicher Beschneigung würde einen Wasserverbrauch von mehr als 90 Mio. m³ bedeuten (Verbrauch Hamburg/Jahr). Schon jetzt lassen sich nach schneearmen Wintern, wie zum Beispiel jenem 2006/2007, deutliche Effekte infolge der Nutzungskonkurrenz auch für große Flüsse nachweisen, die 2007 Rekordniedrigstände aufwiesen. Da in den Alpen die Zahl von Beschneiungsanlagen weiter zunimmt, in Bayern zum Beispiel von 1997-2002 um 140 %, ist mit einer Verschärfung der Situation zu rechnen (vgl. Hahn 2004).

Als Konsequenz der steigenden Wasserentnahme ist langfristig (ferne Zukunft 2071-2100) mit entsprechenden Folgen für Vegetation, Grundwasserspiegel, Wasserqualität, Naherholungsgebiete und die Schifffahrt in den Sommermonaten zu rechnen. Diese Effekte können durch eine Erhöhung der Jahresmitteltemperatur, Verringerung der sommerlichen Niederschläge und längere Trockenperioden noch negativ verstärkt werden. Bei einem fortschreitenden Abschmelzen der Gletscher und ausbleibendem Schneefall besteht die Gefahr, dass viele Flüsse zukünftig nur noch saisonal bestehen (zu dieser Problemlage siehe auch Stock 2009,106).

In der Folge müssen raumwirksame Zielkonflikte und die Entwicklung wirtschaftlicher Interessen im Bereich Tourismus, Wirtschaft oder Landwirtschaft immer auch vor dem Hintergrund kurz- und langfristiger Prognosen des Klimawandels betrachtet werden. Für manche Zielkonflikte ergibt sich damit ein völlig anderes Bild, das heißt die Konflikte existieren nicht wie bisher, sondern an anderer Stelle und in anderer Form.

So besteht für den Bereich Wasser die Herausforderung in Anbetracht der Konkurrenz um Wasser zwischen Landwirtschaft, Industrie, Kraftwerken und Privathaushalten darin, Bewirtschaftungsmaßnahmen für den Umgang mit Niedrigwassersituationen zu entwickeln (vgl. Stock 2009,111).

10.2 Ökosysteme, Land- und Forstwirtschaft

Die Verschiebung von Vegetationsgrenzen, schon jetzt beobachtbar und zukünftig beschleunigt, als Folge der Veränderung von klimatischen Randbedingungen bedeutet generell Stress für Flora und Fauna. Die ökologischen Habitate und Nischen verändern sich, und die Anpassung kann mit der Geschwindigkeit des Klimawandels nur bedingt oder möglicherweise gar nicht Schritt halten (vgl. Stock 2009,108).

Diese Veränderungen sind beim Ausgleich von Maßnahmen im Rahmen der Raumplanung in mehrfacher Hinsicht zu berücksichtigen: Erstens muss der zukünftig steigende Nutzen und naturräumliche Wert von (intakten und verknüpften) Naturräumen verstärkt beachtet werden. Zweitens wird eine Einschränkung oder der Verlust von Kaltluftentstehungsgebieten und Frischluftschneisen zu beachten sein. Drittens ist ggf. mit einer Einschränkung natürlicher Retentionsflächen zu rechnen – um nur die offensichtlichen Risiken zu benennen.

Eine weitere wichtige Aufgabe der Raumplanung in diesem Themenfeld wird sein, eine Balance zwischen klimaschutzbegründeter Biomasseproduktion und den für die Anpassung

notwendigen Schutzgebieten für die Bereiche Land- und Forstwirtschaft, Biodiversität und Naturschutz zu finden. In Anbetracht von Änderungen des Migrationsverhaltens und der Habitate von Arten wird eine grundlegende Anforderung an die Raumplanung sein, die Landschaft »durchlässig« zu halten oder »durchlässiger« zu gestalten (vgl. Stock 2009,111).

11. Verwendete Datengrundlagen

11.1 Datenquellen für die Indikatoren der Sensitivitäten

Für die Ermittlung der potenziellen Vulnerabilitäten (zwölf Themenfelder) wurden auf Seiten der Sensitivität die in der nachfolgenden Tabelle 20 aufgeführten Datenbestände für die einzelnen Indikatoren genutzt.

Tab. 20: Datengrundlagen der Indikatoren für die Sensitivitätsbestimmung

Indikator		Quelle	Jahr
Siedlungsdichte	SKR & LKR	Indikatoren und Karten zur Raum- und Stadtentwicklung. INKAR. Ausgabe 2012. Hrsg.: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) - Bonn 2012. Der Indikator Siedlungsdichte ist definiert als Einwohner je km ² Siedlungs- und Verkehrsfläche.	2010
Anzahl Personen älter als 75 Jahre in 2030	SKR & LKR	Statistisches Landesamt Baden-Württemberg; Bevölkerungsvorausrechnung nach Vorausrechnungsjahren und Altersgruppen für Gemeinden ab 5 000 Einwohner (mit Wanderungen); basiert auf der Bevölkerung insgesamt am 31.12.2008. Die Vorausberechnung erfolgt für das Jahr 2030. Angegeben ist die Bevölkerungszahl in Altersstufen zu je 5 Jahren. Die Anzahl der über 75-Jährigen wurde aus diesen Daten errechnet (Addition der Altersstufen über 75 Jahre). Daten abrufbar über die Struktur- und Regionaldatenbank unter: http://www.statistik-bw.de/SRDB/home.asp?H=BevoelkGebiet&U=03&E=GE Zugriff: 16.12.2012; 8:15 Uhr	2008
Anzahl pflegebedürftiger Personen	SKR & LKR	Indikatoren und Karten zur Raum- und Stadtentwicklung. INKAR. Ausgabe 2012. Hrsg.: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) - Bonn 2012. Dem Indikator liegt als Definition von »pflegebedürftiger Person« das Pflegeversicherungsgesetz zugrunde. Danach gilt als pflegebedürftig, wer wegen einer körperlichen, geistigen oder seelischen Krankheit oder Behinderung auf Dauer, voraussichtlich für mindestens 6 Monate, der Hilfe bedarf.	2009

Indikator		Quelle	Jahr
Anzahl Personen jünger als 5 Jahre	SKR & LKR	<p>Statistisches Landesamt Baden-Württemberg; Bevölkerungsvorausrechnung nach Vorausrechnungsjahren und Altersgruppen für Gemeinden ab 5 000 Einwohner (mit Wanderungen); basiert auf der Bevölkerung insgesamt am 31.12.2008. Die Vorausberechnung erfolgt für das Jahr 2030.</p> <p>Angegeben ist die Bevölkerungszahl in Altersstufen zu je 5 Jahren. Die unter 5-Jährigen sind die erste Altersstufe</p> <p>Daten abrufbar über die Struktur- und Regionaldatenbank unter: http://www.statistik-bw.de/SRDB/home.asp?H=BevoelkGebiet&U=03&E=GE</p> <p>Zugriff: 17.12.2012; 13:40 Uhr</p>	2008
%-Anteil Erwerbstätiger im tertiären Sektor an allen Erwerbstätigen	SKR	<p>Indikatoren und Karten zur Raum- und Stadtentwicklung. INKAR. Ausgabe 2012. Hrsg.: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) - Bonn 2012.</p> <p>Indikatorbezeichnung nach INKAR: Anteil der Erwerbstätigen im tertiären Sektor an den Erwerbstätigen in %.</p>	2009
Anzahl Erwerbstätiger im tertiären Sektor	LKR	<p>Von den Autoren des Gutachtens berechnet aus:</p> <p>(1) Anzahl der Erwerbstätigen</p> <p>Arbeitskreis »Erwerbstätigenrechnung des Bundes und der Länder« im Auftrag der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder (Hrsg.): Erwerbstätigenrechnung. Reihe 2, Band 1. Erwerbstätige in den kreisfreien Städten und Landkreisen der Bundesrepublik Deutschland 2008 bis 2010; Berechnungsstand: August 2011</p> <p>(2) Anteil der Erwerbstätigen im tertiären Sektor an den Erwerbstätigen in %.</p> <p>Indikatoren und Karten zur Raum- und Stadtentwicklung. INKAR. Ausgabe 2012. Hrsg.: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) - Bonn 2012.</p>	2010
%-Anteil Erwerbstätiger im sekundären Sektor an allen Erwerbstätigen	SKR	<p>Indikatoren und Karten zur Raum- und Stadtentwicklung. INKAR. Ausgabe 2012. Hrsg.: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) - Bonn 2012.</p> <p>Indikatorbezeichnung nach INKAR: Anteil der Erwerbstätigen im sekundären Sektor an den Erwerbstätigen in %.</p>	2009

