

# **Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels**

Fachgutachten für das Handlungsfeld Gesundheit

- Teil A: Langfassung -

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

Autorengruppe:  
Referat 96 Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg  
verantwortlich: Dr. Peter Michael Bittighofer

Stand: November 2013

Vorliegendes Gutachten dient der Erstellung einer Anpassungsstrategie an die Folgen des Klimawandels für das Land Baden-Württemberg. Verantwortlich für den Inhalt 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, Stuttgart

**Fachliche Begleitung:** LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz  
Baden-Württemberg, Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe  
Ref. 23 – Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Klimawandel  
Dr. Kai-Achim Höpker, Dagmar Berberich, Daniel Schulz-Engler

Ressortarbeitskreis Gesundheit  
unter Leitung von Herrn Michael Bauerdick,  
Ministerium für Arbeit und Sozialordnung, Familie, Frauen und Senioren  
Baden-Württemberg

und Mitwirkung von

Frau Prof. Dr. Ute Mackenstedt

**Auftragnehmer** Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg (LGA)  
([www.gesundheitsamt-bw.de](http://www.gesundheitsamt-bw.de))

**Bearbeitet von** Dr.med. Peter Michael Bittighofer  
Dr.rer.nat. Guido Fischer  
Dr.med. Bertram Geisel  
Dr.med. Elisabeth Härtig  
Dr.rer.nat. Hanswerner Jaroni  
Dr.med. Snezana Jovanovic  
Dipl.-Med. Stefan Kluge  
Dr.rer.nat. Bernhard Link  
Dr.rer.nat. Karin Otzelberger  
Dr.rer.nat. Annette Rebmann  
Dipl.-Geogr. Valeria Schäffer  
Dr.med. Gerhard Seeger

**Stand:** November 2013

Vorliegendes Gutachten dient der Erstellung einer Anpassungsstrategie an die Folgen des Klimawandels für das Land Baden-Württemberg. Verantwortlich für den Inhalt 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.



# Inhaltsverzeichnis

Nr.	Thema	Seite
	Abbildungsverzeichnis	8
	Tabellenverzeichnis	13
	<b>Zusammenfassung</b>	
1	Handlungsfeld	16
2	Wirksame Klimafaktoren	16
3	Vulnerabilität und Dringlichkeit	17
4	Anpassungsmaßnahmen	21
	Die zehn wichtigsten Maßnahmen	25
<b>1</b>	<b>Handlungsfeld</b>	
	Allgemeines	26
1.1	Temperaturanstieg, Hitzewellen	33
1.2	Infektionserreger, Vektoren	35
1.3	Allergene, Toxine	37
1.4	Luftschadstoffe	40
1.5	UV-Strahlung	42
1.6	Innenraumklima	43
	Zusammenhänge mit anderen Handlungsfeldern	45
<b>2</b>	<b>Klimafaktoren</b>	
2.0	Allgemeines	46
2.0.1	unmittelbar gesundheitsrelevante Klimafaktoren	47
2.0.2	mittelbar gesundheitsrelevante Klimafaktoren	48
2.0.3	Für alle Teilbereiche des Handlungsfelds wirksame Klimakenngrößen	51
2.1	Temperaturanstieg, Hitzewellen	51
2.1.1	Hitze allgemein	51
2.1.2	Stadtklima	55
2.1.3	Arbeitsleistung, Befindlichkeit	58
2.2	Infektionserreger, Vektoren	58
2.3	Allergene, Toxine	62
2.3.1	Allergene	62
2.3.2	Toxine	62
2.4	Luftschadstoffe	63
2.5	UV-Strahlung	65
2.6	Innenraumklima	67

<b>Nr.</b>	<b>Thema</b>	<b>Seite</b>
<b>3</b>	<b>Vulnerabilität, Dringlichkeit</b>	
	Allgemeines	70
3.1	Temperaturanstieg, Hitzewellen	72
3.1.1	Allgemeine Gefährdung durch Hitze und Hitzewellen	74
3.1.2	Stadtklima	76
3.1.3	Berufliche Tätigkeit und Arbeitsleistung	81
3.1.4	Mobilität	85
3.2	Infektionserreger, Vektoren	87
3.2.1	Von Zecken übertragene Infektionskrankheiten	87
3.2.2	Von Stech- und Sandmücken übertragene Infektionskrankheiten	89
3.2.3	Von Nagetieren übertragene Infektionskrankheiten	90
3.2.4	Lebensmittelinfektionen	91
3.3	Allergene, Toxine	91
3.3.1	Allergene	91
3.3.2	Toxine	93
3.4	Luftschadstoffe	96
3.5	UV-Strahlung	98
3.6	Innenraumklima	102
<b>4</b>	<b>Maßnahmen</b>	
	Allgemeines	106
4.1	Temperaturanstieg, Hitzewellen	107
4.1.1	Hitzewellen	107
4.1.2	Stadtklima	108
4.1.3	Arbeitsleistung	108
4.1.4	Mobilität	109
4.2	Infektionserreger, Vektoren	110
4.2.1	Infektionserreger, Vektoren	110
4.2.2	Lebensmittel	111
4.3	Allergene, Toxine	112
4.4	Luftschadstoffe	113
4.5	UV-Strahlung	114
4.6	Innenraumklima	115
4.7	Maßnahmenbeschreibung	116
4.8	Maßnahmenblätter	126
	13 Maßnahmenblätter	128
<b>5</b>	<b>Wissenschaftlicher Hintergrund</b>	
5.1	Temperaturanstieg, Hitzewellen	154
5.1.1	Anpassungswissen	154
5.1.1.1	Wissen über die Reaktion des menschlichen Körpers auf Veränderung von klimatischen Umgebungsbedingungen (Akutwirkung - Adaptation)	154

**Handlungsfeld Gesundheit**

<b>Nr.</b>	<b>Thema</b>	<b>Seite</b>
5.1.1.2	Wissen über die gesundheitsrelevanten Klimagrößen	157
5.1.1.3	Wissen über den Zusammenhang zwischen Hitzewellen und Sterblichkeit	161
5.1.1.4	Wissen über die Besonderheiten des städtischen Klimas	165
5.1.1.5	Wissen über Unterschiede in der Vulnerabilität bei verschiedenen Bevölkerungsgruppen	169
5.1.1.6	Anpassungswissen zur Mobilität	172
5.1.2	Kosten für Anpassungsmaßnahmen und mögliche Kosten bei ausbleibender Anpassung	172
5.1.3	Kenntnisdefizite und Forschungsbedarf	173
5.1.4	Sonstige Anregungen / Hinweise	174
5.2	Infektionserreger und Vektoren	175
5.2.1	Anpassungswissen	175
5.2.1.1	Biologie und Ökologie	175
5.2.1.2	Durch Zecken übertragbare Erkrankungen	176
5.2.1.3	Einfluss der klimatischen Bedingungen und anthropogenen Einflüssen auf Zecken und die von ihnen übertragenen Krankheiten	181
5.2.1.4	Fazit	184
5.2.2	Anpassungswissen zu Stech- und Sandmücken	185
5.2.2.1	Biologie und Ökologie	185
5.2.2.2	Durch Stechmücken und Sandmücken übertragene importierte Krankheitserreger	187
5.2.2.3	Einfluss der klimatischen Bedingungen auf Mücken und die von ihnen übertragenen Erkrankungen	198
5.2.2.4	Fazit	202
5.2.3	Anpassungswissen zu Nagetieren und Hasenartigen	204
5.2.3.1	Biologie und Ökologie	204
5.2.3.2	Durch Nagetiere und Hasenartige übertragene Krankheiten	204
5.2.3.3	Einfluss der klimatischen Bedingungen auf Nagetiere und Hasenartige und die von ihnen übertragenen Krankheiten	209
5.2.3.4	Fazit	210
5.2.4	Anpassungswissen zu durch Lebensmittel übertragene Krankheiten	210
5.2.5	Kosten für die Anpassungsmaßnahmen und mögliche Kosten bei ausbleibender Anpassung	214
5.2.6	Anpassungsoptionen, die nicht berücksichtigt wurden	215
5.2.7	Kenntnisdefizite und Forschungsbedarf	215
5.3	Allergene, Toxine	216
5.3.1	Anpassungswissen	216
5.3.1.1	Anpassungswissen zu Allergenen	216
5.3.1.2	Anpassungswissen zu Toxinen	220
5.3.2	Kosten für Anpassungsmaßnahmen und mögliche Kosten bei ausbleibender Anpassung	229
5.3.3	Anpassungsoptionen, die nicht berücksichtigt wurden	229
5.3.4	Kenntnisdefizite und Forschungsbedarf	230
5.4	Luftschadstoffe	231
5.4.1	Anpassungswissen	231
5.4.1.1	Abschätzung der Exposition	231

**Handlungsfeld Gesundheit**

<b>Nr.</b>	<b>Thema</b>	<b>Seite</b>
5.4.1.2	Einflussfaktoren für die Entstehung der Luftschadstoffe	236
5.4.1.3	Wirkung der Luftschadstoffe auf die Gesundheit des Menschen	239
5.4.2	Kosten für Anpassungsmaßnahmen und mögliche Kosten bei ausbleibender Anpassung	245
5.4.3	Kenntnisdefizite und Forschungsbedarf	245
5.4.4	Sonstige Anregungen und Hinweise	245
5.5	UV-Strahlung	246
5.5.1	Anpassungswissen	246
5.5.2	Kosten für Anpassungsmaßnahmen und mögliche Kosten bei ausbleibender Anpassung	247
5.5.3	Anpassungsoptionen, die nicht berücksichtigt wurden	248
5.5.4	Kenntnisdefizite und Forschungsbedarf	248
5.5.5	Sonstige Anregungen und Hinweise	248
5.6	Innenraumklima	249
5.6.1	Anpassungswissen	249
5.6.1.1	Wohnsituation und Wohnungsentwicklung in Baden-Württemberg	249
5.6.1.2	Wirksame Klimafaktoren (Exposition)	252
5.6.1.3	Auswirkungen auf die Luftqualität	258
5.6.1.4	Gesundheitliche Auswirkungen	262
5.6.2	Kosten für Anpassungsmaßnahmen und mögliche Kosten bei ausbleibender Anpassung	266
5.6.3	Anpassungsoptionen, die nicht berücksichtigt wurden	266
5.6.4	Kenntnisdefizite und Forschungsbedarf	266
5.6.5	Sonstige Anregungen und Hinweise	267
5.7	Literaturverzeichnis	268

## Abbildungs-und Tabellenverzeichnis

### Abbildungsverzeichnis

<b>Kapitel 1</b>	<b>Handlungsfeld</b>	
Abb. 1-1	Höhenlage, Bevölkerungsdichte und Gemeindestruktur. Graphik 1: Bevölkerungsdichte innerhalb Einzelgemeinden. Graphik 2: Gemeindestrukturen. Graphik 3: Höhenlagen. (Quellen: Graphiken 1 und 2 Bundesinstitut für Bau- Stadt- und Raumforschung, Bonn 2012, Graphik 3: LGA, Stuttgart 2012) .....	27
Abb. 1-2	Kumulative Darstellung der Verteilung der Einwohner Baden-Württembergs nach Siedlungsstruktur und Höhenlage (Quelle: LGA 2012) .....	28
Abb. 1-3	Verteilung der Einwohner nach Siedlungsstruktur auf Höhenstufungsbereiche. Graphiken 1 und 2: prozentual, Graphik 3: absolut (Quelle: Stat. Landesamt BW, Graphik: LGA 2012) .....	29
Abb. 1-4	Altersgruppenverteilung in der Bevölkerung. Graphik 1: 2008, Graphik 2: 2030 und Graphik 3: 2060 (Quelle: Stat. Landesamt BW, Graphik LGA 2012) .....	29
Abb. 1-5	Altersgruppenverteilung in verschiedenen Siedlungstypen 2008 und 2030. Graphiken 1, 3 und 5: Altersverteilung in Groß-, Mittelstädten und im ländlichen Bereich 2008. Graphiken 2,4 und 6 dasselbe für 2030. (Quelle: Quelle: Stat. Landesamt BW, Graphik LGA 2012) .....	30
Abb. 1-6	Anteil des produzierenden Gewerbes am gesamt wert aller Wirtschaftszweige (Quellen: Eurostat 2009, 2010, Stat. Landesamt BW. Graphik: LGA 2012) .....	32
Abb. 1-7	Lebenszeit-Prävalenz von ausgewählten Herz-Kreislauf-Erkrankungen (ärztlich diagnostiziert) in Prozent nach Altersgruppen (Quelle: Robert Koch-Institut GSTel03, 2002/2003. Graphik LGA 2013) .....	33
Abb. 1-8	Lebenszeit-Prävalenz von chronischen Krankheiten insgesamt (Graphik 1) und Asthma bronchiale (ärztlich diagnostiziert) (Graphik 2) in Prozent nach Altersgruppen (Quelle: Robert Koch-Institut GEDA 2009 (Graphik 1) und 2013 (Graphik 2). Graphik LGA 2013) .....	34
Abb. 1-9	Nachweis für <i>Ambrosia artemisiifolia</i> in Baden-Württemberg 1986-2007 (Quelle: ALBERTERNST B, NAWRATH S et al; LUBW) .....	38
Abb. 1-10	Ausbreitung des Eichenprozessionsspiners (Quelle: PETERCORD 2008, Sozialministerium BW) .....	39

**Handlungsfeld Gesundheit**

Abb. 1-11	Jahr der Errichtung von Wohngebäuden in Baden-Württemberg insgesamt (Graphik 1) und in der Region Rhein-Neckar (Graphik 2). (Quelle: Stat. Landesamt BW. Graphik LGA 2012) .....	44
<b>Kapitel 2</b>	<b>Klimafaktoren</b>	
Abb. 2-1	Räumliche Darstellung der Klimaprojektion (15. Perzentil als untere Schranke) für die Jahresdurchschnittstemperatur (Quelle und Graphik LUBW 2012) .....	49
Abb. 2-2	Räumliche Darstellung der Klimaprojektion (50. Perzentil) für die Jahresdurchschnittstemperatur (Quelle und Graphik LUBW 2012) .....	49
Abb. 2-3	Räumliche Darstellung der Klimaprojektion (85. Perzentil als obere Schranke) für die Jahresdurchschnittstemperatur (Quelle und Graphik LUBW 2012) .....	50
Abb. 2-4	Gegenüberstellung der Höhenstufen Baden-Württembergs (Graphik 1) und der räumlichen Verteilung der Jahresdurchschnittstemperaturen (Beobachtungszeitraum; Graphik 2). (Quellen: Graphik 1 SCHICK, basierend auf Daten des "Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg" (2007); Graphik 2: LUBW 2012) .....	51
Abb. 2-5	Räumliche Darstellung der Klimaprojektion (15. Perzentil) für die Häufigkeit von Hitzephasen (Quelle und Graphik LUBW 2012) .....	53
Abb. 2-6	Räumliche Darstellung der Klimaprojektion (50. Perzentil) für die Häufigkeit von Hitzephasen (Quelle und Graphik LUBW 2012) .....	54
Abb. 2-7	Räumliche Darstellung der Klimaprojektion (85. Perzentil) für die Häufigkeit von Hitzephasen (Quelle und Graphik LUBW 2012) .....	54
Abb. 2-8	Räumliche Darstellung der Klimaprojektion (15. Perzentil) für die Niederschlagssumme im Jahr (Quelle und Graphik LUBW 2012) .....	59
Abb. 2-9	Räumliche Darstellung der Klimaprojektion (50. Perzentil) für die Niederschlagssumme im Jahr (Quelle und Graphik LUBW 2012) .....	60
Abb. 2-10	Räumliche Darstellung der Klimaprojektion (85. Perzentil) für die Niederschlagssumme im Jahr (Quelle und Graphik LUBW 2012) .....	60
Abb. 2-11	Differenz der Mittelwerte des täglichen Ozon-Maximums(a) und der Anzahl der Tage mit Überschreitungen des Schwellenwerts von 120 µg/m <sup>3</sup> für die 8-h-Mittelwerte von 2031-2039 und 1991-2000 für die Monate Juni bis August (Quelle. FORKEL 2006) .....	64
Abb. 2-12	Mittlere jährliche solare Einstrahlung in Baden-Württemberg (Quelle: Geodaten Umwelt Baden-Württemberg, LUBW) .....	66



**Kapitel 3 Vulnerabilität**

Abb. 3-1	Zusammenhang zwischen thermischer Belastung und Zunahme von Todesfällen während der Hitzewelle im August 2003 (Quelle und Graphik Deutscher Wetterdienst; KOPPE 2003 und EIKMANN 2010) ...	73
Abb. 3-2	Verteilung der Bevölkerung in den vier größten Städten Baden-Württembergs auf Verdichtungsgebiete (Quelle: Internetdaten der Kommunen, LGA 2012) .....	77
Abb. 3-3	Versiegelungsgrad der Stadtbezirke in Stuttgart zur Veranschaulichung besonders vulnerabler Gebiete (Quellen: SCHICK, basierend auf Daten des "Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg" 2007) .....	79
Abb. 3-4	Anteil von Ausländern an der großstädtischen Bevölkerung (Quellen: Stat. Landesamt BW, LGA 2012) .....	80
Abb. 3-5	Auswirkung der Lufttemperatur auf Leistungsparameter (Quelle: BUX: Klima am Arbeitsplatz, Forschungsbericht, BAuA 2006) .....	82
Abb. 3-6	Betriebsgrößenverteilung beim verarbeitenden Gewerbe nach Zahl der Betriebe (Graphik 1) und der Beschäftigten (Graphik 2) (Quelle: Stat. Landesamt BW, Graphik: LGA 2012) .....	83
Abb. 3-7	Mögliche Dauerschadgebiete des Pinienprozessionsspinners in Baden-Württemberg (Quelle HALBIG 2011) .....	95
Abb. 3-8	Durchschnittliche UV-Exposition von Beschäftigten im Freien (Quelle: KNUSCHKE et al 2007 LGA 2011) .....	99
Abb. 3-9	Zu erwartende Hautkrebsinzidenz in den Niederlanden (De Bilt), abhängig von der Dichte der stratosphärischen Ozonschicht (Quelle: KELFKENS et al 2002) .....	100
Abb. 3-10	Verteilung und qualitativer Zustand der Badegewässer in Baden-Württemberg (Quelle und Graphik LUBW 2012) .....	101

**Kapitel 5 Wissenschaftlicher Hintergrund**

Abb. 5-1	Wärmeabgabe unter Ruhebedingungen (Graphik 1) und Regulation der Körpertemperatur unter wechselnden Klimabedingungen (Graphik 2) ...	154
Abb. 5-2	Wärmeproduktion bei Ruhe und Arbeit (Graphik 1) und Zusammenwirken der Regulationsmechanismen bei Arbeit unter verschiedenen Klimabedingungen .....	156
Abb. 5-3	Die Höhenstufen Baden-Württembergs .....	158

**Handlungsfeld Gesundheit**

Abb. 5-4	Entwicklung der Temperaturverteilung (Jahresmittelwert) in den drei Zeitszenarien (15. Perzentil) .....	159
Abb. 5-5	Entwicklung der Temperaturverteilung (Jahresmittelwert) in den drei Zeitszenarien (85. Perzentil) .....	159
Abb. 5-6	Räumliche Verteilung der Durchschnittstemperatur im Juni in den drei Zeitszenarien (85. Perzentil) .....	159
Abb. 5-7	Räumliche Verteilung der Durchschnittstemperatur im Juli in den drei Zeitszenarien (85. Perzentil) .....	160
Abb. 5-8	Räumliche Verteilung der Durchschnittstemperatur im August in den drei Zeitszenarien (85. Perzentil) .....	160
Abb. 5-9	Wärmebelastungsklassen und mittlere relative Mortalität (Baden-Württemberg 1968-2003) .....	163
Abb. 5-10	Räumliche Verteilung der Anzahl von Hitzephasen in den drei Zeitszenarien (85. Perzentil) .....	165
Abb. 5-11	Städtische Wärmeinsel - Temperaturprofil einer Stadt .....	167
Abb. 5-12	Abhängigkeit der Temperaturdifferenz Stadt-Land von der Größe der Städte .....	167
Abb. 5-13	Relative Mortalität nach Altersklassen ohne Berücksichtigung der Zeitverschiebung zwischen thermischer Belastung und Mortalität (Baden-Württemberg) .....	170
Abb. 5-14	Darstellung der FSME-Inzidenzen (2001-2007) auf Landkreis-Ebene und auf Gemeinde-Ebene .....	179
Abb. 5-15	An das Robert Koch-Institut übermittelte Q-Fieber-Fälle nach Kreis (Jan. - Mai 2008) .....	181
Abb. 5-16	Klimatische Daten (Deutscher Wetterdienst) und Vorkommen von Sandmücken in Deutschland .....	198
Abb. 5-17	Verbreitung von <i>Aedes (Stegomyia) albopictus</i> während der letzten 30 Jahre .....	200
Abb. 5-18	Mögliche Verbreitung von <i>Aedes (Stegomyia) albopictus</i> nach Risikogebieten in Deutschland .....	201
Abb. 5-19	Übermittelte Hantavirus-Erkrankungen nach Kreis, Deutschland, 2010	206
Abb. 5-20	Mögliche Klimaeinflüsse auf Lebensmittel von der Produktion bis zum Verzehr .....	212
Abb. 5-21	Nachweise für <i>Ambrosia artemisiifolia</i> in Baden-Württemberg (1986-2007) .....	217
Abb. 5-22	Ausbreitung des Eichenprozessionsspinners .....	222

**Handlungsfeld Gesundheit**

Abb. 5-23	Mögliche Dauerschadgebiete des Pinienprozessionsspinners in Baden-Württemberg .....	223
Abb. 5-24	Bildungsmechanismus von Ozon in der Troposphäre .....	232
Abb. 5-25	Jahresmittelwerte von Ozon in ausgewählten Stationen in Baden-Württemberg .....	232
Abb. 5-26	Jahresmittelwerte der maximalen 8-h-Tageswerte an ausgewählten Stationen in Baden-Württemberg .....	233
Abb. 5-27	Jahresmittelwerte der 8-h-Mittelwerte an ausgewählten Stationen in Baden-Württemberg .....	233
Abb. 5-28	Jahresmittelwerte von PM <sub>10</sub> in Baden-Württemberg .....	235
Abb. 5-29	Jahresmittelwerte Stickstoffdioxid in Baden-Württemberg .....	235
Abb. 5-30	Differenz der Mittelwerte des täglichen Ozon-Maximums (Graphik 1) und der Anzahl der Tage mit Überschreitungen des Schwellenwertes von 120µg/m <sup>3</sup> (Graphik 2) in Baden-Württemberg .....	237
Abb. 5-31	Projektion der Temperaturzunahme (Graphik 1) zwischen aktuellem Wert und der fernen Zukunft für den Median der Temperatur im Juli Median der Temperaturprojektion (Graphik 2) im Juli für die ferne Zukunft .....	244
Abb. 5-32	Krankheitskosten für Hautkrankheiten .....	248
Abb. 5-33	Wohnungsbelegung und Wohnungsfläche in Baden-Württemberg und in den Regionen .....	250
Abb. 5-34	Baujahr der Errichtung von Wohngebäuden in Baden-Württemberg insgesamt und in der Region Rhein-Neckar .....	250
Abb. 5-35	Zusammenhänge zwischen Klimawandel, Innenraumklima und Gesundheit .....	252
Abb. 5-36	Relative Luftfeuchtigkeit: Box-Plot für die Jahresmittelwerte aus den Modellberechnungen .....	254
Abb. 5-37	Regionale Verteilung der relative Luftfeuchtigkeit im Juli (50. Perzentil); Projektion aktuell (Graphik 1); Projektion ferne Zukunft (Graphik 2) .....	254
Abb. 5-38	Regionale Verteilung der relative Luftfeuchtigkeit im Januar (50. Perzentil); Projektion aktuell (Graphik 1); Projektion ferne Zukunft (Graphik 2) .....	255
Abb. 5-39	Abhängigkeit der Luftfeuchtigkeit von der Temperatur .....	256
Abb. 5-40	Median für die Anzahl der Starkniederschlagstage im Dezember (Tage/Monat). Projektion aktuelle Situation (Graphik 1); Projektion ferne Zukunft (Graphik 2) .....	257

**Tabellenverzeichnis****Kapitel 1 Handlungsfeld**

Tab. 1-1	Anteile der Bevölkerung an Siedlungsstrukturen. (Quellen: Stat. Landesamt BW. Graphik LGA 2012) .....	26
Tab. 1-2	Überschneidungen des Handlungsfeldes „Gesundheit“ mit anderen Handlungsfeldern .....	45

**Kapitel 2 Klimafaktoren**

Tab. 2-1	Ergebnisse der Klimaprojektion für die Jahresdurchschnittstemperatur (Quelle: LUBW 2012) .....	48
Tab. 2-2	Ergebnisse der Klimaprojektion für die Durchschnittstemperatur im Juni (°C). (Quelle: LUBW 2012) .....	52
Tab. 2-3	Ergebnisse der Klimaprojektion für die Durchschnittstemperatur im Juli (°C). (Quelle: LUBW 2012) .....	52
Tab. 2-4	Ergebnisse der Klimaprojektion für die Durchschnittstemperatur im August (°C). (Quelle: LUBW 2012) .....	52
Tab. 2-5	Ergebnisse der Klimaprojektion für die Anzahl der Hitzephasen pro Jahr. (Quelle: LUBW 2012) .....	53
Tab. 2-6	Ergebnisse der Klimaprojektion für die Anzahl der Tropentage pro Jahr. (Quelle: LUBW 2012) .....	56
Tab. 2-7	Ergebnisse der Klimaprojektion für die Niederschlagssumme (mm) im Jahr. (Quelle: LUBW 2012) .....	59
Tab. 2-8	Ergebnisse der Klimaprojektion für die Anzahl der Frosttage pro Jahr. (Quelle: LUBW 2012) .....	61

**Kapitel 3 Vulnerabilität**

Tab. 3-1	Großstädte in Baden-Württemberg: Einwohner und vermutete Anzahl der Einwohner in Verdichtungsgebieten (Quelle: LGA 2012 auf Internet-Recherchen bei den Kommunen) .....	78
Tab. 3-2	Anzahl der Beschäftigten in Außenberufen (Quellen: Inst. für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung und Bundesamt für Statistik 2010) .....	84
Tab. 3-3	Klassifizierung und Häufigkeit von Hauttypen in Deutschland (Quelle: DGUV; BGI 810-4 2009) .....	99

## **Kapitel 5 Wissenschaftlicher Hintergrund**

Tab. 5-1	Empfehlungen für Umgebungstemperaturen und weiteren Klimaparametern bei verschiedenen Arten von Arbeit .....	156
Tab. 5-2	Stufen der thermischen Belastung .....	164
Tab. 5-3	Klimaunterschiede zwischen Stadt und Land .....	168
Tab. 5-4	Einteilung der Klimabereiche .....	171
Tab. 5-5	Nachweis von Tularämie-Erkrankungen 2001 - 2009 beim Menschen .....	208
Tab. 5-6	Zusammenhang zwischen Temperaturerhöhung und lebensmittelbedingten Erkrankungsfällen .....	212

**Handlungsfeld Gesundheit**

## Zusammenfassung

### 1. Handlungsfeld

Das Kapitel „Handlungsfeld Gesundheit“ behandelt sowohl die direkten als auch die indirekten Wirkungen der Klimafaktoren auf die Gesundheit des Menschen. Die indirekten Wirkungen vollziehen sich durch klimabedingte Veränderungen der Umwelt, die wiederum ihre Auswirkungen auf die Gesundheit des Menschen haben.

In Baden-Württemberg leben ungefähr 2 Millionen Menschen in Großstädten. Jeder dritte Einwohner lebt in einer Stadt mit mehr als 40.000 Einwohnern.

Die Verdichtungsgebiete beschränken sich im Wesentlichen auf niedrige Höhenlagen (Rheintal, Kraichgau, unterer und mittlerer Neckarraum). Dort liegen auch die meisten Großstädte. In Höhenlagen über 500 m (Schwarzwald, Schwäbische Alb, Oberschwaben) ist die Besiedlung dünn; große Städte fehlen weitgehend.

In städtischen Gebieten ist der Anteil der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter geringfügig höher als in ländlichen Gebieten, dort ist dafür der Anteil der unter 15-jährigen höher. Der Anteil der alten und hoch betagten Menschen schwankt nur wenig. Die demographische Entwicklung wird aber die altersmäßige Zusammensetzung der Bevölkerung in allen Teilen des Landes verändern. Bis 2060 wächst insbesondere der Teil der hoch betagten Menschen (über 85 Jahre alt) von jetzt 2 auf 8 % und der Anteil der Menschen im erwerbsfähigen Alter sinkt von jetzt 66 auf 57 %. Weiter in die Zukunft reichende Prognosen sind nicht möglich.

Die Hauptaufenthaltsorte der Menschen bleiben auch bei Klimawandel umbaute Räume. Einflüsse des Klimawandels und Maßnahmen zur energetischen Ertüchtigung der Häuser können sich beim Innenraumklima gegenseitig beeinflussen und auf die Gesundheit der Bewohner auswirken.

### 2. Wirksame Klimafaktoren

#### 2.1 Direkt einwirkende Klimafaktoren

Die wichtigsten unmittelbar einwirkenden Klimafaktoren sind der **allgemeine Temperaturanstieg**, das vermehrte Auftreten von **Hitzephasen** und die Zunahme von **Extremwetterlagen**. Steigende Temperaturen haben bei verschiedener Ausgangslage wegen Topographie und Siedlungsstrukturen unterschiedliche Wirkungen. Insbesondere im städtischen Bereich mit Siedlungsverdichtung kann es zu stärkeren Temperaturanstiegen und ungünstiger Entwicklung anderer Klimaparameter kommen. Hitzephasen bilden allgemein und besonders in städtischen Siedlungsbereichen eine Gesundheitsgefahr wegen zusätzlicher Temperatursteigerung und geringerer nächtlicher Abkühlung.

Die **UV-Strahlung** als Klimafaktor wird stark durch die Konzentration des stratosphärischen Ozons beeinflusst. Wegen der dünner werdenden Schicht ist mit erhöhter Einstrahlung von UV-B zu rechnen. Bei verändertem Freizeitverhalten nimmt vermutlich die Exposition gegenüber ultravioletter Strahlung zu.

## 2.2 Indirekt einwirkende Klimafaktoren

Mittelbare Folgen sind die **verlängerte Vegetationsperiode** und oben genannte **Veränderungen in Fauna und Flora**. Für das Überleben von Infektionskrankheiten übertragenden Vektoren sind neben Temperatursteigerung die Niederschlagsmengen und insbesondere die Zahl der Frosttage von Bedeutung.

Mit dem Klimawandel finden neue - auch giftige - **Pflanzen** und **Tiere** bessere Wachstumsbedingungen. Die Ambrosie ist hierbei wegen ihrer Fähigkeit, Allergien hervorzurufen, besonders zu beachten. Schmetterlingsraupen mit Brennhaaren können sich unter günstigen Witterungsbedingungen stark vermehren und lokal zur Gesundheitsgefahr werden. Für das Wachstum von Neophyten ist der Temperaturanstieg fördernd. Höhere Temperaturen können zu einer verstärkten und verlängerten Pollenflugzeit führen. Für die Ausbreitung von Schadinsekten haben Klimafaktoren unterschiedliche Auswirkungen; grundsätzlich fördern aber höhere Temperaturen die Ausbreitung.

Im Zuge des Klimawandels kann es zu Veränderungen in der Konzentration von **lufthygienisch relevanten Komponenten** (Ozon, Feinstaub, Stickoxide) in der Atmosphäre kommen. Ihre Konzentration in der Luft hängt aber in entscheidendem Maße von den zukünftig genutzten Technologien und Luftreinhaltemaßnahmen ab.

Eine allgemeine Temperaturerhöhung hat für die Bildung von **Ozon** und für die Freisetzung flüchtiger biogener Kohlenwasserstoffe aus der Land- und Forstwirtschaft eine eher förderliche Wirkung, bei den Feinstäuben und den Stickoxiden ist ein eindeutiger Einfluss der Temperatur nicht zu erkennen.

Der Klimawandel kann sich auf das **Innenraumklima** in unterschiedlicher Weise auswirken. Die allgemeine Temperatursteigerung führt zusammen mit der Gebäudedämmung zu einem geringeren Heizungsbedarf mit positiven lufthygienischen Auswirkungen. Andererseits können höhere Temperaturen bei unzureichenden Lüftungsverhältnissen zu einer Verschlechterung der Innenraumluftqualität und zu einem verstärkten Feuchtigkeitseintrag in die Wohnungen führen.

## 3. Vulnerabilität und Dringlichkeit

Die den Überlegungen zugrunde gelegten Klimaprojektionen sind von der LUBW zur Verfügung gestellt (siehe: Zukünftige Klimaentwicklungen in Baden-Württemberg. Perspektiven aus regionalen Klimamodellen. LUBW 2013). Aus der Auswertung der zur Verfügung stehenden Klimaprojektionen ergibt sich ein "Korridor", in dem der zu erwartende Klimawandel in Baden-Württemberg wahrscheinlich eintreten wird. Die "Korridor"-Werte werden als "klimatische Leitplanken" verstanden, die von den unteren (15. Perzentile) und oberen (85. Perzentile) Werten gebildet werden. Der Median der Projektionen liegt im 50. Perzentil.

Im Gegensatz zu vielen Pflanzen und Tieren hat sich der Mensch als sehr anpassungsfähig an das Klima erwiesen und kann deshalb dauerhaft auch in Gebieten leben, deren Klimata jenseits der beschriebenen "klimatischen Leitplanken" der Projektionen liegen. Diese Leitplanken sind deshalb für die Bewertung der gesundheitlichen Auswirkungen nur von eingeschränkter Bedeutung. Hinzu kommen die technischen Möglichkeiten der Anpassung, welche viele der eigentlich gesundheitsrelevanten Klimaveränderungen kompensieren können.



### 3.1 Temperaturanstieg, Hitzephasen

Je nach den Lebensumständen, persönlicher Disposition und dem Alter reagieren die Menschen unterschiedlich empfindlich auf Klimaänderungen. Die **direkten Auswirkungen** des Klimawandels – der Temperaturanstieg und häufigere Hitzephasen – haben in Hinblick auf die Gesundheit die größte Bedeutung. Die Vulnerabilität nimmt zu, wenn die von außen kommenden Wirkungen besonders prägnant sind und / oder die individuelle Empfindlichkeit besonders hoch ist.

Die direkten Folgen des Klimawandels sind insbesondere der Temperaturanstieg und die zunehmende Häufigkeit und Intensität von Hitzephasen. Der gesunde menschliche Organismus ist zwar mit wirksamen Mechanismen zur Temperaturregelung ausgestattet. Die Anpassungsfähigkeit ist besonders gut gegenüber erhöhten Temperaturen (je nach Belastung höher als 25° - 30°C) entwickelt. Bei erhöhten Temperaturen lässt jedoch die körperliche Leistungsfähigkeit schneller nach. Berufstätigkeit, Alter und Krankheit verringern die Adaptionsfähigkeit: Das Arbeitsleben wird sich wegen der zu erbringenden Arbeitsleistung nur eingeschränkt an die Wetterlagen anpassen können. Bei alten und chronisch kranken Menschen ist Anpassungsfähigkeit an die Umgebungstemperaturen eingeschränkt.

Die indirekten Folgen des Klimawandels manifestieren sich über Veränderungen in der Umwelt. Insekten und andere Gliederfüßer können sich bei wärmeren Umgebungstemperaturen dauerhaft ansiedeln und als Vektoren Infektionskrankheiten übertragen, welche bisher nur als "importierte" Infektionskrankheiten aufgetreten sind. Einheimische Nager können sich bei höheren Temperaturen besser vermehren und zur stärkeren Verbreitung schon bekannter Krankheiten beitragen. Ökologie und Biologie der Vektoren und damit die Verbreitung der von ihnen übertragenen Krankheitserreger stehen allerdings miteinander und mit der Umwelt in einer engen, äußerst komplexen Beziehung.

Für die von außen kommenden Einwirkungen sind zwei Aspekte von Bedeutung: Erstens die Höhenlage der Orte, in denen die Menschen leben, und zweitens die Siedlungsstrukturen. Zwischen Höhenlage und der Jahresdurchschnittstemperatur sowie anderen Klimafaktoren (Frost-, Tropentage etc.) besteht ein direkter Zusammenhang. Die Siedlungsformen, in denen die Menschen leben, bestimmen stark das örtliche Klima, das ihre Lebensumgebung bildet. In großstädtischen Ansiedlungen werden höhere Durchschnittstemperaturen, stärker ausgeprägte Hitzephasen und geringere nächtliche Abkühlung zu beobachten sein als in ihrer Umgebung. Innerhalb der Großstädte sind inhomogene Bebauungsstrukturen anzutreffen; hoch verdichtete Gebiete wechseln mit locker bebauten Flächen ab. Der Anteil der verdichteten Gebiete an der Gesamtbebauung liegt in den vier größten Städten Baden Württembergs zwischen 14 und 39 % und weist damit eine große Varianz auf. Als weitere möglicherweise vulnerable Gruppe können sich Ausländer (damit sind nicht Personen mit Migrationshintergrund gemeint) erweisen, sofern sie aufgrund einer mangelnden Integration für Anpassungsmaßnahmen schlechter erreichbar sind. Der Anteil ausländischer Personen ist in Großstädten mit Industrie besonders hoch.

Baden-Württemberg ist ein Industrieland. Der Anteil der in der industriellen Produktion tätigen Menschen ist im Vergleich zu anderen Bundesländern oder auch anderen EU-Mitgliedsstaaten besonders hoch, wenn auch tendenziell abfallend. Der Anteil der erwerbstätigen Personen an der Bevölkerung liegt über 50 %. Personen in einem Arbeitsverhältnis sind zwar im Durchschnitt gesünder als der Durchschnitt der Gesamtbevölkerung. Sie können jedoch wegen ihrer Arbeit nur beschränkt den Witterungsumständen ausweichen und sind deshalb den klimatischen Bedingungen ihres Arbeitsplatzes ausgesetzt. Besonders betroffen ist der Anteil der Beschäftigten, die in Außenberufen arbeiten, gegenwärtig ca. 400 000 Personen in Baden-Württemberg.

Körperliche und geistige Leistungsfähigkeit hängen von den Klimabedingungen der Umgebung (Temperatur, Feuchte, Windgeschwindigkeit, Strahlung) ab. Mit zunehmenden Temperaturen nehmen sowohl die körperliche als auch die mentale Leistungsfähigkeit ab.

**Handlungsfeld Gesundheit**

Das gilt umgekehrt auch für zu geringe Temperaturen. Durch Anstieg der Durchschnittstemperaturen und Verringerung der Frost- und Eistage im Winterhalbjahr ist für die Tätigkeit in Außenberufen eher mit einer Steigerung der Leistungsfähigkeit zu rechnen. Wegen der allgemein möglichen Beheizung gilt das nicht für Berufe, die in geschlossenen Räumen ausgeübt werden. Der demographische Wandel führt dazu, dass der Anteil der älteren Personen an der erwerbstätigen Bevölkerung anwachsen wird.

**3.2 Vektoren, Infektionskrankheiten**

Zu **den indirekten Auswirkungen** des Klimawandels auf die Gesundheit gehören die Vektoren, die Infektionskrankheiten übertragen können. Wärmeres Klima ist grundsätzlich förderlich für das Überleben und die Ausbreitung der Vektoren. Allerdings müssen – je nach Gattung – auch andere Klimavoraussetzungen erfüllt werden. Bedroht sind überwiegend Personen, welche sich beruflich oder in der Freizeit im Freien aufhalten. Das gilt besonders für die von Zecken übertragenen Krankheiten, da der Kontakt am Aufenthaltsort der Zecke stattfindet. Der Klimawandel kann zu einem Wechsel des Spektrums der Zeckenarten führen. Stech- und Sandmücken suchen ihren Wirt aktiv auf und sind flugfähig. So können sie mehr potentielle Wirte erreichen. Allerdings gibt es hier noch viele offene Fragen bezüglich der Verbreitung der Vektoren und ihrer Durchseuchungsrate. Ähnliches gilt für die von Nagern verbreiteten Krankheiten, die schon autochthon sind und deren Verbreitung neben klimatischen von mehreren ökologischen Faktoren abhängt.

Für Lebensmittelinfektionen sind saisonale Schwankungen schon lange bekannt. Es kann erwartet werden, dass es mit steigenden Durchschnittstemperaturen und verändertem Freizeitverhalten im Sommer zu vermehrten Lebensmittel bedingten Infektionen kommen wird.