Indikator		Quelle	Jahr
Anzahl Erwerbstätiger im sekundären Sektor	LKR	Von den Autoren des Gutachtens berechnet aus: (1) Anzahl der Erwerbstätigen Arbeitskreis »Erwerbstätigenrechnung des Bundes und der Länder« im Auftrag der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder (Hrsg.): Erwerbstätigenrechnung. Reihe 2, Band 1. Erwerbstätige in den kreisfreien Städten und Landkreisen der Bundesrepublik Deutschland 2008 bis 2010; Berechnungsstand: August 2011 (2) Anteil der Erwerbstätigen im tertiären Sektor an den Erwerbstätigen in %. Indikatoren und Karten zur Raum- und Stadtentwicklung. INKAR. Ausgabe 2012. Hrsg.: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) - Bonn 2012.	2009
%-Anteil der Gebäude-/Freifläche an der Siedlungs-/Verkehrsfläche	SKR	Statistisches Landesamt Baden-Württemberg; Online Statistikportal (Start > Fläche, Bevölkerung > Landesdaten > Bodenfläche);	2011
Gebäude-/Freifläche absolut	LKR	Tabelle »Flächennutzung in den Stadt- und Landkreisen Baden-Württembergs 2011 nach Nutzungsarten«; diese beinhaltet unter anderem:	
%-Anteil der Verkehrsfläche an Siedlungs-/Verkehrsfläche	SKR	<ul style="list-style-type: none"> - Bodenfläche insgesamt - Siedlungs- und Verkehrsfläche - Gebäude- und Freifläche - Erholungsfläche - Verkehrsfläche - Waldfläche 	
Verkehrsfläche absolut	LKR	Indikatoren mit %-Anteilen wurden auf Basis dieser Daten eigenständig berechnet.	
%-Anteil Erholungsfl. an Siedlungs-/Verkehrsfläche	SKR	URL: http://www.statistikportal.de/BevoelkGebiet/Landesdaten/geb_Flaeche_kreise_0000.asp	
Erholungsfläche absolut	LKR	Zugriff: 17.12.2012; 13:45 Uhr	

Anmerkung zur Aktualität der Datensätze im besonderen Hinblick auf die Indikatoren zur Anzahl der Erwerbstätigen: Hier ist mit Veränderungen der Daten seit dem Zeitpunkt der Erhebung (2009) bis heute in einem gewissem Maße zu rechnen, wobei diese beim Umfang der drei Stufen zur Ermittlung der Sensitivität – wenn überhaupt – nur in Einzelfällen zu einer

anderen Einstufung eines LKR/SKR führen würden. Dies ist aber insofern eher unwahrscheinlich, da die Skalen sich aus einer Teilung in drei gleich große Stufen ergeben (Stichwort »relative Bewertung«) und nicht aus statischen Grenzwerten. Demnach müsste sich das Verhältnis der Anzahl Erwerbstätiger der Kreise zueinander signifikant verändern, um hier einen nennenswerten Effekt beobachten zu können. Dies wird von den Gutachtern als unwahrscheinlich angesehen, da die Schwankungen über die Jahre 2007-2010 sich im Wesentlichen auf den Nachkommabereich beschränken.

11.2 Klimakarten

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die zur Vulnerabilitätsermittlung herangezogenen Karten zur klimatischen Exposition für die Betrachtungsfälle nZ (p85.0) und fZ (p85.0); diese beruhen auf den Daten aus dem Ensembleansatz der LUBW (2013), mehr dazu in Teil A, Kapitel 2.

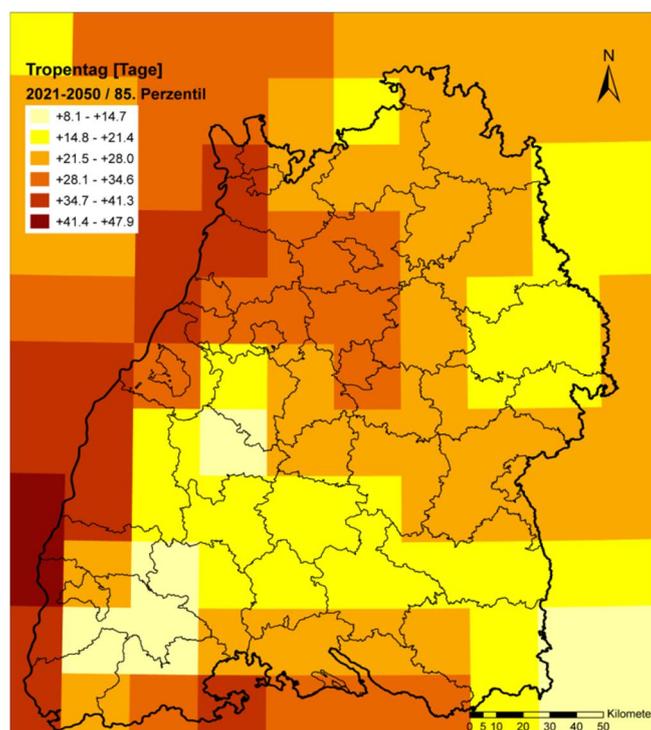


Abb. 52: 85. Perzentil für den Klimafaktor Heiße Tage in der nahen Zukunft (nZ p85.0); eigene Darstellung auf Datenbasis LUBW

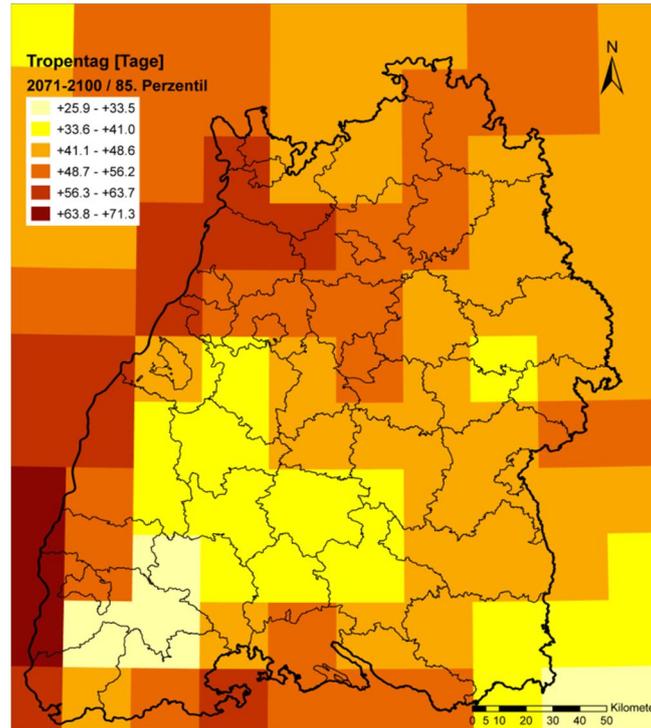


Abb. 53: 85. Perzentil für den Klimafaktor Heiße Tage in der fernen Zukunft (fZ p85.0); eigene Darstellung auf Datenbasis LUBW

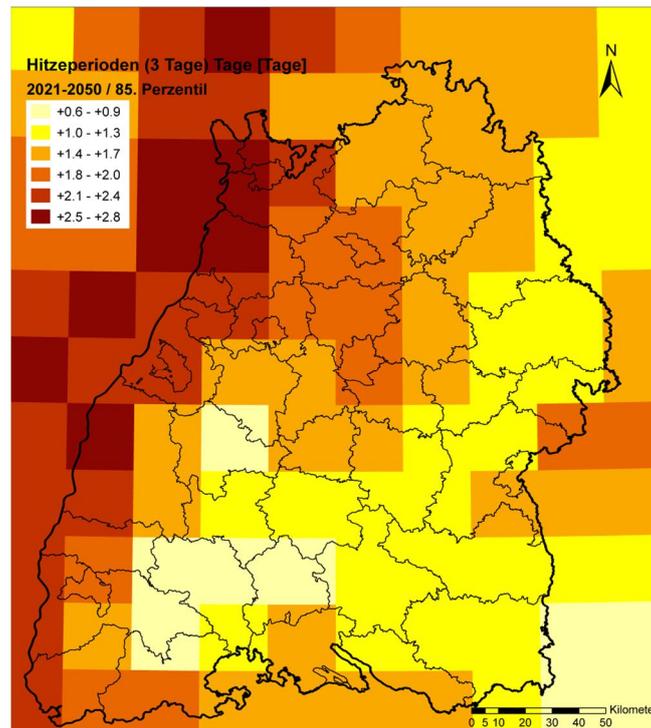


Abb. 54: 85. Perzentil für den Klimafaktor Hitzeperioden-Tage in der nahen Zukunft (nZ p85.0); eigene Darstellung auf Datenbasis LUBW

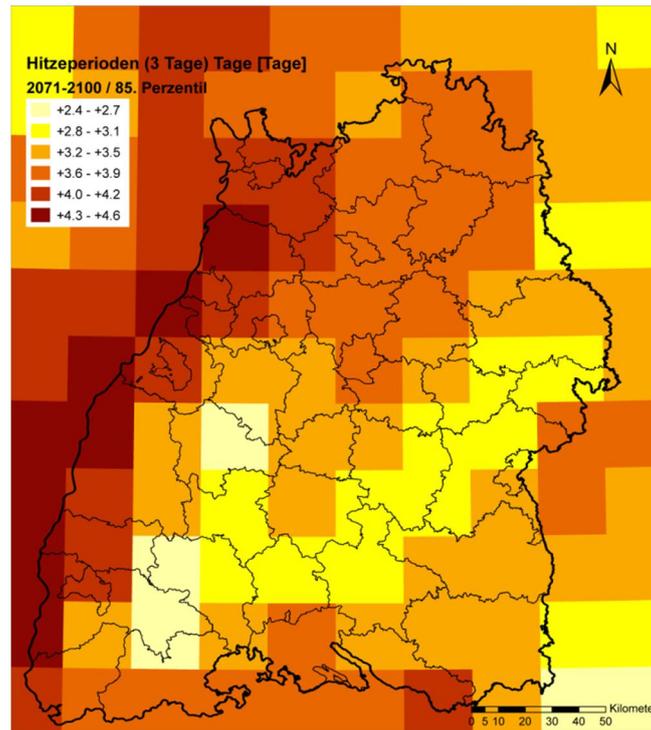


Abb. 55: 85. Perzentil für den Klimafaktor Hitzeperioden-Tage in der fernen Zukunft (fZ p85.0); eigene Darstellung auf Datenbasis LUBW

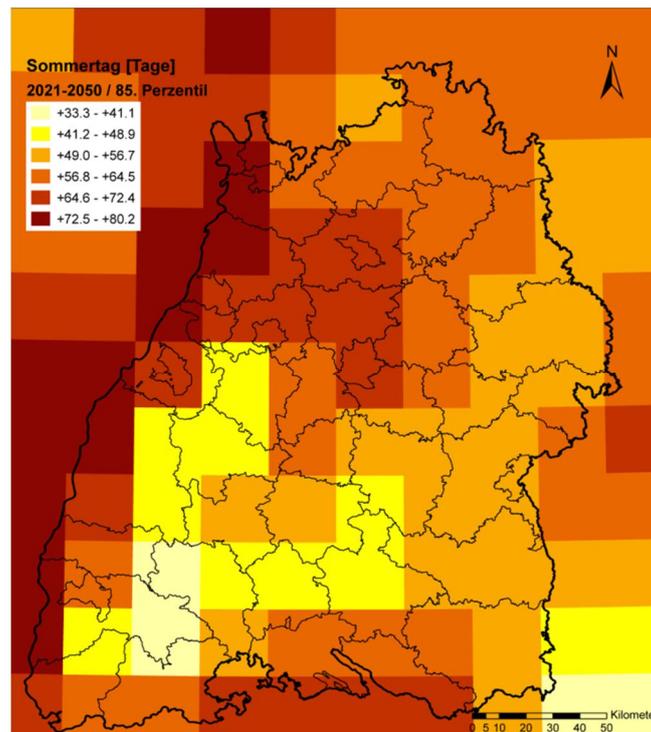


Abb. 56: 85. Perzentil für den Klimafaktor Sommertage in der nahen Zukunft (nZ p85.0); eigene Darstellung auf Datenbasis LUBW

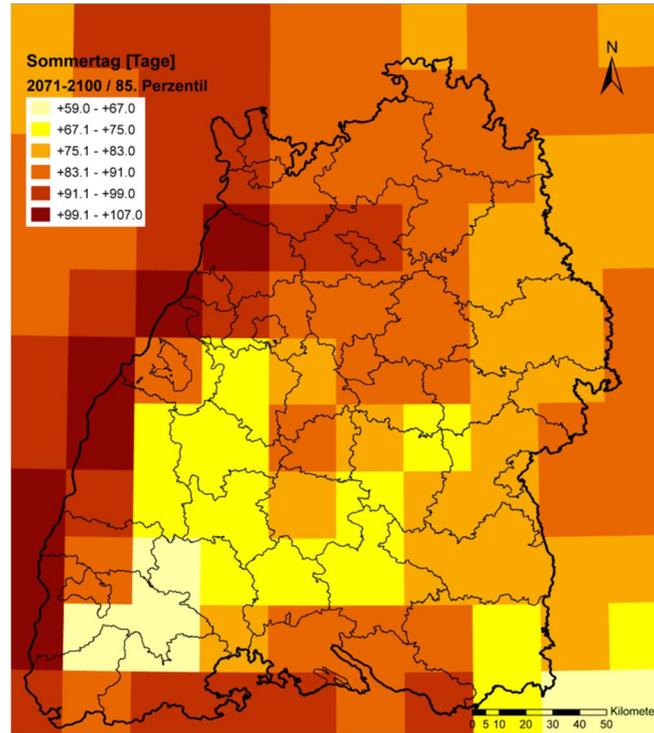


Abb. 57: 85. Perzentil für den Klimafaktor Sommertage in der fernen Zukunft (fZ p85.0); eigene Darstellung auf Datenbasis LUBW