**3.3 Allergene, Toxine**

Eine weitere **indirekte Auswirkung** des Klimawandels ist die vermutete Zunahme von Allergien gegen bestimmte Pflanzenpollen. Durch Anstieg der Durchschnittstemperatur kommt es zu einer Verlängerung der Vegetationsperiode, die Verminderung der Frosttage um 19 (nahe Zukunft) bzw. 47 Tage (ferne Zukunft; 50. Perzentil) erlaubt Frühblühern eine sehr frühzeitige Freisetzung von Pollen. Vulnerabel sind alle Personen, die schon eine Allergie haben oder sensibilisiert sind.

Wärme liebende Pflanzen können sich neu in Baden-Württemberg ansiedeln. Dazu zählt die hierzulande schon gelegentlich wachsende Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*), die ein starkes allergenes Potential besitzt. Es ist zu erwarten, dass ähnlich wie in Ungarn die Zahl der gegen Ambrosia Sensibilisierten zunehmen wird.

Die Möglichkeit eines Kontakts zu giftigen Pflanzen und Tieren, unabhängig davon, ob sie neu eingewandert oder zum autochthonen Bestand gehören, wird mit dem Klimawandel wachsen. Bei ganzjährig höheren Temperaturen werden einerseits die Entwicklungsmöglichkeiten dieser Pflanzen und Tiere gefördert, zusätzlich wird sich das Freizeitverhalten der Menschen ändern und das Leben mehr im Freien stattfinden. Besondere Beachtung sollten dabei giftige Tiere wie einige unter bestimmten Wetterbedingungen gehäuft auftretenden Spinnerrauen (z.B. Eichenprozessionsspinner) finden. Ihre Brennhaare, die sie freisetzen, können in ihrer näheren Umgebung lang anhaltende Hautreizungen von erheblichem Krankheitswert auslösen.

Längere Perioden mit hohen Temperaturen fördern das Freizeitvergnügen an Badeseen. Die von Zerkarien verursachte Badedermatitis ist eine mögliche Folge des Aufenthalts in warmen Badeseen mit Wassergeflügel und betrifft ausschließlich Badende.

## Handlungsfeld Gesundheit

### 3.4 Luftschadstoffe

Das Ausmaß des Klimawandels auf die gesundheitlichen Wirkungen von Ozon ist nur schwer abzuschätzen, da die Konzentration von Ozon in der Troposphäre stark von menschlichen Aktivitäten beeinflusst wird. In Abhängigkeit von der technischen Entwicklung und den Maßnahmen zur Luftreinhaltung ist sowohl eine Zunahme als auch eine Abnahme der Ozonkonzentration in der Zukunft denkbar.

Ozon kann schon bei niedrigen Konzentrationen toxisch wirksam sein, wobei die Empfindlichkeit der Menschen individuell sehr unterschiedlich ist. Von erhöhten Konzentrationen sind Allergiker und Personen mit chronischen Atemwegserkrankungen betroffen. Betroffen sind auch Sporttreibende und Arbeiter im Freien bei entsprechenden Hochdruck-Wetterlagen im Sommer. Im Zusammenhang mit Hitzeperioden sind auch alte Menschen als vulnerable Bevölkerungsgruppe anzusehen.

Im Bezug auf die Konzentration von Feinstäuben und Stickoxiden ist eine Klimaabhängigkeit ungewiss. Die hauptsächlichen Quellen des Feinstaubes und der Stickoxide sind Verbrennungsprozesse. Bei ansteigenden Temperaturen und verstärkter Dämmung von Gebäuden ist mit einem Rückgang von verbrennungsbedingten Emissionen zu rechnen. Quantitative Aussagen im Hinblick auf die Bedeutung für die menschliche Gesundheit sind gegenwärtig nicht möglich.

### 3.5 UV-Strahlung

Baden-Württemberg ist auch ein Freizeitland. Innerhalb von Deutschland ist die Sonneneinstrahlung im Allgäu und im Südschwarzwald am höchsten und hat daher als **direkt wirkender Klimafaktor** für Baden-Württemberg eine hohe Bedeutung. Freizeitaktivitäten und auch beruflicher Aufenthalt im Freien sind mit erhöhter UV-Strahlen-Exposition verbunden. Alleine die höheren Durchschnittstemperaturen werden den Aufenthalt im Freien fördern und damit die Hautexposition gegenüber der UV-Strahlung erhöhen. Beschäftigte in Außenberufen werden je nach Tätigkeit im Vergleich zu Beschäftigten mit Innentätigkeit um ein mehrfaches belastet. (Abb. 3-7).

Wegen der langen Latenzzeiten zwischen erstmaliger Exposition und der Manifestation eines Hautkrebses wird die Gefahr nicht richtig eingeschätzt. Präventionsmaßnahmen sind wegen dieser Latenzzeit besonders vordringlich.

### 3.6 Innenraumklima

Das Innenraumklima kann aufgrund der baulichen Hülle mehr oder weniger vom Außenklima unabhängig gemacht werden (Klimaanlage, Wärmedämmung). In den meisten Wohnungen ist dies gegenwärtig aber nur eingeschränkt möglich. Außerdem bestimmt in vielen Einzelfällen die soziale Lage die Wohnqualität, z.B. ob im Winter genug geheizt werden kann oder ob eine Dämmung ausreichend wirkt. Dies kann sich auf die Gesundheit der Bewohner auswirken. Schon eine zu niedrige Raumtemperatur im Winter führt zu einer erhöhten Mortalität und Morbidität der Bewohner. Ein Temperaturanstieg lässt in diesen Fällen positive gesundheitliche Effekte erwarten.

Im Sommer kann ein Temperaturanstieg (0,5 - 1,7°C in der nahen Zukunft bzw. 2,5 - 3,6°C in der fernen Zukunft) über verstärkte Schadstoffemissionen zu einer Verschlechterung der Luftqualität in Innenräumen führen, die sich negativ auf die Gesundheit der Bewohner auswirken können. Ein verminderter Luftaustausch in Neubauten oder sanierten Gebäuden kann hier die Situation verschärfen. Im Wohnungsneubau und im Zusammenhang mit der energetischen Sanierung muss daher darauf geachtet werden, dass unter Praxisbedingungen eine ausreichende Lüftung gewährleistet werden kann.

## Handlungsfeld Gesundheit

Im Zusammenhang mit dem Klimawandel erscheint ein erhöhter Eintrag von Feuchtigkeit in die Wohnungen möglich. Als besonderes Problem sind dabei Überschwemmungen und Starkregenereignisse zu betrachten. Feuchte Wohnungen und der dadurch begünstigte Befall mit Schimmelpilzen stellen ein erhöhtes Risiko für Allergien und Atemwegserkrankungen dar. Auch hier muss im Rahmen von Sanierungsmaßnahmen auf eine ausreichende Lüftung geachtet werden.

### 4. Anpassungsmaßnahmen

Anpassungsmaßnahmen sind vor allem auf den Gebieten notwendig, auf welchen die Vulnerabilität groß ist bzw. dort wo viele Menschen von den Folgen des Klimawandels negativ betroffen sind. Die Zusammenfassung folgt der Gliederung des Gutachtens.

Auf einigen Gebieten gibt es schon Anpassungsmaßnahmen bzw. sind solche vorgesehen. Andere schon existierende Maßnahmen müssen deutlich ausgebaut und weiter entwickelt werden bzw. statt einem empfehlenden einen verbindlichen Charakter erhalten. Daneben werden neue, bisher nicht existierende Maßnahmen vorgeschlagen.

Die sehr unterschiedlichen Vorschläge lassen sich **drei Maßnahmengruppen** zuordnen

- **Informationen:** Die Bevölkerung oder Bevölkerungsgruppen (z.B. Beschäftigte in Außenberufen oder Besucher von Badeeinrichtungen) werden über die Veränderungen und die sich daraus ergebenden Gefährdungen informiert bzw. vor gesundheitsgefährdenden Entwicklungen gewarnt. Personen in bestimmten Berufen (z.B. Ärzte, Landwirte) oder Führungspositionen (z.B. Lehrer) werden über für sie relevante Entwicklungen informiert.
- **Monitoring<sup>1</sup> und Surveillance<sup>2</sup>:** Die Auswirkungen von meteorologischen Ereignissen und klimatischen Veränderungen auf die Morbidität und Mortalität sowie auf die Entwicklungen bei Vektoren und Schadorganismen müssen aktuell beobachtet werden. Monitoring und Surveillance spielen auf dem Handlungsfeld Gesundheit daher eine besondere Rolle. Damit sollen der Gesundheitspolitik auf kommunaler wie auf Landesebene aufgearbeitete Informationen als Grundlage für Entscheidungen und weiteres Vorgehen an die Hand gegeben werden. Eine Reihe von Maßnahmenvorschlägen sind Surveillance-Vorschläge, die zum Teil an schon vorhandene Maßnahmen anknüpfen.
- Die dritte Gruppe von Maßnahmen umfasst Empfehlungen für **aktives Handeln**, um Folgen des Klimawandels in Bezug auf die Gesundheit in der Bevölkerung zu verhindern oder zu verringern. Es sind Maßnahmenvorschläge, die einen rechtlichen Rahmen benötigen und dann in der Zielgruppe durchgesetzt werden sollen.

Maßnahmen sind auch nach ihrem zeitlichen Bezug zur Anwendung zu unterscheiden: Maßnahmen, die kurzfristig wirken sollen (z.B. aktuelle Informationen), mittelfristige Maßnahmen (z.B. organisatorische Maßnahmen) und langfristige Maßnahmen (z.B. Infrastrukturmaßnahmen). Bezüglich der Dringlichkeit stehen Infrastrukturmaßnahmen an erster Stelle.

Die vorgeschlagenen Maßnahmen werden in den folgenden Abschnitten als Zukunfts-Szenarium dargestellt, so, als ob sie alle in der Zukunft realisiert würden.

---

<sup>1</sup> **Monitoring:** ist die direkte Beobachtung bzw. Überwachung eines Zustands oder eines Entwicklungsvorgangs durch ein besonderes Instrumentarium, um anhand der Ergebnisse eine längerfristige Entwicklung bewerten zu können.

<sup>2</sup> **Surveillance** ist die systematische und dauerhafte Überwachung von Erkrankungs- und Todesfällen in der Bevölkerung. Durch der Auswertung der Ergebnisse ergeben sich Hinweise auf Ursachen und Verbreitung von Krankheiten.

## **4.1 Temperaturanstieg, Hitzephasen**

### **Informationen:**

Die schon bestehenden Hitzewarndienste werden weiter ausgebaut und geben z.B. Informationen über zusätzliche mit hohen Temperaturen verbundenen gesundheitsgefährdende Parameter, z.B. über Ozon, weiter. Die Informationsdienste berücksichtigen regionale und lokale Gegebenheiten bzw. bestimmte Bevölkerungsgruppen und geben konkrete Anregungen für das Verhalten, z.B. für Sport und Freizeit.

### **Monitoring:**

Orte, an denen besonders hohe Temperaturen auftreten (hohe Exposition) und an denen sich häufig Risikogruppen aufhalten (hohe Sensitivität), werden identifiziert. Die Identifikation dieser sogenannten „Hotspots“ dient der Entwicklung eines räumlich expliziten und zielgruppenspezifischen Frühwarnsystems.

### **Aktives Handeln:**

- Eine klimaorientierte Bauleitplanung verhindert, dass durch Bebauung Wärmeinseln entstehen. Es wird versucht, in bestehenden Verdichtungsarealen eine bessere Durchlüftung zu erreichen.
- Vornehmlich in Großstädten werden „Cooling centres“ eingerichtet. Dies sind Räume, in denen von der Hitze erschöpfte Menschen Ruhepausen einlegen und Getränke zu sich nehmen können. Medizinische Notfallhilfe wird angeboten.
- Die ambulanten und stationären Einrichtungen des Gesundheitsdienstes haben Pläne, um bei Hitzewellen Personal und Kapazitäten für die Behandlung hitzebedingt akut erkrankter Patienten bereitstellen zu können.
- Die Lebens- und Arbeitsgewohnheiten passen sich an das wärmere Klima an. Bei Hitzewellen können die Arbeitszeiten in die frühen Tagesstunden verlegt werden, die Arbeitszeit wird flexibilisiert. Einkaufszeiten werden verlegt. Der öffentliche Nahverkehr orientiert sich an den geänderten Bedürfnissen der Fahrgäste.
- Ein Teil der Beschäftigten (ca. 10 %) arbeitet gegenwärtig in Kleinbetrieben unter 50 Personen. Diese Betriebsstätten sind häufig nur unzureichend gegen Wärme und Sonneneinstrahlung geschützt. Maßnahmen zur Wärmedämmung von Betriebsstätten müssen frühzeitig begonnen werden, wegen der hohen Investitionskosten und der langfristigen Planung von Investitionen in die Bausubstanz. Dazu wird ein zusätzliches Förderprogramm aufgelegt.
- Der öffentliche Verkehr gewinnt vermutlich an Bedeutung. Die Fahrzeuge sind alle mit effektiven Klimaanlage ausgestattet, die Wartepplätze sind überdacht.

## **4.2 Infektionserreger, Vektoren**

### **Informationen:**

- Die Bevölkerung erhält über die Medien und Institutionen Informationen über Vektoren und Erreger von Infektionskrankheiten, welche durch die Klimaveränderungen in Baden-Württemberg neu oder verstärkt vorkommen.
- Ärzte und medizinische Fachberufe werden verstärkt über „neue“ Infektionskrankheiten und deren Diagnostik unterrichtet; Fortbildungsmaßnahmen werden angeboten.
- Die Bevölkerung wird witterungsbezogen über sachgerechte Aufbewahrung und Verarbeitung von Lebensmitteln und über lebensmittelübertragene Krankheiten informiert.

## Handlungsfeld Gesundheit

### Monitoring und Surveillance:

- Standorte, Umfang und Entwicklung der Vektoren und Infektionserreger werden regelmäßig überwacht und dokumentiert, die Daten werden an einer zentralen Stelle in der Landkreisverwaltung dokumentiert. Die Beobachtung der Vektoren geschieht europaweit; die beauftragten Stellen tauschen die Ergebnisse aus und entwickeln gemeinsam Strategien zur Bekämpfung.
- Die Lebensmittelkontrolle bei der Herstellung, Lagerung und Verarbeitung wird verstärkt, insbesondere in Zeiten hoher Temperaturen.

### Aktives Handeln:

- Die Vektorenbekämpfung wird als Teil einer umfassenden Maßnahme (VASS-Bekämpfung) organisiert und durchgeführt.
- Die wissenschaftliche Forschung über von Vektoren übertragenen Infektionskrankheiten, welche in Baden-Württemberg heimisch sind oder werden, ihre Ausbreitung und die Eigenschaften der Vektoren und Infektionserreger, wird stärker gefördert. Dazu gehört auch der Schutz vor den Krankheiten.

## 4.3 Allergene, Toxine

### Informationen:

- Die Bevölkerung wird bedarfsgerecht über gesundheitsgefährliche Tiere und Pflanzen unterrichtet. Dies ist auch Teil des Sachunterrichtes in den Schulen.
- Landwirte, Wald- und Gartenbesitzer erhalten besondere Hinweise auf gesundheitsgefährliche Tiere und Pflanzen auf ihren Flächen und erhalten Empfehlungen für ihre Bekämpfung.

### Monitoring und Surveillance:

Die Ausbreitung der gesundheitsgefährliche Tiere und Pflanzen (Schadtiere, Schadpflanzen) wird als Grundlage zu ihrer Bekämpfung und der Erfolgskontrolle beobachtet und dokumentiert.

### Aktives Handeln:

- Die Bekämpfung der Schadtiere und -pflanzen wird als Teil einer umfassenden Maßnahme (VASS-Bekämpfung) organisiert und durchgeführt.
- Brachflächen als bevorzugte Besiedlungsgebiete für Schadpflanzen (Ambrosia) werden überwacht und, wenn möglich, bewirtschaftet, um den Bewuchs durch Schadpflanzen zu verhindern. Mit der Bekämpfung der Ausbreitung muss so früh wie möglich begonnen werden; eine komplette Ausrottung wird kaum möglich sein.

## 4.4 Luftschadstoffe

### Informationen:

Der Warndienst für Ozon wird mit dem bestehenden Hitzewarndienst (siehe 4.1) zusammengeführt. Die Informationen orientieren sich an den regionalen und lokalen Unterschieden in den Konzentrationen. Für die Streuung der Informationen werden aktuelle Kommunikationstechnologien („Apps“) genutzt.

### Handlungsfeld Gesundheit

Für emissionsarme Heizungsanlagen werden Labels vergeben, die dem Verbraucher objektive Informationen zu den Emissionen der Anlagen geben (z. B. auch über Verbraucher-Tests).

Verstärkte Information zur schadstoffarmen Befeuerung von Holzöfen / Kaminöfen.

**Monitoring und Surveillance:** (siehe 4.4 Informationen)

#### Aktives Handeln:

- Die Emissionen aus dem individuellen und öffentlichen Verkehr werden durch Verwendung emissionsfreier Antriebe reduziert.
- Emissionen aus der Biomasse-Verbrennung (Heizanlagen) werden durch Einbau von Staub- und VOC-Filtern reduziert.
- Beim Anbau von Pflanzen als nachwachsende Rohstoffe (Pflanzenanbau zur energetischen Verwertung, als Faser- und Dämmstoffe, Waldbau) werden Pflanzen bevorzugt, die nur in geringem Umfang VOC abgeben, die als Vorläuferstoffe für die Ozonbildung gelten.

## 4.5 UV-Strahlung

#### Informationen:

- Die Bevölkerung erhält in den Monaten mit warmer Witterung über die Medien regelmäßig Informationen über den UV-Index und Empfehlungen zum Verhalten.
- In Schulen wird über Hautgefährdung durch UV-Strahlen und die individuell unterschiedliche Gefährdung aufgeklärt.
- Die Beschäftigten an Außenarbeitsplätzen erhalten Informationen vor Gefahren durch UV-Strahlen für die Haut und Augen (jährliche Unterrichtung nach ArbSchG).

#### Monitoring und Surveillance:

- Eine jährliche Inspektion der Haut wird Patienten von Ärzten angeboten. Ein „*Naevi-Screening*“ wird auch von geschultem medizinischen Fachpersonal (z.B. Masseur, Physiotherapeut) anlässlich anderer Leistungen angeboten und der Patient im Verdachtsfalle an einen Dermatologen verwiesen.
- Arbeitsmedizinische Vorsorge bei Einwirkung von UV-Strahlen (Außenberufe) wird als Pflichtvorsorge vorgesehen und vom Arbeitgeber bezahlt.

#### Aktives Handeln:

- In Parkanlagen oder Freizeitanlagen werden Schattenplätze eingerichtet (Bäume, Sonnensegel).
- Textilien erhalten ein Label, auf dem der UV-Schutzfaktor verzeichnet ist. Das gilt insbesondere für Arbeitskleidung oder persönliche Schutzausrüstung für Beschäftigte in Außenberufen.
- Die Entwicklung von Sonnenschutzmitteln für die Haut wird unterstützt mit dem Ziel leicht anwendbare Mittel zu entwickeln, welche einen gleichmäßigen Schutz der Haut bieten. Das gilt insbesondere für den Hautschutz für Beschäftigte an Außenarbeitsplätzen.

**Handlungsfeld Gesundheit****4.6 Innenraumklima****Informationen:**

- Die Bevölkerung wird über richtiges Lüften insbesondere an heißen Tagen informiert (Medien, Flyer).
- In Gebieten mit Überschwemmungsgefahr erfolgt die Aufklärung der möglicherweise betroffenen Bewohner über Überschwemmungsfolgen durch frühzeitige Informationen und Empfehlungen zur Vorsorge. Nach dem Überschwemmungsfall wird Beratung und Hilfe zur Überwindung der Schäden bzw. zur Prävention von Langzeitschäden angeboten.
- Erweiterung der Information über Schadstoffemissionen von Baustoffen und Einrichtungsgegenständen.

**Aktives Handeln:**

- Die Außendämmung von Wohn- und gewerblichen Gebäuden im Bestand wird gefördert (siehe 4.1).
- Maßnahmen werden getroffen, um bei Hitzewellen zu verhindern, dass im Innern von Wohngebäuden der Taupunkt überschritten wird und Gefahr durch Schimmelbewuchs möglich wird.
- Lüftungsanlagen in Gebäuden sind so beschaffen, dass sie in den kühlen Nachtstunden für eine gründliche Durchlüftung der Gebäude sorgen.

**Die wichtigsten 10 Maßnahmen**

Aus den vielen Maßnahmenvorschlägen sind die aus Sicht der Autoren wichtigsten 10 Maßnahmen in der folgenden Tabelle zusammengefasst (siehe Kap. 4). Die Reihenfolge bedeutet keine Rangfolge.

Nr.	Maßnahme	Kapitel-Bezug	bestehend	Priorität	no regret	dringlich	MG <sup>1</sup>
1	Freiluftschneisen	4.1	ja	hoch	ja	hoch	A
2	Wärmedämmprogramm KMU	4.1	nein	hoch	nein	hoch	A
3	HeatScout	4.1	nein	hoch	nein	gering	A I
4	MedKompetenz Tropenkrankheiten	4.2	teilweise	hoch	ja	hoch	A I
5	V A S S -Bekämpfung	4.2	nein	hoch	ja	mittel	A M I
6	Terpenarme Energiepflanzen	4.4	nein	hoch	ja	hoch	A
7	UV-Information	4.5	ja	hoch	ja	hoch	I
8	Naevi-Screening	4.5	nein	hoch	ja	hoch	M
9	Arbeitsschutz Außenberufe	4.1, 4.5	teilweise	hoch	ja	mittel	A M I
10	beschattete Freiflächen	4.1, 4.5	ja	hoch	ja	hoch	A

<sup>1</sup> MG = Maßnahmengruppe (A = Aktives Handeln, I = Information, M = Monitoring/Surveillance)



# 1 Beschreibung des Handlungsfeldes Gesundheit

## Allgemeines

Die Bevölkerung des Landes Baden-Württemberg - im Jahr 2011 nach Angaben des Statistischen Landesamtes 10 748 175 Personen - verteilt sich nicht gleichmäßig über die Landesfläche. Fast zwei Drittel der Bevölkerung leben in kleinstädtisch und ländlich geprägten Gebieten. Der Anteil der Großstädter an der Bevölkerung ist vergleichsweise gering. Die Verteilung ist in Tab. 1-1 gezeigt (Daten des Statistischen Landesamtes).

**Tab. 1-1: Anteile der Bevölkerung an Siedlungsstrukturen**  
(Daten: Statistisches Landesamt BW)

Siedlungsstruktur	Gliederung	Anzahl	Bevölkerung	Anteil in %
<b>Gesamte Bevölkerung</b>			10 748 175	<b>100,0</b>
<b>Großstädtische Bevölkerung</b>	Städte mit >100 000 Einwohnern	9	1 999 737	<b>18,6</b>
<b>Bevölkerung in Mittelstädten</b>	Städte mit 40 000 bis 100 000 Einwohnern	29	1 625 707	<b>15,1</b>
<b>Städtische Bevölkerung</b>	Städte mit >40 000 Einwohnern	38	3 625 444	<b>33,7</b>
<b>Ländliche Bevölkerung</b>	Gemeinden mit <40 000 Einwohnern	1 100	7 122 731	<b>66,3</b>

Die Einteilung der Siedlungsstruktur in die oben genannten Größen wurde gewählt, weil diese Struktur Einfluss auf das Klima in der Lebensumgebung der Bewohner haben kann. In Großstädten, besonders in den Quartieren mit verdichteter Besiedlung, liegen die Temperaturen häufig höher als in locker bebauten Gebieten oder auf dem Land. Auch ist in solchen Großstadtvierteln der Tagesgang der Lufttemperatur ein anderer als in locker bebauten oder nicht besiedelten Gebieten.

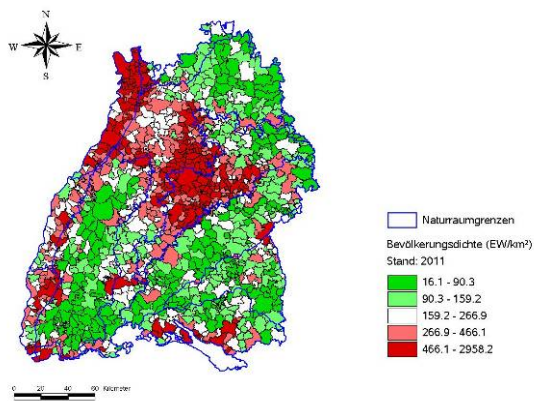
Ebenso finden sich in Mittelstädten mit mehr als 40 000 Einwohnern Verdichtungsgebiete; diese sind aber flächenmäßig kleiner, nicht so hoch verdichtet und ihr Klima wird vermutlich stärker durch die Umgebung beeinflusst.

Die Grenze von 40 000 Einwohnern wurde gewählt, weil die Zahl der Gemeinden bei dieser Grenzziehung 29 erreicht. Da viele Städte bei der letzten Verwaltungsreform durch Eingemeindung von Randsiedlungen „gewachsen“ sind, ist die Kernstadt häufig kleiner. Eine weitere Überlegung war, dass auch kleinere Städte innerstädtisch dicht bebaut sein können und der Versiegelungsgrad (Bedeckung des Bodens durch Bauwerke oder Straßen) dort hoch sein kann. Allerdings verhindert die geringere Ausdehnung Effekte der urbanen

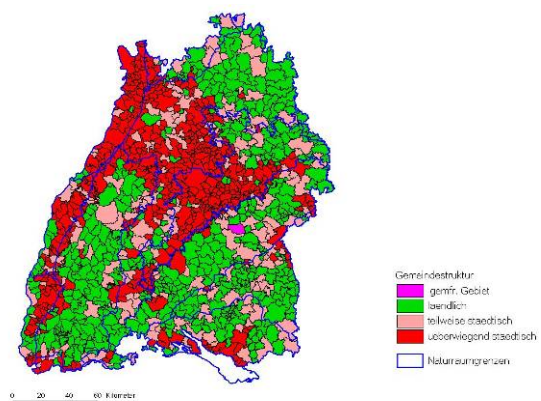
**Handlungsfeld Gesundheit**

Aufheizung, wie wir sie aus Verdichtungsgebieten in Großstädten kennen, oder mildert sie zumindest ab.

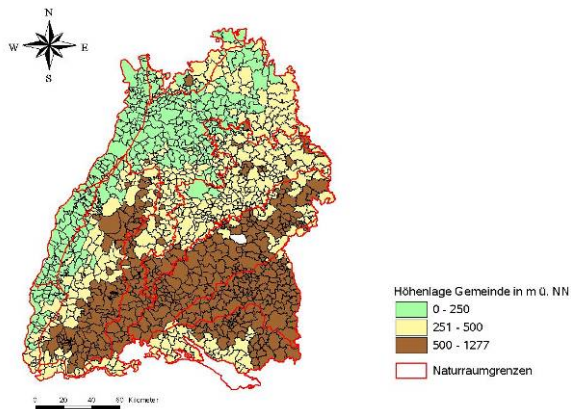
Weite Teile des Landes sind schwach besiedelt (z.B. Alb, Oberschwaben, Hohenlohe und Hochschwarzwald). Die dichter besiedelten Bereiche konzentrieren sich auf Tiefebene (im Wesentlichen auf die Oberrheinebene und den unteren und mittleren Neckarraum). Dies hat unter der Voraussetzung des prognostizierten Klimawandels erhebliche Auswirkungen auf die Bevölkerung (siehe Kapitel 2): Durchschnittstemperatur und Zahl der Tropentage sind korreliert mit dem Höhenniveau eines Ortes. Sie steigen besonders in den Tiefebene und niedrig liegenden Flächen an.



Graphik 1



Graphik 2



Graphik 3

**Abb. 1-1: Höhenlage, Bevölkerungsdichte und Gemeindestruktur**

**Graphik 1** gibt einen Überblick über die Bevölkerungsdichte innerhalb der Grenzen der Einzelgemeinden

**Graphik 2** zeigt die Gemeindestrukturen

**Graphik 3** zeigt die Höhenlagen der Gemeinden mit den Stufungen 0(97)-250 m, 250-500 m und höher als 500 m

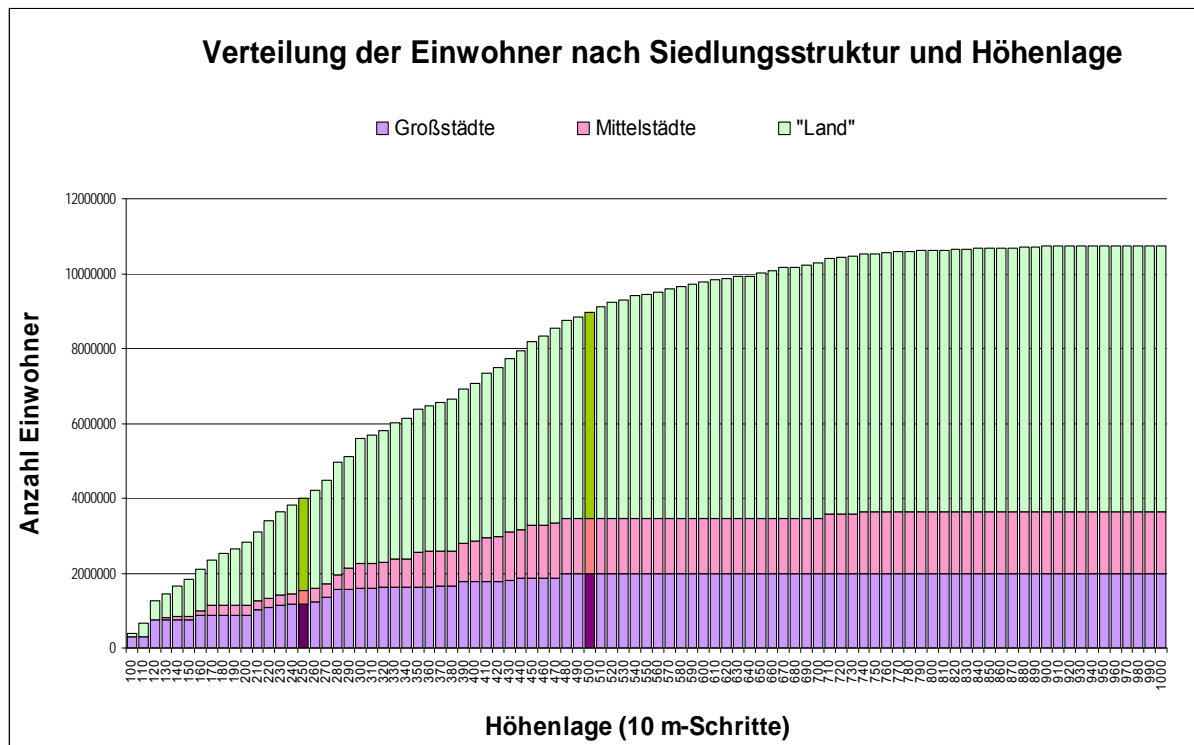
**Quellen:** Graphiken 1 und 2: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (© BBSR, Bonn 2012)  
Graphik 3: LGA

Die Übersichtskarten (Abb. 1-1) zeigen eindrücklich, dass die Bevölkerungsdichte in den tieferen Lagen des Landes besonders hoch ist und sich überwiegend dort auch die städtisch

**Handlungsfeld Gesundheit**

geprägten Siedlungen befinden. Das betrifft die Rheinebene, den unteren und mittleren Neckarraum und das Kraichgau.

Betrachtet man die Verteilung der Einwohner nach der oben beschriebenen Siedlungsstruktur (Abb. 1-2), so kann man erkennen, dass die meisten Großstädte auf einem Höhenniveau unter 250 m liegen (Stuttgart bildet wegen seiner Kessellage und vielen Stadtteilen in höheren Lagen eine Besonderheit, deshalb ist Stuttgart nicht als Einzelgemeinde in diese Statistik eingegangen, sondern aufgeteilt in die 23 Ortsteile, welche den jeweiligen Höhenstufen zugeordnet worden sind). Die Höhenlage wird in 10 m-Schritten skaliert. Hervorgehoben sind die 250 m- und die 500 m-Stufe. Aus der kumulativen Darstellung lässt sich weiterhin herauslesen, dass die Hälfte der Bevölkerung in Höhen zwischen 250 und 500 m lebt. Auf Höhenlagen über 500 m gibt es nur noch wenige Mittelstädte (Abb.1-3), oberhalb 1 000 m gibt es nur noch wenige kleine Gemeinden.



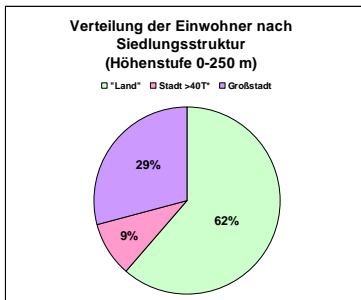
**Abb. 1-2: Kumulative Darstellung der Verteilung der Einwohner Baden-Württembergs nach Siedlungsstruktur und Höhenlage.**

Die Höhenstufen von 250 m wurden festgelegt, um eine einfache dreistufige Einteilung vornehmen zu können. In der kumulativen Darstellung (Abb. 1-2) zeigt sich aber schon eine deutliche Verschiebung des Siedlungscharakters in den drei Höhenstufenbereichen. Dies verdeutlicht sich in den Schaubildern der Abb.1-3: Großstädte finden sich überwiegend in

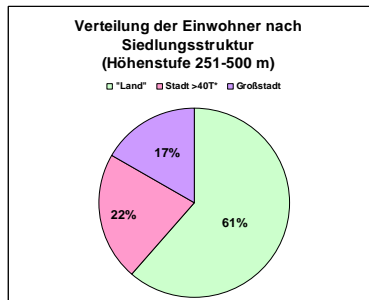
**Handlungsfeld Gesundheit**

den Tieflagen, Mittelstädte in den mittleren Lagen, die Hochlagen sind fast nur ländlich geprägt.

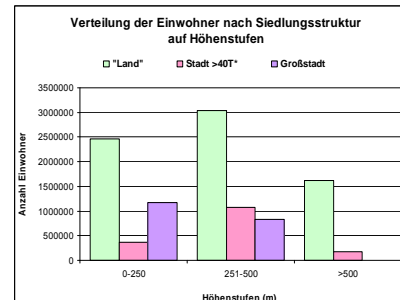
Nach den Zahlen des Statistischen Landesamtes (Der demographische Wandel in Baden-Württemberg 1-2009) wird die Bevölkerungszahl des Landes kurzfristig praktisch stagnieren und dann langsam abnehmen, so dass 2050 die Bevölkerung von jetzt 10,75 Millionen auf dann 9,7 Millionen abgesunken sein wird. Eine weitergehende Prognose wäre vermutlich spekulativ. Wenn der Trend der ersten Jahrhunderthälfte anhalten sollte, werden es unter 9 Millionen sein.



Graphik 1

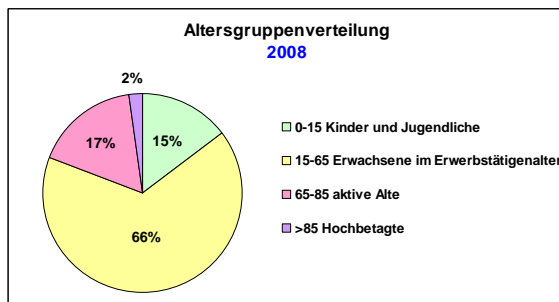


Graphik 2

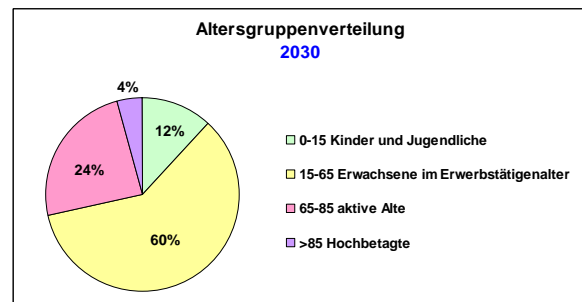


Graphik 3

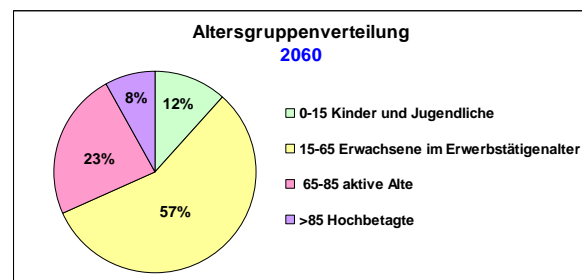
**Abb.1-3: Verteilung der Einwohner nach Siedlungsstruktur auf Höhenstufenbereiche.** Graphiken 1 und 2 prozentual, Graphik 3 absolut



Graphik 1



Graphik 2

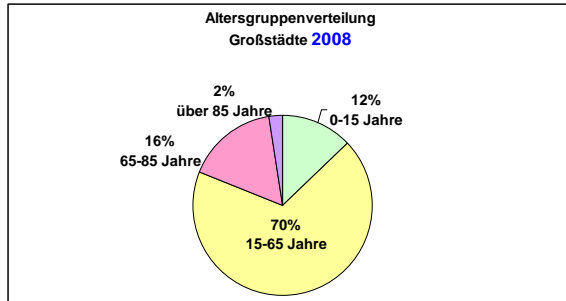


Graphik 3

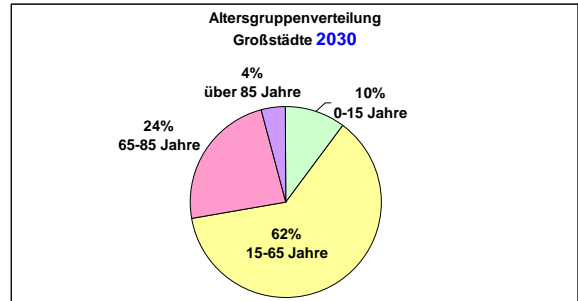
**Abb. 1-4: Altersgruppenverteilung in der Bevölkerung 2008, 2030 und 2060 nach Daten des Statistischen Landesamts**

**Handlungsfeld Gesundheit**

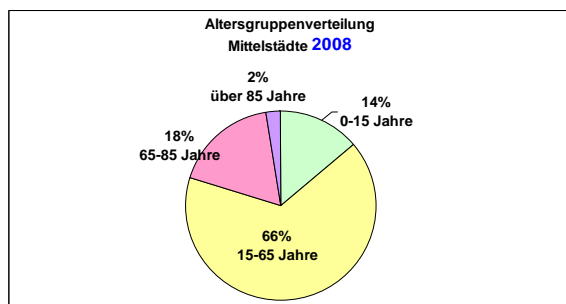
Die Bevölkerung schrumpft aber nicht proportional, sondern einzelne Altersgruppen entwickeln sich unterschiedlich. In der Relation am stärksten werden die Gruppen der Alten (65-85 Jahre) und der Hochbetagten (>85 Jahre) ansteigen.



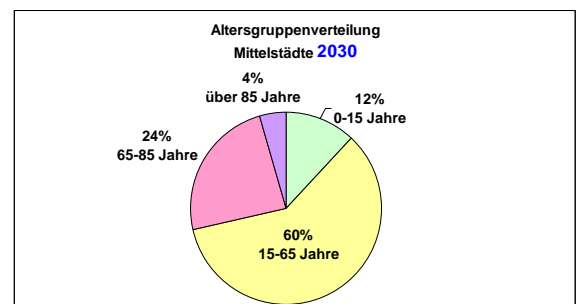
Graphik 1



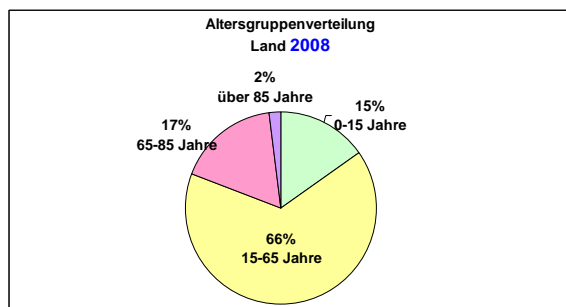
Graphik 2



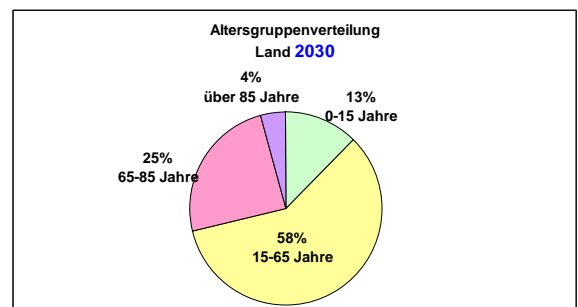
Graphik 3



Graphik 4



Graphik 5



Graphik 6

**Abb.1-5: Altersgruppenverteilung in verschiedenen Siedlungstypen 2008 und 2030**

Dies zeigt die Abb. 1-4 für den gegenwärtigen Zeitpunkt und für die Jahre 2030 und 2060. Bis 2030 verkleinert sich der Anteil der erwachsenen (und potentiell erwerbsaktiven) Personen auf 60 %, der Anteil der nicht mehr erwerbsaktiven älteren und alten Menschen steigt von 19 % auf 28 %. Für 2060 verändert sich das Verhältnis von erwerbstätigen Erwachsenen zu nicht mehr erwerbstätigen Älteren auf 57 % zu 31 %. Der Anteil der Hochbetagten beträgt gegenwärtig 2 %, 2030 wird er 4 % und 2060 8 % betragen. Nicht

### Handlungsfeld Gesundheit

berücksichtigt ist der spätere Berufseintritt (Studium) und die vermutlich in einem höheren Lebensalter endende Erwerbstätigkeit. Die Altersgruppen wurden nach Verhaltensmustern ausgewählt, die unter dem Aspekt des Klimawandels von Bedeutung sind:

- Kinder bis 15 Jahre mit starker Freizeitorientierung,
- Jugendliche und Erwachsene bis 65 Jahre mit Schul- und Erwerbsorientierung,
- ältere Menschen bis 85 Jahre mit Freizeitorientierung,
- Hochbetagte über 85 Jahre mit besonderen gesundheitlichen Einschränkungen, welche den Lebensalltag bestimmen.

In der Altersstruktur (Abb.1-5) nach der genannten Strukturierung gibt es zwischen Stadt und Land nur geringe Unterschiede. Das betrifft auch die Vorausberechnung bis 2030 (für 2060 gibt es keine differenzierten Vorausberechnungen); die Graphiken zeigen keine großen Unterschiede zur Gegenwart. Kinder und Jugendliche unter 15 Jahren finden sich in ländlichen Gebieten prozentual häufiger. Für 2030 fällt auf, dass sich der Anteil der Hochbetagten in allen Siedlungstypen verdoppelt. Der Anteil der aktiven Alten vergrößert sich, mit einer geringen Präferenz für den ländlichen Bereich. Der propagierte „Zug der Alten in die (Groß-)Städte“ wegen der dort besseren Versorgung spiegelt sich nicht in den Statistiken wider. Der Anteil der Menschen im Erwerbsalter ist und bleibt in den Städten größer als auf dem Land.

In Baden-Württemberg ist der Anteil der Erwerbstätigen an der Gesamtbevölkerung hoch. 2011 waren 5 507 Millionen Personen erwerbstätig, das sind 51,2 % der Gesamtbevölkerung. Die Wirtschaftsstruktur des Landes unterscheidet sich von der anderer Länder; einen besonderen Schwerpunkt bildet das verarbeitende Gewerbe mit einem vergleichsweise hohen Anteil an der Bruttowertschöpfung (Abb. 1-6).

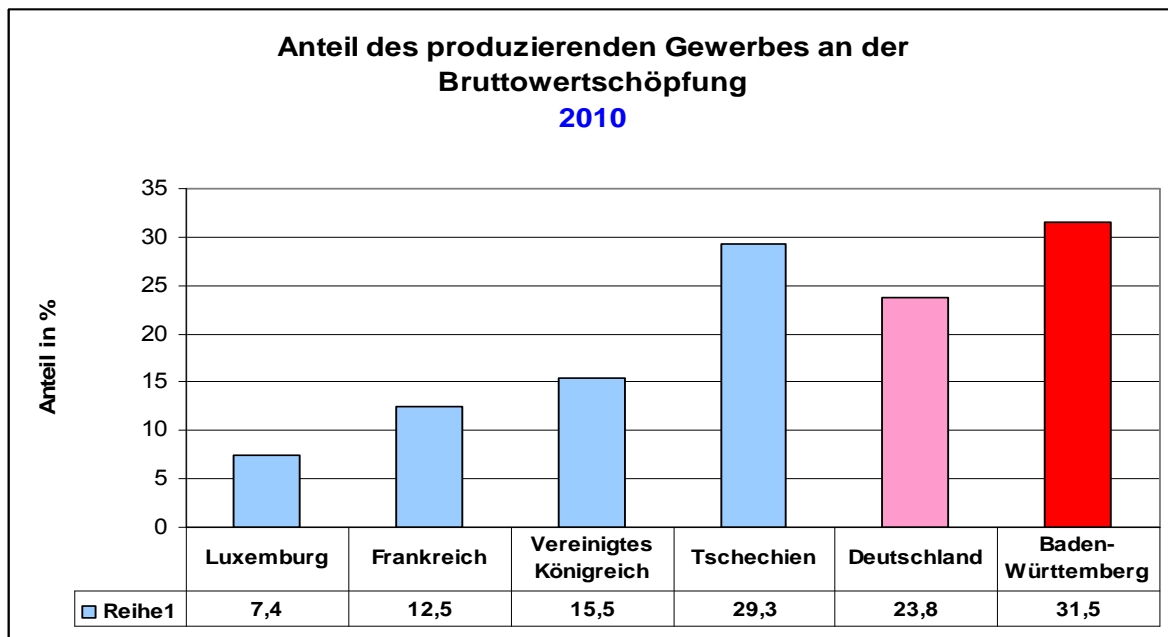
Entsprechend hoch ist daher auch der Anteil der Erwerbstätigen im produzierenden Gewerbe. In Baden-Württemberg beträgt er 26,4 % und liegt damit deutlich über dem Durchschnitt in Deutschland (18,9 %).

Überwiegend sind es Kleinbetriebe bis zu 50 Beschäftigten (47 %); zusammen mit kleineren Mittelbetrieben bis zu 250 Personen sind es 88 %. Dort arbeiten 10 % bzw. 40 % aller Erwerbstätigen im verarbeitenden Gewerbe. Die zahlenmäßige Dominanz der Kleinbetriebe und der kleinen Mittelbetriebe ist für Anpassungsmaßnahmen deshalb von Bedeutung, weil in diesen Betrieben die finanziellen Mittel beschränkt sind und Investitionsmaßnahmen alleine zum Schutz vor Klima-Auswirkungen besonders schwer fallen.

Die Zahl der Beschäftigten, die nicht oder nur teilweise in umschlossenen Räumen arbeiten (Außenberufe), ist vergleichsweise klein und die Tätigkeiten verteilen sich auf verschiedene Gewerbebezüge. Gegenwärtig liegt die Gesamtzahl bei ca. 400 000 Personen, wobei landwirtschaftliche Berufe dominieren. Diese Personen sind den meteorologischen

**Handlungsfeld Gesundheit**

Gegebenheiten besonders ausgesetzt und haben die höchsten Krankenstände (siehe Kap. 3).



**Abb. 1-6: Anteil des produzierenden Gewerbes (Rohstoffindustrie, Warenherstellung, Energie, Wasser) am Gesamtwert aller Wirtschaftszweige**

**Quellen:** Zahlen für EU-Staaten: Eurostat (2010); Zahlen für Deutschland: Statistisches Landesamt BW. Angabe für Frankreich 2009).

Im produzierenden Gewerbe wird zum großen Teil noch körperlich gearbeitet, in der Regel an stationären Arbeitsplätzen (im Unterschied zum Baugewerbe). Diese Arbeitsplätze sind in der Regel gegen Niederschläge und niedrige Temperaturen geschützt, kaum jedoch gegen hohe Außentemperaturen.

**Kernaussagen:**

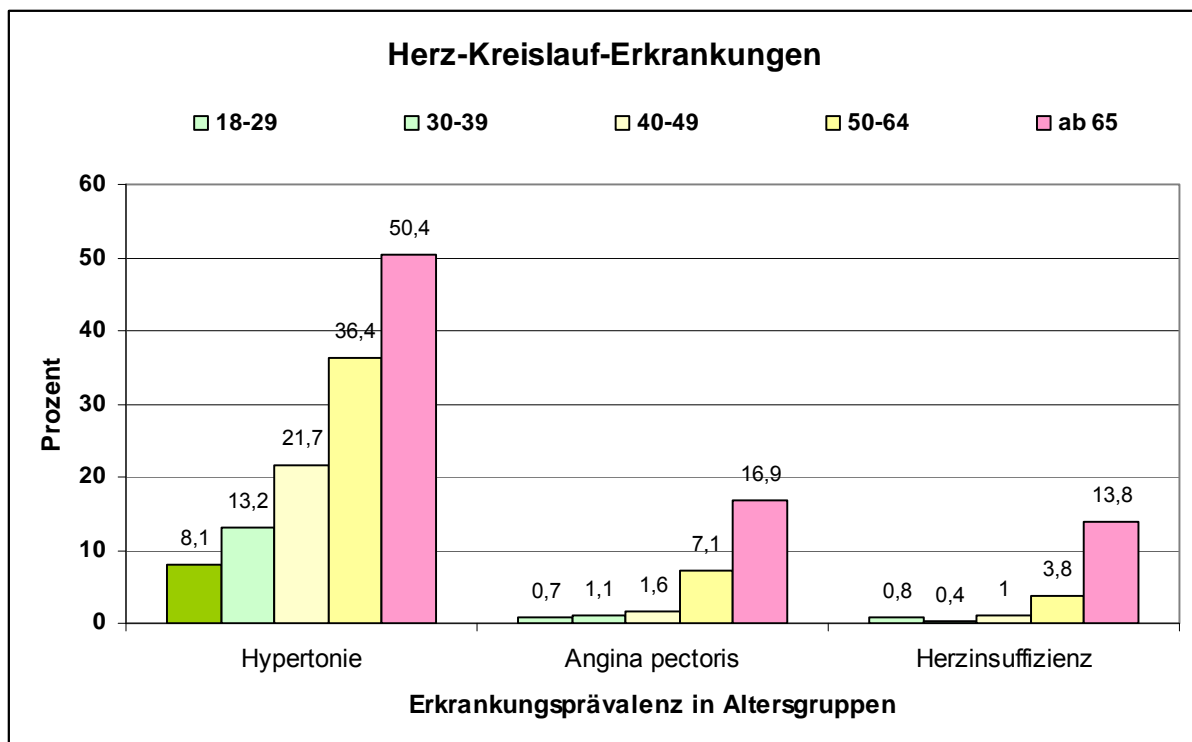
- Zwei Drittel aller Baden-Württemberger/innen wohnen in ländlichen Siedlungsstrukturen (Gemeinden mit 40 000 Einwohnern und weniger).
- 4 Millionen Baden-Württemberger/innen wohnen in Höhenlagen unter 250 Metern, ca. 4,5 Millionen zwischen 250 und 500 Metern.
- Der Anteil der Bewohner von Großstädten ist in den tiefen Lagen besonders hoch.
- Die Altersstruktur (groß-)städtischen Siedlungsstrukturen unterscheidet sich nur unwesentlich von ländlichen Siedlungsstrukturen.
- Der Anteil der Hochbetagten vervierfacht sich bis 2060.
- Der Industrialisierungsgrad ist in Baden-Württemberg vergleichsweise hoch.

## 1.1 Temperaturanstieg, Hitzewellen

Klimaänderungen verursachen in der Regel keine grundsätzlich neuartigen Umwelteinflüsse. Extreme Wetterereignisse, wie beispielsweise die Hitzewelle von 2003, sind auch aus früheren Zeiten bekannt, als der rezente Klimawandel noch nicht thematisiert wurde. Es wird jedoch erwartet, dass im Zuge des Klimawandels die Häufigkeit und Intensität derartiger Ereignisse zunehmen (ggf. auch abnehmen, wie im Falle von Kältewellen).

Verschiedene Studien kommen zu dem Ergebnis, dass die mit Hitze und Hitzeperioden verbundenen gesundheitlichen Probleme in der Bevölkerung in Zukunft zunehmen und deren Lösungen zu einer essenziellen Aufgabe für das Gesundheitssystem werden. Es ist zu erwarten, dass die durch den demographischen Wandel am stärksten von den Auswirkungen von Hitzewellen betroffene Bevölkerungsgruppe der alten Menschen weiter anwächst (Abb. 1-4).

Der menschliche Organismus benötigt eine ausgeglichene Wärmebilanz. Zur Aufrechterhaltung einer gleichmäßigen Körperkerntemperatur muss er sich an Veränderungen von Klimaparametern in einem weiten Bereich anpassen. Für den körperlich arbeitenden Menschen kommt hinzu, dass er in einer warmen Umgebung durch die Muskelarbeit zusätzlich Wärme produziert, die abgeführt werden muss.



**Abb. 1-7 Lebenszeit-Prävalenz von ausgewählten Herz-Kreislauf-Erkrankungen (ärztlich diagnostiziert) in Prozent nach Altersgruppen.**

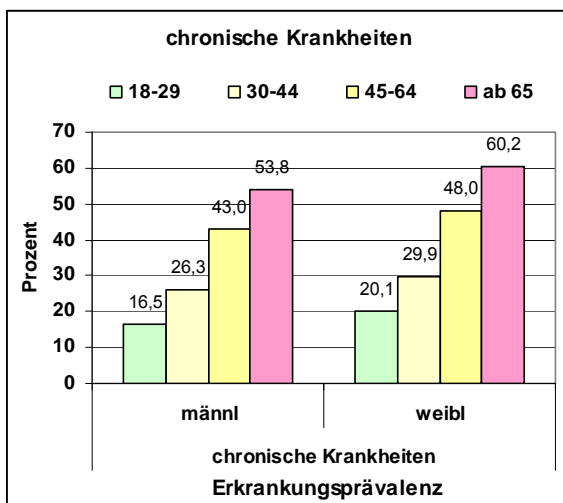
Quelle: Robert Koch-Institut, telefonischer Gesundheitssurvey (GSTel03) 2002/2003. [www.gbe-bund.de](http://www.gbe-bund.de)



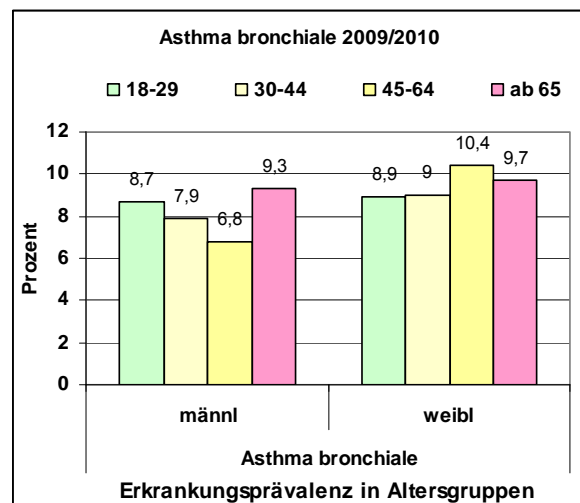
**Handlungsfeld Gesundheit**

Der gesunde menschliche Organismus kann sich an eine Umgebung mit dauerhaft hohen Temperaturen anpassen (Hitzeakklimatisation). Die Reaktionen der Thermoregulation und Hitzeakklimatisation gelten für den gesunden Organismus. Bei alten Menschen sind diese Mechanismen nur eingeschränkt wirksam. Die Zahl der Schweißdrüsen geht zurück, ebenso verringert sich die Dichte der Arterien und Venen in der Haut. Die Schweißbildung wird damit vermindert. Die zusätzliche Belastung des Herz-Kreislauf-Systems bei körperlicher Anstrengung und hoher Umgebungstemperatur führt den alten Menschen schnell an die Grenzen seiner Belastbarkeit. Ähnliches gilt für chronisch kranke Menschen, besonders wenn Herz-Kreislauf-Erkrankungen vorliegen.

Krankheiten des Herz-Kreislauf-Systems gehören zu den häufigsten Krankheiten in der Bevölkerung. Sie werden mit zunehmendem Alter häufiger. Insbesondere derjenige Teil, der an einer Herzleistungsinsuffizienz oder einer Mangel durchblutung der Herzkranzgefäße mit Angina pectoris leidet, nimmt mit zunehmendem Alter deutlich zu (Abb. 1-7).



Graphik 1



Graphik 2

**Abb. 1-8 Lebenszeit-Prävalenz von chronischen Krankheiten insgesamt (Graphik 1) und Asthma bronchiale (ärztlich diagnostiziert) in Prozent nach Altersgruppen (Graphik 2).**

**Quelle:** Robert Koch-Institut, telefonischer Gesundheitssurvey (GEDA) 2009 (Graphik 1) und 2013 (Graphik 2). [www.gbe-bund.de](http://www.gbe-bund.de)

Bei chronischen Krankheiten (lang dauernde Krankheiten, die nicht vollständig geheilt werden können und eine andauernde oder wiederkehrend erhöhte Inanspruchnahme des Gesundheitssystems nach sich ziehen; GEDA 2009) ist diese altersbezogenen Zunahme

### Handlungsfeld Gesundheit

ebenfalls ausgeprägt (Abb. 1-8). Zu den chronischen Krankheiten zählen neben den Herz-Kreislauf-Krankheiten Diabetes, Krebskrankheiten und Atemwegskrankheiten.

Für Atemwegserkrankungen gilt dies nicht. Die Prävalenz verteilt sich hier ziemlich gleichmäßig auf die Altersstufen (Abb. 1-8). Hier zeigen sich eher schichtspezifische Unterschiede (Prävalenz in unterer Bildungsgruppe 10,4, in oberer Bildungsgruppe 7,3)

#### **Kernaussagen:**

- Der menschliche Organismus ist mit einem leistungsfähigen Thermoregulations-Mechanismus ausgestattet und kann sich an heißes Klima adaptieren, was ihm die Anpassung an sehr unterschiedliche Umgebungstemperaturen erlaubt.
- Körperlicher Arbeit bei hohen Temperaturen führt zu einer zusätzlichen Belastung des Herz-Kreislauf-Systems.
- Im Alter (und bei bestimmten chronischen Krankheiten) sind die Regulationsmechanismen reduziert und die Toleranz gegenüber hohen Temperaturen nimmt ab.
- Chronische Krankheiten werden mit steigendem Alter häufiger. Sie schränken zusätzlich die Anpassung an hohe Umgebungstemperaturen und Hitzewellen ein.

## 1.2 Infektionserreger, Vektoren

Zecken und Steckmücken (Arthropoden) können die beim Blutsaugen an befallenen Wirbeltieren (Nagetiere, Igel, Hasen, Hirsche u. a., sogenannte Reservoir-Wirte) aufgenommenen Krankheitserreger auf den Menschen übertragen. In manchen Fällen führt auch der bloße Kontakt mit infizierten Tieren (Mäuse, Hasen, Ratten) oder deren Ausscheidungen zur Infektion. Krankheitserreger übertragende Organismen werden auch als Vektoren bezeichnet. Ökologie und Biologie der Vektoren stehen in einer engen, äußerst komplexen Beziehung mit den klimatischen Gegebenheiten und Klimaveränderungen, was sich auf die Verbreitung der von ihnen übertragenen Krankheitserreger auswirkt. Während es sich bei den meisten von Zecken und Nagetieren übertragenen Krankheitserregern in Baden-Württemberg um autochthone (hier heimische) Pathogene handelt, übertragen Mücken überwiegend importierte vektorassoziierte Infektionserreger, deren Quellen der Tourismus und der globalisierte Handel sind.

In den vergangenen zwei Jahrzehnten konnte sich der gemeine Holzbock (*Ixodes ricinus*) als sichtbare Folge der bisherigen Klimaerwärmung weiter nach Norden und in höhere Lagen ausbreiten. Damit steigt generell das Risiko für die Übertragung der von *Ixodes ricinus* übertragenen Krankheitserreger, die schwere neurologische Störungen verursachen können<sup>3</sup>. Auch andere, wärmeliebende und trockenheitsverträgliche Schildzecken wie die

<sup>3</sup> *Frühsommer-Meningoencephalitis, Lyme-Borreliose*

### Handlungsfeld Gesundheit

Auwaldzecke (*Dermacentor reticulatus*) und die Schafzecke (*Dermacentor marginatus*) und die von ihnen übertragenen Krankheitserreger / Infektionskrankheiten, haben in den letzten 10 bis 15 Jahren in den wärmebegünstigten südwestlichen (z.B. oberrheinische Tiefebene) und nordöstlichen Teilen Deutschlands deutlich zugenommen<sup>4</sup>. Diese Zeckenarten sind zudem kältetolerant. Man nimmt an, dass sie in der Nachkriegszeit über unkontrollierte Tiertransporte eingeschleppt wurden und hier heimisch geworden sind.

Ein neuer Vektor, die Stechmücke *Stegomyia albopictus* ("Tigermücke", früher *Aedes albopictus*), die aus wärmeren Regionen der Erde durch Handel (Autoreifen, Grünpflanzen) in Oberitalien eingeschleppt wurde, fasst derzeit in der Oberrheinebene Fuß. Damit steigt das Risiko von tropischen Virusinfektionen auch in unseren Breiten<sup>5</sup>, allerdings muss berücksichtigt werden, dass sich auch die Krankheitserreger selbst nur unter bestimmten klimatischen Bedingungen in den Vektoren entwickeln können.

Neben dem Klima, das direkt die Abundanz (Populationsdichte) und den Lebensraum der Vektoren beeinflusst, sind aber auch weitere Faktoren für das Auftreten von vektorassoziierten Infektionskrankheiten von Bedeutung. So müssen die Krankheitserreger und die entsprechenden Reservoirtiere vorhanden sein und Kontakte sowohl zwischen Reservoirtier - Vektor als auch Vektor - Mensch stattfinden können. Einfluss auf diese Faktoren haben der Reise- und Handelsverkehr durch das Einschleppen von Vektoren und/oder Pathogenen sowie das menschliche (Freizeit-)Verhalten, durch das der Mensch den Kreislauf Vektor - Wirt - Vektor erweitert.

Zu den wichtigsten Infektionskrankheiten in Europa gehören die durch Lebensmittel übertragenen Erkrankungen. Ca. 25 % der Bevölkerung erkranken in entwickelten Ländern einmal pro Jahr an einer durch Lebensmittel übertragenen Infektion mit sehr unterschiedlich schwerem Erkrankungsverlauf. Ein besonderes Risiko tragen Säuglinge und Kleinkinder bis 5 Jahre, alte Menschen (insbesondere wenn ihre Abwehrkräfte geschwächt sind), Schwangere und Menschen, deren Abwehrkräfte durch Vorerkrankung oder Medikamenteneinnahme geschwächt sind. Höhere Umgebungstemperaturen begünstigen das Wachstum von Mikroorganismen.

---

<sup>4</sup> Q-Fieber, Tularämie, Hundebabesiose, für das ebenfalls von *Dermacentor* spp. übertragenen Fleckfieber wurden seit Beginn der Meldepflicht 2001 von nur 3 Fälle berichtet (RKI@SurfStat)

<sup>5</sup> Chikungunya-, West-Nil- und Dengue-Virus. Das Risiko einer Gelbfieber-Infektion, ebenfalls übertragen von *Aedes (Stegomyia) albopictus*, bleibt durch den sehr akuten Krankheitsverlauf und die damit verbundene intensivmedizinische Behandlung aber gering.

**Kernaussagen:**

- Eine Klimaerwärmung begünstigt grundsätzlich die Lebensbedingungen von Arthropoden und Nagetieren. Mit einer Zunahme und weiteren Ausbreitung ist zu rechnen. Das betrifft insbesondere die Wärme liebenden Arthropoden.
- Erkrankungen durch von Vektoren übertragene Krankheitserreger nehmen mit zunehmender Erwärmung voraussichtlich weiter zu.
- Das Risiko eines Kontakts mit einem Vektor wird weitgehend vom Freizeitverhalten bestimmt. Aufenthalt „in der Natur“ erhöht das Risiko.
- Auch lebensmittelrelevante Erreger profitieren vom Klimawandel und können sich in unsachgemäß behandelten und aufbewahrten Lebensmitteln besser vermehren.

### 1.3 Allergene, Toxine

Zunehmende Temperaturen und eine Verlängerung der Vegetationsperiode sowie Extremniederschläge mit Überschwemmungen begünstigen die Ausbreitung einiger Wärme liebender Pflanzen und Tiere, die allergische oder toxische Reaktionen bei Mensch und Tier hervorrufen. Vermehrte Freilandaktivitäten des Menschen können zudem eine erhöhte Exposition bedingen. Insgesamt ist das Ausmaß dieser Entwicklungen ungewiss, da es von vielen Faktoren bestimmt wird.

**Allergene:** Mögliche Auswirkungen auf die Allergieentwicklung im Zuge des Klimawandels werden im Folgenden am Beispiel der **Beifußblättrigen Ambrosie** (*Ambrosia artemisiifolia*) erläutert. Andere Neophyten (d.h. neu eingewanderte Pflanzen) haben nach heutigem Kenntnisstand kein vergleichbares allergenes Potential, lediglich bei den Goldruten (*Solidago canadensis*, *S. gigantea*) besteht der Verdacht auf allergene Wirkung. Wegen der nahen Verwandtschaft dieser Pflanzen zur Ambrosie (beides sind Asteraceae; Korbblütler) könnten homologe Proteine vorkommen, die eventuell zu Kreuzallergien führen.

Die Ambrosie, eine einjährige Pflanze, wächst vorwiegend auf offenen Böden (z.B. auf landwirtschaftlichen Flächen) und Brachflächen (Ruderalflächen)). Sie manifestiert sich durch Samen (nicht durch Ausläufer und Rhizome). Die Mahd verhindert die Blütenbildung nicht, sondern kann sie verstärken, indem die Pflanze ein Vielfaches an Blüten auf durchwachsenden Seitenästen bildet.

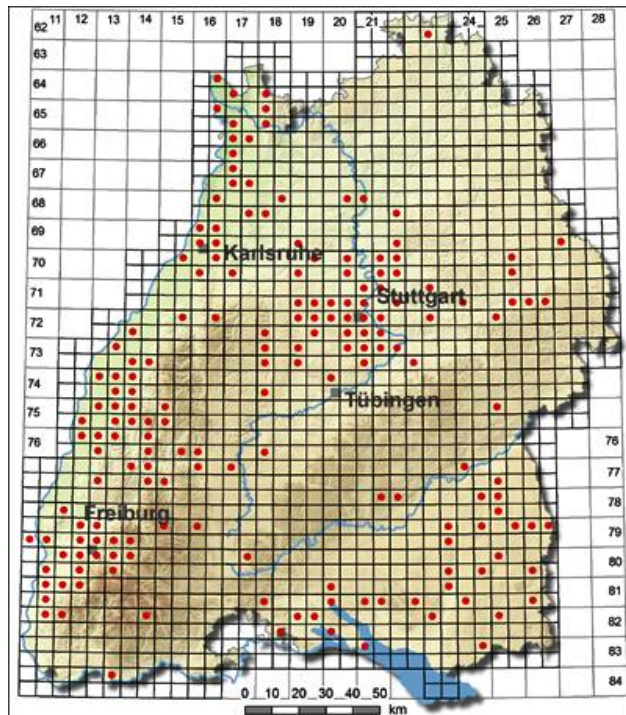
Obwohl nur kleinere Bestände in Baden-Württemberg bekannt sind (Abb. 1-9), werden Ambrosia-Pollen im Spätsommer in Baden-Württemberg nachgewiesen, die durch Pollen-Ferntransport aus Frankreich über die Vogesen ins Oberrheintal eingetragen werden. Die einheimischen Bestände etablieren sich in der Regel durch Vogelfutter für Wildvögel, das Ambrosia-Samen als „Verunreinigung“ enthält. Die Bestände in Baden-Württemberg tragen aber bisher offenbar nicht wesentlich zum Pollenflug bei.

## Handlungsfeld Gesundheit

**Abb. 1-9: Nachweise für *Ambrosia artemisiifolia* in Baden-Württemberg (1986-2007)**

(Grundlage TK 1:25.000, **Quellen:** B. Alberternst & S. Nawrath, Th. Breunig, H. Heuer, LUBW)

Berücksichtigt wurden Nachweise in Gärten und Neubaugebieten, städtischen Grünanlagen, an Verkehrswegen (Straßen, Bahnlinien, Häfen) sowie in der freien Landschaft (Text: LUBW)



**Toxine:** Neben der als Allergieauslöser beschriebenen Beifußblättrigen Ambrosie ist auch bei **Giftpflanzen** eine Arealausdehnung in Deutschland zu beobachten. Dies ist besonders auffällig bei einigen kälteempfindlichen immergrünen Arten wie Efeu (*Hedera helix*), Stechpalme (*Ilex aquifolium*) und Lorbeerkirsche (*Prunus laurocerasus*), deren Beeren Brechdurchfall auslösen können und die sich relativ häufig in den Statistiken der Giftdatenbanken finden. Efeu nimmt in den Wäldern Baden-Württembergs seit den 80er Jahren immer mehr zu. Die Stechpalme hat stabile Bestände im Rheingraben aufgebaut. Das potentielle Verbreitungsgebiet erstreckt sich über Baden-Württemberg, Franken, nahezu ganz West- und Nordwestdeutschland bis in Teile Mitteldeutschlands. Die burgundische Pforte und der Rheingraben sowie das Donautal sind ebenso Einfallstore für Wärme liebende **Insekten** und andere **Gliederfüßer**. Inwieweit sich auf diesem Wege südeuropäische Skorpione (*Euscorpis spp.*) nach Baden-Württemberg ausbreiten können, ist momentan ungewiss. Außer den Folgen von lokalen Stichreaktionen, vergleichbar mit Wespenstichen, haben sie keine medizinische Bedeutung. Bezüglich heimischer stechender und blutsaugender Insekten oder der ebenfalls Hautentzündungen hervorrufenden Herbstmilbe (*Neotrombicula autumnalis*) weitet sich mit Verlängerung der Sommer- und Herbstperiode die mögliche Expositionszeit aus. Ebenso ist auch zu bisher atypischen Zeiten am Jahresende noch mit **Pilzvergiftungen** zu rechnen.

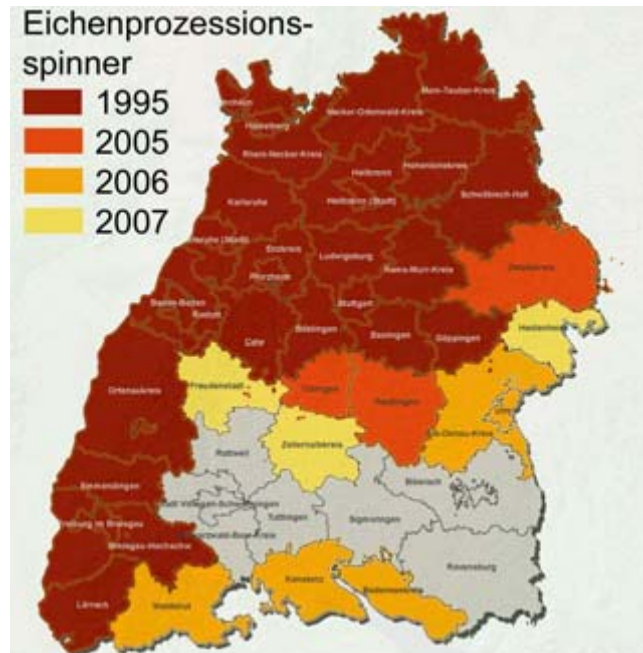
Ernsthaftere Probleme bereiten **Schmetterlingsraupen mit giftigen Brennhaaren** infolge der seit Mitte der 1990er Jahre beobachteten Massenvermehrungen von

**Handlungsfeld Gesundheit**

Eichenprozessionsspinnern (*Thaumetopoea processionea*), Schwammspinnern (*Lymantria dispar*) und vom Goldafter (*Euproctis chrysorrhoea*). Der Eichenprozessionsspinner hat sukzessive den größten Teil Baden-Württembergs mit Ausnahme höher gelegener Regionen des Raums Schwarzwald-Baar-Heuberg / Alb / Oberschwaben / Westallgäu erfasst, was sich auch weitgehend mit dem Verbreitungsgebiet der Eiche deckt (Abb. 1-10).

**Abb. 1-10: Ausbreitung des Eichenprozessionsspinners (nach Meldungen der Waldschutz-Dienststellen - Abb. aus Petercord 2008)**

Seit 2007 hat sich das Verbreitungsgebiet nicht mehr wesentlich erweitert. Zusätzlich wurden 2005 einzelne Anfragen bei den Gesundheitsämtern Rottweil, Schwarzwald-Baar-Kreis und Biberach verzeichnet (unveröffentlichte Erhebung des Ministeriums für Arbeit und Soziales BW).



Dieser Aspekt stellt besonders in dicht besiedelten urbanen Gebieten ein hygienisches Problem dar, weshalb wiederholt Bekämpfungsmaßnahmen erforderlich sind. Neues Konfliktpotential erwächst möglicherweise aus einer klimaassoziierten Ausweitung der Eichenbestände im Erholungsraum Schwarzwald, während im heute teilweise stärker befallenen Rheintal nach den Klimaszenarien ab 2050 gar keine Eichen mehr angebaut werden können. Nicht auszuschließen ist die Einschleppung oder Zuwanderung des ähnliche hygienische Probleme in Südeuropa bereitenden Pinienprozessionsspinners (*Thaumetopoea pityocampa*). Dessen geschlossenes Verbreitungsgebiet erreicht mittlerweile den Genfer See, Dijon und das Pariser Becken mit einem Pilotherd im elsässischen Obernai 21 km westlich der Landesgrenze bei Offenburg.

Seit den 1980er Jahren wurde in der süddeutschen Presse öfter über juckende Hautausschläge nach dem Baden in Seen berichtet. Ursache dieser Badedermatitis ist der Befall mit **Zerkarien**, freischwimmenden Larven von Saugwürmern (*Trichobilharzia*-Arten), die in Wasservögeln (meist Enten) parasitieren. Schlamm Schnecken dienen als Zwischenwirte für die aus den Wurmeiern schlüpfenden Wimpernlarven, aus denen sich in

### Handlungsfeld Gesundheit

den Schnecken über weitere Zwischenstufen die Zerkarien entwickeln. Diese suchen wieder Enten als Endwirte auf. Der Mensch stellt in diesem Kreislauf nur einen Fehlwirt dar. Höhere Wassertemperaturen fördern die Entwicklung der Zerkarien sowie eine Eutrophierung der Gewässer und damit das Nahrungsangebot für die Schnecken.

Ein weiteres klimarelevantes Handlungsfeld ergibt sich infolge der Besiedelung von nährstoffreichen (meso- bis hypertrophen) Weihern und Seen mit giftigen **Cyanobakterien** (Blaualgen). Die von ihnen produzierten Toxine sind vor allem für Fische, Zooplankton, Wasservögel und ufernah stehende Weidetiere ein Problem, können aber auch die menschliche Gesundheit beim Baden sowie die Trinkwassernutzung gefährden.

#### Kernaussagen:

- Die Klimaveränderung begünstigt die Ausbreitung einiger Wärme liebender Pflanzen und Tiere, deren Auftreten eine Gesundheitsgefahr bildet.
- Eine verlängerte Vegetationsperiode führt zu einer verlängerten Allergenexposition zum Nachteil von sensibilisierten Personen.
- Die Temperaturerwärmung begünstigt neben anderen Faktoren Ausbreitung und Wachstum von parasitären Wasserbewohnern und Cyanobakterien in Badeseen, die zu einer Gefahr für die Gesundheit der Badenden werden können.

## 1.4 Luftschadstoffe

Gesundheitlich relevante Luftschadstoffe, bei denen ein Zusammenhang mit Klimaänderungen diskutiert wird, sind Ozon, Feinstäube und Stickoxide. Während hohe **Ozonkonzentrationen** vor allem an heißen Tagen in den Sommermonaten auftreten, kommen erhöhte **Feinstaub**immissionen insbesondere in der kalten Jahreszeit bei austauscharmen Wetterlagen (Inversion) vor. Die Konzentration der **Stickoxide** ist generell in den Wintermonaten höher als im Sommer. Stickstoffdioxid ist aber auch ein Vorläuferstoff für die Bildung von Ozon; unter UV-Einstrahlung werden aus Stickstoffdioxidmolekülen Sauerstoffatome abgespalten, die mit dem Luftsauerstoff unter Bildung von Ozon reagieren. Die Immissionen der genannten Luftschadstoffe sind einerseits von meteorologischen Faktoren abhängig und können dadurch auch von Klimaänderungen beeinflusst werden. Andererseits sind für die Konzentrationen dieser Luftschadstoffe zu einem großen Teil die anthropogenen Emissionen der Schadstoffe selbst (Stickoxide und Feinstaub) bzw. die Emissionen von Ozonvorläuferstoffen (Stickoxide, flüchtige Kohlenwasserstoffe (VOC)) verantwortlich. Welche Einflüsse dabei überwiegen, ist daher in starkem Maß von der weiteren Entwicklung der Luftreinhaltemaßnahmen abhängig.

### Handlungsfeld Gesundheit

Am häufigsten traten in Baden-Württemberg Ozon-Spitzenkonzentrationen im nördlichen Rheintal (Mannheim, Karlsruhe, Eggenstein) auf. Die höchsten Feinstaub- und Stickstoffdioxidkonzentrationen sind in Baden-Württemberg in den verdichteten Gebieten in Verkehrsnähe zu finden.

Alle drei Luftschadstoffe haben ein ähnliches Wirkungsprofil. Da sie oft zusammen auftreten, ist eine Zuordnung von Krankheitssymptomen zu den einzelnen Schadstoffen schwierig. Weil die Ozonkonzentrationen meist auch während des Auftretens von Hitzewellen erhöht sind, lassen sich hitzebedingte und ozonbedingte Gesundheitseffekte ebenfalls nicht ohne weiteres trennen. Die drei Luftschadstoffe führen sowohl zu Effekten im Bereich der Atemwege als auch zu Wirkungen auf das Herz-Kreislauf-System. Während bei Ozon die Atemwegseffekte dominieren, stehen bei den Feinstäuben die Herz-Kreislauf-Effekte stärker im Vordergrund. Dabei lassen sich sowohl Einflüsse auf die Morbidität als auch auf die Mortalität erkennen. Erhöhte Ozonkonzentrationen wurden in der Vergangenheit vor allem im nördlichen Rheintal gemessen (LUBW). Im Sommer 2003 traten flächendeckend erhöhte Ozon-Konzentrationen in Baden-Württemberg auf, zum Teil wurde die Alarmschwelle von  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  überschritten. Aktuelle Untersuchungen zum Ausmaß der gesundheitlichen Wirkungen der Luftschadstoffe in Baden-Württemberg liegen nicht vor; hier müssen zur Abschätzung der gesundheitlichen Wirkungen die Ergebnisse aus anderen groß angelegten Kohortenstudien auf die Situation in Baden-Württemberg übertragen werden.

**Biomasse-Verbrennung:** Ungefähr 20 % der  $\text{CO}_2$ -Emissionen in Baden-Württemberg sind der Raumheizung und der Warmwassererzeugung in privaten Wohnungen geschuldet. Um die Emissionen von Kohlendioxid im Wohnungssektor zu reduzieren, wird neben einer verbesserten Wärmedämmung von Wohnungen die verstärkte Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen, insbesondere auch von Holz, als Energieträger propagiert, da deren  $\text{CO}_2$ -Emissionen als klimaneutral angesehen werden. Gegenwärtig werden ca. 3 Mio.  $\text{m}^3$  Holz pro Jahr in Baden-Württemberg in privaten Haushalten überwiegend in Kleinf Feuerungsanlagen verbrannt. Diese Art der Verbrennung ist jedoch gegenwärtig mit hohen Emissionen von Feinstäuben und anderen Luftschadstoffen verbunden. Im Hinblick auf die Gesundheit des Menschen müssen bei der verstärkten Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen als Brennstoff die dabei entstehenden Emissionen und Immissionsbelastungen berücksichtigt werden.



**Handlungsfeld Gesundheit****Kernaussagen:**

- Erhöhte Ozonkonzentrationen kommen meistens im Sommer, erhöhte Stickoxid- und Feinstaubkonzentrationen überwiegend im Winter zustande.
- Das Auftreten dieser Luftschadstoffe hängt nicht nur von klimatischen Faktoren, sondern in starkem Maße von der weiteren Entwicklung der anthropogenen Emissionsquellen ab.
- Da diese Luftschadstoffe häufig gemeinsam auftreten und mit besonderen meteorologischen Bedingungen assoziiert sind, lassen sich die gesundheitlichen Effekte nicht ohne weiteres den Einzelfaktoren zuordnen.
- Die zunehmende Installation von Heizanlagen zur Verbrennung von nachwachsenden Energieträgern kann zu einer zusätzlichen Immissionsbelastung durch Feinstaub führen.