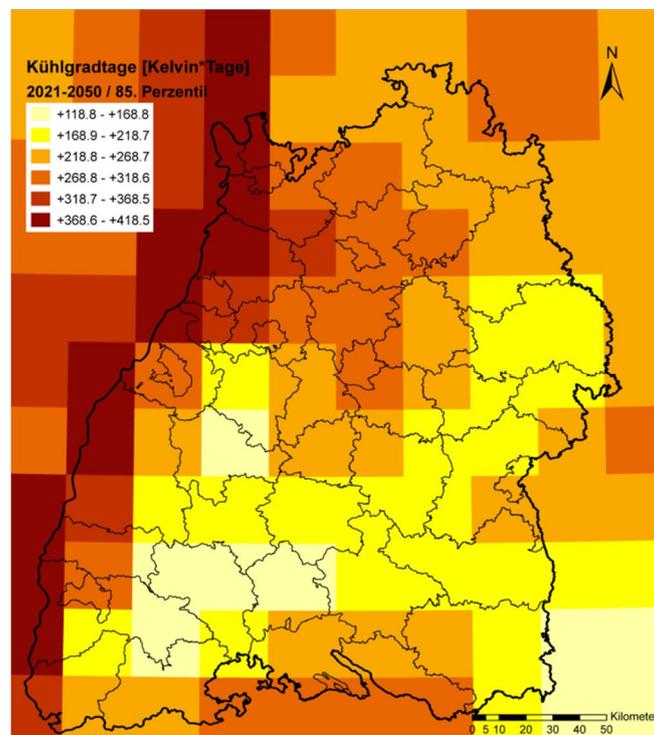


Abb. 58: 85. Perzentil für den Klimafaktor Kühlgradtage in der nahen Zukunft (nZ p85.0); eigene Darstellung auf Datenbasis LUBW

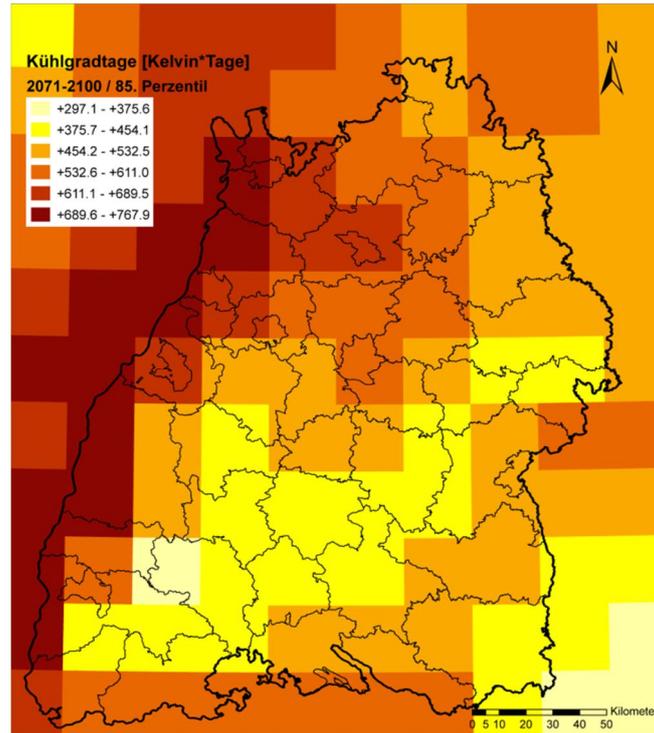


Abb. 59: 85. Perzentil für den Klimafaktor Kühlgradtage in der fernen Zukunft (fZ p85.0); eigene Darstellung auf Datenbasis LUBW

Quellen

Adger, W. N.; Arnell, N. W.; Tompkins, E. L. 2005: Successful adaptation to climate change across scales; in: *Global Environmental Change* 15; 77-86

Albers, G. 2005: Stadtplanung; in: ARL (Akademie für Raumforschung und Landesplanung) (Hrsg.) 2005: *Handwörterbuch der Raumordnung*; Hannover: Verlag der ARL; 1085-1092

Ali-Toudert, F.; Mayer, H. 2007: Effects of asymmetry, galleries, overhanging façades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons; in: *Solar Energy* 81; 742-754

Appel, I. 2004: Methodik des Umgangs mit Ungewissheit; in: Schmidt-Aßmann, E.; Hoffmann-Riem, W. (Hrsg.): *Methoden der Verwaltungsrechtswissenschaft*. Baden-Baden; 327-358

ARL (Akademie für Raumforschung und Landesplanung) (Hrsg.) 2009: *Klimawandel als Aufgabe der Regionalplanung*; Positionspapier aus der ARL, Nr. 81; Hannover: Verlag der ARL

ARL (Akademie für Raumforschung und Landesplanung) (Hrsg.) 2010: *Planungs- und Steuerungsinstrumente zum Umgang mit dem Klimawandel (Arbeitskreis Klimawandel und Raumplanung der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Diskussionspapier 8)*; Berlin: Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften

Armstrong, B. G.; Chalabi, Z.; Fenn, B.; Hajat, S.; Kovats, S.; Milojevic, A.; Wilkinson, P. 2010: Association of mortality with high temperatures in a temperate climate: England and Wales; in: *Journal of Epidemiology & Community Health*; Published online first May 3, 2010, doi:10.1136/jech.2009.093161

Baasch, S.; Bauriedl, S.; Hafner, S.; Weidlich, S. 2012: *Klimaanpassung auf regionaler Ebene: Herausforderungen einer regionalen Klimawandel-Governance*; in: *Raumforschung und Raumordnung* (2012), 70; 191-201

Baccini, M. et al. 2008: Heat Effects on Mortality in 15 European Cities; in: *Epidemiology*, 2008, 19; 711-719

Bahlburg, C. H. 2003: *Klimaänderungen und die Aufgaben der räumlichen Planung. Welchen Beitrag kann die räumliche Planung zu einem raumorientierten Risikomanagement in*

*Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an den Klimawandel
Fachgutachten Stadt- und Raumplanung - Langfassung*

Technik und Umwelt, insbesondere im Hinblick auf eine Klimaänderung leisten? Erfahrungen aus Berlin-Brandenburg; in: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Raumorientiertes Management in Technik und Umwelt; Hannover: ARL-Forschungs- und Sitzungsberichte, Bd. 220; 132-153

Basu, R.; Ostro, B. D. 2008: A multicounty analysis identifying the populations vulnerable to mortality associated with high ambient temperature in California; in: American Journal of Epidemiology; 168; 632-637

Bauriedl, S. 2011: Innovationen regionaler Governance durch Klimaanpassungsbeauftragte; in: Frommer, B.; Buchholz, F.; Böhm, R. (Hrsg.): Anpassung an den Klimawandel – regional umsetzen! Ansätze zur Climate Adaptation Governance unter der Lupe; München; 175-191

Beck, S.; Bovet, J.; Baasch, S.; Reiß, P.; Görg, C. 2011: Synergien und Konflikte von Strategien und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel; Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt [<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4178.pdf>, 18.03.2013]

Benz, A. 2004: Einleitung: Governance – Modebegriff oder nützliches sozialwissenschaftliches Konzept?; in: Benz, A. (Hrsg.): Governance. Regieren in komplexen Regelsystemen; Wiesbaden: VS-Verlag; 11-28

Bergmann, E. et al. 1993: Raumstruktur und CO₂-Vermeidung; in: BBSR (Hrsg.): Informationen zur Raumentwicklung; 1993, 8; 489-567

Betzholz, T.; Wöllper, F. 2011: Flächennutzung in Baden-Württemberg vor dem Hintergrund der naturräumlichen Gliederung; in: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 2011, 12; 43-47

Birkmann, J.; Fleischhauer, M. 2009: Anpassungsstrategien der Raumentwicklung an den Klimawandel: „Climate Proofing“ – Konturen eines neuen Instruments; in: Raumforschung und Raumordnung; 2009, 67, 2; 114-127

Blättner, B.; Heckenhahn, M.; Georgy, S.; Grewe, H. A.; Kupski, S. 2010: Wohngebiete mit hitzeabhängigen Gesundheitsrisiken ermitteln. Soziodemografische und klimatische Kartierung als Planungsinstrument gezielter Prävention; in: Bundesgesundheitsblatt; 2010, 53; 75-81

BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (Hrsg.) 2004: Forschung für den Klimaschutz und Schutz vor Klimawirkungen. Ein Beitrag zum BMBF-Rahmenprogramm »Forschung für die Nachhaltigkeit«; Berlin

Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an den Klimawandel
Fachgutachten Stadt- und Raumplanung - Langfassung