**1.5 UV-Strahlung**

Wettergeschehen und Klima wirken auf vielfältige Weise auf den menschlichen Organismus ein. Der Klimawandel könnte schon in naher Zukunft sowohl unser Freizeitverhalten mit steigender Exposition gegenüber dem Sonnenlicht beeinflussen als auch eine Veränderung der natürlichen UV-Strahlenanteile bewirken. Im Konferenzbericht der internationalen Fachkonferenz „Klimawandel, Extremwetterereignisse und Gesundheit“, abgehalten am 29./30.11. 2010 in Bonn, wird von der Arbeitsgruppe „Strahlung und Lufthygiene“ im Datenblatt „UV-Strahlung“ folgendes vermerkt:

*„Veränderungen des stratosphärischen Ozons (chemisch/dynamisch), der Bewölkung und weiterer atmosphärischer Parameter führen möglicherweise zur Veränderung der UV-Strahlung. Neben diesen eher langfristigen Veränderungen ist auch ein häufigeres Auftreten von so genannten Ozonniedrigereignissen und Ozonminilöchern denkbar, die insbesondere im Frühjahr zu einer kurzfristig stark erhöhten UV-Strahlungsintensität führen können. Hinzu kommt, dass klimatische Veränderungen (z.B. Zunahme von Strahlungs- bzw. Hochdruckwetterlagen mit anhaltendem Sonnenschein, verbesserte thermische Bedingungen) das Expositionsverhalten des Menschen verändern können und eine erhöhte UV-Exposition die Folge sein könnte.“*

UV-Strahlung gehört zu den Umweltfaktoren, die neben einer gesundheitsfördernden (Vitamin D-Bildung) vor allem eine gesundheitsschädigende Wirkung ausüben können. Insbesondere bei der Entstehung von Hautkrebs wird UV-Licht als wichtigste Einflussgröße angesehen. Von internationalen Organisationen (NIEHS, IARC) wird die UV-Strahlung übereinstimmend als karzinogen eingestuft.

Natürliche UV-Strahlung erhöht das Hautkrebsrisiko auch beim Arbeiten im Freien (Außenarbeiten). Im Jahr 2007 hat die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin die Ergebnisse einer Studie veröffentlicht, die auf Messungen der UV-Expositionen von Beschäftigten im Freien beruht. Eine Aussage der Studie lautet „Ständig im Freien Beschäftigte werden im Jahr um das 3,5- bis 5-fache höher UV exponiert als ständig im Gebäude Beschäftigte“.

**Kernaussagen:**

- Die UV-Strahlung kann in Zukunft - ohne direkte Abhängigkeit vom Klimawandel - wegen der Veränderungen der stratosphärischen Ozon-Konzentration ansteigen.
- Auch ohne wesentlich veränderte Intensität der UV-Strahlung ist wegen des zu erwartenden klimabedingt veränderten Freizeitverhaltens mit einer stärkeren UV-Exposition zu rechnen.
- Bei Beschäftigten an Außenarbeitsplätzen muss bei verstärkter Exposition wegen längerer Wärmeperioden mit einer Zunahme von Hautkrebs gerechnet werden.

## **1.6 Innenraumklima**

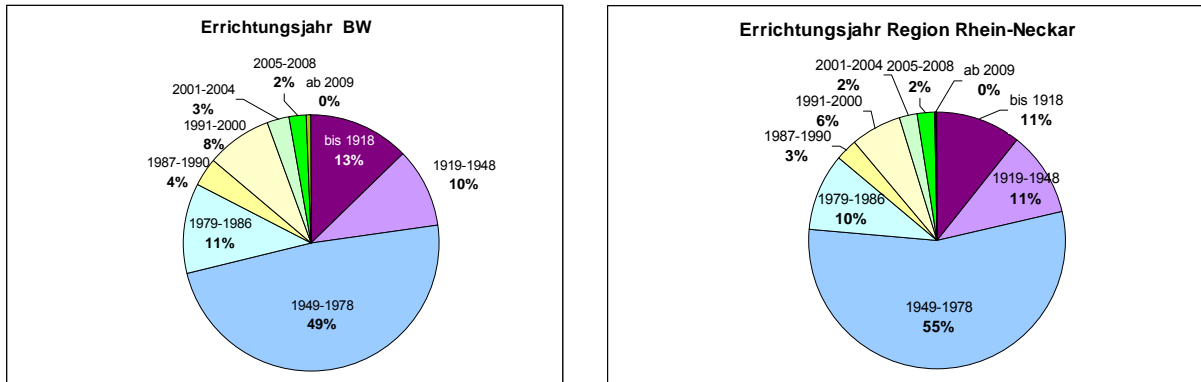
Der Mensch hält sich in unseren Klimazonen die meiste Zeit in Innenräumen auf.

Änderungen des Innenraumklimas, die die Gesundheit der Bewohner beeinflussen, sind aus diesem Grund ebenfalls von Bedeutung und werden im Handlungsfeld Gesundheit betrachtet.

Das Klima in Innenräumen wird wesentlich durch die Raumlufttemperatur, die Luftfeuchtigkeit und den Luftwechsel charakterisiert. Die bauliche Hülle schützt den Innenraum gegenüber den äußeren Witterungseinflüssen; daher sind Temperatur und Luftfeuchtigkeit in den Räumen nicht mehr unmittelbar von der Temperatur und Luftfeuchtigkeit der Außenluft abhängig, sondern werden wesentlich durch die baulichen Verhältnisse wie Gebäudeheizung oder -kühlung, die Gebäudeisolierung, die Dichtigkeit der baulichen Hülle und die Verhältnisse der Sonneneinstrahlung (Fensterflächen, Beschattungsmöglichkeiten) beeinflusst. Von großer Bedeutung für das Innenraumklima ist darüber hinaus das Verhalten der Bewohner (z. B. Lüftungsverhalten, Innenraumaktivitäten, Aufenthaltsdauer) sowie der Einfluss von Schadstoffen, die über die Außenluft in die Wohnung gelangen oder aus Innenraumquellen selbst freigesetzt werden.

Neben den Einflüssen durch Änderungen der äußeren Faktoren müssen daher insbesondere die Einflüsse aus der baulichen Situation in den Wohngebäuden berücksichtigt werden. In Baden-Württemberg wurden 23 % der Wohnungen vor 1949 errichtet, 49 % in den Jahren 1949-1978, und 29 % in der Zeit von 1979 bis 2010. Die regionalen Unterschiede sind dabei relativ gering (Abb. 1-11). Der Neubau von Wohnungen ist in den letzten Jahren stark zurückgegangen; wesentliche bauliche Veränderungen sind in den kommenden Jahren vor allem im vorhandenen Wohnungsbestand bei Maßnahmen zum Klimaschutz zu erwarten.

Gegenwärtig trägt die Energie, die für die Heizung und Warmwasserbereitstellung im Wohnungssektor benötigt wird, mit etwa 20 % zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen in Baden-Württemberg bei. Diese Emissionen sollen bis zum Jahr 2050 um 98 % reduziert werden.

**Handlungsfeld Gesundheit**

Graphik 1

Graphik 2

**Abb. 1-11: Jahr der Errichtung von Wohngebäuden in Baden-Württemberg insgesamt und in der Region Rhein-Neckar (Daten: Statistisches Landesamt BW)**

Neben dem verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien soll dies insbesondere durch eine energetische Sanierung der Gebäude erreicht werden. Dies ist durch eine bessere thermische Isolierung der Wände und Decken und eine Abdichtung der Gebäudehülle (dicht schließende Fenster und Türen) zur Senkung des Luftaustausches mit der Umgebung möglich. Diese Maßnahmen können jedoch beträchtliche Auswirkungen auf das Innenraumklima und auf die Innenraumluftqualität haben, die im Zusammenhang mit den Einflüssen des Klimawandels berücksichtigt werden müssen.

Auch eine Beschädigung der Gebäude, z. B. durch Hochwasser oder Starkregen, kann das Innenraumklima nachhaltig negativ beeinflussen. Als Folge einer Durchfeuchtung der Bauwerkshülle und nachfolgend in Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Baumaterials kommt es zu einem Bewuchs mit Schimmelpilzen, was sich dann negativ auf die Gesundheit der Bewohner auswirken kann. Direkte Wirkungen (Ertrinken, Unfälle, Verletzungen) und Katastrophenschutzmaßnahmen (Hochwasservorhersage, Warndienst, Evakuierungsmaßnahmen, Vorhalten von Rettungskapazitäten) sind dagegen nicht Gegenstand dieses Kapitels.

**Kernaussagen:**

- Das Innenraumklima wird neben den äußeren klimatischen Faktoren zu einem wesentlichen Teil durch die baulichen Gegebenheiten beeinflusst.
- Der Wohnungsbestand in Baden-Württemberg wurde zu ungefähr 70 % vor 1978 errichtet.
- Bei der energetischen Sanierung der Gebäude müssen zur Vermeidung von späteren Schäden auch die voraussichtlichen Klimaänderungen berücksichtigt werden.

**Handlungsfeld Gesundheit****Zusammenhänge mit anderen Handlungsfeldern****Tab. 1-2: Überschneidungen des Handlungsfeldes „Gesundheit“ mit anderen Handlungsfeldern**

Handlungsfeld	Stichworte	Inhalte	Überschneidungen
<b>Wasserwirtschaft</b>	Trinkwasserschutz	Verschmutzungsmöglichkeit, -wahrscheinlichkeit	<b>1</b>
	Hochwasserschutz.	Bebaute Überflutungsgebiete, Wahrscheinlichkeit der Überflutung	
<b>Forstwirtschaft</b>	Vektoren	Zecken, Insekten	<b>1</b>
	Allergie auslösende Pflanzen und Tiere	Ambrosia	
	Toxische Pflanzen und Tiere	Eichenprozessionsspinner; andere Prozessionsspinner	
	Immission von Luftschadstoffen	Biogene VOC (Isoprene, Pinene) als Ozon-Vorläuferstoffe aus Wäldern	
<b>Landwirtschaft</b>	Allergie auslösende Pflanzen und Tiere	Ambrosia in Ackerkultur	<b>1</b>
	Toxische Pflanzen und Tiere	Goldafter im Obstanbau	
	Immission von Luftschadstoffen	Biogene VOC (Isoprene, Pinene) als Ozon-Vorläuferstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen	
<b>Naturschutz und Biodiversität</b>	Brachflächen	Vermehrtes Wachstum Allergie auslösende Pflanzen → Ambrosia	<b>1</b>
	Vektoren	Zecken, Insekten: Einschleppung neuer Pathogene	
<b>Tourismus</b>	Freizeitverhalten	UV-Exposition gesundheitliche Hitzefolgen Ozon-Exposition Vektor-Exposition	<b>2</b>
	Badeseen	UV-Exposition gesundheitliche Hitzefolgen Bade-Dermatitis, Blaualgen	
<b>Infrastruktur, Raum- und Regionalplanung</b>	Erholungswald, Naturparke	Verändertes Freizeitverhalten	<b>3</b>
	Endemiegebiete für saugende Insekten	neue Infektionskrankheiten	
	Verdichtungsgebiete	Wärmeinseln als Gebiete erhöhter Vulnerabilität für bestimmte Bevölkerungsgruppen	
<b>Bevölkerungs- und Katastrophen-schutz</b>	Hitzewellen	Vermehrtes Auftreten von hitzebedingten Krankheits- und Todesfällen	<b>2</b>
<b>Energiewirtschaft</b>	Biomassennutzung und Emission von Feinstaub	Chronisch Kranke (Atemwege) vermehrt gefährdet	<b>1</b>
<b>Wirtschaft</b>	Außenarbeitsplätze	Vermeht Hitze-, Ozon- und UV-Exposition	<b>3</b>
	Innenarbeitsplätze	Vermeht Hitzeexposition Leistungseinbußen	
	Produktionsstätten	Gebäudeisolierung	

3 = deutliche Überschneidung vorhanden; 2 = Überschneidungen vorhanden; 1 = geringe bis keine Überschneidungen

## 2 Wirksame Klimafaktoren

### 2.0 Allgemeines

Schon die aktuellen klimatischen Bedingungen in Mitteleuropa weisen eine erhebliche Variationsbreite auf, auf die sich der menschliche Organismus einstellen muss. Hier sind die durch den Tag-Nacht-Wechsel und die durch die Jahreszeiten bedingten ausgeprägten Variationen der Klimaelemente Temperatur, Niederschlag, Feuchte etc. zu nennen. Auch von Tag zu Tag können natürlicherweise ganz erhebliche Schwankungen in den Maximal-, Minimal- und Tagesmittel-Temperaturen auftreten. Dies gilt auch für die natürlichen Schwankungen der Jahresmitteltemperaturen von Jahr zu Jahr.

Die für das Handlungsfeld mit seinen Teilbereichen wirksamen Klimagrößen bzw. -faktoren und weitere von ihnen beeinflusste Faktoren werden näher untersucht. Hierbei wird zwischen unmittelbar und mittelbar gesundheitsrelevanten Faktoren sowie solchen, die sich speziell auf das Stadtklima auswirken, unterschieden.

Ein Teil der in dieser Arbeit näher vorgestellten Klimafaktoren basiert auf den Ergebnissen der von der LUBW zur Verfügung gestellten Klimaprojektionen. Hintergründe und weiterführende Informationen zur Datengrundlage sind in Kapitel 5.1.1.2 zu finden.

#### 2.0.1 Unmittelbar gesundheitsrelevante Faktoren

- **Allgemeiner Temperaturanstieg:** Die Auswirkungen eines allgemeinen Temperaturanstiegs (höhere Jahrestemperaturen) sind nicht unbedingt nachteilig für den Menschen. Sie verringern auch nicht sein Wohlbefinden. Erst bei Temperaturen über 25°C kann es beim gesunden Menschen zu Beschwerden kommen. Höhere Temperaturen können bei alten und bei körperlich arbeitenden Menschen zu gesundheitsgefährdenden Belastungen des Organismus (Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Dehydrierung, Atemnot, Hitzetod) führen. Statistische Kenngrößen sind die Jahresdurchschnittstemperatur, die Tagesmaximaltemperatur der Sommermonate (Juni, Juli, August), die Anzahl der Tropentage und die Anzahl der Hitzephasen. In der vorliegenden Arbeit wurden zu diesen Kenngrößen nur die Daten für das 85. Perzentil genauer betrachtet. Es sollen die Auswirkungen verdeutlicht werden, wenn ein „worst case“-Szenario angenommen wird.
- **„Gefühlte Temperatur“ (Klima-Michel-Modell):** Das Zusammenspiel der Lufttemperatur, der mittleren Strahlungstemperatur, der Luftfeuchte und der Windgeschwindigkeit bestimmen das Wärmeempfinden eines Menschen. In der

### Handlungsfeld Gesundheit

Arbeitswelt beeinflussen sie die Befindlichkeit und die Arbeitsleistung bei Innen- und Außenarbeiten.

- **Troposphärisches Ozon:** Es reizt bzw. schädigt die Atemwege. Seine Konzentration hängt im Wesentlichen von der seiner Vorläuferstoffe (VOC, NO<sub>x</sub>) und der Intensität der UV-Strahlung bzw. der Sonnenscheindauer, dem Bewölkungsgrad und der Luftfeuchtigkeit ab.
- **Bodennahe UV-Strahlung:** Sie ist photobiologisch hochaktiv. Eine übermäßige Exposition ist vor allem mit einem hohen Hautkrebsrisiko verbunden. Die Strahlungsintensität wird vom Einstrahlungswinkel bzw. der Sonnenhöhe, der Höhe über dem Meeresspiegel, dem Wolkenbedeckungsgrad, der Reflexionscharakteristik der Landschaft, dem Staub- und Aerosolgehalt der Luft, dem Wasserdampfgehalt und dem Zustand der stratosphärischen Ozonschicht bestimmt.

#### 2.0.2 Mittelbar gesundheitsrelevante Faktoren

- **Unwetter mit Starkregen und Überschwemmungen:** Sie führen zur Überlastung von Kläranlagen, Verunreinigung von Oberflächengewässern und Badeseen, Kontamination von Flächen mit Nutzpflanzenanbau und Wohn- bzw. Gewerbegebäuden (meistens Kellerräume) mit infektiösen Erregern und organischen und anorganischen Schadstoffen und durch Feuchtigkeitseintrag in Gebäude zu Schimmelpilzbefall.
- **Verlängerung der Vegetationsperiode:** Eine zunehmende Erwärmung führt zu einer Verlängerung der Vegetationsperiode und damit zu verlängerten Blühphasen. Dies führt zu einer erhöhten Allergenexposition des Menschen z.B. durch Ambrosia-Pollen. Mit einer erheblichen Ausbreitung der mit Ambrosia besiedelten Flächen ist zusätzlich zu rechnen.  
Auch die Infektionsübertragung durch Lebensmittel korreliert mit einem Anstieg der Außentemperatur.
- **Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration:** Neben dem sog. Treibhauseffekt wird in der Luft damit ein „Düngeeffekt“ erreicht, der sich auf das Wachstum der Pflanze auswirkt. Zudem ist für Ambrosia bekannt, dass bei erhöhten CO<sub>2</sub>-Gehalten der Luft die Pollenbildung verstärkt wird.
- **Stratosphärische Ozonschicht:** Ihr Zustand bzw. die Dicke der stratosphärischen Ozonschicht bestimmt im hohen Maße den Anteil der bodennahen für den Menschen relevanten UV-Strahlung. Entscheidend für den Zustand der stratosphärischen Ozonschicht sind neben den jahreszeitlichen Schwankungen der Ozonkonzentration die Konzentrationen der Fluorchlorkohlenwasserstoff-Verbindungen.

**Handlungsfeld Gesundheit**

Eine Erwärmung der Troposphäre im Zuge des Klimawandels würde gleichzeitig zu einer Abkühlung der Stratosphäre führen. Dies könnte die Regeneration der Ozonschicht verzögern und damit die Durchlässigkeit vor allem des den Hautkrebs verursachenden UV-B-Anteils erhöhen.

**2.0.3 Für alle Teilbereiche des Handlungsfelds wirksame Klimakenngrößen:**

- **Jahresdurchschnittstemperatur:** Hier wurden die Daten der von der LUBW zur Verfügung gestellten Klimaprojektionen für das 15. Perzentil, das 50. Perzentil und das 85. Perzentil genauer betrachtet. Es sollte verdeutlicht werden, welche Auswirkungen die Annahme einer optimistischen Entwicklung als untere Schranke im Vergleich zum „worst case“-Szenario als obere Schranke hat. Das 50. Perzentil steht für den Median und beschreibt die Auswirkungen einer mittleren Entwicklung der Klimaänderung.

Die Auswertung der Klimaprojektionen ergab für das 15. Perzentil für die nahe Zukunft bei der Jahresdurchschnittstemperatur einen Wert von 8,7°C. Im Vergleich zur Temperatur im Ist-Zustand ergibt sich hier ein Klimasignal von +0,6°C. Die Auswertung der Klimaprojektionen ergab als Median (50. Perzentil) für die nahe Zukunft einen Wert von 9,6°C. Im Vergleich zur Temperatur im Ist-Zustand ergibt sich hier ein Klimasignal von +1,2°C. Bei Betrachtung des 85. Perzentils liegt die Jahresdurchschnittstemperatur im Szenario der nahen Zukunft bei 10,6°C, was ein Klimasignal von +1,8°C ergibt (vgl. Tabelle 2-1).

Für die ferne Zukunft ergibt sich für das 15. Perzentil eine Jahresdurchschnittstemperatur von 10,4°C, was im Vergleich zum Ist-Zustand ein Klimasignal von +2,2°C zur Folge hat. Für das 85. Perzentil ergab die Auswertung in diesem Szenario eine Jahresdurchschnittstemperatur von 12,8°C. Hieraus ergibt sich ein Klimasignal von +4,0°C (vgl. Tabelle 2-1).

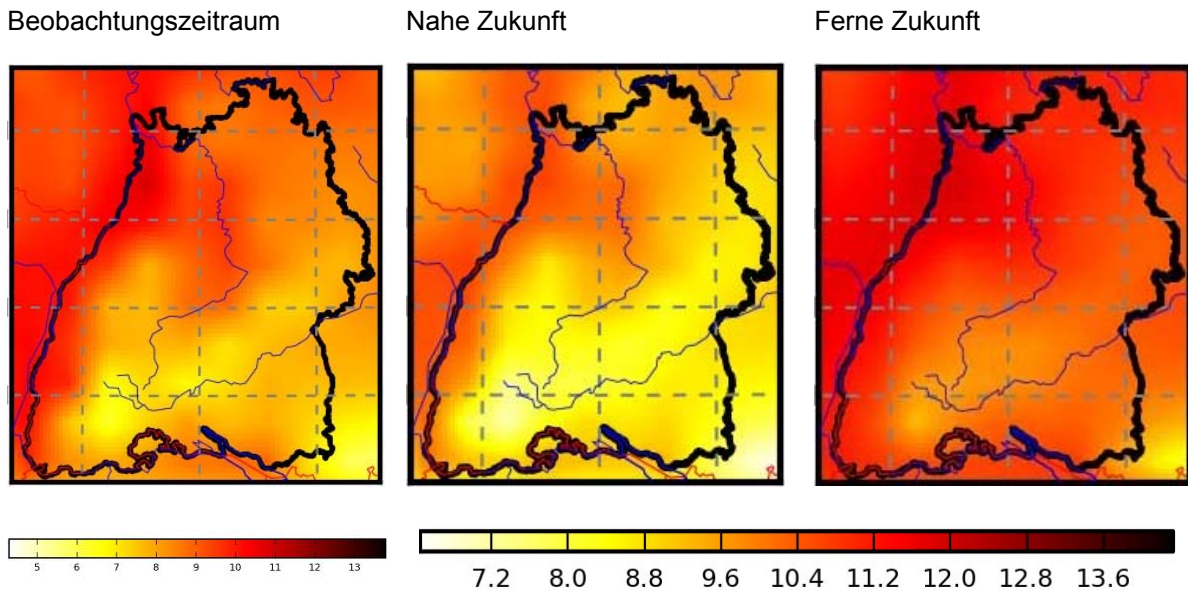
**Tab. 2-1: Ergebnisse der Klimaprojektion für die Jahresdurchschnittstemperatur**  
(Quelle: LUBW 2012)

	Ist-Zustand	nahe Zukunft	Klimasignal absolut	ferne Zukunft	Klimasignal absolut
<b>15. Perzentil</b>	7,6	8,7	0,6	10,4	2,2
<b>50. Perzentil</b>	8,4	9,6	1,2	11,5	3,1
<b>85. Perzentil</b>	9,3	10,6	1,8	12,8	4,0

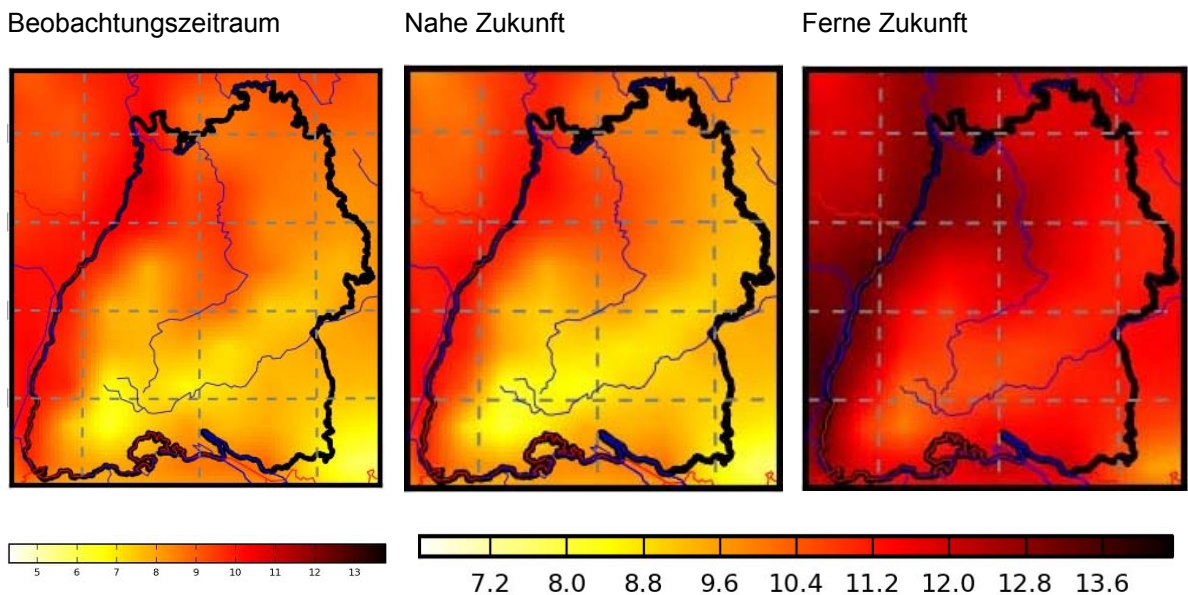
Die folgenden Grafiken (Abb. 2-1 bis 2-3), die auf Basis der Ergebnisse der Klimaprojektion für die Jahresdurchschnittstemperatur, erstellt wurden, veranschaulichen einen möglichen Verlauf der Veränderung der Jahresdurchschnittstemperatur in Baden-

**Handlungsfeld Gesundheit**

Württemberg. Dargestellt werden hierbei die Entwicklung der Jahresdurchschnittstemperatur im Rahmen der beiden Zukunftsszenarien im Vergleich zum Beobachtungszeitraum sowie die Ergebnisse für die untere und obere Schranke der möglichen Klimaänderung.



**Abb. 2-1: räumliche Darstellung der Klimaprojektion (15. Perzentil als untere Schranke) für die Jahresdurchschnittstemperatur (Quelle: LUBW 2012)**

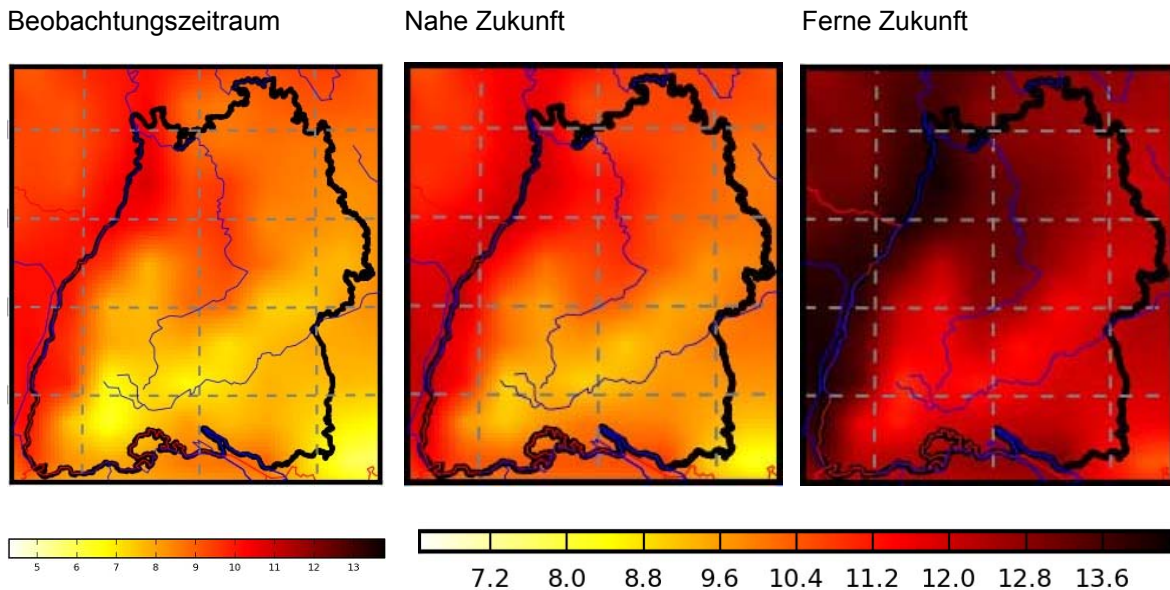


**Abb. 2-2: räumliche Darstellung der Klimaprojektion (50. Perzentil) für die Jahresdurchschnittstemperatur (Quelle: LUBW 2012)**



**Handlungsfeld Gesundheit**

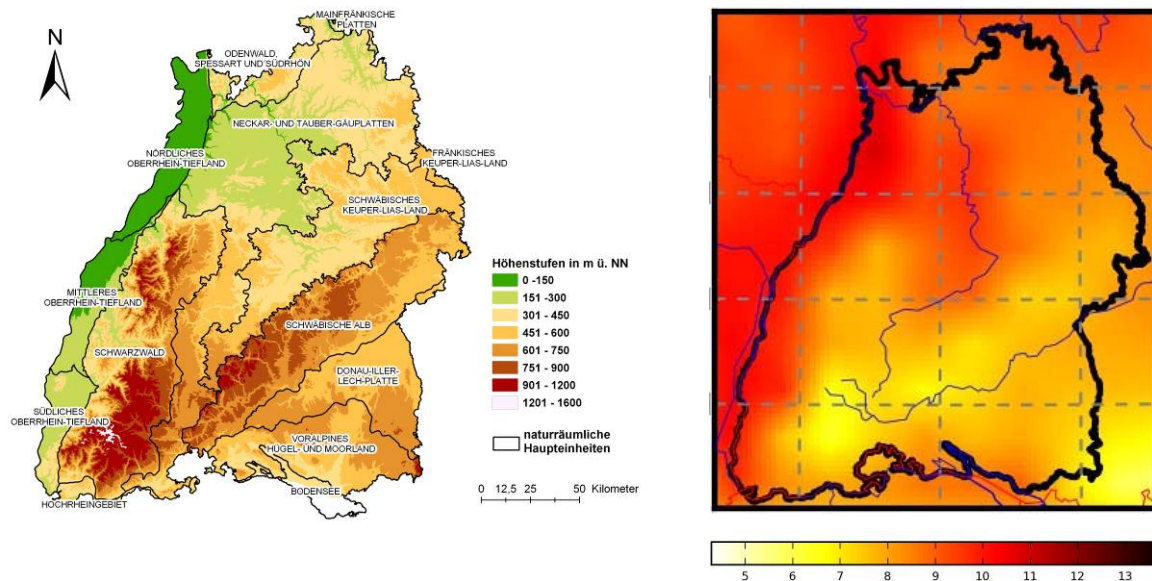
Anhand dieser Grafiken werden auch die räumlichen Unterschiede bei der Lufttemperatur deutlich. Diese ist mit der Höhe korreliert und somit auch alle von ihr abgeleiteten Klimagrößen (z.B. Tropentage, Frosttage, Hitzeperioden etc.). Je 100 m Höhe nimmt die Temperatur um 0,6 - 0,8, maximal 1°C, ab. Dieser Aspekt wird erkennbar, wenn man eine Darstellung der Höhenstufen von Baden-Württemberg gegenüberstellt (Vgl. Abb. 2-4).



**Abb. 2-3: räumliche Darstellung der Klimaprojektion (85. Perzentil als obere Schranke) für die Jahresdurchschnittstemperatur (Quelle: LUBW 2012)**

In diesem Fall wurde exemplarisch die Darstellung des Beobachtungszeitraums gewählt. Es ist ein deutlicher Temperaturgradient zwischen Ost und West zu erkennen, der sich primär aus der Höhenlage (hochgelegene Gebiete im Schwarzwald und Schwäbische Alb, Niederungen im Rheintal und Kraichgau/Neckarbecken) ergibt. Dieses Verteilungsmuster findet sich auch in den Grafiken mit der Temperaturverteilung der Zukunftsszenarien wieder.

Handlungsfeld Gesundheit



Grafik 1

Grafik 2

**Abb. 2-4: Gegenüberstellung der Höhenstufen Baden-Württembergs (Grafik 1) (nach SCHICK, basierend auf Daten des "Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg" (2007)) und der räumlichen Verteilung der Jahresdurchschnittstemperaturen (Beobachtungszeitraum) (Grafik 2) (Quelle: LUBW 2012)**

**Kernaussagen:**

- Die vorliegenden Klimaprojektionen ergeben für Baden-Württemberg einen deutlichen Anstieg der Jahresdurchschnittstemperatur: Für das 85. Perzentil der Temperaturprojektionen nimmt die mittlere Jahrestemperatur in naher Zukunft um 1,8°C, in ferner Zukunft um 4,0°C zu.
- Es bestehen Unterschiede in der räumlichen Verteilung der Klimafaktoren. So nimmt die Temperatur je 100 m Höhe um 0,6 - 1°C ab.
- Niedrig gelegene Gebiete in Baden-Württemberg (Rheinebene, Neckarbecken) sind von besonders hohen Temperaturen betroffen.

**2.1 Temperaturerhöhung, Hitzewellen**

**2.1.1 Hitze allgemein**

Drei Klimafaktoren sind für die Belastung des menschlichen Organismus durch Hitze besonders relevant:

- **Jahresdurchschnittstemperatur:** Diese Größe wurde im vorangegangenen Kapitel bereits ausführlich vorgestellt.
- **Tagesmaximaltemperatur der Sommermonate (Juni, Juli und August):** Die Auswertung der Klimaprojektionen ergab als 85. Perzentil für die nahe Zukunft bei den mittleren Junitemperaturen einen Wert von 17,3°C, bei den Durchschnittstemperaturen der Monate Juli und August ergaben sich Werte von 20,4°C und 20,9°C. Im Vergleich

**Handlungsfeld Gesundheit**

zum Ist-Zustand ergibt sich hiermit für Juni ein Klimasignal von +1,8°C, für die Monate Juli und August ein Klimasignal von +2,0°C bzw. +2,3°C.

**Tab. 2-2: Ergebnisse der Klimaprojektion für die Durchschnittstemperatur im Juni (°C) (Quelle: LUBW, 2012)**

	Ist-Zustand	nahe Zukunft	Klimasignal absolut	ferne Zukunft	Klimasignal absolut
15. Perzentil	14,9	15,6	0,4	17,3	2,2
50. Perzentil	15,3	16,2	0,9	18,7	3,1
85. Perzentil	16,0	17,3	1,8	19,4	3,6

**Tab. 2-3: Ergebnisse der Klimaprojektion für die Durchschnittstemperatur im Juli (°C) (Quelle: LUBW, 2012)**

	Ist-Zustand	nahe Zukunft	Klimasignal absolut	ferne Zukunft	Klimasignal absolut
15. Perzentil	16,3	17,4	0,8	19,2	2,6
50. Perzentil	17,5	18,5	1,2	21,4	3,7
85. Perzentil	18,4	20,4	2,0	23,7	5,0

**Tab. 2-4: Ergebnisse der Klimaprojektion für die Durchschnittstemperatur im August (°C) (Quelle: LUBW, 2012)**

	Ist-Zustand	nahe Zukunft	Klimasignal absolut	ferne Zukunft	Klimasignal absolut
15. Perzentil	15,4	16,7	1,30	18,4	2,9
50. Perzentil	17,1	18,3	1,5	20,5	4,2
85. Perzentil	18,6	20,9	2,3	24,2	5,6

Für die ferne Zukunft ergibt sich für das 85. Perzentil eine durchschnittliche Temperatur von 19,4°C im Juni. Für die Monate Juli und August ergeben sich Temperaturen von 23,7°C bzw. 24,2°C. Im Vergleich zum Ist-Zustand bedeutet dies für Juni ein Klimasignal von +3,6°C, für Juli um +5,0°C und für August einen Anstieg um +5,6°C (Vgl. Tab. 2-2 bis 2-4).

Entsprechende Rasterkarten der Verteilung der Durchschnittstemperatur der Sommermonate Juni, Juli und August in Baden-Württemberg finden sich in Kapitel 5.1.1.2.

- **Hitzephasen:** Hitzephasen werden folgendermaßen definiert: Es handelt sich hierbei um Ereignisse von mindestens 3 Tagen Dauer, an denen das Tagestemperaturmaximum über den gesamten Zeitraum nie unter 30°C sinkt und das Temperaturminimum nicht unter 18°C sinkt. Die Auswertung der Klimaprojektionen ergab als 85. Perzentil für die nahe Zukunft bei der Anzahl der Hitzephasen einen Wert von 1,4. Im Vergleich zum Ist-

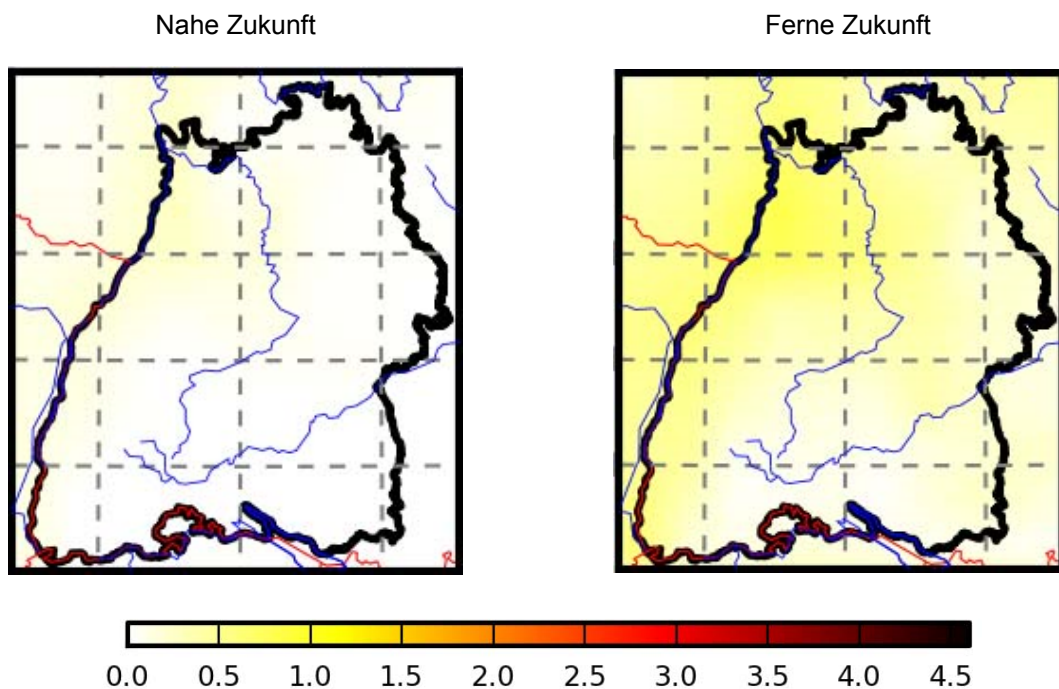
**Handlungsfeld Gesundheit**

Zustand ergibt sich hier ein Klimasignal von +0,7. Für die ferne Zukunft ergeben sich für das 85. Perzentil 3,4 Hitzephasen, was im Vergleich zum Ist-Zustand ein Klimasignal von +2,4 Ereignissen zur Folge hat (Tab. 2-5).

**Tab. 2-5: Ergebnisse der Klimaprojektion für die Anzahl der Hitzephasen pro Jahr**  
(Quelle: LUBW, 2012)

	Ist-Zustand	nahe Zukunft	Klimasignal absolut	ferne Zukunft	Klimasignal absolut
<b>15. Perzentil</b>	0,0	0,1	0,1	0,4	0,3
<b>50. Perzentil</b>	0,2	0,4	0,3	1,6	1,5
<b>85. Perzentil</b>	0,6	1,4	0,7	3,4	2,4

Die folgenden Grafiken (Abb. 2-5 bis 2-7), die auf Basis der Ergebnisse der Klimaprojektion für die Anzahl der Hitzeperioden pro Kalenderjahr erstellt wurden, veranschaulichen einen möglichen Verlauf der Veränderung der Häufigkeit solcher Ereignisse in Baden-Württemberg.



**Abb. 2-5: räumliche Darstellung der Klimaprojektion (15. Perzentil) für die Häufigkeit von Hitzephasen** (Quelle: LUBW 2012)

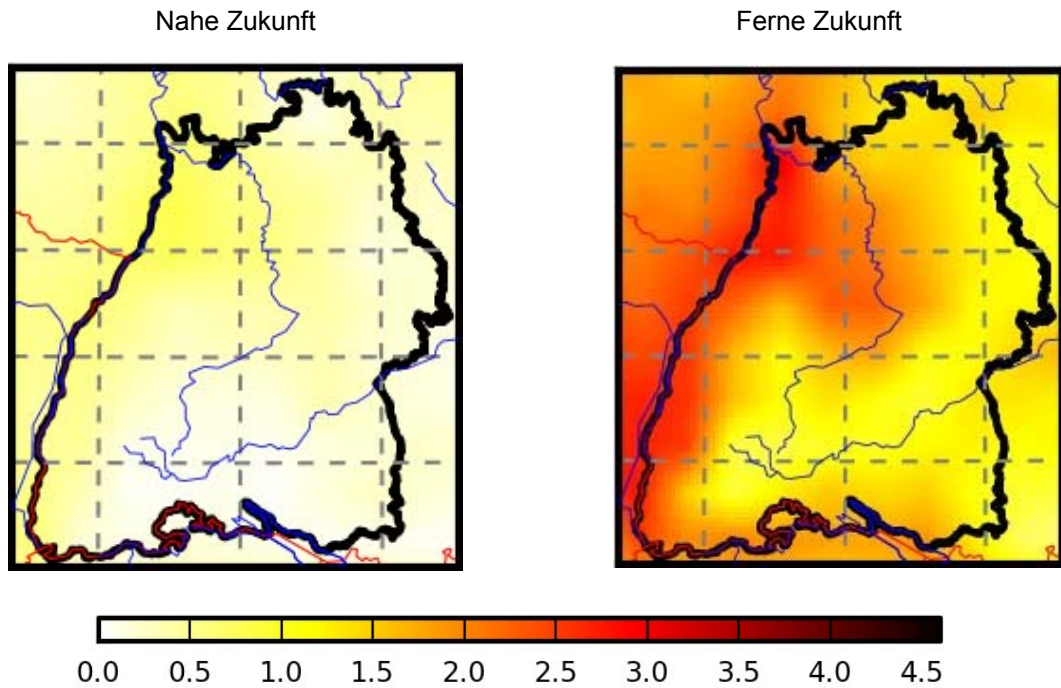


Abb. 2-6: räumliche Darstellung der Klimaprojektion (50. Perzentil) für die Häufigkeit von Hitzephasen (Quelle: LUBW 2012)

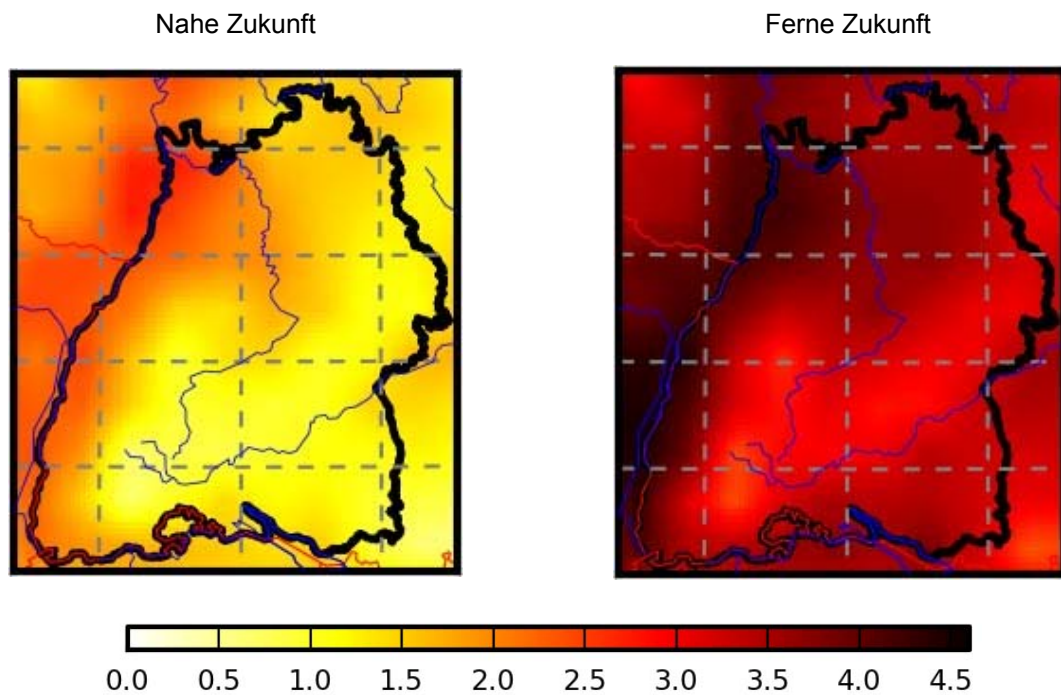


Abb. 2-7: räumliche Darstellung der Klimaprojektion (85. Perzentil) für die Häufigkeit von Hitzephasen (Quelle: LUBW 2012)

## Handlungsfeld Gesundheit

### Kernaussagen:

- Für eine Belastung des menschlichen Organismus durch hohe Temperaturen sind die Faktoren Jahresdurchschnittstemperatur, Tagesmaximaltemperatur der Sommermonate und Hitzephasen relevant.
- Die Betrachtung des 85. Perzentils kann als „worst case“-Szenario zur Planung von Anpassungsmaßnahmen im Sinne der gesundheitlichen Vorsorge dienen.

### 2.1.2 Stadtklima

Für die Betrachtung der Folgen des Klimawandels für Städte sind zusätzlich zur Lufttemperatur noch weitere Klimafaktoren bedeutsam und werden nachfolgend genauer vorgestellt.

- **Gefühlte Temperatur“ (Klima-Michel-Modell):** (Vgl. vorangegangener Abschnitt)
- **Albedo:** Die Albedo ist das Maß für den diffus reflektierten Anteil des eingestrahnten Lichtes. Versiegelte Oberflächen haben eine geringere Albedo als bewachsene Flächen, d.h. dass sie tagsüber weniger Sonnenstrahlung reflektieren und stattdessen Wärme an die Umgebung abgeben. Verschattung und Reflexion von Oberflächen kann die Albedo erhöhen.
- **Abend- und Nachttemperaturen:** Weil Gebäude und Straßen mehr Wärme als das Umland speichern, werden die Maximaltemperaturen später erreicht und die Abendtemperaturen steigen.

Speziell in Städten wird es zu einer Zunahme der nächtlichen Temperaturminima auf über 20°C (Tropennächte) hauptsächlich während der Hitzephasen kommen. Dies kann sich besonders belastend auf die Schlafqualität der Stadtbewohner auswirken und bei fehlender Erholungs- und Abkühlmöglichkeit die gesamte Verfassung verschlechtern.

- **Mittlere Windgeschwindigkeit:** Der Wind wird aufgrund von Barrieren für den Luftabfluss und einer erhöhten Rauheit im Vergleich zur Landschaft der Umgebung gebremst und vertikal verwirbelt. Die mittlere Windgeschwindigkeit sinkt, aber es gibt mehr Böen und Turbulenzen. Dies führt insgesamt zu einer Temperaturerhöhung.
- **Relative Luftfeuchtigkeit:** Sie gibt das Verhältnis des Wasserdampfgehaltes der Luft zum bei jeweils herrschender Lufttemperatur maximal möglichen Gehalt in Prozent an. Sie beeinflusst den Wärmehaushalt und das Wohlbefinden des Menschen, weil sie die Verdunstung des Schweißes zur Wärmeabgabe behindern kann (Schwüleempfinden). Die relative Luftfeuchtigkeit fällt bei höheren Temperaturen ab. Wenn es aufgrund der Versiegelung und fehlender Bepflanzung fast keine Verdunstung gibt, verringert sich auch die absolute Luftfeuchtigkeit.

**Handlungsfeld Gesundheit**

- **Extremereignisse:** Stürme, Starkregen und Hagel erhöhen das Schadenrisiko und beschädigen Infrastrukturen und Gebäude. Sie haben damit einen entscheidenden Einfluss auf die Existenz und das Wohlbefinden von Menschen in Städten.
- **Anzahl der Tropentage:** Unter Tropentag ist ein Tag zu verstehen, an dem das Temperaturmaximum bei mindestens 30 °C oder darüber liegt. Die nachfolgenden Grafiken basieren auf der Modellierung der Anzahl der Tropentage pro Kalenderjahr. Die Auswertung der Klimaprojektionen ergab für das 85. Perzentil für die nahe Zukunft bei der Anzahl der Tropentage pro Kalenderjahr einen Wert von etwa 26 Tagen. Im Vergleich zum Ist-Zustand ergibt sich hier ein Klimasignal von ca. +9 Tagen. Für die ferne Zukunft ergeben sich für das 85. Perzentil ca. 50 Tropentage, was im Vergleich zum Ist-Zustand ein Klimasignal von ca. +31 Tagen zur Folge hat (vgl. Tabelle 2-6).

**Tab. 2-6: Ergebnisse der Klimaprojektion für die Anzahl der Tropentage pro Jahr**  
(Quelle: LUBW, 2012)

	Ist-Zustand	nahe Zukunft	Klimasignal absolut	ferne Zukunft	Klimasignal absolut
<b>15. Perzentil</b>	1,0	2,4	0,9	5,9	5,0
<b>50. Perzentil</b>	3,6	6,6	2,5	24,0	19,4
<b>85. Perzentil</b>	15,6	25,7	9,1	49,2	31,3

Die Auswertung der Klimaprojektionen ergab als 85. Perzentil für die nahe Zukunft bei der Anzahl der Hitzephasen einen Wert von 1,4. Im Vergleich zum Ist-Zustand ergibt sich hier ein Klimasignal von +0,7. Für die ferne Zukunft ergeben sich für das 85. Perzentil 3,4 Hitzephasen, was im Vergleich zum Ist-Zustand ein Klimasignal von +2,4 Ereignissen zur Folge hat (Vgl. Tabelle 2-5). Obwohl für diesen Klimafaktor eine hohe Richtungssicherheit besteht, sind die Projektionen dennoch nur eingeschränkt verwendbar. Dies gilt auch für die Anzahl der Sommertage. Das liegt daran, dass die Streuung der modellierten Werte sehr hoch ist und die Ergebnisse der regionalen Klimasimulationen keine kleinräumliche Betrachtung erlauben. Die Darstellung der Projektionswerte (also auch eine regionale Betrachtung und Auswertung) sollte daher nicht feiner als in einem 25 km<sup>2</sup> Raster erfolgen. Eine solche Rasterbox enthält aber sehr unterschiedliche Höhenlagen und kleinräumige klimatische Variabilitäten, die nicht realitätsnah wiedergegeben werden können. Stattdessen sind die Klimakennwerte in den Rastern sehr grob zusammengefasst.

Die Zunahme der heißen Tage, also der Tage, die bei entsprechender Luftfeuchtigkeit mit einer Wärmebelastung für die Bevölkerung einhergehen können, auf mehr als das Doppelte, ist klar zu erkennen. Während im Beobachtungszeitraum für den Raum

### Handlungsfeld Gesundheit

Stuttgart Modellwerte von ungefähr 20 Tropentage im Jahr simuliert wurden, können es in der nahen Zukunft um die 32 Tage und in der fernen Zukunft durchschnittlich um 52 Tage sein. Da im Hitzejahr 2003 an einer Messstation in Stuttgart-Mitte tatsächlich 43 Tropentage verzeichnet wurden, erscheinen diese Werte plausibel.

- **Anzahl der Tropennächte:** Die simulierte Anzahl der Tropennächte ist als klimatische Kennzahl leider nicht stichhaltig, weil die Ergebnisse der Klimaprojektionen für diesen Kennwert noch unterschiedlicher sind. Allerdings besteht auch hier eine hohe Richtungssicherheit, sodass man von deren Zunahme in der Zukunft ausgehen kann. Die mangelnde nächtliche Abkühlung ist aber für das Stadtklima aufgrund der Ausbildung des Hitzeinseleffektes von überragender Bedeutung.
- **Hitzephasen:** Dieser Faktor ist im vorangegangenen Kapitel bereits ausführlich vorgestellt worden.

Über diese allgemeingültigen Klimafaktoren hinaus, sollten hier auch die speziell in Städten wirksamen Faktoren dargestellt werden. Die Ausbildung einer städtischen Hitzeinsel kann den Einfluss von Hitze verstärken. Deren Intensität wiederum hängt unter anderem von der Stadtgröße, Bevölkerungsdichte und Oberflächenstruktur ab (Oke, 1973). Aber nicht nur der Klimafaktor Temperatur ist in einer Stadt gegenüber der umgebenden Landschaft verändert. Es liegen niedrigere Luftfeuchtigkeiten und Windgeschwindigkeiten, aber auch veränderte Strahlungsflüsse vor (siehe Kap. 1 Handlungsfeld).

Speziell in den Städten wird es zu einer Zunahme der nächtlichen Temperaturminima von über 20°C (Tropennächte) hauptsächlich während der Hitzephasen kommen. Dies kann sich besonders belastend auf die Lebensqualität der Stadtbewohner in besonders verdichteten Gebieten auswirken.

Darüber hinaus ist hier auch speziell noch einmal auf Extremereignisse hinzuweisen. Insbesondere in stark verdichteten Städten können extremen Starkregen, Überschwemmungen und Stürme verheerende Folgen für die Gesundheit der Bevölkerung haben.

#### Kernaussagen:

- Die Hitzebelastung ist in stark versiegelten Stadtgebieten besonders groß.
- Generelle Trends der Klimaentwicklung gelten für Städte in besonderem Maße. Hier wird die Anzahl der Tropentage und die Anzahl der Hitzephasen ohne nächtliche Abkühlung als Maß für die Hitzebelastung verwendet.
- Das Stadtklima ist starken kleinräumigen Veränderungen unterworfen. Extreme Wetterereignisse können sich in Städten besonders negativ auf die Gesundheit auswirken.



### 2.1.3 Arbeitsleistung, Befindlichkeit

Für die Beschäftigten in Betrieben, insbesondere die Außenarbeitenden, bestehen zwar grundsätzlich die gleichen Klimabedingungen, nur können sie ihnen weniger ausweichen bzw. ihre Arbeit daran anpassen. Neben den Durchschnittstemperaturen sind hier insbesondere die Maximaltemperaturen und die Durchschnittstemperaturen im Sommer entscheidend für die Hitzebelastung. Andere Klimafaktoren sind z.B. Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit, die die Befindlichkeit (Schwüleempfinden) und Arbeitsleistung besonders einschränken können.

**Kernaussage:**

- Für die Befindlichkeit und Arbeitsleistung spielen neben den Temperaturen insbesondere die Klimafaktoren Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit eine wichtige Rolle.

## 2.2 Infektionserreger, Vektoren

Klimafaktoren, die für die Ver- und Ausbreitung von Infektionserregern und ihren Vektoren relevant sind:

- **Temperatur / Wärmesumme** (vgl. Abb. 2-1 bis 2-4):

Die Entwicklungsgeschwindigkeit von Arthropoden als ektotherme Organismen (Organismen, deren Körpertemperatur von der Umgebung bestimmt ist) ist direkt abhängig von der Temperatur, und hier in erster Linie von der Wärmesumme. Hierbei gibt es artspezifische Unterschiede. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass steigende Temperaturen die Entwicklungsgeschwindigkeiten erhöhen und die Generationenfolge verkürzen, sofern weitere Klimafaktoren (Niederschläge, Hitzephasen, Überschwemmungen, Frosttage) dem nicht entgegenwirken. Höhere Temperaturen können bei Zecken zu einer später eintretenden Winterpause und einem früheren Aktivitätsbeginn (ab ca. 8 °C Lufttemperatur) führen.

Die Infektionsübertragung über Lebensmittel ist von vielen Einflussfaktoren abhängig. In der Literatur ist bisher für die Auswirkungen des Klimawandels nur eine Korrelation zur Erhöhung der Außentemperatur beschrieben worden.

- **Mittlere Jahresniederschlagsmenge:**

Die Auswertung der Klimaprojektionen ergab für das 15. Perzentil für die nahe Zukunft bei der Niederschlagssumme im Jahr einen Wert von 922 mm. Im Vergleich zur Niederschlagssumme im Ist-Zustand ergibt sich hier ein Klimasignal von -92,4 mm. Die Auswertung der Klimaprojektionen ergab als Median (50. Perzentil) für die nahe Zukunft

**Handlungsfeld Gesundheit**

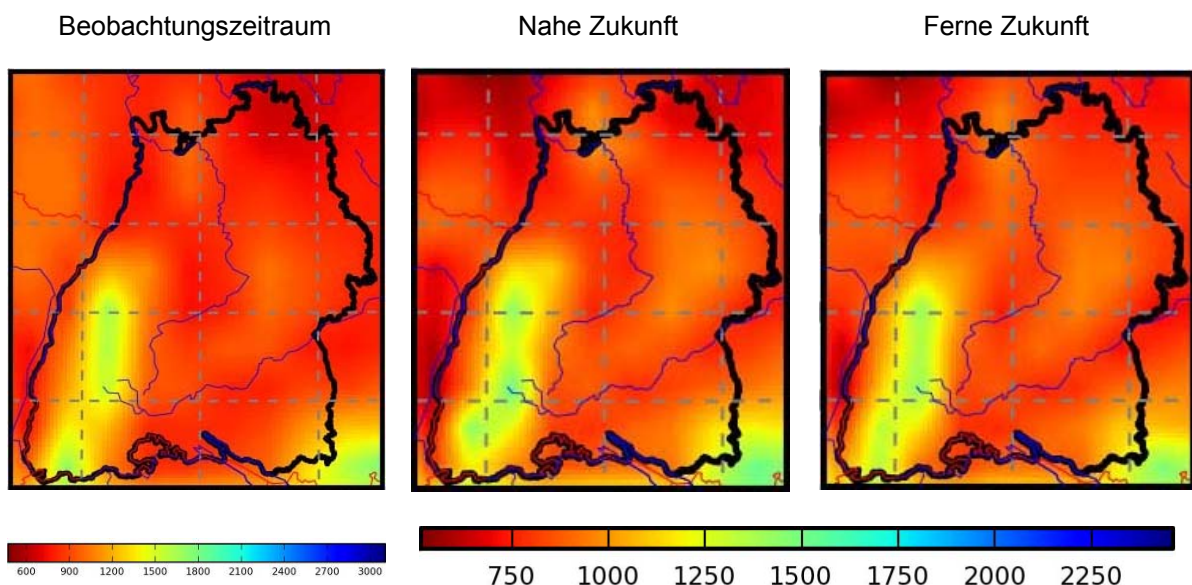
einen Wert von 1113,3 mm. Im Vergleich zur Niederschlagssumme im Ist-Zustand ergibt sich hier ein Klimasignal von +29,7 mm. Bei Betrachtung des 85. Perzentils liegt die jährliche Gesamtniederschlagssumme im Szenario der nahen Zukunft bei 1319,5 mm, was ein Klimasignal von +164,8 mm ergibt (vgl. Tab. 2-8).

Für die ferne Zukunft ergibt sich für das 15. Perzentil eine jährliche Gesamtniederschlagssumme von 934,4 mm, was im Vergleich zum Ist-Zustand ein Klimasignal von -150,4 mm zur Folge hat. Für das 85. Perzentil ergab die Auswertung in diesem Szenario eine Niederschlagssumme von 1426,4 mm. Hieraus ergibt sich ein Klimasignal von +174,4 mm (vgl. Tab. 2-8).

**Tab. 2-7: Ergebnisse der Klimaprojektion für die Niederschlagssumme (mm) im Jahr**  
(Quelle: LUBW, 2012)

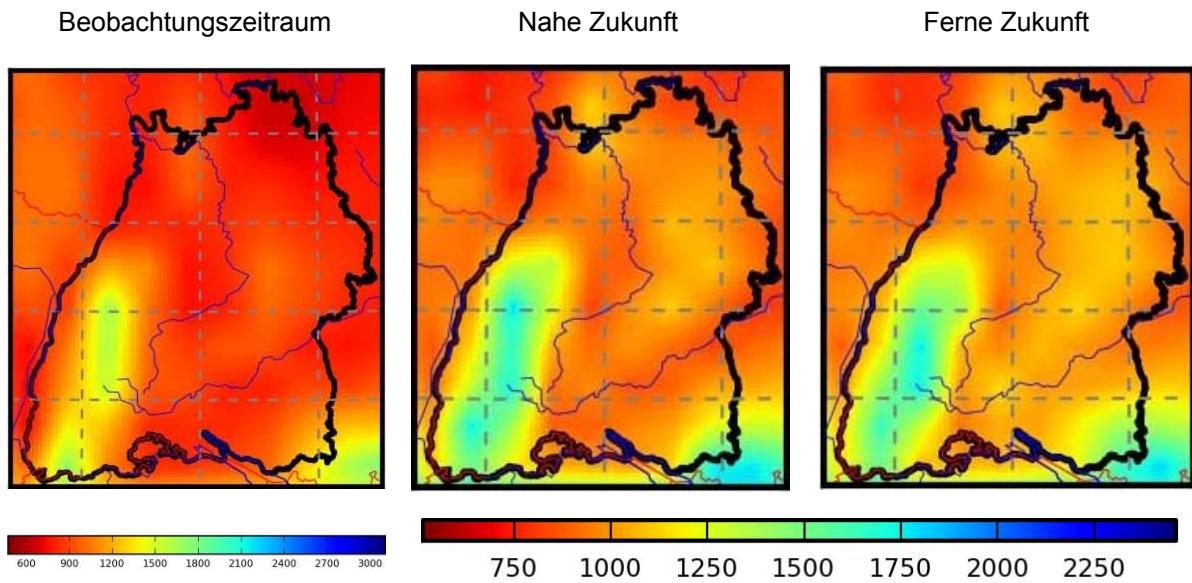
	Ist-Zustand	nahe Zukunft	Klimasignal absolut	ferne Zukunft	Klimasignal absolut
<b>15. Perzentil</b>	927,1	922,2	-92,4	934,4	-150,4
<b>50. Perzentil</b>	1060,3	1113,3	29,7	1144,6	23,9
<b>85. Perzentil</b>	1272,1	1319,5	164,8	1426,4	174,4

Die folgenden Grafiken (Abb. 2-8 bis 2-10), die auf Basis der Ergebnisse der Klimaprojektion für die jährliche Gesamtniederschlagssumme erstellt wurden, veranschaulichen einen möglichen Verlauf der Veränderung der Niederschlagssumme in Baden-Württemberg. Dargestellt wird hierbei die Entwicklung im Rahmen der drei Zeitszenarien sowie der „klimatischen Leitplanken“.

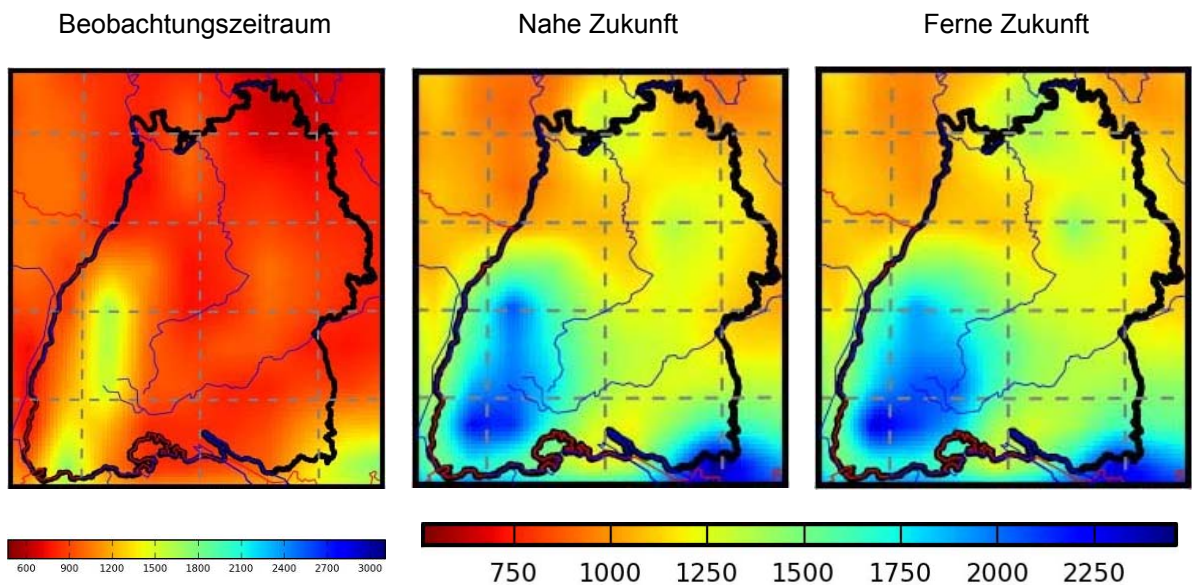


**Abb. 2-8: räumliche Darstellung der Klimaprojektion (15. Perzentil) für die Niederschlagssumme im Jahr** (Quelle: LUBW 2012)

**Handlungsfeld Gesundheit**



**Abb. 2-9: räumliche Darstellung der Klimaprojektion (50. Perzentil) für die Niederschlagssumme im Jahr (Quelle: LUBW 2012)**



**Abb. 2-10: räumliche Darstellung der Klimaprojektion (85. Perzentil) für die Niederschlagssumme im Jahr (Quelle: LUBW 2012)**

Anhand dieser Grafiken werden auch die räumlichen Unterschiede bei der Verteilung der jährliche Gesamtniederschlagssumme deutlich. Für die Niederschlagsverteilung ist die Lage der Höhenzüge zur Hauptwindrichtung der ausschlaggebende Faktor. In Baden-Württemberg wirkt sich am stärksten der Schwarzwald sowohl mit seiner Nord-Süd-Ausrichtung, als auch mit seiner Höhe aus. An der Luv-Seite der Berge (windzugewandt), in diesem Fall der westlichen Seite, kommt es durch die erzwungene

**Handlungsfeld Gesundheit**

Hebung der Luft verstärkt zur Wolkenbildung und Niederschlägen. Im Gegensatz hierzu kommt es auf der Lee-Seite der Berge zu einem Absinken der Luftmassen, wobei sich die Wolken auflösen und relativ trockene Gebiete entstehen (siehe Abb. 2-8 bis Abb. 2-10 und Abb. 2-4 Grafik 1).

Die mittlere Jahresniederschlagsmenge ist für die Prognose der künftigen Verbreitung der Vektoren und die Ansiedlung exotischer Vektoren nur bedingt aussagekräftig. Zwar benötigen Arthropoden eine hohe relative Luftfeuchtigkeit für ihre Entwicklung, aber diese kann auch in Mikrohabitaten wie in beschattetem Waldboden oder kleinen Brutrupeln gegeben sein.

- **Extremwetterereignisse, Überschwemmungen:** Hierdurch können sowohl neue Bruthabitate für Mücken geschaffen werden, aber auch ausgelöscht werden, wenn Eier und/oder Larven der Vektoren hierbei ausgeschwemmt werden.
- **Hitzephasen:** vgl. Kapitel 2.1.1, Abb. 2-6 und 2-7: Während Hitzeperioden können Brutgewässer trocken fallen und dadurch Mückenpopulationen dezimieren. Thermotolerantere heimische und aus Südeuropa importierte Zeckenarten sind bevorzugt.
- **Frosttage:** Frosttage erhöhen die Wintersterblichkeit von Arthropoden und Nagetieren. Hierbei ist aber nicht nur die absolute Zahl der Frosttage entscheidend, sondern vor allem auch das Ausmaß und die Dauer des Frostes. Auch nur wenige Tage mit strengem Frost können so zu einer deutlichen Dezimierung der Individuen führen. Ein Tag wird als Frosttag definiert, wenn das Temperaturminimum unter 0°C liegt. Die Anzahl der Frosttage pro Kalenderjahr wird ermittelt.

Die Auswertung der Klimaprojektionen ergab für das 85. Perzentil für die nahe Zukunft bei der Anzahl der Frosttage pro Kalenderjahr einen Wert von ca. 86 Tagen. Im Vergleich zum Ist-Zustand ergibt sich hier ein Klimasignal von ca. -10 Tagen. Für die ferne Zukunft ergeben sich für das 85. Perzentil etwa 60 Frosttage, was im Vergleich zum Ist-Zustand ein Klimasignal von ca. -31 Tagen zur Folge hat (vgl. Tab. 2-9).

**Tab. 2-8: Ergebnisse der Klimaprojektion für die Anzahl der Frosttage pro Jahr**  
(Quelle: LUBW 2012)

	Ist-Zustand	nahe Zukunft	Klimasignal absolut	ferne Zukunft	Klimasignal absolut
15. Perzentil	59,0	41,9	-31,3	18,9	-58,7
50. Perzentil	83,6	61,1	-19,5	34,9	-44,1
85. Perzentil	106,5	85,5	-9,7	59,0	-31,3

## 2.3 Allergene, Toxine

### 2.3.1 Allergene

Wirksame Klimafaktoren, die einen direkten Einfluss auf die Allergenexposition haben, sind:

- Die Erhöhung der **Durchschnittstemperatur** (Kap. 2.0, Tab. 2-1 und Abb. 2-1 bis 2-3) und damit die Verlängerung der Vegetationsperiode,
- die Erhöhung der **CO<sub>2</sub>-Konzentration**: Die zunehmende Erwärmung (Erhöhung der Durchschnittstemperatur) führt zu einer Verlängerung der Vegetationsperiode und damit zu verlängerten Blühphasen. Somit ist mit einer stärkeren Exposition zum Beispiel durch Ambrosien-Pollen zu rechnen. Die Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*) wird wegen ihrer besonderen Allergenität als Musterbeispiel gewählt. Der sogenannte Düngeeffekt, der durch eine erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Luft entsteht, wirkt sich auf das Wachstum der Pflanze positiv aus. In Gewächshäusern werden wachstumsfördernde Konzentrationen von 800 - 1000 ppm CO<sub>2</sub> eingestellt (Außenluft z.Z. ca. 360 ppm). Die Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre wird in einigen Szenarien tatsächlich in einer Größenordnung von 560 (doppelte Konzentration der vorindustriellen Zeit 280 ppm) bis 970 ppm im Jahr 2100 gesehen. In diesem Fall würde das Pflanzenwachstum tatsächlich erheblich gefördert. Zudem ist für die Ambrosie bekannt, dass bei erhöhten CO<sub>2</sub>-Gehalten der Luft die Pollenbildung verstärkt wird.

Nach österreichischen Modellrechnungen ist bei einem Temperatur-Anstieg um durchschnittlich 2°C, wie er bis zum Jahre 2050 prognostiziert wird, mit einer Versechsfachung der *Ambrosia*-besiedelten Fläche zu rechnen (RKI-Bericht Klimawandel, 2010).

Die im Folgenden genannten Klimafaktoren können grundsätzlich einen Einfluss auf die Allergenexposition ausüben, ihr Einfluss ist aber schwer zu quantifizieren:

- **Luftfeuchtigkeit**: Eine Erhöhung der Luftfeuchtigkeit begünstigt das Auskeimen von Samen und das Wachstum der Pflanze und kann damit Einfluss auf das Ausmaß der Pollenfreisetzung haben.
- **Extremniederschläge, Überschwemmungen**: Eine Zunahme dieser Ereignisse kann die Ausbreitung von Samen der Ambrosie aus bereits besiedelten Arealen in noch nicht besiedelte Bereiche fördern, so dass sich Bestände ausdehnen oder neu etablieren. Das Ausmaß ist schwer abzuschätzen.

### 2.3.2 Toxine

Für die Entwicklung und Ausbreitung giftiger Pflanzen und Arthropoden sowie deren Aktivität sind prinzipiell die selben Klimafaktoren wirksam, wie schon für Vektoren und allergene

**Handlungsfeld Gesundheit**

Pflanzen in den Kapiteln 2.2. und 2.3.1 genannt (Details siehe dort): Durchschnittstemperatur / Wärmesumme, Länge der Vegetationsperiode, Wintertemperaturen, Zahl der Frosttage, CO<sub>2</sub>-Düngeeffekt, Hitzephassen, Extremwetterereignisse, Menge und jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge.

Für die Entwicklung der Raupen des Pinienprozessionsspinner (*Thaumetopoea pityocampa*) ist neben der Januar-Minimaltemperatur zusätzlich die Wintersonnenstrahlung beziehungsweise Minimalstrahlung bedeutsam, deren Prognose allerdings mit großen Unsicherheiten behaftet ist.

Höhere sommerliche Temperaturen und Sonneneinstrahlung fördern das Wachstum von Algen und giftigen Cyanobakterien in Gewässern. Eine steigende Zahl von Tropennächten (vgl. Kap. 2.1.2) und höherer Wintertemperaturen verstärken diese Tendenz durch Störung der Tiefendurchmischung von Seen. Steigende Gewässertemperaturen beschleunigen ebenso die Entwicklung von Zerkarien. Mehrtägige Schönwetterperioden triggern deren massenhafte Freisetzung aus den als Zwischenwirte fungierenden Schlammschnecken, die nebenbei von verstärktem Algenwachstum profitieren können. Andauernde Hitzephassen mit Austrocknung von Gewässerflächen dezimieren wiederum die Schneckenpopulation.

**Kernaussagen:**

- Die Erhöhung der Durchschnittstemperatur und der CO<sub>2</sub>-Konzentration haben einen direkten Einfluss auf die Allergenexposition.
- Erhöhung der Durchschnittstemperatur führt zu einer Verlängerung der Vegetationsperiode und damit zu einer erhöhten Exposition durch Pollen.

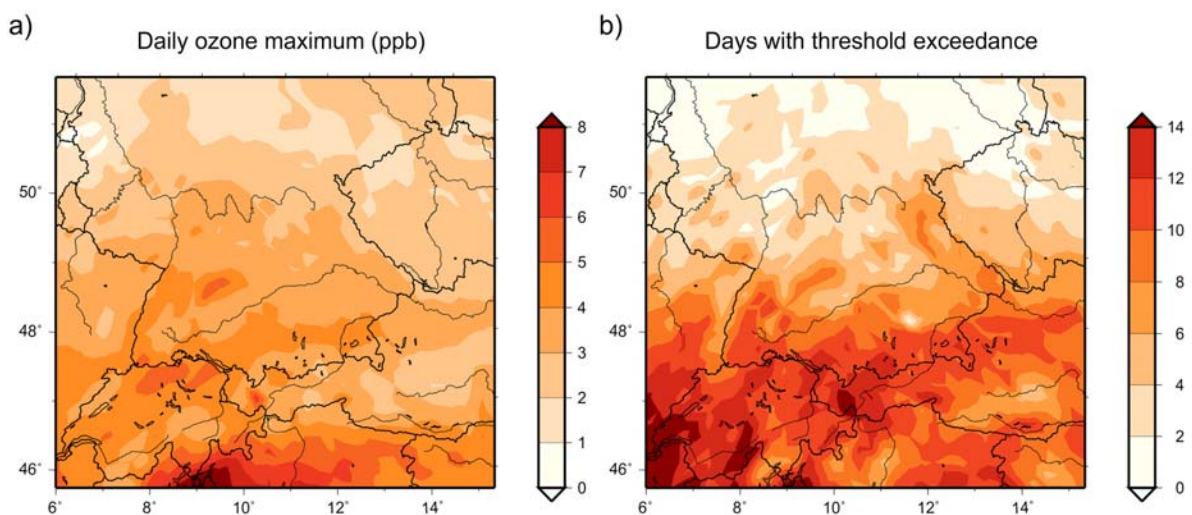
**2.4 Luftschadstoffe**

Der Zusammenhang zwischen Klimaveränderungen und der Konzentration von Luftschadstoffen ist komplex und in ihrem Zusammenwirken nicht so eindeutig. Die verschiedenen Klimafaktoren können dabei gegenläufige Wirkungen besitzen. **Höhere Lufttemperaturen** können sowohl die Bildung als auch den Abbau von Luftschadstoffen beschleunigen. Eine **längere Sonnenscheindauer (Schönwetterperioden)** mit entsprechender **UV-Strahlung** und eine verstärkte Freisetzung von flüchtigen Kohlenwasserstoffen (VOC) durch höhere Lufttemperaturen kann die Bildung von Ozon begünstigen; dagegen führt eine **erhöhte Luftfeuchtigkeit** zu einem schnelleren Ozonabbau. **Trockenperioden** und starke **Windentwicklung** verstärken die Feinstaubfreisetzung, **feuchte Witterung** und **Regen** wirken sich abschwächend aus.

**Handlungsfeld Gesundheit**

Für das troposphärische Ozon wird als Folge der Klimaerwärmung bei unveränderter Konzentration der Vorläuferstoffe eine Konzentrationszunahme erwartet. Allerdings wird die Ozonkonzentration in wesentlich stärkerem Maße von den zukünftigen Emissionen der Vorläuferstoffe (VOC und  $\text{NO}_x$ ) und den meteorologischen Schwankungen beeinflusst. Je nachdem, welche Annahmen für die weitere Emission der Vorläuferstoffe zugrunde gelegt wird, schwanken die Angaben für die zukünftige Entwicklung der Ozonkonzentration zwischen einer Zunahme oder Abnahme im Vergleich zur gegenwärtigen Konzentration.

Für Baden-Württemberg liegt eine Abschätzung vor, die unter Zugrundelegung eines Emissionsszenario zwischen A2 und B2 und einer Temperatursteigerung von  $2^\circ\text{C}$  gegenüber 1990 für das Jahr 2030 eine Zunahme der mittleren Ozonkonzentration (als täglicher maximaler 8-h-Mittelwert) im Bereich von 8 - 12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in den Gebieten um Stuttgart und im Rheintal prognostiziert (siehe Abb. 2-11), wobei aber große Unsicherheiten hinsichtlich der VOC-Konzentrationen bestehen.



**Abb. 2-11: Differenz (a) der Mittelwerte des täglichen Ozon-Maximums und (b) der Anzahl der Tage mit Überschreitungen des Schwellenwertes von  $120\mu\text{g}/\text{m}^3$  für die 8-h-Mittelwerte von 2031-2039 und 1991-2000 für die Monate Juni bis August (Forkel 2006)**

Zu den Emissionen der VOC als Ozonvorläuferstoffe können biogene VOC einen wichtigen Beitrag liefern. Dabei haben land- und forstwirtschaftliche Entwicklungen einen erheblichen Einfluss. Auch die Entwicklungen im Kfz-Bereich (elektrisch angetriebene Fahrzeuge) sind für die Emissionen der Vorläuferstoffe von großer Bedeutung.

Im Hinblick auf die Konzentration von Feinstäuben ( $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$ ) und von Stickoxiden scheint der Klimawandel eher eine geringe Rolle zu spielen. Auch hier kann davon ausgegangen werden, dass die anthropogenen Einträge wesentlich bedeutsamer sind als eventuell klimatisch bedingte Veränderungen. Während die aus dem Verkehr und der Industrie

**Handlungsfeld Gesundheit**

stammenden Feinstaubemissionen in den vergangenen Jahren eher rückläufig waren, haben die Feinstaubemissionen aus privaten und gewerblichen Kleinfeuerungsanlagen tendenziell zugenommen.

Ein wesentlicher Grund dafür ist die verstärkte Nutzung von Holz als Brennstoff in Kaminöfen. So gehen von den jährlich ca. 17 kt PM<sub>10</sub>-Emissionen in Baden-Württemberg ca. 2,8 kt (16 %) auf das Konto der Holzverbrennung in privaten Haushalten. An einzelnen Messstellen in Baden-Württemberg kann der Anteil der Holzfeuerungen an der Immissionsbelastung durch PM<sub>10</sub> bis zu 30 % betragen. Eine Steigerung der Holzverbrennung kann daher zu einer nicht unerheblichen Erhöhung der PM<sub>10</sub>-Konzentration, insbesondere in den Wintermonaten, führen.

**Kernaussagen:**

- Die Konzentration der Luftschadstoffe kann von verschiedenen Klimafaktoren mit zum Teil gegenläufigen Effekten beeinflusst werden.  
Bei gleichbleibenden Emissionsverhältnissen für die Ozonvorläuferstoffe wird beim Ozon als Folge der Klimaänderung eine Zunahme der Konzentration im Sommer erwartet. Bis zum Jahr 2030 könnte das tägliche 8-h-Maximum der Ozonkonzentration im südlichen Rheintal und in der Gegend um Stuttgart um etwa 10 µg/m<sup>3</sup> ansteigen.
- Die Ozonbildung wird in starkem Maße von der Entwicklung der Ozon-Vorläuferstoffe beeinflusst. Neben den anthropogenen NO<sub>x</sub>- und VOC-Emissionen spielen dabei die biogenen VOC-Emissionen aus dem Forst- und Agrarsektor eine entscheidende Rolle..
- Bei den Konzentrationen der Feinstäube und der Stickoxide sind die klimatischen Einflüsse im Vergleich zu anthropogenen Einflüssen vernachlässigbar.
- Durch verstärkte Verbrennung von Biomasse kann die Feinstaubkonzentration ansteigen.

**2.5 UV-Strahlung**

Die Strahlung, die auf den Menschen einwirkt (Globalstrahlung) setzt sich zusammen aus der direkt einwirkenden Sonnenstrahlung und der durch gestreute Sonnenstrahlung allgemein wirkenden Himmelsstrahlung, wobei sich hinsichtlich der Exposition des Menschen mit UV-Strahlung eine Vielzahl von Einflussfaktoren wie Einstrahlungswinkel bzw.