BMVBS und BBSR (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung & Bundesinstitut für Bau-, Stadt und Raumforschung) (Hrsg.) 2009: Entwurf eines regionalen Handlungs- und Aktionsrahmens Klimaanpassung (»Blaupause«). Ein Zwischenergebnis der Vorstudie für Modellvorhaben zu Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel; BBSR-Online-Publikation, Nr. 17/2009

BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung) (Hrsg.) 2010: Klimawandel als Handlungsfeld der Raumordnung: Ergebnisse der Vorstudie zu den Modelvorhaben »Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel« (Forschungen Heft 144)

BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung) (Hrsg.) 2011: Querschnittsauswertung von Status-quo Aktivitäten der Länder und Regionen zum Klimawandel; BMVBS-Online-Publikation 17/2011

BMVBS und BBR (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung & Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung) (Hrsg.) 2008: Folgen des Klimawandels: Gebäude und Baupraxis in Deutschland. BBR-Online-Publikation, Nr. 10/2008
[http://www.bbr.bund.de/nn_187722/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2008/O N102008.html, 22.02.2013]

BMVBS und BBSR (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung & Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung) (Hrsg.) 2009: Klimawandelgerechte Stadtentwicklung. Wirkfolgen des Klimawandels. BBSR-Online-Publikation 23/2009

Brachat-Schwarz, W. 2012: Die Bevölkerungsentwicklung in Baden-Württemberg im Jahr 2011; in: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 2012, 9; 3-10

Brooks, N.; Adger, W. N. 2004: Assessing and Enhancing Adaptive Capacity; in: Lim, B.; Spanger-Siegfried, E. (Hrsg.): Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures; Cambridge; 165-181

Bründl, W.; Mayer, H.; Baumgartner, A. 1986: Untersuchung des Einflusses von Bebauung und Bewuchs auf das Klima und die lufthygienischen Verhältnisse in bayerischen Großstädten. Abschlussbericht zum Teilprojekt »Klimamessungen München«; München: Bayerisches Staatsministerium und Landesentwicklung und Umweltfragen

Bundesanstalt für Straßenwesen 2010: Positionspapier der Arbeitsgruppe Klima; [http://www.bast.de/cIn_031/nn_42716/DE/Aufgaben/abteilung-s/referat-s1/klimawandel/klimawandel.html, 18.02.2013]

Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an den Klimawandel
Fachgutachten Stadt- und Raumplanung - Langfassung

Cooney, R.; Lang, A. T. F. 2007: Taking Uncertainty Seriously: Adaptive Governance and International Trade; in: *European Journal of International Law*; 2007, 18, 3; 523-551

Danielzyk, R. 2005: Informelle Planung; in: ARL (Akademie für Raumforschung und Landesplanung) (Hrsg.) 2005: *Handwörterbuch der Raumordnung*; Hannover: Verlag der ARL; 465-469

Eis, D.; Helm, D.; Laußmann, D.; Stark, K. 2010: Gesundheitliche Auswirkungen von Hitzewellen und anderen klimaassoziierten Ereignissen; in: Robert Koch-Institut (Hrsg.): *Klimawandel und Gesundheit – Ein Sachstandsbericht*; Berlin

Fahl, U.; Koschel, H.; Löschel, A.; Rühle, B.; Wolf, H. 2005: Regionale Klimaschutzprogramme – Zur integrierten Analyse von Kosten des Klimawandels und des Klimaschutzes auf regionaler Ebene; in: *Vierteljahreshefte zur Wirtschaftsforschung*; 2005, 2; 286-309

Felgentreff, C. 2003: Post-Disaster Situations as »Windows of Opportunity«? Post-Flood Perceptions and Changes in the German Odra River Region after the 1997 Flood; in: *Die Erde*; 2003, 2; 163-180

Filleul, L.; Cassadou, S.; Medina, S.; Fabres, P.; Lefranc, A.; Eilstein, D.; Le Tertre, A.; Pascal, L.; Chardon, B.; Blanchard, M. 2006: The relation between temperature, ozone, and mortality in nine French cities during the heat wave of 2003; in: *Environmental Health Perspective*; 2003, 114: 1; 344-347

Fleischhauer, M. 2004: *Klimawandel, Naturgefahren und Raumplanung. Ziel- und Indikatorenkonzept zur Operationalisierung räumlicher Risiken*; Dortmund: Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur

Fleischhauer, M.; Bornefeld, B. 2006: *Klimawandel und Raumplanung. Ansatzpunkte der Raumordnung und Bauleitplanung für den Klimaschutz und die Anpassung an den Klimawandel*; in: *Raumforschung und Raumordnung*; 2006, 64, H.3; 161-171.

Frommer, B. 2009: Handlungs- und Steuerungsfähigkeit von Städten und Regionen im Klimawandel. Der Beitrag strategischer Planung zur Erarbeitung und Umsetzung regionaler Anpassungsstrategien; in: *Raumforschung und Raumordnung*; 2009, 2; 128-141

Fürst, D. 2007: Raumplanerischer Umgang mit dem Klimawandel; in: Tetzlaff, G.; Karl, H.; Overbeck, G. (Hrsg.): *Wandel von Vulnerabilität und Klima. Müssen unsere Vorsorgewerkzeuge angepasst werden?*; Bonn: Schriftenreihe des DKKV, Nr. 35; 52-62

Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an den Klimawandel
 Fachgutachten Stadt- und Raumplanung - Langfassung

Garrelts, H.; Grothmann, T.; Grecksch, K.; Winges, M.; Siebenhüner, B.; Flitner, M. 2011: Vulnerabilität und Klimaanpassung: Herausforderungen adaptiver Governance im Nordwesten Deutschlands. Bericht im Rahmen des Forschungsverbundes »nordwest2050 – Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten«; Bremen/Oldenburg

Gill, S. 2004: Literature Review: Impacts of Climate Change on Urban environments. University of Manchester (Hrsg.)

[http://www.sed.manchester.ac.uk/research/cure/downloads/asccue_litreview.pdf, 18.02.2013]

Goppel, K. 2011: Programme, Pläne und Verfahren der Raumplanung; in: ARL (Akademie für Raumforschung und Landesplanung) (Hrsg.): Grundriss der Raumordnung und Raumentwicklung; Hannover: Verlag der ARL; 893-898

Görg, C.; Stoll, P.-T. 2010: Handeln unter Unsicherheit als politische und rechtliche Herausforderung; in: Nationales Komitee für Global Change Forschung (Hrsg.): Regionale Klimamodelle: Potentiale, Grenzen und Perspektiven; Kiel

[http://www.nkgcf.org/files/aktuelledownloads/Regionale_Klimamodelle_low.pdf, 24.03.2013]

Gosling, S. N.; McGregor, G. R.; Paldy, A. 2007: Climate change and heat-related mortality in six cities part 1: model construction and validation; in: International Journal of Biometeorology; 2007, 51 (6); 525-540

Greiving, S.; Fleischhauer, M. 2008: Raumplanung: in den Zeiten des Klimawandels wichtiger denn je! Größere Planungsflexibilität durch informelle Ansätze einer Klimarisiko-Governance; in: Raumplanung; 2008; 61-66

Grothmann, T. 2005: Klimawandel, Wetterextreme und private Schadensprävention. Entwicklung, Überprüfung und praktische Anwendbarkeit der Theorie privater proaktiver Wetterextrem-Vorsorge; Dissertation an der Universität Magdeburg

Grothmann, T.; Siebenhüner, B. 2009: Reflexive Governance and the Importance of Individual Competencies – The Case of Adaptation to Climate Change in Germany; REFGOV Working Paper Series GPS-17, Centre for Philosophy of Law, Université catholique de Louvain

Grothmann, T.; Krömker, D.; Homburg, A.; Siebenhüner, B. (Hrsg.) 2009: KyotoPlus-Navigator. Praxisleitfaden zur Förderung von Klimaschutz und Anpassung an den

Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an den Klimawandel
Fachgutachten Stadt- und Raumplanung - Langfassung

Klimawandel – Erfolgsfaktoren, Instrumente, Strategie. Downloadfassung April 2009