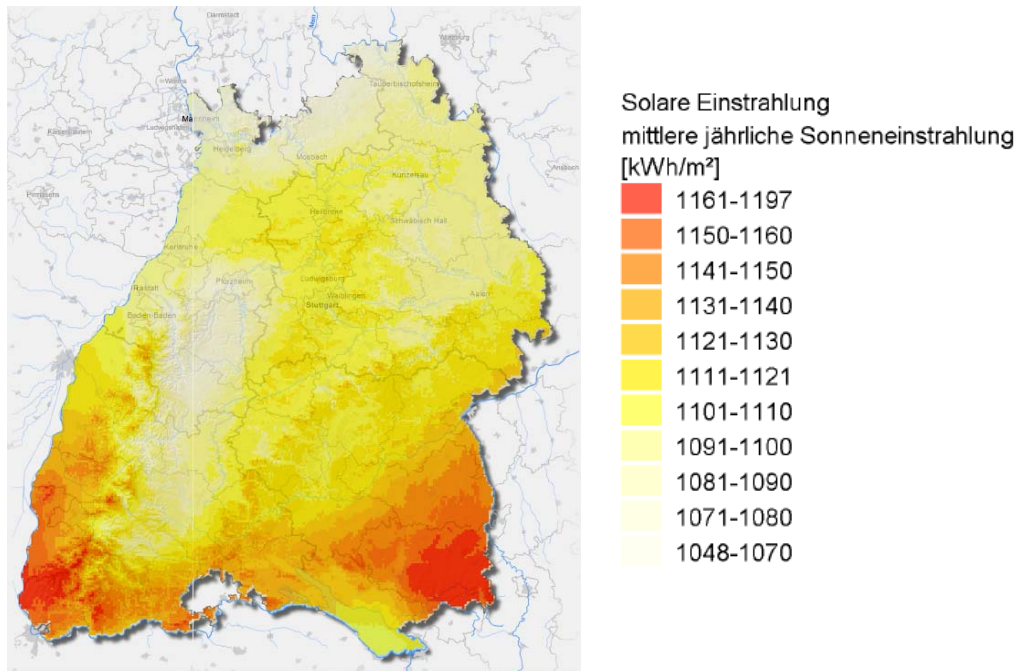
Sonnenhöhe, Höhe über dem Meeresspiegel, Wolkenbedeckungsgrad, Reflexionscharakteristik der Landschaft, Staub- und Aerosolgehalt der Luft, Wasserdampfgehalt oder der Ozongehalt in der Stratosphäre ergeben (aus Schriftenreihe BAUA, FB 903, 2000). In Baden-Württemberg ist die solare Einstrahlung im Allgäu und im Südschwarzwald am höchsten (Abb. 2-12).

Der Anteil der bodennahen für den Menschen relevanten UV-Strahlung hängt in hohem Maße vom Zustand bzw. der Dicke der stratosphärischen Ozonschicht ab. Entscheidend für



**Handlungsfeld Gesundheit**

den Zustand der stratosphärischen Ozonschicht sind neben den jahreszeitlichen Schwankungen der Ozonkonzentration die Konzentrationen der Fluorchlorkohlenwasserstoff-Verbindungen. Unter Berücksichtigung der photobiologischen Wirksamkeit führt eine nur geringfügige Erhöhung der UV-Strahlung zu einem deutlichen Anstieg der biologisch effektiven Bestrahlungsstärke.



**Abb. 2-12: Mittlere jährliche solare Einstrahlung in Baden-Württemberg** (Geodaten Umwelt Baden-Württemberg LUBW)

Eine Erwärmung der Troposphäre im Zuge des Klimawandels würde auch gleichzeitig zu einer Abkühlung der Stratosphäre führen. Dies könnte die Regeneration der Ozonschicht verzögern und damit die Durchlässigkeit vor allem des Hautkrebs verursachenden UV-B-Anteils erhöhen.

Aus Messungen der UV-Strahlung, die am Meteorologischen Observatorium Hohenpeißenberg routinemäßig seit 1990 durchgeführt werden, ist bekannt, dass die Ozonschichtdicke im Jahresverlauf schwankt. Bei gleichem Sonnenstand erreicht im Herbst mehr UV-Strahlung die Erdoberfläche, im Vergleich zum Frühjahr. Auch die Veränderung der Bewölkung wurde in Abhängigkeit von der Jahreszeit gemessen, mit einer Zunahme im Frühjahr und Herbst und einer Abnahme im Sommer. Dadurch ist die UV-Tagesdosis im Sommer angestiegen.

Der Bewölkungsgrad und die Reflexion von Schnee, Eis, Oberflächengewässern und Sand beeinflussen ebenfalls die bodennahe UV-Strahlungsstärke.

**Handlungsfeld Gesundheit**

Wolken, von denen die Sonne nicht verdeckt wird, können UV-Strahlung reflektieren und so zu einer Erhöhung der Strahlenexposition führen. Zusätzlich haben Absorption an Aerosolen und elastische Streuung an Luftmolekülen, Tröpfchen und Partikeln (Rayleigh-Streuung, Mie-Streuung) einen Einfluss auf die UV-Strahlungsstärke.

Bei hohem Sonnenstand in den Sommermonaten durchdringen die kürzerwelligen UV-B-Strahlen die Atmosphäre besser als bei niedrigem Sonnenstand. Das führt zu einem erhöhten Risiko für Erythembildung und kann langfristig zur Ausbildung von Hautkrebs führen. Vom Spätherbst bis Frühjahr ist die UV-Strahlung allerdings so gering, dass die so genannte Minimale Erythemale Dosis (MED) für die Bildung eines Sonnenbrandes außer in Schnee- und Höhenlagen so gut wie nicht erreicht werden kann.

**Kernaussagen:**

- In Baden-Württemberg ist die solare Einstrahlung im Allgäu und im Südschwarzwald am höchsten
- Die Stärke der UV-Strahlung am Boden ist abhängig von Einstrahlungswinkel bzw. Sonnenhöhe, Höhe über dem Meeresspiegel, Wolkenbedeckungsgrad, Reflexionscharakteristik der Landschaft, Staub- und Aerosolgehalt der Luft, Wasserdampfgehalt und dem Ozongehalt in der Stratosphäre.
- Der Anteil der bodennahen für den Menschen relevanten UV-Strahlung ist in hohem Maße vom Zustand bzw. der Dicke der stratosphärischen Ozonschicht abhängig.

**2.6 Innenraumklima**

- **Temperatur:** Die Zunahme der Außenlufttemperatur führt zu einer Verkürzung der Heizperiode von derzeit 288 Heiztagen auf 271 Heiztage (nahe Zukunft) bzw. 243 Heiztage (ferne Zukunft); die Heizgradtage sinken von 4088 in der nahen Zukunft auf 3660 (-9%) bzw. in der fernen Zukunft auf 3022 Heizgradtage (-25%). Daraus ergeben sich bei Wohnungen, die mit Einzelöfen bzw. Kaminöfen beheizt werden, positive Auswirkungen auf die Raumluftbelastung mit Verbrennungsprodukten (Feinstaub, Stickoxide, Kohlenmonoxid u.a.). Durch höhere Außentemperaturen im Winter ist auch ein Rückgang der Fälle zu erwarten, bei denen aus finanziellen Gründen die Wohnung nicht ausreichend geheizt werden kann (*fuel poverty*).

Im Sommer führen höhere Außentemperaturen zu einer stärkeren Aufheizung der Gebäude und dementsprechend zu einem vermehrten Bedarf an Maßnahmen zur Gebäudekühlung. Bei höheren Gebäude- bzw. Raumlufttemperaturen können in stärkerem Maße flüchtige Schadstoffe aus Baustoffen und Einrichtungsgegenständen freigesetzt werden.

### Handlungsfeld Gesundheit

Eine Verbesserung der Gebäudedämmung reduziert den Einfluss der Außentemperatur auf die Innenraumtemperatur und kann sowohl im Winter wie im Sommer zu angenehmeren Raumlufttemperaturen führen.

- **Luftfeuchtigkeit:** Im Rahmen des Klimawandels ist mit einer Abnahme der relativen Luftfeuchtigkeit in der Außenluft zu rechnen. Diese Abnahme bezieht sich im Wesentlichen auf die Sommermonate, während sich die Luftfeuchtigkeit in den Wintermonaten kaum ändern dürfte. Aufgrund der Zunahme der Lufttemperatur ergibt sich im Winter sogar eine leichte Zunahme des absoluten Wassergehalts der Luft; im Sommer wird dieser Effekt durch eine Abnahme der relativen Luftfeuchtigkeit wieder abgeschwächt.

Der höhere absolute Wassergehalt in der Außenluft kann zu einem verstärkten Eintrag von Feuchtigkeit in die Wohnungen führen und die Effizienz von Lüftungsmaßnahmen zur Feuchtigkeitsentfernung vermindern. Gut gedämmte Wohnungen sind bei ausreichender Lüftung in Bezug auf die Kondensation von Feuchtigkeit weniger kritisch einzuschätzen als schlecht gedämmte Wohnungen.

- **Änderung der Lüftungsrate, Raumluftqualität:** Während die Zunahme der Außenlufttemperatur im Winter die Akzeptanz von Lüftungsmaßnahmen in Wohnungen verbessern sollte, könnte das Lüftungsverhalten während hoher Temperaturen im Sommer beeinträchtigt sein. In ganz wesentlicher Weise wird der Luftwechsel in Wohnungen durch Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz beeinflusst (dichtere Gebäudehülle, Einbau von dicht schließenden Fenstern und Türen). Während in älteren Gebäuden die Luftwechselrate häufig über einem Wert von 1/h liegt, ist der natürliche Luftwechsel in Neubauten, die entsprechend den Anforderungen der Energieeinsparverordnung gebaut werden, in der Praxis nicht selten im Bereich von ca. 0,2/h oder sogar darunter. Eine solche Verminderung der Luftwechselzahl kann dazu führen, dass Feuchtigkeit und Luftverunreinigungen, die in der Wohnung selbst entstehen, nicht mehr in ausreichendem Maß aus dem Innenraum ausgetragen werden. Durch eine Verminderung der Luftwechselrate kann es neben der Erhöhung der Wasserdampf- und Kohlendioxidkonzentration zu einer Erhöhung der Konzentration von Stoffen aus Verbrennungsprozessen (Feinstaub, Stickoxide, PAK, CO, Aldehyde), aus Bau- und Einrichtungsgegenständen (VOC, Weichmacher, Flammschutzmittel) und Radon aus der Bodenluft kommen. Eine Erhöhung der Luftfeuchtigkeit begünstigt in den Wohnräumen das Wachstum von Hausstaubmilben und Schimmelpilzen.
- **Hochwasser und Starkregenereignisse:** In den Klimasimulationen zur Anzahl der Starkniederschlagstage wird beim Median von einer leichten Zunahme von 3,5 Tage/Jahr (aktuell) auf 4,0 Tage/Jahr (nahe Zukunft) bzw. auf 4,4 Tage/Jahr (ferne

### **Handlungsfeld Gesundheit**

Zukunft) ausgegangen. Die Abschätzungen sind allerdings nicht sehr zuverlässig; die Bandbreite vom 15. bis 85. Perzentil reicht von einer Abnahme um 0,6 Tagen/Jahr (nahe und ferne Zukunft) bis zu einer Zunahme um 1,7 Tage/Jahr (nahe Zukunft) bzw. um 2,5 Tage/Jahr (ferne Zukunft). Regional sind die Starkniederschlagstage vor allem auf die Bereiche des Schwarzwaldes und des Alpenrandes konzentriert; in den übrigen Landesteilen sind Starkregenereignisse eher selten.

Bei Überschwemmungen sind lokale Gegebenheiten ausschlaggebend, so z.B. die Lage des Gebäudes zu einem Gewässer und die Topographie der Umgebung.

Im Handlungsfeld Gesundheit wird auf die Anpassung an extreme Wetterereignisse nicht im Detail eingegangen; dies geschieht im Handlungsfeld Wasserwirtschaft und Raumplanung bzw. Katastrophenschutz .

### 3 Vulnerabilität

#### Allgemeines

In diesem Teil wird dargestellt, wie sich die Änderungen des Klimas in Baden- Württemberg auf die Gesundheit der Bewohner dieses Bundeslandes auswirken können. Der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC) hat in seinem vierten Sachstandsbericht vom Jahr 2007 die Verwundbarkeit oder Vulnerabilität eines Systems folgendermaßen definiert:

*„Die Verwundbarkeit ist das Maß, zu dem ein System gegenüber nachteiligen Auswirkungen der Klimaänderung, einschließlich Klimavariabilität und Extremwerte, anfällig ist und nicht damit umgehen kann. Sie ist eine Funktion der Art, des Ausmaßes und der Geschwindigkeit der Klimaänderung und Klimaschwankung, der ein System ausgesetzt ist, seiner Sensitivität und seiner Anpassungskapazität (übersetzt von der deutschen IPCC-Koordinierungsstelle 2010).“*

Demnach ergibt sich die Verwundbarkeit der Bevölkerung aus der Kombination verschiedener Faktoren, wie der Exposition gegenüber dem veränderten Klima, der Sensitivität oder Empfindlichkeit der Menschen gegenüber einzelnen Gefährdungen, als Folge der Veränderung des Klimas und der Fähigkeit der Gesellschaft, sich an den Klimawandel anzupassen:

- Als erstes gilt es, die **Exposition** zu bestimmen, d.h. die Belastung der Bevölkerung in Baden-Württemberg durch die angenommenen Veränderungen von Klimaparametern (z.B. die vermehrte Wärmebelastung) abzuschätzen und gleichzeitig zu beurteilen, mit welchen gesundheitsrelevanten Belastungen für die Bevölkerung in der Zukunft zu rechnen ist und welche sekundären Auswirkungen sich daraus ergeben.
- Der zweite Punkt ist die Einschätzung der **Sensitivität** einzelner Bevölkerungsgruppen. Aufgrund einer inhomogenen Ausgangssituation, bedingt durch z.B. Alter, Vorerkrankungen oder individuelle Verhaltensweisen, besteht eine unterschiedliche Empfänglichkeit der Bevölkerung für Belastungen durch das Klima.
- Als dritter entscheidender Faktor für die Bewertung der Verwundbarkeit gilt die **Anpassungskapazität**. Sie beschreibt die Fähigkeit der Bevölkerung sich durch Planung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen an die veränderten Bedingungen zu gewöhnen oder die Veränderungen auch zum Vorteil nutzen zu können. Die Anpassungskapazität ist von verschiedenen Faktoren abhängig, wie z.B. ökonomischen Ressourcen, Know-how und Technologien, institutionellen Kapazitäten, politischem Willen, sowie kulturellen Einflüssen, individueller Anpassungsbereitschaft und persönlichen Verhaltensweisen. Auch die rein physiologische Anpassungskapazität des

### **Handlungsfeld Gesundheit**

menschlichen Körpers an die erhöhte Wärmebelastung muss beachtet werden. Dieser dritte Faktor muss daher jeweils für die einzelnen sensitiven Gruppen betrachtet werden und kann nicht zusammenfassend für die einzelnen Klimafaktoren (zum Beispiel Hitze) beurteilt werden.

Als Hinweis für die physiologische Anpassungskapazität können die Mortalitätsdaten der Bevölkerung in europäischen Ländern dienen. Bringt man die Mortalitätsdaten in einem Gebiet in Bezug zur Tages(maximal)temperatur, so lässt sich ein „Temperaturoptimum“ festlegen, also derjenige Temperaturbereich, bei dem die Mortalität ein Minimum erreicht (Komfortbereich). Bei höheren bzw. niedrigeren Temperaturen jenseits dieses Bereichs steigt die Mortalität an. Neben der Temperatur spielen auch andere Klimafaktoren wie die Luftfeuchtigkeit eine Rolle. Beim Vergleich der Daten aus verschiedenen Regionen zeigt sich ein Süd-Nord-Gefälle. Das Mortalitätsminimum liegt in nördlichen Regionen bei niedrigeren Tagestemperaturen als in südlichen Regionen (Eis et al, 2010). Daraus lässt sich schließen, dass bei einem langsamen Klimawandel mit Anpassungsprozessen in der Bevölkerung gerechnet werden und sich z.B. das Mortalitätsminimum verschieben könnte.

Letztlich steht die Verwundbarkeit also dafür, wie anfällig die Gesellschaft für nachteilige Klimafolgen ist und ob sie sich (schnell genug) auf diese Klimaänderung einstellen kann. Im Handlungsfeld Gesundheit steht der Mensch im Mittelpunkt, der im Gegensatz zu Pflanzen oder Tieren nicht auf eine bestimmte ökologische Nische angewiesen ist, weil er sich vor den Wetterverhältnissen schützen kann. Der Mensch ist in der Lage sein Umfeld nach seinen Bedürfnissen zu gestalten.

So haben sich verschiedene Gesellschaften durch ihre Verhaltensweisen und Lebensstile und spezifische Bauweisen den klimatischen Bedingungen in verschiedenen Klimazonen angepasst. Beispielhaft seien hier die weißen Dörfer Andalusiens genannt, die die Hitze der Sonne Spaniens optimal reflektieren. Da in Baden-Württemberg das Bauen überwiegend in der Substanz erfolgt und der Anteil von Neubauten sehr gering ist, erfolgt die Anpassung der Bausubstanz jedoch nur sehr langsam. Die mediterrane Lebensweise samt Siesta und ausgedehnten Mahlzeiten erst am späten Abend stellt eine hervorragende Anpassung an die hohen Temperaturen dar. Solche Traditionen verändern sich allerdings noch langsamer, als die Struktur des bebauten Umfelds.

Bei der Analyse der Verwundbarkeit der Gesundheit der Bevölkerung sind auch Aspekte der sozialen Ungleichheit zu beachten. So sind beispielsweise Menschen, die in schlecht isolierten Wohnungen unter dem Dach wohnen und Menschen, die in stark städtisch geprägten Gebieten leben, stärker von den nachteiligen Folgen des Klimawandels betroffen.

### **Handlungsfeld Gesundheit**

Für notwendige bauliche Anpassungsmaßnahmen oder Verschattungsmöglichkeiten fehlen die finanziellen Mittel.

Der Klimawandel hat direkte und indirekte Auswirkungen auf die Gesundheit des Menschen. Direkte gesundheitliche Folgen ergeben sich durch den Anstieg der Durchschnittstemperatur, durch Zunahme der Tropentage und Hitzewellen, aber auch durch die Zunahme von Extremwetterlagen mit Stürmen und Überschwemmungen. Indirekte Folgen für unsere Gesundheit ergeben sich durch veränderte Übertragungsweisen von Infektionen, beispielsweise durch eine Zunahme von Magen-Darm-Erkrankungen.

#### **3.1 Temperaturanstieg, Hitzewellen**

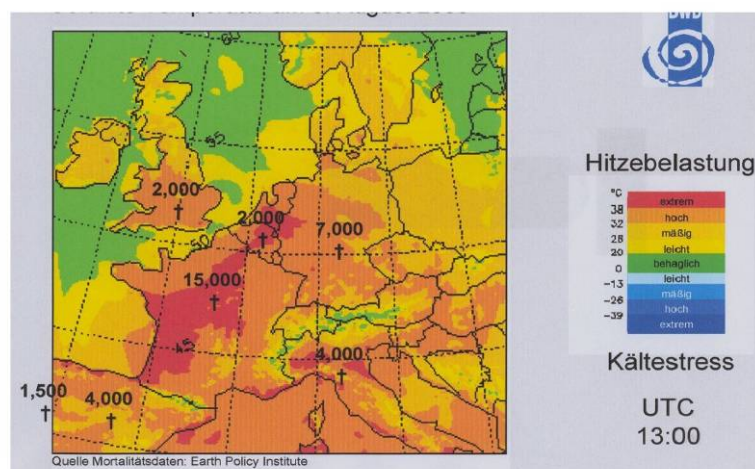
Hitzebedingte Gesundheitsschäden wie eine erhöhte Sterblichkeit bei Hitzewellen und andere hitzebedingten Erkrankungen werden als schwerwiegende negative Folgen des Klimawandels in Baden-Württemberg angesehen. Als unmittelbare Hitzefolgen gelten Hitzekollaps oder Schwächeanfall durch Hitze, Sonnenstich, Hitzschlag, Hitzekrämpfe, Austrocknung und Hitzeausschlag. Als mögliche mittelbare Hitzefolge sind die Verschlechterung vorbestehender chronischer Erkrankungen zu betrachten, wie z.B. Bluthochdruck oder multiple Sklerose, bei denen von einem Zusammenhang mit der Hitze auszugehen ist. Schwerwiegendste Folge wäre eine Zunahme der hitzebedingten Sterblichkeit durch Versagen des Herz-Kreislaufsystems. Leider ist die Datenlage für die Betrachtung der Erkrankungsfälle mit einer in diesem Hinblick gestellten Diagnose schlecht. Eine aus diesem Grund durchgeführte Erhebung der Rettungsdiensteinsätze wegen Hitzefolgen am 8. August 2003 ergab, dass die Einsätze wegen unmittelbarer Hitzefolgen in den Nachmittagsstunden dieses heißen Tages in Baden-Württemberg auf 17% anstiegen (RKI). Insgesamt bezogen sich 184 Einsätze von insgesamt 2100, also 8,8 %, am ganzen Tag auf unmittelbare und mittelbare Hitzekrankheiten. Da diese Erhebung ein Gebiet mit etwa 66% der Bevölkerung umfasste, könnte man stark vereinfachend für einen Tag mit entsprechend starker Hitzebelastung in Baden-Württemberg von 270 hitzebedingten Krankenhauseinweisungen ausgehen.

Die häufigste hitzebedingte Erkrankung ist die Hitzeerschöpfung durch starken Flüssigkeits- bzw. Schweißverlust. Die Symptome der Hitzeerschöpfung ähneln denen eines Schocks aufgrund eines zu geringen Blutvolumens. Neben Schwindel, Übelkeit und Benommenheit können Kopfschmerzen und Bewusstlosigkeit die Folge sein. Wird diese Symptomatik nicht mit ausreichender Flüssigkeitszufuhr und Elektrolytgabe behandelt und steigt die Wärmebelastung weiter, spricht man von einer generalisierten Überwärmung oder Hitzschlag. Der Hitzschlag ist eine schwere Erkrankung, die durch eine stark erhöhte

**Handlungsfeld Gesundheit**

Körpertemperatur und eine heiße trockene Haut gekennzeichnet ist. Diese seltene Erkrankung verläuft fast immer tödlich, wenn die Körperkerntemperatur 42°C erreicht. Quantitativ weit bedeutsamer als die Zahl der Todesfälle durch Hitzschläge sind Todesfälle, die im Zusammenwirken von thermischen Belastungen und schweren Grunderkrankungen (wie kardiovaskulären und respiratorischen Erkrankungen) bzw. altersbedingten Erkrankungen auftreten. Weil die Thermoregulation im menschlichen Körper Vorrang vor der Regulation des Kreislaufes hat, wirkt sich eine thermische Belastung auch auf nicht direkt thermisch bedingte Erkrankungen aus. In Konkurrenzsituationen unterliegt der Regelkreis für die Erhaltung des Blutdrucks mit seinen gefäßverengenden Impulsen den gefäßerweiternden Impulsen der Thermoregulation. Untersuchungen zur thermischen Belastung der Umwelt bei Hitzeperioden auf die Gesundheit der Bevölkerung zeigen daher eindrücklich, wie die Sterblichkeit der Bevölkerung mit dem Anstieg der „Gefühlten Temperatur“ rapide ansteigt. Insgesamt waren im Hitzesommer 2003 schätzungsweise 1100 Sterbefälle in Baden-Württemberg der hitzebedingten Sterblichkeit zuzurechnen; in den Pflegeheimen des Landes fielen etwa 300 Menschen der Hitzewelle in der ersten Augushälfte zum Opfer.

### Gefühlte Temperatur am 8. August 2003 in Mitteleuropa



**Abb. 3-1: Zusammenhang zwischen thermischer Belastung und Zunahme von Todesfällen während der Hitzewelle im August 2003**  
(Quelle: DWD; KOPPE 2003 bzw. EIKMANN 2010)

Um die Vulnerabilität der Bevölkerung oder bestimmter Bevölkerungsgruppen für die Zukunft bezüglich der erhöhten Temperatur größenordnungsmäßig abschätzen zu können, müssen zusätzlich klimaunabhängige und landestypische Gegebenheiten betrachtet werden.



**Handlungsfeld Gesundheit****3.1.1 Allgemeine Gefährdung durch Hitze und Hitzewellen**

Die Verwundbarkeit der Bevölkerung durch klimawandelbedingten thermischen Stress ergibt sich aus den drei Faktoren Exposition, Sensitivität und Anpassungskapazität. Unter der Exposition ist hier die künftig zusätzlich zu erwartende Hitzebelastung zu verstehen. Die Hitzebelastung ist nach klimatischen Faktoren (Maximaltemperaturen, Luftfeuchtigkeit etc.), aber auch nach der Lage der heißen Tage im Jahr, der Topographie des betreffenden Ortes und der klimatischen Region zu beurteilen. Zu den klimatischen Faktoren zählen die Häufigkeit, die Intensität und Dauer von Hitzewellen, aber auch der Zeitpunkt des Auftretens innerhalb der Saison. So gibt es Hinweise darauf, dass Hitzephasen tiefgreifendere Auswirkungen auf Mortalität und Morbidität haben, wenn sie früher im Sommer auftreten.

Die Sensitivität beschreibt die Empfindlichkeit der Menschen gegenüber den Belastungen durch thermischen Stress aufgrund ihrer Lebensumstände. Eine wichtige Rolle spielen die demografische Struktur und ökonomische Faktoren. Hinzu kommt hier die verschiedene Verwundbarkeit durch die individuell unterschiedliche Anpassungsfähigkeit. Ältere Menschen, deren Anteil an der Gesamtbevölkerung weiter zunimmt, stellen die von Hitze am stärksten betroffene Bevölkerungsgruppe dar. Der Grund hierfür ist in ihrer reduzierten Anpassungsfähigkeit zu sehen. Auch bei Personen, die Gefahren weniger erkennen können oder über geringere finanzielle Mittel verfügen, wird davon ausgegangen, dass sie sich weniger gut anpassen können. In verschiedenen Studien zu dieser Thematik werden die folgenden Personengruppen als Risikogruppen benannt:

- Menschen höheren Alters (die Altersgruppe der über 75-jährigen oder älter),
- Säuglinge und Kleinkinder bis 1 bzw. bis 5 Jahre,
- Menschen mit einer beeinträchtigten Wahrnehmung ( z.B. Konsumenten von Alkohol und psychoaktiv wirkenden Drogen, Menschen mit Gedächtnisstörungen, die auf die Hilfe anderer angewiesen sind),
- Menschen mit bestehenden Vorerkrankungen oder chronischen Krankheiten (z.B. neurologische Krankheiten, Herz-Kreislauf-Krankheiten, Stoffwechselkrankheiten, Infektionskrankheiten, Fieber und in Folge davon Austrocknung oder Übergewicht),
- pflegebedürftige Menschen, vor allem Bettlägerige,
- Menschen mit physischer und sozialer Isolation (z. B. alleinstehende Menschen),
- Menschen mit niedrigem sozioökonomischem Status (geringes Einkommen, schlechte Wohnsituation, fehlende Klimatisierung (Klimaanlagen), geringe Höhenlage, extrem dichte Bebauung),
- beruflich und in der Freizeit stark exponierte Menschen (siehe Kapitel 3.1.3).

### **Handlungsfeld Gesundheit**

Aus der Kombination von steigender Wärmebelastung und Sensitivität ergeben sich gesundheitliche Auswirkungen, die sich durch zunehmende Kreislauferkrankungen und steigender hitzebedingter Sterblichkeit äußern können. Um diesen Auswirkungen begegnen zu können, ist eine gewisse Anpassungskapazität erforderlich. Hierbei handelt es sich um die Fähigkeit, Handlungsmaßnahmen zur Anpassung an den zunehmenden thermischen Stress zu planen, vorzubereiten, zu unterstützen und umzusetzen. Das individuelle Risiko hingegen wird von der jeweiligen Situation des betroffenen Menschen bestimmt.

Das Gefährdungspotential von Hitze wird daher vom Zusammenspiel verschiedener Faktoren bestimmt. Sowohl klimatische Faktoren als auch einzelne, individuelle Risikofaktoren und medizinische, verhaltens- und umweltbedingte Einflüsse können die gesundheitlichen Folgen ganz entscheidend variieren.

Nach einer Studie von Gerstengarbe et al. (2005) wurde die Vulnerabilität der Bevölkerung gegenüber thermischer Belastung als Produkt der Häufigkeit einer thermischen Belastung mit der Sensitivität beschrieben. Danach sei damit zu rechnen, dass sich in Baden-Württemberg die Verwundbarkeit gegenüber Wärmebelastung im Zukunftsszenarium (2001-2055) im Vergleich zum Basisszenarium (1951-2000) um ca. 20% erhöht. Aufgrund dieser Ergebnisse sei zukünftig landesweit mit jährlich 180 bis 400 zusätzlichen hitzebedingten Todesfällen zu rechnen. Der Rückgang der Verwundbarkeit gegenüber Kältestress kompensiere diesen Anstieg nicht. Die Autoren der zugehörigen Analyse der klimabedingten Mortalität in Baden-Württemberg (KOPPE C, JENDRITZKY G, HOLST T) erstellten diese Berechnungen auf Basis der Szenarien des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung, die von einem moderaten mittleren Temperaturanstieg von 1,2 °C ausgehen. Das für das Gutachten hier verwendete Klimasignal für die mittlere Jahrestemperatur im Zukunftszeitraum 2021-2050 des Ensemble-Ansatzes der LUBW beträgt 1.1 °C. Daher erscheint es sinnvoll, sich auf die Ergebnisse der oben genannten Studie zu beziehen, solange kein Maßstab für die künftig zu erwartende Wärmebelastung in den zu betrachtenden Zeiträumen verfügbar ist.

Allerdings beschreiben die Autoren oben genannter Studie auch, dass die Anstiege der Vulnerabilität deutlich stärker ausfielen, betrachte man nur die Belastungsklassen „starke Wärmebelastung“ und „extreme Wärmebelastung“. In den meisten Landkreisen erhöhe sich die Verwundbarkeit für starke und extreme Wärmebelastung um 60%. Für mittlere und höhere Höhenlagen sei mit einer Verdoppelung der Vulnerabilität zu rechnen.

Für die Planung von Anpassungsstrategien im Sinne einer gesundheitlichen Vorsorge sollte der Betrachtung der eventuell zu erwartenden extremen Wärmebelastungen - und eben nicht nur der mittleren Temperaturen, sondern auch des 85. Perzentils der Klimaprojektionen - als „obere Schranke“ für künftige Jahrestemperaturen, wie sie in Kapitel 2 dargestellt werden,

### Handlungsfeld Gesundheit

großer Wert zugemessen werden, weil gerade Spitzenbelastungen ausgeprägte gesundheitliche Folgen haben können.

Da an Tagen mit leichter Wärmebelastung im Mittel ca. 1 Prozent mehr Menschen sterben als erwartet, bei mäßiger Wärmebelastung bereits 6 Prozent und bei starker Belastung über 13 Prozent mehr Menschen als erwartet sterben als im Durchschnitt und die Anpassungskapazität für die Zukunft nicht abgeschätzt werden kann, ist insgesamt von einer hohen Vulnerabilität bezüglich der hitzebedingten Sterblichkeit auszugehen.

#### Kernaussagen:

- Übermäßige thermische Belastung des menschlichen Organismus kann akute gesundheitliche Folgen haben. Neben Herz-Kreislauf-Insuffizienzen können akute Hitzekrankheiten auftreten.
- Besonders sensitiv ist die Bevölkerungsgruppe der Menschen über 75 Jahre. Auch Kleinkinder unter 5 Jahren, chronisch Kranke, Konsumenten von psychoaktiv wirkenden Drogen und Alkohol, sozial isolierte und in Armut lebende Personen sind besonders gefährdet.
- Aufgrund gegenwärtiger Abschätzungen ist bis zum Jahr 2055 mit jährlich 180 bis 400 zusätzlichen hitzebedingten Todesfällen in Baden-Württemberg zu rechnen.

### 3.1.2 Stadtklima

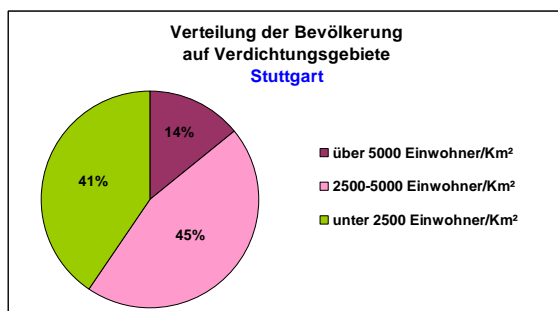
Mit dem vermehrten Auftreten von Hitzewellen kommt es zu einer Zunahme der Wärmebelastung und einer Verstärkung des Wärmeinseleffektes in Städten. Diese zusätzliche thermische Belastung ist besonders für die Bewohner dicht bebauter urbaner Gebiete von Bedeutung. Städte sind aber auch Standort zahlreicher Unternehmen, die auf qualifizierte Arbeitskräfte und gute Arbeitsbedingungen angewiesen sind.

In Baden-Württemberg lebt jeder dritte Einwohner in einer Stadt mit mehr als 40.000 Einwohnern, ungefähr 2 Millionen Menschen leben in Großstädten (Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Dezember 2011). Jeder fünfte Einwohner Baden-Württembergs wohnt also in einem stark städtisch geprägten verkehrsbelastetem Umfeld. Die größten Städte in Baden-Württemberg liegen im unteren Höhenniveau (97-250 m); Mannheim, Heidelberg, Karlsruhe und Freiburg befinden sich in den wärmsten Regionen Baden-Württembergs am Oberrhein. Die Stadt Stuttgart nimmt mit ihrer Kessellage im Neckarbecken und Windarmut eine Sonderstellung ein und ist schon jetzt durch ihre ungünstige topographische und städtebauliche Situation von der erhöhten Wärmebelastung stark betroffen. Im Abschlußbericht des Modellvorhabens der Raumordnung (MORO des BBSR<sup>6</sup>) wird dargelegt, dass sich diese Problematik für die Region Stuttgart verstärken wird.

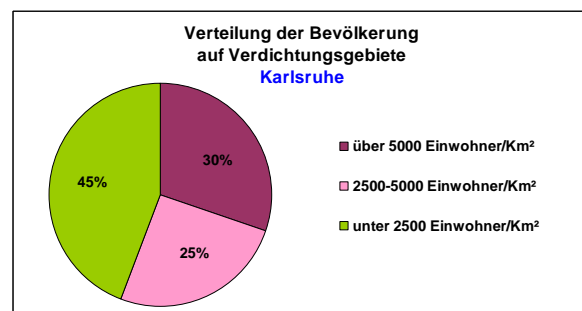
<sup>6</sup> Das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) ist eine Ressortforschungseinrichtung beim Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS).

**Handlungsfeld Gesundheit**

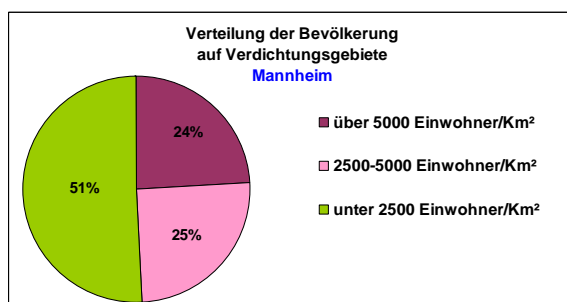
Das Klima in Städten muss gegenüber dem Klima im freien Umland gesondert betrachtet werden, weil sich in einer Stadt ein ganz eigenes Regionalklima ausbildet. Während das Klima auf dem Land weitgehend von natürlichen Gegebenheiten bestimmt wird, wird das Stadtklima stark von der Beschaffenheit der Bauwerke aus Beton und Asphalt oder anderen dichten Materialien und der fehlenden Vegetation beeinflusst. Dazu kommen die wirtschaftlichen Aktivitäten (Industrie, Autoverkehr) und weitere Faktoren, welche das Quartiersklima beeinflussen (KUTTLER 2010). Ein typisches Merkmal des Stadtklimas ist der Wärmeinsel-Effekt. Durch die starke Aufwärmung der Oberflächen tagsüber und die eingeschränkte Abkühlung nachts werden die Städte im Vergleich zum Umland deutlich wärmer. In vielen Städten Baden-Württembergs liegen die Lufttemperaturen dadurch in der Regel um 1 - 2 °C höher als im Umland. Im Winter und in windarmen Strahlungsnächten, d.h. wenn aufgrund geringer Bewölkung die terrestrische Ausstrahlung und somit auch die nächtliche Abkühlung sehr wirksam ist, ist der Unterschied oft sogar noch größer. Die Isothermen, also Linien gleicher Temperatur auf einer Wetterkarte, zeigen die Temperatur in der Stadt meist in Form von Kreisen um das Zentrum.



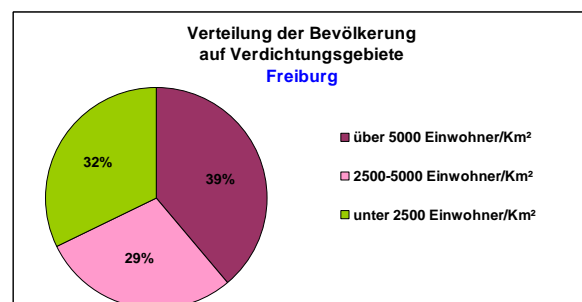
Graphik 1



Graphik 2



Graphik 3



Graphik 4

**Abb. 3-2: Verteilung der Bevölkerung in den vier größten Städten auf Verdichtungsgebiete**

<sup>6</sup> Das Aktionsprogramm „Modellvorhaben für Raumordnung“ (MORO) des BBSR unterstützt innovative, raumordnerische Handlungsansätze und Instrumente unter Einbeziehung von wissenschaftlichen und regionalen Akteuren.

**Handlungsfeld Gesundheit**

Da für die Großstädte in Baden-Württemberg Daten über die gesundheitlichen Auswirkungen von Wärmeinseln und die davon betroffenen Bevölkerungsgruppen fehlen, kann die Bevölkerungsdichte Hinweise über besonders betroffene Regionen geben. Die dazu vorliegenden Daten aus einigen Großstädten sind allerdings mit Einschränkung zu betrachten, da sie sich an Verwaltungsgrenzen der Stadtbezirke orientieren, nicht an den bebauten Gebieten. Die Verwaltungsbezirke können auch größere freie Flächen umfassen. Trotzdem geben sie einen Hinweis, wie groß die Bevölkerungsgruppen sein können, die von diesen stadtklimatischen Besonderheiten betroffen sein können (Abb. 3-2, Tab. 3-1).

Für Millionenstädte kann der maximale Temperaturunterschied am Tag bis 12 Grad betragen. Als maximaler Temperaturunterschied für die Stadt Stuttgart wird bis zu 7 °C angegeben (Städtebauliche Klimafibel, 2008). Aber auch bei kleineren Städten ist ein Wärmeinseleffekt feststellbar. Die Stärke der Ausbildung dieses Effektes hängt ab von der Art und Dichte der Bebauung, von der Oberflächengestaltung, von der Einwohnerzahl, sowie von der anthropogenen Wärmeemission und der Luftverschmutzung. Vereinfachend kann man davon ausgehen, dass der Mittelwert der Temperaturen in bebauten Wohngebieten je 10 % Versiegelungsgrad um ca. 0,2 - 0,3°C über der Temperatur im Umland liegt (Städtebauliche Klimafibel, 2012).

**Tab. 3-1: Großstädte in Baden-Württemberg: Einwohner und vermutete Anzahl der Einwohner in Verdichtungsgebieten**

Großstädte in Baden-Württemberg	mittlere Höhenlage (m)	Einwohner 2011	Einwohner in Verdichtungsgebieten
<b>Mannheim</b>	97	314 931	<b>76 000</b>
<b>Heidelberg</b>	114	149 633	
<b>Karlsruhe</b>	115	297 488	<b>89 000</b>
<b>Heilbronn</b>	157	124 257	
<b>Stuttgart</b>	220	613 392	<b>86 000</b>
<b>Pforzheim</b>	261	120 709	
<b>Freiburg</b>	278	229 144	<b>89 000</b>
<b>Reutlingen</b>	382	112 735	
<b>Ulm</b>	478	123 672	

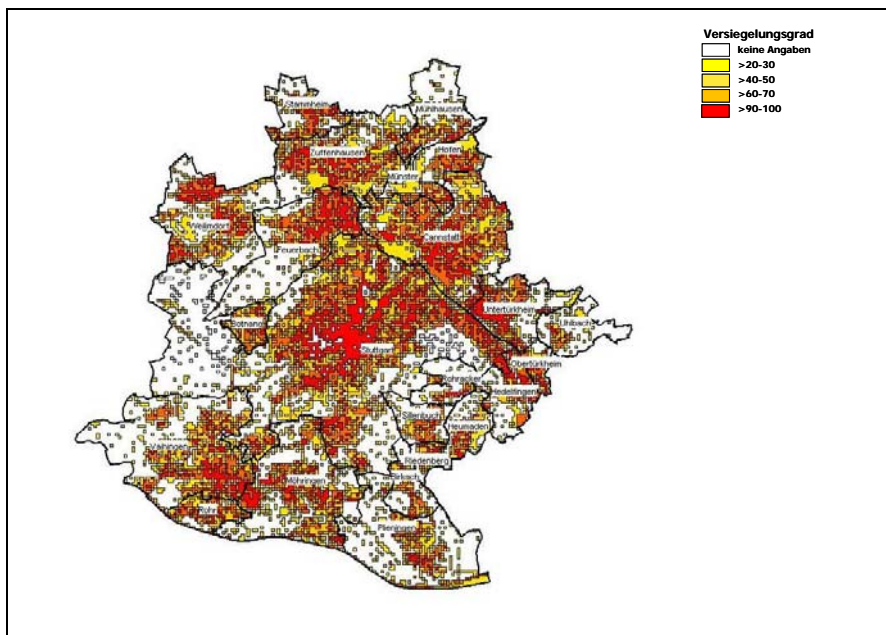
Für die Vulnerabilitätsanalyse bezüglich des Stadtklimas lassen sich aus der Bevölkerungsdichte und dem Versiegelungsgrad städtische Regionen als Brennpunkte identifizieren, in denen besonders viele besonders sensitive Menschen wohnen.