[[http://www.erklm.uni-](http://www.erklm.uni-oldenburg.de/download/KyotoPlusNavigator_Downloadfassung_April2009_090419.pdf)

oldenburg.de/download/KyotoPlusNavigator_Downloadfassung_April2009_090419.pdf,
25.02.2013]

Gupta, J., Termeer, C.; Klostermann, J.; Meijerink, S.; van den Brink, M.; Jong, P.;
Nootboom, S.; Bergsma, E. 2010: The Adaptive Capacity Wheel: a method to assess the
inherent characteristics of institutions to enable the adaptive capacity of society; in:
Environmental Science & Policy; 2010, Vol. 13, No. 6; 459-471

Hahn, E. 2004: Künstliche Beschneidung im Alpenraum. CIPRA, Alpmedia, Dezember 2004

Hajat, S.; Armstrong, B.; Baccini, M.; Biggeri, A.; Bisanti, L.; Russo, A.; Paldy, A.; Menne, B.;
Kosatsky, T. 2006: Impact of high temperatures on mortality: is there an added heat wave
effect?; in: Epidemiology 2006, 17 (6); 632-638

Haupter, B.; Heiland, P. 2002: Vorsorgender Hochwasserschutz: Verantwortung der
Raumordnung; in: RaumPlanung; 2002,104; 233-235

Havenith, G. 2005: Temperature Regulation, Heat Balance and Climatic Stress; in: Kirch, W.;
Menne, B.; Bertollini, R. (Hrsg.): Extreme Weather Events and Public Health Responses; in:
World Health Organization; 69-80

Hellmeier, W.; Stausberg, J.; Hoffmann, B. 2007: Untersuchungen in NRW zu Auswirkungen
der Hitzewelle 2003 auf die kurzzeitige Mortalität; Materialien »Umwelt und Gesundheit«;
Landesinstitut für den Öffentlichen Gesundheitsdienst NRW, Bielefeld/Münster

Heiland, S.; Wilke Ch.; Rittel, K. 2012: Urbane Anpassungsstrategien an den Klimawandel.
Methoden- und Verfahrensansätze am Beispiel des Stadtentwicklungsplans; Berlin: UVP-
Report; 26 (1); 44-49

Hertel, S.; Le Tertre, A.; Jöckel, K.-H.; Hoffmann, B. 2009: Quantification of the heat wave
effect on causespecific mortality in Essen, Germany; in: European Journal of Epidemiology;
2009, 24 (8); 407-414

Hoffmann-Riem, W. 2010: Risiko- und Innovationsrecht im Verbund; in: Hoffmann-Riem, W.
(Hrsg.): Offene Rechtswissenschaft. Ausgewählte Schriften von Wolfgang Hoffmann-Riem
mit begleitenden Analysen; Tübingen: Mohr Siebeck; 237-268

Hübler, M.; Klepper, G.; Peterson, S. 2007: Costs of Climate Change: the Effects of Rising Temperatures on Health and Productivity in Germany; Kiel: Kiel Institute for the World Economy, Working Paper No. 1321

Hübler, M.; Klepper, G.; Peterson, S. 2008: Costs of climate change: The effects of rising temperatures on health and productivity in Germany; *Ecological Economics*; 2008, 68 (1-2); 381-393

Hunt, A.; Watkiss, P. 2007: Literature review on climate change impacts on urban city centers: Initial findings; OECD (Hrsg.); [<http://www.oecd.org/environment/cc/39760257.pdf>, 05.03.2013]

Hutter, H. P.; Moshhammer, H.; Wallner, P.; Leitner, B.; Kundi, M. 2007: Heatwaves in Vienna: Effects on mortality; in: *Wiener Klinische Wochenschrift*; 2007, 119 (7-8); 223-227

Huyen, M.; Martens, P.; Schram, D.; Weijenberg, M. P.; Kunst, A. E. 2001: The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population; in: *Environmental Health Perspectives*; 2001, 109 (5); 463-470

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (Hrsg.) 2007: *Climate Change 2007: Synthesis Report, Summary for Policymakers*; Cambridge

IMBW (Innenministerium Baden-Württemberg) (Hrsg.) 2005: *Städtebauliche Klimafibel Online*, Stand: 20.05.2005 [www.staedtebauliche-klimafibel.de; 15.03.2013]

Jendritzky, G. et al. 1998: Medizinische Klimatologie. Kap. 4.7 Klimaänderungen; in: Gutenbrunner, Chr.; Hildebrandt, G. (Hrsg.): *Handbuch der Balneologie und medizinischen Klimatologie*; Berlin: Springer; 589-598

Jendritzky, G. 2007: Folgen des Klimawandels für die Gesundheit; in: Endlicher, W.; Gerstengarbe, F.-W. (Hrsg.): *Der Klimawandel. Einblicke, Rückblicke und Ausblicke*; Berlin, Potsdam; 108-118

Josseran, L; Caillère; N; Brun-Ney, D. et al. 2009: Syndromic surveillance and heat wave morbidity: a pilot study based on emergency departments in France; *BMC Medical Informatics and Decision Making*; 2009; 9-14

Kates, R. W. 1997: Climate Change 1995, Impacts, Adaptations, and Mitigation; in: *Environment*; 1997, 39, (9); 29-33

- Keatinge, W. R.; Donaldson, G. C.; Cordioli, E.; Martinelli, M.; Kunst, A. E.; Mackenbach, J. P.; Nayha, S.; Vuor, I. 2000: Heat related mortality in warm and cold regions of Europe: observational study; in: *BMJ* 321 (7262); 670-673
- Kilper, H. 2005: Dezentralisierung; in: *ARL (Akademie für Raumforschung und Landesplanung) (Hrsg.) 2005: Handwörterbuch der Raumordnung*; Hannover: Verlag der ARL; 171-176
- Koppe, Ch.; Jendritzky, G.; Pfaff, G. 2003: Die Auswirkungen der Hitzewelle 2003 auf die Gesundheit; in: *DWD Klimastatusbericht 2003*; 152-162
- Koppe, C.; Kovats, R. S.; Jendritzky, G.; Menne, B. 2004: Heat Waves: Risks and Responses; in: *World Health Organization (WHO) (Hrsg.): Health and Global Environmental Change*
- Kropp, J. P.; Daschkeit, A. 2008: Planungshandeln im Lichte des Klimawandels; in: *Informationen zur Raumentwicklung*; 2008, (6-7); 353-361
- Kropp, J.; Holsten, A.; Lissner, T.; Roithmeier, O.; Hattermann, F.; Huang, S.; Rock, J.; Wechsung, F.; Lüttger, A.; Pompe, S.; Kühn, I.; Costa, L.; Steinhäuser, M.; Walther, C.; Klaus, M.; Ritchie, S.; Metzger, M. 2009: Klimawandel in Nordrhein-Westfalen – Regionale Abschätzung der Anfälligkeit ausgewählter Sektoren. Abschlussbericht des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) für das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (MUNLV): 279 [http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/pdf/abschluss_pik_0904.pdf, 15.01.2013]
- Kuttler, W. 2008: *Klimatologie*; Stuttgart: UTB
- Kysely, J. 2004: Mortality and displaced mortality during heat waves in the Czech Republic; in: *International Journal of Biometeorology*; 2004, 49 (2); 91-97
- Laaidi, M.; Laaidi, K.; Besancenot, J.-P. 2006: Temperature-related mortality in France, a comparison between regions with different climates from the perspective of global warming; in: *International Journal of Biometeorology*; 2006, 51 (2); 145-153
- Landeshauptstadt Stuttgart (Referat Städtebau und Umwelt, Amt für Umweltschutz, Abteilung Stadtklimatologie / in Verbindung mit der Abteilung Kommunikation) (Hrsg.) 2010: *Der Klimawandel – Herausforderung für die Stadtklimatologie (Schriftenreihe des Amtes für Umweltschutz – Heft 3/2010)*; Stuttgart: Eigenverlag

- Laschewski, G.; Jendritzky, G. 2002: Effects of the thermal environment on human health: an investigation of 30 years of daily mortality data from SW Germany; in: *Climate Research*; 2002, 21 (1); 91-103; [<http://www.int-res.com/articles/cr2002/21/c021p091.pdf>]
- Ligetti, E. 2007: Cities Preparing for Climate Change – A Study of Six Urban Regions; in: *The Clean Air Partnership* (Hrsg.); [www.cleanairpartnership.org]
- LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) (Hrsg.) 2013: Vergleich regionaler Klimaprojektionen für Baden-Württemberg; Karlsruhe (Internetausgabe Stand 22.05.2012)
- Matzarakis, A., 2001: Die thermische Komponente des Stadtklimas. Ber. Meteorol. Inst. Univ. Freiburg Nr. 6
- Menberg, K.; Bayer, P.; Zosseder, K.; Rumohr, S.; Blum, P. 2013: Subsurface urban heat islands in German cities; in: *Science of the Total Environment*; 2013, 442; 123-133
- Meyer, K.; Overbeck, G. 2009: Raumplanerische Anpassung an den Klimawandel im Spiegel aktueller Projekte; in: *Raumforschung und Raumordnung*; 2/2009; 182-192
- McGeehin, M. A.; Mirabelli M. 2001: The potential impacts of climate variability and change on temperature-related morbidity and mortality in the United States; in: *Environmental Health Perspectives*; 2001, 109; 185-189
- Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg 16.05.2013: Waldland Baden-Württemberg; [http://www.mlr.baden-wuerttemberg.de/Waldland_Baden_Wuerttemberg/505.html, 13:45 Uhr]
- Mitschang, S. 2009: Klimaschutz und Energieeinsparung als Aufgabe der Regional-, und Bauleitplanung; in: Mitschang, S. (Hrsg.) 2009: Klimaschutz und Energieeinsparung in der Stadt- und Regionalplanung; Frankfurt: Peter Lang; 15-66
- MKRO (Ministerkonferenz für Raumordnung) (Hrsg.) 2009: Handlungskonzept der Raumordnung zu Vermeidungs-, Minderungs- und Anpassungsstrategien im Hinblick auf die räumlichen Konsequenzen des Klimawandels; Bericht des Hauptausschusses der MKRO zum Beschluss am 10.06.2009
- Moeller, D. 2004: Stadtklima; in: *Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung*; 2004, 16 (4); 263-274

Moshhammer, H.; Hutter, H.-P.; Frank, A.; Gerersdorfer, T.; Hlava, A.; Sprinzl, G.; Leitner, B. 2006: Einflüsse der Temperatur auf Mortalität und Morbidität in Wien. Endbericht von StartClim2005, Projekt A1a; Wien: Medizinische Universität Wien, ZPH Institut für Umwelthygiene

Oke, T. R. 1973: City Size and Urban Heat Island; in: Atmospheric Environment; (1973), 7(8); 769-779

Oke, T. R. 1982: The Energetic Basis of the Urban Heat-Island; in: Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society; (1982), 108 (455); 1-24

Overbeck, G.; Hartz, A.; Fleischhauer, M. 2008: Ein 10-Punkte Plan »Klimaanpassung«. Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel im Überblick; in: Informationen zur Raumentwicklung; 2008, 6/7; 363-380

Overbeck, G.; Sommerfeldt, P.; Köhler, S.; Birkmann, J. 2009: Klimawandel und Regionalplanung; in: Raumforschung und Raumordnung; 2009, 67, 2; 193-203

Paldy, A.; Bobvos, J.; Valmos, A.; Kovats, R. S.; Hajat, S. (Hrsg.) 2005: The effect of temperature and heat waves on daily mortality in Budapest, Hungary, 1970 – 2000; WHO: Springer-Verlag; 99-107

Pfafferott, J; Becker, P. 2008: Erweiterung des Hitzewarnsystems um die Vorhersage der Wärmebelastung in Innenräumen; in: Bauphysik; 2008, 30, 4; 237-243

Rahmstorf, S.; Schellnhuber, H. J. 2006: Der Klimawandel; München: C.H. Beck

Raumsauer, U. 2007: Allgemeines Umweltverwaltungsrecht; in: Koch, H.-J. (Hrsg.) 2007: Umweltrecht; Köln: Vahlen

Riegel, C.; Vallée, D.; Siegel, G. und Dosch, F. (Bearb.); BMVBS (Hrsg.) 2011: Vulnerabilitätsanalyse in der Praxis. Inhaltliche und methodische Ansatzpunkte für die Ermittlung regionaler Betroffenheit; BMVBS-Online-Publikation 21/2011

Ritter, E.-H. 2007: Klimawandel – eine Herausforderung an die Raumplanung; in: Raumforschung und Raumordnung; 2007, 6; 531-538

RKI (Robert Koch-Institut) (Hrsg.) 2003: Häufung von fieberhaften Erkrankungen mit Todesfolge in einem Altenpflegeheim in Karlsruhe. Eine Untersuchung zu möglichen gesundheitlichen Folgen einer Hitzewelle; in: Epidemiologisches Bulletin (38); 307-309; [http://edoc.rki.de/documents/rki_fv/rerlmNKDqLrzo/PDF/27luTTNzxUNh9k.pdf, 09.03.2013]

Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an den Klimawandel
Fachgutachten Stadt- und Raumplanung - Langfassung

- Schlipf, S.; Herlitzius, I.; Frommer, B. 2008: Regionale Steuerungspotentiale zur Anpassung an den Klimawandel. Möglichkeiten und Grenzen formeller und informeller Planung; in: RaumPlanung; 2008, 137; 77-82
- Schmidt, H. 2010: Entwicklung und Altersstruktur der Bevölkerung in Baden-Württemberg nach Raumkategorien; in: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 2010 9; 10-14
- Schmitt, T. G. 2011: Kommunale Gemeinschaftsaufgabe Überflutungsschutz; Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau, Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, TU Graz (2011), Band 62; B1-B19
- Scholich, D. 2005: Vorranggebiet, Vorbehaltsgebiet, Eignungsgebiet; in: ARL (Akademie für Raumforschung und Landesplanung) (Hrsg.) 2005: Handwörterbuch der Raumordnung; Hannover: Verlag der ARL; 1261-1265
- Scholz, S.; Schröter, F.; Wermut, M. 1998: Reduktion der CO₂-Emissionen mittels planungsrechtlicher Festsetzungen in B-Plänen; in: UVP-Report 1998, 12, 1; 26-29
- Schönwiese, C.-D.; Staeger, T; Trömel, S.; Jonas, M. 2003: Statistisch-klimatologische Analyse des Hitzesommers 2003 in Deutschland; in: DWD Klimastatusbericht 2003; 123-132
- Schrödter, W. 2004: Das Europarechtsanpassungsgesetz Bau - EAG Bau, Übersicht über die wesentlichen Änderungen des BauGB; in: Nieders. Städtetag; 2004, 9; 197-216
- Schröter, D. et al. 2004: Advanced Terrestrial Ecosystem Analysis and Modelling. ATEAM Final report 2004 [<http://www.pik-potsdam.de/ateam>]
- Schuppert, G. F. 2008: Governance – auf der Suche nach Konturen eines »anerkannt uneindeutigen Begriffs«; in: Schuppert, G. F.; Zürn, M. (Hrsg.): Governance in einer sich wandelnden Welt; Wiesbaden: Politische Vierteljahresschrift, Sonderheft 41; 13-40
- Schutzgemeinschaft Deutscher Wald 14.01.2013: Waldanteil in Deutschland; [<http://www.sdw.de/waldwissen/wald-in-deutschland/waldanteil/> , 17:20 Uhr]
- Schwarck, C. 2012: Der typisch ländliche Kreis?; in: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg; 2012, 2; 43-47
- Seppänen, O.; Fisk, W.; Lei, Q. H. 2006: Effect of temperature on task performance in office environment; Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California