Zur Charakterisierung des Stadtklimas soll hier außerdem die Anzahl der Tropentage betrachtet werden, da Projektionen für die Wärmebelastung oder Daten zum Vorkommen von Hitzeperioden bisher nicht zur Verfügung stehen. Wie bereits im Kapitel 2.1.2 ausgeführt

**Handlungsfeld Gesundheit**

wurde, ist im Raum Stuttgart für das 85. Perzentil der Tropentage eine Zunahme von gegenwärtig 20 Tagen auf 32 Tage (nahe Zukunft) bzw. auf 52 Tage (ferne Zukunft) zu erwarten; in den noch heißeren Gebieten des Rheintals ist die Zunahme der Tropentage noch höher. Diese starke Wärmebelastung mit mangelnder nächtlicher Abkühlung, bei der kleinräumige Wärmeinseln unberücksichtigt bleiben, macht die besondere Vulnerabilität der städtischen Bevölkerung deutlich.

**Personen mit Migrationshintergrund<sup>7</sup>**, insbesondere **Ausländer**, die in Großstädten leben, erfahren eine mehrfache Benachteiligung durch die Belastungen aufgrund des Klimawandels: Sie leben in städtischen Wärmeinseln, die aufgrund niedriger Höhenlagen jetzt schon hitzebelastet sind und leiden unter der Problematik der verdichteten Bebauung, des starken Verkehrs und ungenügender Wohnbedingungen. Bei mangelnder sozialer Integration kann die Erreichbarkeit dieser Menschen für Klimawarnungen bzw. Informationen und Anpassungsempfehlungen eingeschränkt sein.



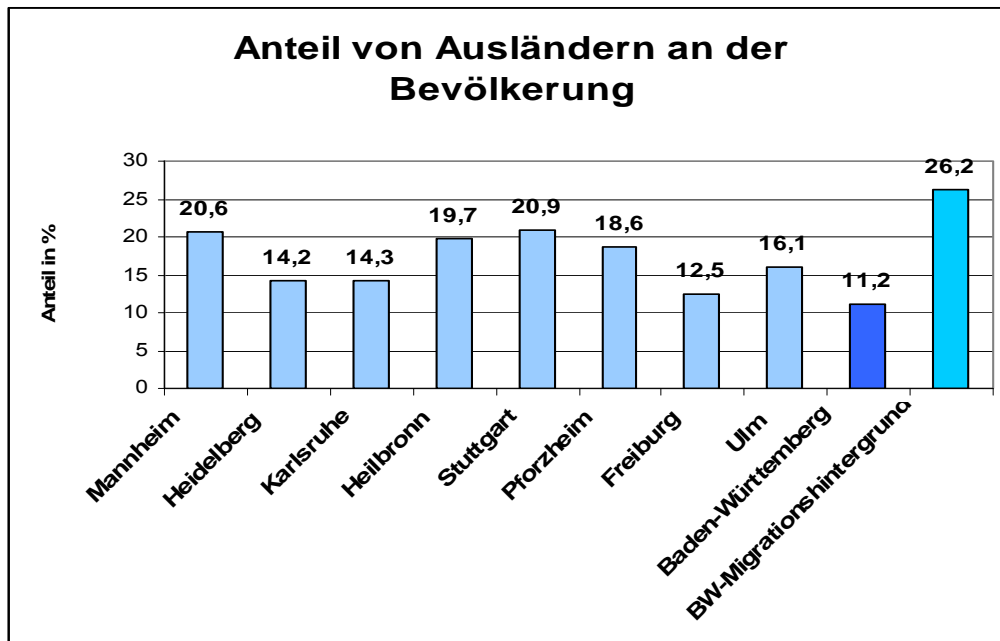
**Abb. 3-3: Versiegelungsgrad der Stadtbezirke in Stuttgart zur Veranschaulichung besonders vulnerabler Gebiete** (nach SCHICK, basierend auf Daten des "Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg" (2007)).

<sup>7</sup> Als Personen mit **Migrationshintergrund** definiert werden „alle nach 1949 auf das heutige Gebiet der Bundesrepublik Deutschland Zugewanderten, sowie alle in Deutschland geborenen Ausländer und alle in Deutschland als Deutsche Geborenen mit zumindest einem nach 1949 zugewanderten oder als Ausländer in Deutschland geborenen Elternteil“ (Statistisches Bundesamt Deutschland: Bevölkerung und Erwerbstätigkeit. Bevölkerung mit Migrationshintergrund – Ergebnisse des Mikrozensus 2005 vom. Mai 2007)

**Ausländer** sind nach dem Gesetz über den Aufenthalt, die Erwerbstätigkeit und die Integration von Ausländern im Bundesgebiet“ (Aufenthaltsgesetz – AufenthG) als eine Person, der nicht Deutscher im Sinne des Artikels 116 Abs. 1 des Grundgesetzes ist (§ 2 Abs. 1).

**Handlungsfeld Gesundheit**

Der Anteil der Menschen mit Migrationshintergrund liegt in Baden-Württemberg bei 26,2 % und ist damit der höchste Wert bei den Flächen-Bundesländern. Der Anteil der Ausländerinnen und Ausländer in Baden-Württemberg beträgt 11,2 %. In den Großstädten (Stadtkreisen) liegt er höher, offensichtlich abhängig von dem Grad der Industriearbeitsplätze in der Stadt (Abb.3-4).



**Abb. 3-4: Anteil von Ausländern an der großstädtischen Bevölkerung** (Daten des Statistischen Landesamtes BW)

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Hitzebelastung (Exposition) für Menschen, die in einem städtischen Umfeld leben, um ein Vielfaches höher ist als für Bewohner ländlicher Gegenden. Das höchste Risiko tragen die Menschen, die in stark versiegelten Verdichtungsgebieten leben und einer Risikogruppe angehören. Personen über 75 Jahre, Personen mit Vorerkrankungen oder Personen, die sozial benachteiligt und isoliert sind, sind am stärksten gefährdet, weil sie sich meist weniger gut vor Hitze schützen oder an Hitze anpassen können. Die gesundheitliche Bewertung der Verwundbarkeit durch Hitzestress muss jedoch gerade die kurzfristigen verhaltensgesteuerten und physiologischen Anpassungsmechanismen berücksichtigen. Daher bleibt festzuhalten, dass die an sich sehr hohe Verwundbarkeit durch geeignete und für die Risikogruppen maßgeschneiderte Anpassungsmaßnahmen abgemildert werden könnte, wenn diese Menschen erreicht werden könnten. Die Zahl der Menschen, die sozial (alleinstehend, betagt) oder durch Armut isoliert sind oder einen anderen kulturellen und sprachlichen Hintergrund haben, nimmt gegenwärtig zu. Daher ist im Sinne der gesundheitlichen Vorsorge die Dringlichkeit für städtebauliche

### Handlungsfeld Gesundheit

Anpassungsmaßnahmen, die der Ausprägung von Wärmeinseln in Städten entgegen wirken und damit allen Menschen zugute käme, als hoch anzusehen.

#### Kernaussagen:

- Aufgrund der Ausbildung von Wärmeinseln kann es in Großstädten bis zu 10°C wärmer werden als im Umland. Der Anteil der besonders exponierten Bevölkerung in den Verdichtungsgebieten der vier größten Städte liegt zwischen 14 und 39 %.
- Der Anteil der ausländischen Bevölkerung ist in Großstädten höher als im Durchschnitt des Landes. Es ist zu vermuten, dass der Anteil der ausländischen Bevölkerung in den Verdichtungsgebieten überproportional hoch ist.
- Die Anzahl der Tropentage wird sich in der fernen Zukunft mehr als verdoppeln. Die Vulnerabilität durch Hitze ist für die Menschen, die in Städten leben, daher als hoch anzusehen.

### 3.1.3 Berufliche Tätigkeit und Arbeitsleistung

Klimafaktoren haben auch Auswirkungen auf die berufliche Tätigkeit. Dies gilt besonders für Beschäftigte in Außenberufen. Für die Beschäftigten, die ihren Beruf überwiegend in umschlossenen Räumen ausüben, sind hohe Temperaturen und Hitzewellen ebenfalls eine Belastung. Da arbeitsunfähige chronisch Kranke und hochbetagte Menschen nicht zum Kollektiv der Berufstätigen gehören, kann man grundsätzlich davon ausgehen, dass sich die Berufstätigen insgesamt gesehen in einem Alter befinden, in dem die Belastbarkeit gegenüber widrigen Klimabedingungen am höchsten ist und klimatische Belastungen gut kompensiert werden können (*healthy worker-effect*). Mit Leistungseinschränkungen ist jedoch bei arbeitsfähigen chronisch Kranken und Behinderten zu rechnen.

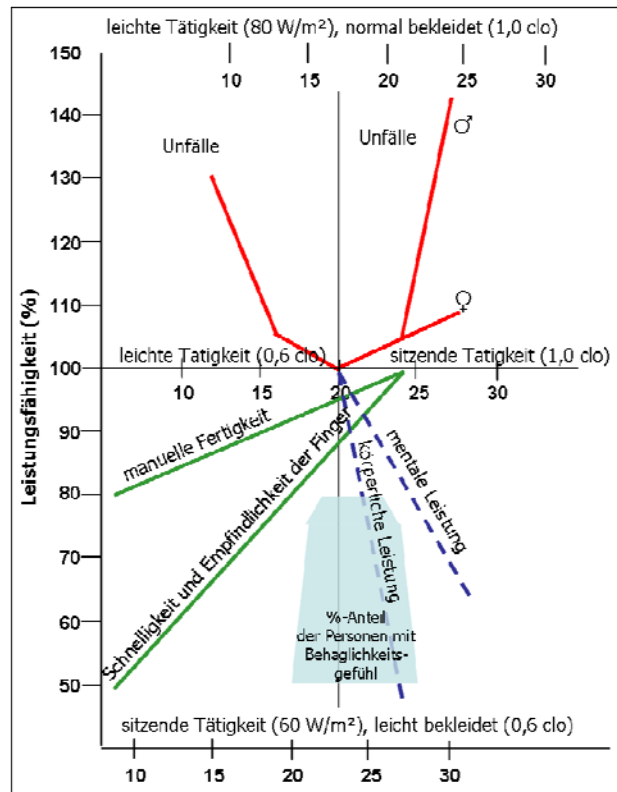
Der Zusammenhang zwischen Umgebungstemperatur bzw. klimatischen Umgebungsbedingungen und körperlicher Leistungsfähigkeit ist seit langem bekannt, gut untersucht und bildet die Grundlage für die Festlegung von Richtwerten für Arbeitsplätze. Ein Zusammenhang kann auch zwischen klimatischen Umgebungsbedingungen und der Leistungsfähigkeit bei mentaler Arbeit oder dem Unfallrisiko hergestellt werden (siehe Abb. 3-5).

Andererseits muss der in einem Arbeitsverhältnis stehende Beschäftigte seine Arbeitspflichten erfüllen, unabhängig von den gerade herrschenden klimatischen Umständen. Er kann den Wetterbedingungen nur beschränkt ausweichen. Bei hohen Temperaturen, insbesondere bei Hitzewellen, kann die Leistungsminderung jeden Berufstätigen betreffen, wenn nicht technische Voraussetzungen zur Klimatisierung geschaffen worden sind. Das gilt besonders für körperliche Tätigkeiten und zusätzlich



**Handlungsfeld Gesundheit**

verstärkt durch Tätigkeit im Freien. Die Leistungsfähigkeit und -bereitschaft hängt daher auch von der technischen Beschaffenheit des Arbeitsplatzes in Bezug auf das Umgebungsklima ab.



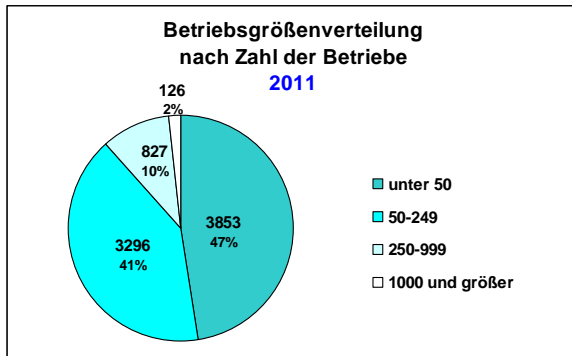
**Abb. 3-5: Auswirkung der Lufttemperatur auf Leistungsparameter** (Wyon, 1986, zitiert nach Bux, Klima am Arbeitsplatz, 2006). Zur Charakterisierung des Isolationswertes der Kleidung wird nach DIN 33403 die Einheit „clo“ (von clothing) herangezogen. Die Prozentangaben auf der Ordinate beziehen sich auch auf die relative Häufigkeit von Unfällen bzw. auf den Anteil der sich behaglich fühlenden Personen aus einem Kollektiv.

Gesunde Individuen können sich an ein erhöhtes Temperaturniveau - auch bei Hitzewellen - gut anpassen. Ein erhöhtes gesundheitliches Risiko besteht für beruflich exponierte Personengruppen und Personen mit gesundheitlichen Einschränkungen:

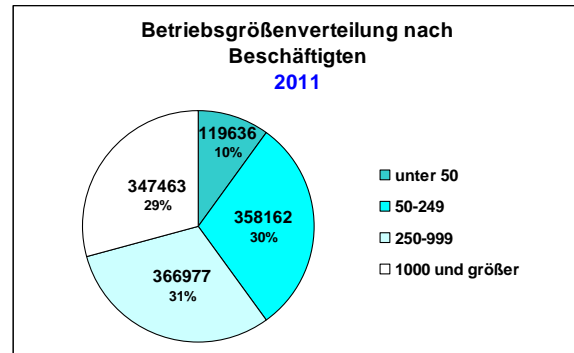
1. bei Tätigkeiten in klimatisch unzureichenden Gebäuden in der Produktion (mangelnde Isolation, mangelhafte Belüftung),
2. bei Tätigkeiten, die vollständig oder überwiegend im Freien ausgeübt und dabei mit Exposition gegenüber Hitze (Konvektion) und Sonnenstrahlung (Radiation) verbunden sind. Besonders sind diejenigen Personen exponiert, die dabei physisch mittelschwere bis schwere Arbeit leisten müssen,
3. bei älteren Menschen mit eingeschränkten Temperaturregulationsmechanismen,

**Handlungsfeld Gesundheit**

4. wenn Vorerkrankungen, insbesondere Herz- Kreislauf-Erkrankungen bestehen, oder die körperliche Leistungsfähigkeit eingeschränkt ist (z.B. Behinderung) oder wenn Akklimatisationsprobleme bestehen.



Graphik 1



Graphik 2

**Abb. 3-6: Betriebsgrößenverteilung beim verarbeitenden Gewerbe nach Zahl der Betriebe und der Beschäftigten** (inklusive Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden; Statistisches Landesamt BW; Betriebe, Beschäftigte, Entgelte und Umsatz im Verarbeitenden Gewerbe nach Beschäftigtengrößenklassen in ausgewählten Wirtschaftszweigen 2011)

Zu 1.: Der Anteil der kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) bis 250 Beschäftigte an der Gesamtzahl der Unternehmen in Baden-Württemberg beträgt 88 %, der Anteil der dort Beschäftigten 40 % (Abb. 3-6). Es ist zu vermuten, dass kleinere produzierende Betriebe häufig in schlecht wärmeisolierten Werksgebäuden untergebracht sind, in denen im Sommer hohe Temperaturen herrschen können. Genaue Zahlen dazu liegen allerdings nicht vor. Der Industrialisierungsgrad in Baden-Württemberg ist vergleichsweise hoch (siehe Kap. 1; Anteil der Personen im produzierenden Gewerbe 2012: 31 %).

Zu 2.: Insbesondere sind Beschäftigte betroffen, welche überwiegend im Freien arbeiten (siehe Tab. 3-2). Im Garten- und Landschaftsbau sowie in der Landwirtschaft gibt es vielfältige Tätigkeiten, die nur zum Teil im Freien stattfinden. Im Forst fällt die Außenarbeit zum Teil im Schatten an. Bei den Glas- und Gebäudereinigern wird nur der Teil betrachtet, der Außenarbeiten verrichtet (ca. 12 % der Gesamtzahl in dieser Branche).

Die in der Tabelle 3-2 genannten Zahlen beruhen auf verschiedenen Erhebungen. Kleinere Berufsgruppen mit Außentätigkeiten (z.B. Kaminfeger) oder saisonaler Tätigkeit (z.B. Außengastronomie) werden nicht berücksichtigt.

Die Zahl der Erwerbsbevölkerung bleibt bis 2050 relativ konstant (Statistisches Landesamt BW: Der demographische Wandel in Baden-Württemberg. 2009). Der demographischen

**Handlungsfeld Gesundheit**

Entwicklung steht möglicherweise ein Wanderungsgewinn gegenüber, zusätzlich eine weiter steigende Erwerbsbeteiligung der Frauen und ein weiteres Ansteigen der Altersgrenze, so dass die demographischen Verluste kompensiert werden können. Vermutlich würde das aber nicht den Personenkreis betreffen, der im Freien körperliche Arbeit verrichtet.

**Tab. 3-2: Anzahl der Beschäftigten in Außenberufen**

Gewerbebezweig	Anzahl Beschäftigte	Quelle
Garten- und Landschaftsbau	25 000	1
Landwirtschaft	190 000	2
Forstwirtschaft	7 800	3
Glas- und Gebäudereiniger (Arbeit im Freien)	6 800	1
Bauhauptgewerbe	87 000	2
Tiefbau	10 000	1
Zimmerer und Dachdecker	14 000	1
Abfallsammlung und -beseitigung	14 000	3
Güterbeförderung im Straßenverkehr	47 000	3
<b>Insgesamt</b>	<b>401 600</b>	

**Quellen:**

- 1 Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (<http://bisds.infosys.iab.de/bisds/faces/Start.jsp> 2010)
- 2 Bundesamt für Statistik (Zahlen für Baden-Württemberg) 2010
- 3 Bundesamt für Statistik (Zahlen für Deutschland, 13 % für Baden-Württemberg) 2010

Die Zahl der Beschäftigten mit Tätigkeiten im Freien wird vermutlich ebenfalls konstant bleiben. Allerdings wird sich wahrscheinlich in der Landwirtschaft der negative Trend der vorausgehenden Jahrzehnte weiter fortsetzen.

Zu 3.: Die Zahl und der Anteil älterer Menschen, die als Folge des demographischen Wandels noch beruflich aktiv sind, werden steigen. Auch unter der Prämisse, dass die Menschen länger von Krankheiten verschont werden und dass die im Arbeitsprozess Stehenden in der Regel gesünder sind als der Durchschnitt der Bevölkerung (*healthy worker-effect*), wird bei Arbeitskräftemangel der Anteil an älteren arbeitsfähigen Mitarbeitern zunehmen. Ein sich veränderndes gesundheitsverhalten wird möglicherweise ebenfalls die Arbeitsfähigkeit im höheren Alter befördern.

Zu 4.: Auch chronisch Kranke und Behinderte können am Erwerbsleben teilhaben. Es gibt viele Arbeitsplätze, bei denen geringe oder gar keine körperliche Leistung erbracht werden muss. Die geistigen und körperlichen Anforderungen der Tätigkeit müssen bei Arbeitsfähigkeit zu Grad und Art der Erkrankung oder Behinderung passen. Der Anteil der chronisch Kranken und nur eingeschränkt belastbaren Personen wird vermutlich parallel mit einem höheren Rentenalter steigen.

### Handlungsfeld Gesundheit

Die Zahl der Arbeitsplätze im Außenbereich unterliegt erheblichen Veränderungen, teilweise struktur-, teilweise konjunkturbedingt. Es wird aber auch in Zukunft einen erheblichen Teil von Außenarbeitsplätzen geben. Es ist mit einer Zunahme der Arbeitsplätze in Innenräumen und mit leichter körperlicher Arbeit zu rechnen. Da der Klimawandel langsamer vor sich geht als die Adaptation an veränderte Temperaturen, besteht nur an besonderen Außentemperatur-orientierten Arbeitsplätzen, bei bestimmten Arbeitsbedingungen (schwere Arbeit) und bei Hitzewellen die dringende Notwendigkeit, kurzfristig geeignete Anpassungsmaßnahmen vorzunehmen.

Die Umgestaltung von Produktionsarbeitsplätzen in Klein- und Mittelbetrieben erfordert hohe Investitionskosten. Die Wärmeisolierung von Werkhallen und die möglicherweise zusätzlich notwendige Klimatisierung sind teuer. Gerade kleinen und mittleren Unternehmen fällt es schwer, Geld in Investitionen anzulegen, die nicht unmittelbar dem Produktivitätsfortschritt dienen. Für Neu- und Umbauten von Werkhallen und Fabrikationsstätten müssen deshalb planerische Vorgaben zur Isolation und Belüftung gemacht werden. Der Prozess der Umgestaltung von Arbeitsstätten ist langsam, weswegen frühzeitig bei Um- oder Neubauten raumklimatische Gesichtspunkte beachtet werden müssen. Die Dringlichkeit ist deshalb hoch.

#### Kernaussagen:

- Menschen in einem Arbeitsverhältnis sind zwar im Durchschnitt gesünder als der Durchschnitt der Gesamtbevölkerung. Die Pflicht zur Teilnahme am Arbeitsprozess kann jedoch - besonders bei älteren oder bei behinderten Menschen - zu besonderen Belastungen führen, die das Risiko für eine akute Erkrankung erhöhen.
- Über 50 % der Bewohner/innen von Baden-Württemberg gehen einer Erwerbstätigkeit nach.
- Der Anteil der Wertschöpfung aus dem produzierenden Gewerbe ist in Baden-Württemberg höher als in anderen Bundesländern und in den meisten EU-Staaten.
- 40 % der Beschäftigten arbeiten in Klein- und Mittelbetrieben bis zu 250 Mitarbeitenden. Den Klein- und Mittelbetrieben fällt es erfahrungsgemäß schwer, Investitionsmittel aufzubringen, die nicht unmittelbar der Produktion zugute kommen.

#### 3.1.4 Mobilität

In den Verdichtungsgebieten (Abb. 1-1) kommt es schon heute täglich wegen Überlastung der Verkehrswege zu lang anhaltenden Staus, die wirtschaftliche Nachteile nach sich ziehen. Wetterereignisse können sich zusätzlich auf den Verkehrsfluss auswirken. Kurzzeitige, lokale und gelegentliche Unwetterereignisse können den Verkehr beeinträchtigen. Von besonderer Bedeutung sind Hitzetage und Hitzeperioden. In Hitzeperioden verlagert sich die

### Handlungsfeld Gesundheit

tageszeitliche Verteilung der Verkehrsnachfrage in die Tagesrandlagen. Bei hohen Temperaturen heizen sich Verkehrsmittel und -anlagen stark auf, so dass das Wohlbefinden der Verkehrsteilnehmer bzw. die Benutzbarkeit beeinträchtigt werden kann (z.B. erhöhen sich die gesundheitlichen Risiken der Benutzer in nicht klimatisierten Bahnstationen, Bussen und Bahngarnituren).

Eine Studie der Bundesanstalt für Straßenwesen belegt, dass sich bei 27 °C im Autoinnenraum die durchschnittlichen Unfallzahlen um 6% erhöhen, ab 32 °C um 13% und bei extremer Hitze ab 37 °C sogar um 33%. Ursachen seien am ehesten die Herz-Kreislaufbelastung, die nachlassende Konzentration und die zunehmende Trägheit und Aggressivität durch die Hitze.

Auch die nicht aktiv am Verkehr Teilnehmenden sind betroffen. Die Verkehrszeiten mit Lärm und Abgasen verlagern sich in die kühleren Randzeiten (abends und nachts). bei hohen Temperaturen halten sich die Menschen länger im Freien auf bzw. lassen die Fenster länger geöffnet (nachts) und sind damit stärker dem Verkehrslärm exponiert.

In Baden-Württemberg ist mit einer weiteren Zunahme des Verkehrs bis 2020 zu rechnen. Im Positionspapier des Initiativkreises Europäische Metropolregionen in Deutschland (Arbeitsbereich Verkehr/Mobilität, April 2007) heißt es dazu: „Wachstums- und Metropolregionen werden bereichsweise erhebliche Verkehrszunahmen sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr zu Überlastungen der Verkehrsinfrastruktur und damit zu einer stark beeinträchtigten Verbindungsqualität führen. Die Steigerungsraten im Güterverkehr liegen deutlich über denen des Personenverkehrs und werden im Gegensatz zum Personenverkehr nahezu flächendeckend zu beobachten sein. Vom Anstieg der Netzbelastungen sind insbesondere die Metropolregionen ... Rhein-Neckar, Stuttgart ... betroffen. Die Hauptlast der Zuwächse trägt dabei der Straßenverkehr.“

#### **Kernaussagen:**

- Die Verkehrsmagistralen in den verdichteten Siedlungsgebieten sind chronisch überlastet. Kurzfristig ist mit einer Zunahme des Individual- und Güterverkehrs zu rechnen.
- Bei Tagen mit hohen Temperaturen und besonders bei Hitzewellen steigt die Unfallgefahr, insbesondere von Fahrern in nicht klimatisierten Fahrzeugen. Im öffentlichen Verkehr ist vermehrt mit gesundheitlich bedingten Zwischenfällen zu rechnen.
- Hohe Tagestemperaturen führen in Verdichtungsgebieten durch Verlagerung des Verkehrs in Randzeiten und durch verändertes Lüftungsverhalten zu einer höheren Lärmexposition der Bevölkerung.

## 3.2 Infektionserreger, Vektoren

Die Klimaveränderungen haben Auswirkungen auf den Lebensraum und Lebensumstände von Vektoren und können damit das Risiko für von Vektoren übertragene Infektionskrankheiten verändern. Gerade die vektor-assoziierten Infektionserkrankungen mit der Möglichkeit der Übertragung auf den Menschen sind mit hoch komplizierten Entwicklungszyklen verbunden, die das Vorhandensein des Vektors, des übertragenen Erregers und des Wirtes oder der Wirte an einem Ort voraussetzen. Bei der Beurteilung, ob Klimaveränderungen direkte Auswirkungen auf vektor-assoziierte Infektionserkrankungen haben, müssen daher diese verschiedenen Komponenten individuell bewertet werden. Zu berücksichtigen ist ebenfalls, dass Klimaveränderungen nicht nur die Verbreitung und die Häufigkeit von bereits etablierten Infektionskrankungen verändern, sondern die Einwanderung von neuen Vektoren ermöglichen, die durch ihre spezifische Vektorkompetenz neue Krankheitserreger dauerhaft etablieren können. Die Infektionswege der einzelnen Erreger sind zudem unterschiedlich. Das derzeitige Wissen über die Ausbreitung der Vektoren in Baden-Württemberg ist insgesamt beschränkt. Ihre Überwachung erfolgt oft, wenn überhaupt, durch kommunale oder regionale Verbände (z. B. KABS), die aufgrund fehlender Ressourcen nicht ausreichend vernetzt sein können. Eine künftige Ausbreitung der Vektoren kann nur durch Modellierungen der biologischen Systeme unter dem Einfluss der erwarteten Klimaveränderungen konkreter ermittelt werden und würde eine langfristige Zusammenarbeit von Entomologen aus gesamt Europa verlangen. Sie kann alleine auf der Basis der bereitgestellten Leitplanken nicht getroffen werden. Quantitative Angaben zur Vulnerabilität sind aufgrund der Komplexität der Zusammenhänge gegenwärtig nicht möglich.

### 3.2.1 Von Zecken übertragene Infektionskrankheiten

**Exposition:** Die im Zuge des Klimawandels erwarteten höheren Temperaturen stellen prinzipiell eine Verbesserung der Lebensbedingungen für Arthropodenvektoren dar, da ihre Entwicklung, ihr Überleben und ihre geographischen Verbreitungsmöglichkeiten direkt von klimatischen Bedingungen - in der Hauptsache von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit - abhängen. Höhere Temperaturen erlauben eine Ausbreitung der Vektoren sowohl in nördlichere Regionen, als auch in größere Höhen. Durch mildere Wintertemperaturen wird die Überlebensrate der Vektoren und der Reservoir-Wirte zunehmen. Insgesamt kann von einer Erhöhung der Dichte der Zecken und Steckmücken ausgegangen werden. Auch die Anzahl der Nagetiere kann bei geringerer Wintersterblichkeit und gutem Nahrungsangebot - dies ist beim vermehrten Anbau von Laubbäumen wie Eiche und Buche und entsprechend reicher Fruchtbildung (Mast) gegeben - steigen. Durch eine Klimaerwärmung wird

### Handlungsfeld Gesundheit

möglicherweise außerdem ein neuer Lebensraum für in unseren Breiten bislang nicht bekannte, mediterrane Arthropoden geschaffen, die durch Verschleppung im Rahmen der Globalisierung und des Reiseverkehrs hierher gelangen können und gut an Trockenheit und hohe Sommertemperaturen angepasst sind. Aber auch eine Verringerung bestimmter Vektoren durch längere Trockenperioden und für diese Vektoren zu hohe Temperaturen im Sommer (Auslöschung von Bruthabitaten) ist denkbar.

Die geographische Verbreitung und die Populationsdichte der Zecken hängen von der Vegetation und von klimatischen Faktoren, wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Bodenbeschaffenheit und Bodenfeuchtigkeit ab. Es ist zu erwarten, dass mildere Winter mit weniger Frosttagen und kürzeren Frostperioden eine höhere Zeckendichte begünstigen. Außerdem wurde als Folge der milden Winter eine längere Aktivitätsperiode von Zecken beobachtet, verbunden mit einer Winteraktivität, die ohne Unterbrechung in die Frühjahrsaktivität übergeht. Andererseits können lange heiße Trockenperioden im Sommer zu einer Reduktion der Zeckenpopulationen führen. Daten zu diesen verschiedenen Parametern liegen in Deutschland nur lückenhaft vor, so dass der Einfluss von klimatischen Veränderungen nicht eindeutig beurteilt werden kann.

In vielen Vektor-übertragenen Infektionskrankheiten ist der Mensch einer von vielen Wirten, und Krankheitserreger können von nicht-humanen Arten, z.B. Nagern, durch den Vektor auf den Menschen übertragen werden. In diesem Fall spricht man von Zoonosen. Daher müssen auch diese Reservoirwirte bei der Beurteilung der Auswirkungen der Klimaveränderungen auf Infektionserkrankungen bewertet werden. So wird diskutiert, ob milde Winter und ein vergrößertes Nahrungsangebot die Anzahl von bestimmten Nagern erhöhen kann, die als wichtige Wirte für das FSME-Virus dienen.

Neben der direkten Übertragung von Krankheitserregern (Viren, Bakterien, Protisten) während der Blutmahlzeit der Zecken können sie ebenfalls als Multiplikatoren für die Verbreitung von Krankheitserregern dienen.

*Dermacentor marginatus*, die Schafzecke, wird wohl diese Rolle im Zyklus von *Coxiella burnetii* spielen, dem Erreger des Q-Fiebers. Da sich dieses Bakterium im Darm der Zecke sehr stark vermehren kann, und gerade *Dermacentor* große Mengen an Kot ausscheidet, in dem die Erreger bis zu einem Jahr infektiös bleiben können, liegt die Bedeutung von *Dermacentor* in der Vermehrung der Erreger und in der Kontamination der Umgebung.

**Sensitivität:** Zecken übertragen die Erreger überwiegend während der Blutmahlzeit. Die in Europa relevanten von Zecken übertragenen Infektionserkrankungen, wie FSME und Lyme-Borreliose, werden überwiegend von Schildzecken übertragen, deren Entwicklung im Freien stattfindet. Daher sind Personen, die sich beruflich überwiegend im Freien aufhalten, besonders exponiert. Dazu gehören Förster, Waldarbeiter, Landwirte und in der

**Handlungsfeld Gesundheit**

Landwirtschaft beschäftigte Personen, Jäger oder auch z.B. Erzieher in Waldkindergärten oder Soldaten. Neben diesem Personenkreis sind logischerweise ebenfalls Personen gefährdet, die sich im Rahmen von Freizeitaktivitäten im Freien aufhalten. Dazu gehören u.a. Jogger, Spaziergänger, Tierhalter, Kleingärtner, Pilze- und Beerensammler, Kinder in Waldkindergärten.

- Die **Lyme-Borreliose** ist die häufigste von Zecken bei der Blutmahlzeit auf den Menschen übertragene Infektionskrankheit in der nördlichen Hemisphäre. Die Infektion ist mit Antibiotika gut zu behandeln, wenn sie früh erkannt wird. Allerdings sind in den späteren Stadien der Infektion schwere Schäden der Haut, der Gelenke und des Nervensystems zu beobachten, die irreversibel sein können. Gegenwärtig wird in Mitteleuropa von einer Inzidenz von 60-130 Erkrankungen pro 100 000 Einwohner pro Jahr ausgegangen. Dies würden etwa 40 000-90 000 Neuerkrankungen pro Jahr bedeuten.
- Bei dem Auftreten der **FSME**-Infektionen ist ein deutliches Nord-Süd-Gefälle zu erkennen. Fast 80 % der Infektionen in Deutschland werden in Bayern und Baden-Württemberg gemeldet. Der Krankheitsverlauf ist bei Kindern milder als bei Erwachsenen, obgleich in einer schwedischen Studie an Kindern, die an FSME erkrankt waren und über mehrere Jahre beobachtet wurden, durchaus schwerwiegende Symptome wie u.a. Müdigkeit und Konzentrationsschwäche beschrieben wurden.
- Das akute **Q-Fieber** ist eine Allgemeininfektion und ähnelt in den Symptomen einer Influenza. Bei Schwangeren kann eine Infektion mit *Coxiella burnetii* allerdings zu Früh-, Fehl- und Totgeburten führen.

**3.2.2 Von Stechmücken und Sandmücken übertragene Infektionskrankheiten**

**Exposition:** Weibliche Stech- und Sandmücken übertragen Infektionserreger bei der Blutmahlzeit auf Mensch und Tier. Die verschiedenen Gattungen unterscheiden sich in ihren Stechpräferenzen. So sind die Weibchen der Malaria-Mücke *Anopheles* oder der Gemeinen Stechmücke *Culex pipiens* nach Einbruch der Dunkelheit oder in den frühen Morgenstunden bevorzugt im Haus oder in der freien Natur stechaktiv, während die Asiatische Tigermücke (*Aedes [Stegomyia] albopictus*) und Sandmücken vorwiegend tag- oder dämmerungsaktiv sind und bevorzugt im Freien stechen. Vulnerabel bezüglich der Exposition ist die Gesamtbevölkerung, aber nicht alle Personen sind in gleichem Maße betroffen.

**Sensitivität:** Entscheidend für die Sensitivität ist der potentielle Kontakt mit dem Vektor, der vom Freizeitverhalten oder der beruflichen Exposition mit beeinflusst wird. Personen, die sich beruflich oder in der Freizeit häufig am Tag im Freien aufhalten, sind zudem anderen



**Handlungsfeld Gesundheit**

Stechmücken ausgesetzt als Menschen in der Nacht und in Gebäuden. Das Risiko einer von Sandmücken übertragenen Infektion mit *Leishmania ssp.* nimmt mit der Entfernung von der Brutstätte der Sandmücke ab. Diese Mücken sind ausgesprochen schlechte Flieger, ihre Verbreitung erfolgt deshalb durch Verdriftung mit dem Wind. Schon bei relativ schwachem Wind fliegen sie überhaupt nicht und bewegen sich in der Regel nicht weiter als 1 km von ihrer Brutstätte weg. Bei der Asiatischen Tigermücke kommt es immer wieder über den Handel zu Neu-Einschleppungen, von denen die Gesamtbevölkerung betroffen ist. Dem gegenüber stehen tropische Erkrankungen, die durch infizierte Mücken ins Land getragen werden oder im Ausland erworben wurden. Besonders betroffen hiervon sind Personen, die in Flughafen- und Hafennähe wohnen oder dort beschäftigt sind, aber auch Urlauber und Asylsuchende aus Risikogebieten und Immigranten bei Verwandtenbesuchen. Ein höheres Infektionsrisiko besteht außerdem indirekt für Klinikpersonal. Hier besteht die Möglichkeit, dass heimische Stechmücken Infektionen von erkrankten Patienten auf Ärzte und Pfleger übertragen. Grundsätzlich besteht bei Mückenstichen aber nicht nur die Möglichkeit einer Infektion, sondern auch einer mehr oder weniger starken allergischen Reaktion.

Europäer sind in aller Regel nicht immun gegenüber tropischen Erkrankungen, wie beispielsweise der Malaria, und sind somit empfänglicher für tropische Erreger als immune Menschen in Endemiegebieten. Dies gilt auch für Menschen, die ursprünglich aus tropischen Ländern stammen, aber durch mangelnden Erregerkontakt keine Immunkompetenz erwerben konnten. Bei diesem Personenkreis kann aber möglicherweise eine genetische Immunität, z.B. gegenüber der tropischen Malaria bei Sichelzellanämie, bestehen.

Weiterhin ist bekannt, dass immunschwache Menschen und HIV-Infizierte gegenüber Infektionskrankheiten wie der Leishmaniose eine erhöhte Sensitivität aufweisen, da hier das Immunsystem einen entscheidenden Einfluss auf den Verlauf der Erkrankung hat. Ältere und/oder herzkranken Menschen sind bei West-Nil-Fieber-Infektionen vulnerabler als die Gesamtbevölkerung. Diese Erkrankung endet bei ihnen häufiger tödlich. Das Dengue-Fieber kann bei Patienten mit einer Vorerkrankung, Kindern und bei einer erneuten Infektion mit einem weiteren Subtypus des Dengue-Virus einen schwereren, hämorrhagischen Verlauf nehmen. Die Letalität kann dann 1 - 5 % betragen.

**3.2.3 Von Nagetieren übertragene Infektionskrankheiten**

**Sensitivität:** Von Nagetieren und Hasenartigen übertragene Infektionskrankheiten betreffen in erster Linie Personen, deren Lebens- und Arbeitsbedingungen einen Kontakt zu infizierten Nagern bzw. Hasenartigen und deren Exkremente begünstigen oder die in direktem Kontakt mit infizierten Wild- oder Nutztieren stehen. Dies sind beispielsweise Waldarbeiter, Jäger, Wildhüter, Schlachter, Tierfellverarbeiter, veterinärmedizinisches Personal, Laborpersonal

### Handlungsfeld Gesundheit

und Beschäftigte in der Landwirtschaft, aber auch Personen, die in ihrer Freizeit, z. B. durch den Aufenthalt im Freien (Jogger, Spaziergänger) oder in ihrem Lebensumfeld (Kleintierhalter, Schreiberhüttenbesitzer) mit diesen Infektionserregern in Kontakt stehen. Gerade Privatpersonen oder die ländliche Bevölkerung kennen das Infektionsrisiko mit z. B. Hanta-Viren zu wenig und schützen sich bei Exposition nicht ausreichend.

#### 3.2.4 Lebensmittelinfektionen

Wärmere Umgebungstemperaturen, die durch den Klimawandel zu erwarten sind, werden die Erkrankungshäufigkeiten durch Lebensmittelinfektionen erhöhen. Dies trifft vor allem auf Krankheiten zu, deren Erreger eine ausgeprägte jahreszeitliche Schwankung Befallsdichte aufweisen (z.B. Salmonellen oder Campylobacter).

Durch globalisierte Lebensmittel-Lieferketten und -produktion werden Risiken importiert, die nur stichprobenweise überwacht werden können. Die hohen europäischen Standards in der Lebensmittelhygiene werden in vielen Ländern nicht erreicht.

Wärmere klimatische Verhältnisse werden auch das (Freizeit-)Verhalten der Bevölkerung verändern und risikoreichere Essgewohnheiten und Zubereitungsweisen von Lebensmitteln begünstigen. Sie begünstigen zusätzlich die Vermehrung von Krankheitserregern in Lebensmitteln und erhöhen die Kontamination der Lebensmittel durch Fliegen und anderes Ungeziefer.