Sinning, H. 2002: Leistungsfähigkeit und Grenzen kommunikativer Planungsinstrumente am Beispiel nachhaltiger Freiraumpolitik in Stadtregionen; Dissertation an der RWTH Aachen, Fakultät für Architektur

Smargiassi, A.; Goldberg, M.S.; Plante, C.; Fournier, M.; Baudouin, Y.; Kosatsky, T. 2009: Variation of daily warm season mortality as a function of microurban heat islands; in: Journal of Epidemiology & Community Health; 2009, 63 (8); 659-664

Smit, B.; Pilifosova, O. 2001: Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equity; in: McCarthy, J. J.; Canziani, O. F.; Leary, N. A.; Dokken, D. J.; White, K. S. (Hrsg.): Climate Change 2001. Impacts, Adaptation, and Vulnerability; Cambridge; 877-912

Smoyer, K. E.; Rainham, D. G.; Hewko J. N. 2000: Heatstress-related mortality in five cities in Southern Ontario: 1980 – 1996; in: International Journal of Biometeorology; 2000, 44 (4); 190-197

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (Hrsg.) 2012: Kreiszahlen. Ausgewählte Regionaldaten für Deutschland

Statistische Ämter des Bundes und der Länder 08.01.2013: Gebiet und Bevölkerung – Fläche und Bevölkerung; [http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de_jb01_jahrtab1.asp; 09:25 Uhr]

Statistische Ämter des Bundes und der Länder 10.01.2013: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder; http://www.vgrdl.de/Arbeitskreis_VGR/; 11:23 Uhr

Statistisches Bundesamt 2011: Mikrozensus – Bevölkerung und Erwerbstätigkeit. Stand und Entwicklung der Erwerbstätigkeit in Deutschland; Fachserie 1 Reihe 4.1.1; Wiesbaden

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2007: Land- und forstwirtschaftliche Betriebe in den Stadt- und Landkreisen Baden-Württembergs 2007 nach Größenklassen der landwirtschaftliche genutzten Fläche und der Waldfläche; in: Statistische Berichte Baden-Württemberg, Artikel Nr. 3465 07001

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2009: Der demografische Wandel in Baden-Württemberg. Herausforderungen und Chancen; Reihe Statistische Analysen, 1/2009

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 28.11.2012: Bevölkerung in den Stadt- und Landkreisen Baden-Württembergs 2008 und 2030 nach Altersgruppen;

Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an den Klimawandel
Fachgutachten Stadt- und Raumplanung - Langfassung

- [http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/BevoelkGebiet/BevProg/KreisAltersgruppen_absolut.asp; 13:35 Uhr]
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2013: Zensus 2011: Erste Ergebnisse der Volks-, Gebäude- und Wohnungszählung; in: statistik aktuell, Ausgabe 2013
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 08.01.2013: Bevölkerung in den Stadt- und Landkreisen Baden-Württembergs 2008 und 2030 nach Altersgruppen; [http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/BevoelkGebiet/BevProg/KreisAltersgruppen_absolut.asp; 09:38 Uhr]
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 10.01.2013: Indikatoren zum Thema »Erwerbstätigkeit«; [http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/ArbeitsmErwerb/Indikatoren/ET_wirtschSektoren.asp; 11:03 Uhr]
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 11.01.2013: Indikatoren zum Thema »Erwerbstätigkeit«; [http://www.statistik-portal.de/ArbeitsmErwerb/Indikatoren/ET_erwTaetigenQuote.asp; 16:50 Uhr]
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 14.01.2013: Flächennutzung in Baden-Württemberg seit 2008 nach Art der tatsächlichen Nutzung; [http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/BevoelkGebiet/Landesdaten/geb_Flaechenentwicklung.asp?y=2008-2012; 15:50 Uhr]
- Stern, N. 2006: Stern Review on the Economics of Climate Change; Cambridge
- Stock, M.; Kropp, J. P.; Walkenhorst, O. 2009: Risiken, Vulnerabilität und Anpassungserfordernisse für klimaverletzliche Regionen; in: Raumforschung und Raumordnung 2/2009; 97-113
- Tinz, B.; Freydank, E.; Hupfer, P. 2008: Hitzeepisoden in Deutschland im 20. und 21. Jahrhundert; in: Lozán, J. et al.: Warnsignal Klima. Gesundheitsrisiken. Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen; Hamburg: Wissenschaftliche Auswertungen; 141-148
- UBA (Umweltbundesamt) (Hrsg.) 2005: Klimafolgen und Anpassung an den Klimawandel in Deutschland - Kenntnisstand und Handlungsnotwendigkeiten. Hintergrundpapier, Sept. 2005; Dessau
- UBA (Umweltbundesamt) (Hrsg.) 2006: Anpassung an Klimaänderungen in Deutschland - Regionale Szenarien und nationale Aufgaben. Hintergrundpapier, Oktober 2006; Dessau
- Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an den Klimawandel
Fachgutachten Stadt- und Raumplanung - Langfassung

UBA (Umweltbundesamt) 2009a: Klimawandel und Gesundheit: Informations- und Überwachungssysteme in Deutschland. Ergebnisse der internetbasierten Studie zu Anpassungsmaßnahmen an gesundheitliche Auswirkungen des Klimawandels in Deutschland; in: Sperk, C.; Mücke, H.-G.: Umwelt & Gesundheit; 03/2009; 117 [http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdfl/3816.pdf]

UBA (Umweltbundesamt) 2009b: Gesundheitliche Anpassung an den Klimawandel. Hintergrundpapier des UBA, Pressestelle, Autoren: Mücke, H.-G.; Klasen, J., Schmoll, O.; Szewzyk, R.; [http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3753.pdf]

UBA (Umweltbundesamt) (Hrsg.) 2010a: Rechtlicher Handlungsbedarf für die Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Analyse, Weiter- und Neuentwicklung rechtlicher Instrumente; Berlin: Erich Schmidt Verlag

UBA (Umweltbundesamt) (Hrsg.) 2010b: Kurzfassung: Rechtlicher Handlungsbedarf für die Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Analyse, Weiter- und Neuentwicklung rechtlicher Instrumente; Berlin: Erich Schmidt Verlag

Urlaub, S.; Werth, L.; Steidle, A.; van Treeck, Ch.; Sedlbauer, K. 2012: Methodik zur Quantifizierung der Auswirkung von moderater Wärmebelastung auf die menschliche Leistungsfähigkeit; Berlin: Fourth German-Austrian IBPSA Conference

Vandentorren, S.; Bretin, P.; Zeghnoun, A.; Mandereau-Bruno, L.; Croisier, A.; Cochet, C.; Riberon, J.; Siberan, I.; Declercq, B.; Ledrans, M. 2006: August 2003 Heat Wave in France: Risk Factors for Death of Elderly People Living at Home; in: European Journal of Public Health; 2006, 16 (6); 583-591

Wienert, U.; Kuttler, W. 2005: The dependence of the urban heat island intensity on latitude – A statistical approach; in: Meteorologische Zeitschrift; 2005, Vol. 14, No. 5; 677-686

Wigley, T. M. L. 1995: Global-mean temperature and sea level consequences of greenhouse gas concentration stabilization; in: Geophysical Research Letters; 1995, 22, 1; 45-48

Wisner, B.; Blaikie, P.; Cannon, T.; Davis, I. 2004: At risk. Natural hazards, people's vulnerability and disasters; London and New York: Routledge

WWF (World Wide Fund For Nature) (Hrsg.) 2007: Kosten des Klimawandels. Die Wirkung steigender Temperaturen auf Gesundheit und Leistungsfähigkeit. WWF Deutschland, Frankfurt am Main;

Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an den Klimawandel
Fachgutachten Stadt- und Raumplanung - Langfassung

[http://assets.wwf.ch/downloads/kosten_des_klimawandels_gesundheitsstudie.pdf,
04.11.2010