Durch die weltweite Reisetätigkeit werden lebensmittelbedingte Magen-Darm-Krankheiten importiert. Neue Infektionskrankheiten und -gefahren, die in anderen Ländern auftreten werden, werden so auch für Baden-Württemberg bedeutsam.

#### **Kernaussagen:**

- Die Gesamtbevölkerung ist in Abhängigkeit ihres (Freizeit-)Verhaltens, d.h. insbesondere dem Aufenthalt in der Natur, durch Zecken und Mücken übertragene Krankheiten gefährdet. Dies wird durch eine zunehmende weltweite Reisetätigkeit und den globalen Handel weiter verstärkt.
- Eine besondere Gefährdung für Krankheiten, die durch Nagetiere übertragen werden, besteht bei Bevölkerungsgruppen, die beruflich oder privat in engem Kontakt zu Nagetieren, Hasenartigen oder deren Exkremente stehen.
- Wärmere Umgebungstemperaturen führen zu einer Erhöhung von Infektionskrankheiten, die durch Lebensmittel übertragen werden.

### 3.3 Allergene, Toxine

#### 3.3.1 Allergene

Als vulnerabel gegenüber Allergenen gelten die im Folgenden aufgeführten Personen:

1. **Allergiker** bzw. Personen mit erhöhter Allergiebereitschaft (Sensibilisierte) gegen Inhalationsallergene. Der Anteil von Personen, die gegen Inhalationsallergene sensibilisiert sind, liegt bei ca. 40 % der Bevölkerung in Baden-Württemberg. Durch eine erhöhte Exposition steigt die Gefahr einer Sensibilisierung ganz allgemein.

Risikoabschätzungen zur Allergieentwicklung sind aber generell nur halbquantitativ möglich, da bisher keine validen Dosis-Wirkungs-Beziehungen beschrieben sind.

2. **Spezifisch gegen *Ambrosia*-Proteine Sensibilisierte**; der Anteil dieser Gruppe liegt in Baden-Württemberg bei Erwachsenen bei 1-2 %, bei Kindern bei 3 %. Bei Ausbreitung der Pflanze in Baden-Württemberg ist mit einer erheblichen Zunahme dieser spezifisch Sensibilisierten zu rechnen.

In Ungarn sind 15 Jahren nach *Ambrosia*-Etablierung in stark von *Ambrosia* besiedelten Gebieten ca. 70 % der Allergiker gegen *Ambrosia* sensibilisiert. In nicht betroffenen Gebieten liegt die Sensibilisierungsrate unter 20 %; in Budapest liegt die Rate (gemessen mittels *Skin-Prick-Test*) bei *Ambrosia* bei 37 % und bei *Artemisia* (Beifuß) bei 23 % der untersuchten Personen (pers. Komm. Prof. Nekán, 2011, *Ambrosia-Workshop Budapest 2011*). Hier übersteigt die Sensibilisierungsrate gegen *Ambrosia* die Rate für *Artemisia* (vgl. in Baden-Württemberg liegen die Anteile heute bei 1-2 % bzw. 13-15 %).

3. **Bereits gegen Beifuß (*Artemisia vulgaris*) Sensibilisierte** weisen die höchste Vulnerabilität auf, weil *Ambrosia*-Pollen homologe Proteine enthalten, die ebenso eine Allergie auslösen können (Kreuzallergie). Dies sind nach Untersuchungen des Landesgesundheitsamtes Baden-Württemberg zur Zeit ca. 13 - 15 % der Bevölkerung; Kreuzallergien treten ebenfalls mit Birke und Lieschgras auf, die aber für eine Symptomatik im Frühjahr bzw. Sommer verantwortlich sind. Es ist zu berücksichtigen, dass diese Gruppe der sog. Polysensibilisierten im Spätsommer/Herbst bei *Ambrosia*-Pollenflug stärkere Beschwerden zeigen als die monosensibilisierten Personen (siehe 2.) (Behrendt et al. 2010).

**Dringlichkeit:** Sofern sich die Etablierung und Ausbreitung von *Ambrosia* in ähnlicher Weise vollzieht, wie in Ungarn, ist auch hier mit einer Sensibilisierungsrate von 70 % zu rechnen. Gegenwärtig sind ca. 15 % der Bevölkerung in Baden-Württemberg gegen Allergene sensibilisiert, die in *Ambrosia*-Pollen vorkommen. Nach Berendt et al (2010) haben 25 - 33 % dieser Sensibilisierten auch allergische Beschwerden (klinische Relevanz). Der Anteil der Sensibilisierten würden sich bei einer Sensibilisierungsrate von 70 % demnach um fast das

**Handlungsfeld Gesundheit**

Fünffache erhöhen. Durch konsequente Vermeidung von ausgedehnten Brachflächen (Ruderalflächen) in städtischen Bereichen (Einsaat von Konkurrenzpflanzen!) sowie Vermeidungs- und Bekämpfungsstrategien in der Landwirtschaft in Verbindung mit einem Meldewesen für *Ambrosia* ließe sich eine Entwicklung wie in Ungarn vermeiden.

**3.3.2 Toxine**

Nach den Erfahrungen der Giftinformationszentren sind Anfragen zu Vergiftungen mit **Pflanzen** vor allem bei Kindern relativ häufig. Dies betrifft hauptsächlich Kontakte in Haus und Garten. Die in freier Natur auftretenden Fälle sind bezüglich Häufigkeit, Giftigkeit und aufgenommener Menge weniger relevant. Schwere Pflanzenvergiftungen treten eher bei Verwechslungen und Missbrauch durch Jugendliche und Erwachsene auf. Eine andere Situation kann entstehen, wenn als Zier- und Nutzpflanzen kultivierte Giftpflanzen infolge des Klimawandels weitere Verbreitung finden und zunehmend verwildert in der freien Natur anzutreffen sind. Zu nennen sind hier Stechpalme (*Ilex aquifolium*), Efeu (*Hedera helix*), Lorbeerkirsche (*Prunus laurocerasus*), aber auch Robinie (*Robinia pseudoacacia*) und die Vielblättrige Lupine (*Lupinus polyphyllus*). Die bei Kindern übliche Aufnahme einiger Beeren beziehungsweise Früchte oder Samen dieser Pflanzen kann Brechdurchfall, bei größeren Mengen auch Kopfschmerzen, Schwindelgefühl, Apathie und Fieber auslösen. Der Pflanzensaft von Efeu wirkt hautreizend und allergen. Eine Ausdehnung der Stechpalme bis über den Neckarraum ist mit der erwarteten Verschiebung der Januar-0°C-Isotherme möglich. Die in Südeuropa und Kleinasien beheimatete Lorbeerkirsche ist inzwischen in ganz Frankreich bis ins Saarland verbreitet. Es wird eine Arealverschiebung zunächst bis in den Rheingraben erwartet. Das potentielle Verbreitungsgebiet erstreckt sich über Baden-Württemberg, Franken, nahezu ganz West- und Nordwestdeutschland bis in Teile Mitteldeutschlands. Früchte und Rinde der Robinie können Übelkeit, Brechdurchfall, Koliken und Kreislaufstörungen auslösen. Die Robinie hat einen Schwerpunkt unter anderem in den Sandgebieten am Oberrhein. Sie gilt in trockenwarmen Regionen als besonders ausbreitungsstark und kann insofern ihre Bestände in heißeren und trockeneren Sommern verdichten.

Einige Giftpflanzen wie Berg-Hahnenfuß (*Ranunculus montanus*) sowie Roter Fingerhut (*Digitalis purpurea*) zählen zu den Verlierern des Klimawandels.

Durch entsprechende Aufklärung im Umgang mit Pflanzen, Tieren und Pilzen ist eine Expositionsvermeidung möglich. Dies trifft viel weniger auf luft- und wassergetragene Schadstoffe zu, die - wie beim Auftreten von Prozessionsspinner-Raupen und Cyanobakterien - ohne Vorwarnung unbemerkt einwirken können. Ähnliches gilt, wenn Parasiten mit bloßem Auge kaum erkennbar sind und ein Befall nicht sofort bemerkt wird wie

**Handlungsfeld Gesundheit**

bei Zerkarien und Herbstmilben. Falls die Risiken rechtzeitig bekannt sind, kann schädlichen Expositionen wiederum durch persönliche Schutzmaßnahmen, Absperrung oder die Beseitigung der Giftquellen vorgebeugt werden.

Die **Zerkarien** als Larven der meist in Enten parasitierenden Saugwürmer (*Trichobilharzia* spp.) schwärmen vor allem bei Wassertemperaturen über 20 °C. Endwirt ist Wassergeflügel; doch die Haut von badenden Menschen oder Fischern wird ebenfalls durchbohrt. In der menschlichen Haut sterben die Zerkarien aber nach kurzer Zeit ab. Bei Zweitkontakt ist die Symptomatik (Badedermatitis) stärker ausgeprägt und kann bis zu drei Wochen anhalten.

**Cyanobakterien** beziehungsweise ihre Toxine können beim Baden in stehenden Gewässern Haut, Schleimhäute, Magen und Darm reizen, Allergien auslösen, die Leber schädigen oder neurotoxisch und tumorfördernd wirken. Der oralen Aufnahme kommt aus Sicht des Gesundheitsschutzes die größte Bedeutung zu. Im Uferbereich spielende Kleinkinder oder im Wasser tobende Schulkinder sind dabei eine besondere Risikogruppe. Höhere Temperaturen begünstigen die Entwicklung von Algen und Cyanobakterien, limitierend ist dabei der Nährstoffeintrag, dessen Begrenzung neben wasserbaulichen Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserqualität besondere Bedeutung zukommt. Die Trinkwassergewinnung aus dem Bodensee wird im Zusammenhang mit dem erfolgreichen Reoligotrophierungsprogramm (Rückführung der Nährstoffkonzentration nach vorangehender Eutrophierung) und der installierten Wasseraufbereitung momentan nicht als gefährdet angesehen. Probleme erwachsen möglicherweise daraus, dass sich neue Arten etablieren können, die Entwicklungsvorteile bei höheren Wassertemperaturen aufweisen, in nährstoffarmen Wässern Stickstoff fixieren und bisher unbekannte Toxine produzieren.

Die Cyanobakterien werden erst zur Hauptbadesaison von Juli bis September dominant, in einigen Fällen sind sie nicht an die Jahreszeit gebunden. In Einzelfällen finden sich immer wieder Werte, ab denen vom Baden abgeraten oder ein Badeverbot ausgesprochen wird. Die in Norddeutschland zugewanderte tropische Art *Cylindrospermopsis raciborskii* konnte in Baden-Württemberg zwar noch nicht gefunden werden. Die Etablierung dieser und anderer Arten ist aber prinzipiell nicht auszuschließen. Damit verbundene Risiken für Badende und die Trinkwasserversorgung durch bisher unbekannte, auch wasserlösliche Cyanotoxine müssen besonders beobachtet werden.

Die **Herbstmilbe** (*Neotrombicula autumnalis*) kommt in den Sommermonaten in niedriger Vegetation (Gras- und Krautschicht) vor. Sie verursacht beim Menschen eine juckende und pustulöse, bei empfindlichen Personen gelegentlich auch fieberhafte Hautentzündung (Erntekrätze). Bei verlängerter Vegetationsperiode ist mit einer längeren Kontaktphase zu rechnen. Zudem breitet sich *Neotrombicula autumnalis* derzeit vielerorts im städtischen Grün aus und erfasst so zunehmende Teile der Bevölkerung. Eine nachhaltige Bekämpfung ist

### Handlungsfeld Gesundheit

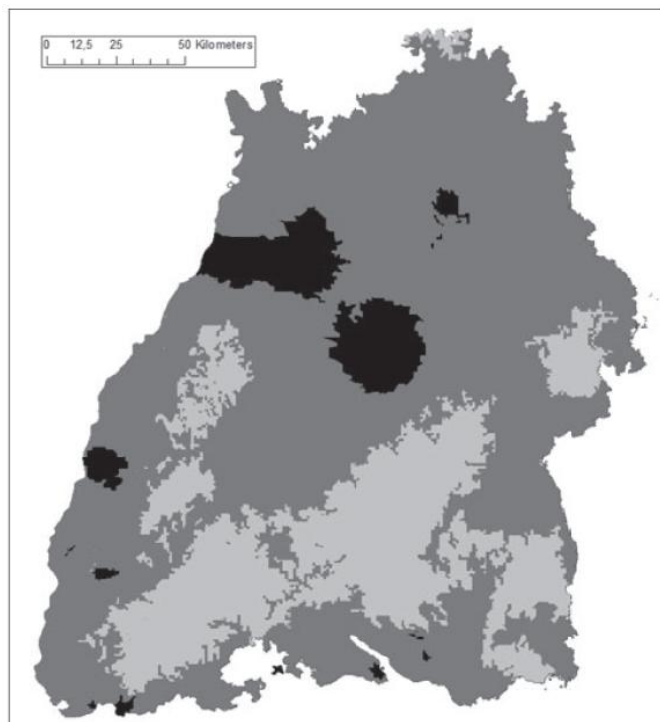
gemäß derzeitigem Wissenstand kaum möglich. Besonders vulnerabel sind Garten-, Straßen- und Bahnarbeiter, Kleingärtner und Forstleute, Garten- und Parkbesucher, im Gras spielende Kinder, Camper, Soldaten.

Bezüglich des **Eichenprozessionsspinners** (*Thaumetopoea processionae*) ergibt sich anhand seiner Verbreitung in den dichter besiedelten tieferen Lagen (siehe Abbildung 5-23) prinzipiell eine Vulnerabilität größerer Teile der Bevölkerung. Als wärmeliebende Arten profitieren diese Baumschädlinge direkt vom Klimawandel, während zusätzlich Trockenstress und häufigere Unwetter die Widerstands- und Regenerationsfähigkeit der befallenen Gehölze herabsetzen.

#### **Abb. 3-7: Mögliche Dauerschadgebiete des Pinienprozessionsspinners in Baden-Württemberg**

(schwarze Signatur) nach jährlicher Sonnenscheindauer und durchschnittlicher Januarminimaltemperatur.

In den grau unterlegten Gebieten ist das Risiko deutlich geringer, in den hell verbliebenen höheren Lagen besteht keine Gefahr. (Abb. aus Halbig 2011)



Besondere Risikogebiete für die Etablierung des Pinienprozessionsspinners (*Thaumetopoea pityocampa*) sind urbane Wärmeinseln der Rheinebene sowie um Stuttgart und Karlsruhe bis ins Kraichgau und der Hohenloher Ebene (Abb. 3-7). Nach Massenvermehrungen des Schwammspinners (*Lymantria dispar*) 1993 und 1994 bewegt sich dessen Population derzeit auf niedrigem bis mittlerem Niveau mit einigen lokalen Herden, häufig vergesellschaftet mit Eichenprozessionsspinner. Im Rahmen der Klimaszenarien verstärken sich die Voraussetzungen für erneute Massenvermehrungen in Laubwäldern und Obstanlagen der trocken-warmen tieferen Lagen. Goldafter (*Euproctis chrysorrhoea*) befällt vor allem Obstbäume in Gärten und Streuobstwiesen, kann sich aber auch in Weißdorn, Ahorn und Eichen an Verkehrswegen ausbreiten. Qualitativ ähneln sich die von den Raupen der

### Handlungsfeld Gesundheit

genannten Schmetterlinge ausgehenden gesundheitsschädlichen Wirkungen. Besonders intensiv aber wirken die Brennhaare von Eichen- und Pinienprozessionsspinner-Raupen. Es kommt zu stark juckenden Hautentzündungen, Reizungen der Augenbindehaut und Atemwege, in schwereren Fällen zu allgemeinem Unwohlsein, Fieber, Lungenfunktionsstörungen und anaphylaktischem Schock. Nach kürzlich veröffentlichten Erhebungen aus den Jahren 2011 und 2012 zu Erkrankungen durch Eichenprozessionsspinner in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern ist dies bei 10 bis 33 % der Fälle mit Arbeitsunfähigkeit oder Wegfall des Kita- beziehungsweise Schulbesuchs sowie bis zu etwa einem Prozent mit Krankenhauseinweisung verbunden. Vorrangig betroffen sind Forstpersonal und Landwirte, Gärtner, Straßen- und Bahnarbeiter, Spaziergänger, Jogger und Radfahrer, Anwohner von Parks, Wäldern und Alleen, Kinder und Beschäftigte in Waldkindergärten. Eine besondere Sensitivität besteht bei Asthmatikern und Allergikern.

Generell sind neben der spezifischen Giftigkeit eines Stoffes die individuelle Exposition beziehungsweise die aufgenommene Giftmenge und die Empfindlichkeit des Zielorganismus entscheidend für das Zustandekommen einer Vergiftung. Neben den schon genannten Allergikern unterliegen ebenso Personen mit Erkrankungen des Herz-Kreislauf- sowie des Nervensystems einer erhöhten Gefährdung durch Giftwirkungen, ebenso Klein- und Schulkinder, Schwangere und Senioren.

**Dringlichkeit:** Zur Verminderung der Vulnerabilität gegenüber klimabedingten Veränderungen in der Auseinandersetzung mit tierischen und pflanzlichen Toxinen ist der Schutz von Beschäftigten im Außenbereich von mittlerer Priorität. Es besteht noch Entwicklungsbedarf zum Einsatz insektenabwehrender Schutzbekleidung, zur Bekämpfung von Zerkarien und zu integrierten Stufenschemata für die selektive Bekämpfung gesundheitsschädlicher Schmetterlingsraupen. Strukturen für die Aufklärung der Bevölkerung über verstärkt auftretende Gefahren durch giftige Pflanzen und Tiere müssen noch ausgebaut werden.

#### **Kernaussagen:**

- Die schon jetzt hohe Sensibilisierungsrate gegenüber Inhalationsallergenen kann sich durch die zu erwartende weitere Verbreitung der Beifuß-Ambrosie deutlich erhöhen.
- Die Temperaturerhöhung führt zu einem veränderten Freizeitverhalten mit vermehrtem Aufenthalt in der Natur und damit einer erhöhten Gefahr durch giftige Früchte.
- Das gehäufte Auftreten von giftigen Tieren (Eichenprozessionsspinner) bei höheren Durchschnittstemperaturen erhöht die Gefahr einer unerwarteten Exposition.

### **3.4 Luftschadstoffe**

Wie im Kapitel zu den Klimafaktoren ausgeführt wurde, sind die Immissionskonzentrationen von Ozon, Feinstäuben und Stickoxiden in weit stärkerem Maße von anthropogenen Faktoren (Emissionen aus Industrie, Verkehr und Kleinf Feuerungsanlagen) abhängig als von klimatischen Faktoren. Während für die Ozonkonzentration ein direkter positiver Zusammenhang mit steigenden Temperaturen angenommen werden kann, ist der Beitrag einer Temperatursteigerung auf die Konzentration der Feinstäube und Stickoxide unklar. Ozon, Feinstäube und Stickoxide führen konzentrationsabhängig zu Entzündungen der Atemwege und zu einer Einschränkung der Lungenfunktion. Neben der Wirkungen auf die Schleimhäute der Atemwege und Augen sind aber auch Wirkungen auf das Herz-Kreislauf-System von Bedeutung. Dabei kommt es sowohl zu einer Erhöhung der Krankheitslast (Morbidity) als auch zu einer Häufung von Todesfällen durch Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen.

Als besondere Risikogruppen gelten dabei Personen mit Vorschädigung der Atemwege, Asthmatiker, Kleinkinder, ältere und sozial benachteiligte Personen. Die Empfindlichkeit ist bei körperlicher Belastung erhöht. Personen mit allergischen Symptomen können verstärkt auf Ozon reagieren. Außerdem können die Luftschadstoffe zu einer Veränderung (Verstärkung) der allergenen Eigenschaften von Pollen führen. Personen, die im Freien arbeiten oder Sport betreiben, sind in besonderem Maß von hohen Ozonkonzentrationen betroffen.

Ozon und Feinstäube können hitzebedingte Gesundheitseinschränkungen verstärken. Insofern sind Personen, die in Luftbelastungsgebieten wohnen, bei hitzebedingten Gesundheitseinflüssen besonders betroffen. In der Regel ist davon auszugehen, dass bei Hitzewellen auch die Bedingungen für hohe Ozonkonzentrationen günstig sind (starke Sonneneinstrahlung mit hohen UV-Anteilen, geringe Luftbewegungen, austauscharme Wetterlagen). Personen, die im Hinblick auf Hitzewirkungen als Risikopersonen anzusehen sind, haben auch bezüglich der Ozonkonzentration ein besonderes Risiko.

Da die zukünftige Entwicklung der Konzentration der Luftschadstoffe nicht nur von klimatischen Faktoren, sondern wahrscheinlich in weit größerem Umfang von der technischen Entwicklung abhängt, sind quantitative Abschätzungen zu den durch Ozon bzw. Feinstaub bedingten Krankheitslasten und Todesfällen mit großen Unsicherheiten sowohl im Hinblick auf die Exposition als auch im Hinblick auf das Ausmaß der Wirkungen verbunden. Dabei bestehen insbesondere auch Unsicherheiten darüber, ob bzw. bei welchen Konzentrationen Wirkschwellen für gesundheitsrelevante Effekte angesetzt werden können.



**Handlungsfeld Gesundheit**

Geht man für Baden-Württemberg von einer Zunahme der durchschnittlichen Ozonkonzentration (täglicher maximaler 8-h-Mittelwert) um  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für die nahe Zukunft aus, wäre als maximale Obergrenze mit einer jährlichen Zunahme von 200 zusätzlichen Ozon-bedingten vorzeitigen Todesfällen zu rechnen. Unter der Einbeziehung von Emissionsszenarien, die die maximal technisch mögliche Reduktion von Ozon-Vorläuferstoffen beinhalten, kann aber auch ein Rückgang der Ozon-bedingten Todesfälle prognostiziert werden.

Bei den Feinstäuben geht die WHO davon aus, dass eine Zunahme der PM<sub>10</sub>-Konzentration um  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mit einem relativen Risiko der Mortalität von 1,006 (95. Perzentil: 1,004-1,008) verbunden ist (WHO Regional Office for Europe 2006). Zu den zukünftigen Feinstaubbelastungen liegen keine verlässlichen Aussagen vor. Bei einer Zunahme der Feinstaubbelastungen als Folge einer forcierten Verbrennung von Holz wäre daher auch ein erhöhtes Mortalitätsrisiko zu erwarten; quantitative Aussagen hierzu sind jedoch mit sehr großen Unsicherheiten verbunden.

**Kernaussagen:**

- Das Ausmaß der gesundheitlichen Wirkungen von Ozon, Feinstäuben und Stickoxid ist in stärkerem Maße von der technischen Entwicklung und den damit verbundenen Emissionen dieser Schadstoffe aus Verkehr, Industrie und Kleinf Feuerungsanlagen abhängig als von den zu erwartenden Klimaänderungen.
- Erhöhte Konzentrationen von Ozon, Feinstäuben und Stickoxiden sind mit einem erhöhten Krankheits- und Sterberisiko für Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen verbunden.
- Risikopersonen gegenüber diesen Luftschadstoffen sind Kleinkinder, ältere Personen und Personen mit einer Vorschädigung der Atemwege oder des Herz-Kreislaufsystems.
- Ein besonderes Risiko besteht bei der gleichzeitigen Einwirkung von Hitzewellen und Ozon.

### 3.5 UV-Strahlung

Im Bereich Gesundheit besteht in Bezug auf eine mögliche erhöhte UV-Strahlung (bei Schönwetterlagen) wegen der verzögerten Regeneration der troposphärischen Ozonschicht eine wahrscheinlich mäßige Vulnerabilität, die zusätzlich durch ein verändertes Freizeitverhalten hin zu höheren Sonnenstrahlen-Expositionen führt.

Kleinkinder sind vor allem wegen der wenig entwickelten Schutzmechanismen der Haut gegen UV-Licht als Risikogruppe zu betrachten. Die Haut der Kinder ist dünner und das Immunsystem noch nicht vollständig ausgebildet. Die Häufigkeit von Sonnenbränden im Kindesalter wird mit einer verstärkten Ausbildung von Muttermalen in Verbindung gebracht,

**Handlungsfeld Gesundheit**

was wiederum im späteren Leben zu malignen Melanomen führen kann. Im Kindesalter wird bereits 3/4 der UV-Lebensdosis aufgenommen.

Zusätzlich spielt der Hauttypus eine Rolle (Tab. 3-3). Die häufig angewendete Klassifizierung nach FITZPATRICK (1975) unterscheidet zwischen 6 Hauttypen (davon sind vier für Deutschland relevant) mit jeweils verschieden hohem Krebsrisiko (korreliert mit dem Risiko für Sonnenbrand).

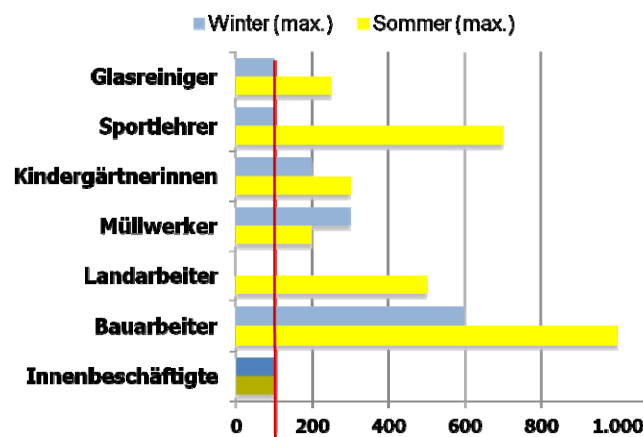
**Tab. 3-3: Klassifizierung und Häufigkeit von Hauttypen in Deutschland**

Typ <sup>2</sup>	Beschreibung	Hautkrebsrisiko <sup>1</sup>	Erythemschwelle (J/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	Häufigkeit % <sup>2</sup>
I	„Keltischer Typ“	sehr hoch	200	5
II	„Nordischer Typ“	hoch	250	33
III	„Mischtyp“	mäßig	350	50
IV	„Mediterraner Typ“	niedrig	450	12

<sup>1</sup> Nach Wikipedia.org (Hauttyp), Hauttypus-Benennung nach FITZPATRICK (1975)

<sup>2</sup> BGI 810-4 „Sicherheit bei Produktionen und Veranstaltungen – Scheinwerfer“ DGUV (2009)

Auch Personen mit Sonnenschein verbundener Freizeitgestaltung (Einfluss sozialer Faktoren beachten) und ausgeprägtem Sinn für Hautbräune als Schönheitsideal leben mit einem erhöhten Hautkrebsrisiko. Ebenso gefährdet sind Bewohner von Höhenlagen und Arbeiter im Freien, die in besonderem Maße der Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind (Feldarbeiter, Bauarbeiter, Gärtner, Landwirte, Schwimmmeister, Forstleute, Naturparkführer, Fahrradkuriere, u.a.; Abb. 3-8).



**Abb. 3-8: Durchschnittliche UV-Exposition von Beschäftigten im Freien**

Relativwerte (Prozent; Innenbeschäftigte = 100), nach KNUSCHKE et al, BAuA Fb 1777 (2007)

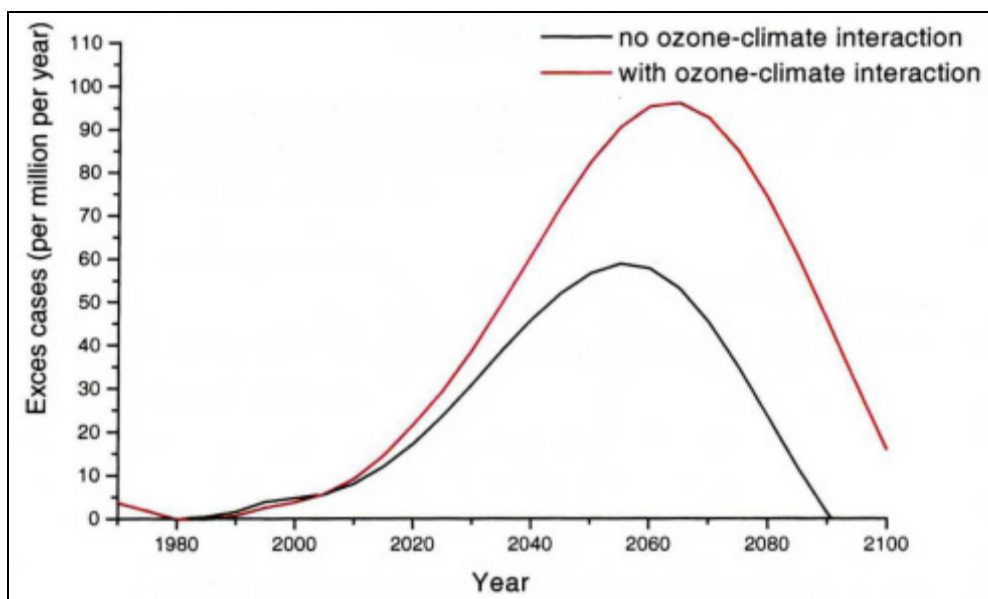
**Handlungsfeld Gesundheit**

Weiterhin könnten Personen in sozialer Vereinsamung zu den vulnerablen Gruppen gezählt werden, ohne Kommunikation und Möglichkeit der Informationsbeschaffung über veränderte Umweltbedingungen als Folge des Klimawandels.

In verschiedenen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die UV-Strahlung aus der Umwelt die Aktivität und Verteilung von Zellen verändert, welche ihrerseits die Reaktionen des Immunsystems steuern. Die Bestrahlung mit Sonnenlicht kann daher das Risiko für Infektionen erhöhen (WHO). Abhängig von der individuellen Konstitution (Hauttyp, Immunstatus) kann es aufgrund der immunsuppressiven Wirkung der UV-Strahlung zu erhöhtem Auftreten von Infektionen (*Herpes labialis*) kommen. Die Bildung von grauem Star (Katarakt, Trübung der Augenlinsen) und die Entstehung von Hautkrebs mit den damit verbundenen Kosten im Gesundheitswesen könnten zunehmen.

Nach Schätzungen der WHO sind bei einem Rückgang von 10 % des stratosphärischen Ozons infolge der dadurch ansteigenden UV-Strahlung weltweit 300 000 Nicht-Melanom-Karzinome, 4 500 Karzinome und 1,6-1,75 Millionen Katarakte zusätzlich pro Jahr zu erwarten. Allerdings ist eine Prognose der Inzidenz von Hautkrebs mit viel Unsicherheit behaftet.

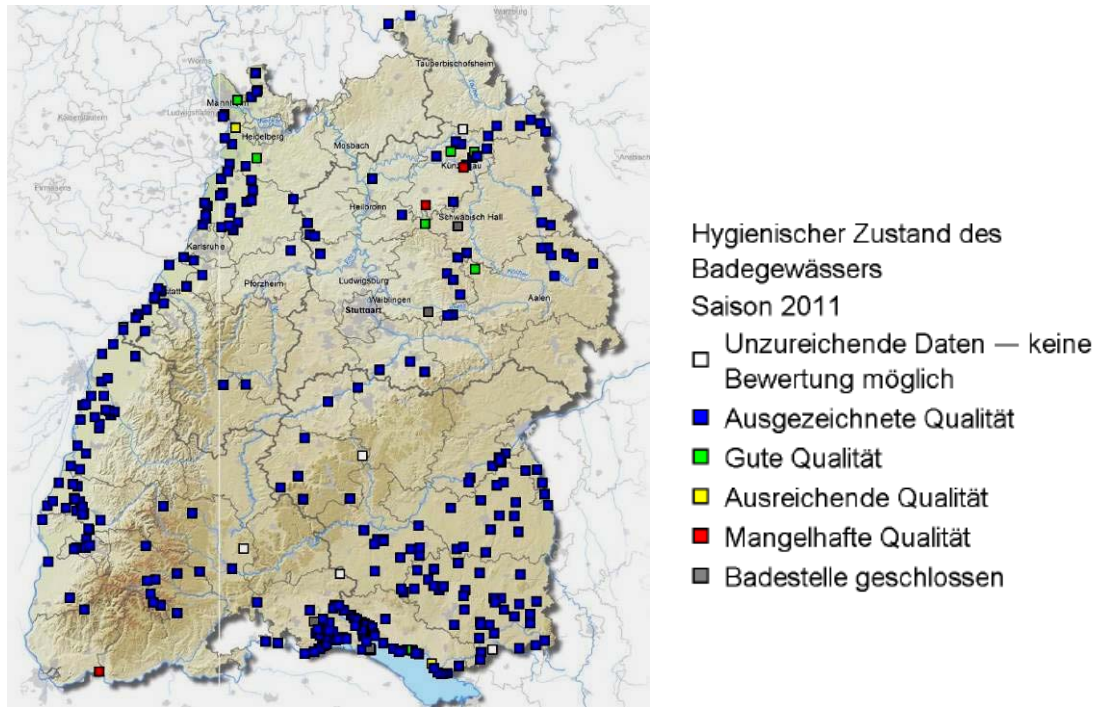
In Baden-Württemberg könnten vor allem in den Regionen Oberrheingebiet, Südschwarzwald, Oberschwaben aufgrund der höheren solaren Einstrahlung im Vergleich zu anderen Regionen und in Gegenden mit Badegewässern zunehmende Hautkrebsraten auftreten (Abb. 3-9 und Abb. 3-10).



**Abb. 3-9: Zu erwartende Hautkrebsinzidenz in den Niederlanden (De Bilt), abhängig von der Dichte der stratosphärischen Ozon-Schicht** (nach Kelfkens G et al: Ozone layer – climate change interactions, influence on UV levels 2002)

**Handlungsfeld Gesundheit**

Nicht zuletzt wird sich die Touristikbranche (z.B. Bodenseeregion, Schwarzwald, Badeseen-Gebiete), einschließlich der verschiedenen Verkehrsnetze, wegen des möglicherweise veränderten Freizeitverhaltens und nahen, heimischen Urlaubszielen auf die neue Situation einstellen müssen.



**Abb. 3-10: Verteilung und qualitativer Zustand der Badegewässer in Baden-Württemberg**

**Dringlichkeit:** Die UV-Bestrahlungsstärke hängt in komplexer Weise von vielen Faktoren ab, wobei ein Zusammenhang mit dem Klimawandel nicht in jedem Fall besteht. Bei Messwertmittelungen über das ganze Jahr konnte an der Messstation Neuherberg gezeigt werden, dass die UV-Intensität in Deutschland im Zeitraum 2000 – 2007 weniger als 5 % gestiegen ist.

Es ist davon auszugehen, dass die gesundheitlichen Auswirkungen heute auf das „Fehlverhalten“ des Aufenthalts in der Sonne, verbunden mit hohen UV-Expositionen von vor 20-30 Jahren zurückzuführen sind. Angesichts der Tatsache, dass in Deutschland jedes Jahr 140 000 neue Hautkrebsfälle auftreten, verbunden mit erhöhtem Kostenaufwand im Gesundheitswesen und vermehrten Krankheitstagen, müssen Maßnahmen zur Verringerung der Exposition und Aufklärungskampagnen verstärkt werden.

### Handlungsfeld Gesundheit

Im Unterschied zum Krebs- und Kataraktrisiko erlaubt der Forschungsstand zur UV-bedingten Schwächung des Immunsystems noch keine quantitativen Prognosen, aus der sich dringlicher Handlungsbedarf ableiten ließe.

#### **Kernaussagen:**

- Die Exposition gegenüber UV-Strahlen ist vorwiegend vom Freizeitverhalten bestimmt. Höhere Außentemperaturen führen zu einer verstärkten Exposition.
- Neben akuten aktinischen Hautschäden (Sonnenbrand) sind es vor allem die Spätschäden, welche sich erst Jahrzehnte nach Expositionsbeginn als Haut- und Augenkrankheiten manifestieren.
- Kleinkinder sind besonders von den Wirkungen der UV-Strahlen betroffen und als Risikogruppe zu betrachten.
- Beschäftigte in Außenberufen können einer Exposition nur beschränkt ausweichen und bilden deshalb eine Risikogruppe für aktinische Hautkrankheiten und Hautkrebs.

### **3.6 Innenraumklima**

Die zu erwartende energetische Sanierung eines großen Teils des Wohnungsbestands in den nächsten Jahrzehnten hat Auswirkungen auf das Innenraumklima, welche mit dem Klimawandel interferieren. Eine gut isolierende und abdichtende Gebäudehülle schützt den Innenraum besser vor äußeren Witterungseinflüssen und - zumindestens vorübergehend - auch vor Hitze.

Zu niedrige Raumlufttemperaturen können zu Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen führen. Nach einer Abschätzung der WHO treten in 11 europäischen Ländern jedes Jahr etwa 13 zusätzliche Todesfälle (kardiovaskuläre und respiratorische Ursachen) pro 100.000 Einwohner als Folge einer zu niedrigen Raumtemperatur auf. Eine Erhöhung der Raumtemperatur um 1°C ist dabei mit einer Verminderung der Mortalität um 0,15 % verbunden. Besonders betroffen sind Personen mit Vorschädigung der Atemwege und des Herz-Kreislaufsystems und insbesondere sozial benachteiligte Personen, da sie in der Regel in älteren Wohnungen mit schlechterer Bausubstanz wohnen. Wegen der hohen Heizkosten sind die Wohnungen bei diesen Personen auch häufig weniger gut geheizt. Durch die zu erwartende Zunahme der Außenlufttemperaturen ist hier ein positiver gesundheitlicher Effekt in den Wintermonaten zu erwarten. Da zwischen der Außentemperatur und der Raumtemperatur keine direkte Abhängigkeit besteht, lässt sich die Höhe dieses Effekts nicht quantifizieren.

### Handlungsfeld Gesundheit

Die gesundheitlichen Folgen von erhöhten Raumtemperaturen im Zusammenhang mit sommerlichen Hitzeperioden sind im Kapitel 3.1 beschrieben.

Erhöhte Konzentrationen von Luftschadstoffen in Innenräumen können je nach Art und Höhe der Belastung vielfältige gesundheitliche Wirkungen verursachen. Außer zu direkten Vergiftungen (z. B. CO) führen Innenraumschadstoffe häufig zu Reizungen der Augen und der Atemwege, zu kardiovaskulären Schädigungen, zu neurologischen Beschwerden (z. B. Kopfschmerzen) und zu allergischen Reaktionen (Asthma, Allergien u. ä.).

Die Konzentration der Luftschadstoffe und damit auch das Ausmaß der gesundheitlichen Wirkungen sind abhängig von der Emission der Luftschadstoffe aus Baustoffen und Einrichtungsgegenständen, den Aktivitäten der Bewohner und insbesondere von der Raumlüftung. Klimaänderungen können dabei sowohl positive wie negative Einflüsse haben (Aufheizung der Wände und verstärkte Emission von Schadstoffen, Lüftungsverhalten im Sommer, Schadstoffbelastungen im Zusammenhang mit der Raumheizung); eine quantitative Abschätzung über das Ausmaß der Wirkungen und dem Anteil klimatischer Faktoren ist kaum möglich.

Feuchte Wohnungen und der Befall mit Schimmelpilzen in Innenräumen sind als gesundheitliches Problem anzusehen. Nach Veröffentlichungen der Weltgesundheitsorganisation wird geschätzt, dass der Feuchtigkeit und dem Schimmelpilzbefall in Wohnungen in Europa jährlich etwa 100 krankheitsbehafte Lebensjahre (DALY<sup>8</sup>) pro 100.000 Einwohner zuzuschreiben sind. Bei den klimatischen Faktoren, die das Wachstum von Schimmelpilzen begünstigen können, ist ein möglicher Anstieg des absoluten Wassergehalts in der Luft im Rahmen der Klimaerwärmung zu beachten; außerdem kann eine unzureichende Belüftung als Folge von Maßnahmen zur Wärmedämmung zu verstärktem Schimmelbefall führen.

**Risikogruppen** sind in erster Linie Kinder und ältere Personen, die sich in der überwiegenden Zeit in den Wohnräumen aufhalten. Kinder sind außerdem aufgrund ihrer höheren gewichtsbezogenen Atemrate, ihrer in der Regel geringeren Entgiftungskapazität gegenüber Schadstoffen und ihrem noch nicht voll entwickelten Immunsystem stärker gefährdet als Erwachsene. Personen mit einer Vorschädigung der Atemwege haben ebenfalls ein erhöhtes Risiko. Hinsichtlich der gesundheitlichen Belastung durch Feuchtigkeit und Schimmel haben auch Personen mit atopischen Erkrankungen ein erhöhtes Risiko. Sozial benachteiligte Personen sind ebenfalls besonders betroffen. Eine höhere Wohnbelegung wirkt sich negativ auf die Luftfeuchtigkeit und die Raumluftqualität

---

<sup>8</sup> DALY bedeutet *disease-adjusted life years* bzw. *disability-adjusted life years* (lost) (krankheits- oder behinderungsbehafte Lebensjahre). Mit dieser Kennzahl soll die Beeinträchtigung eines normalen Lebens durch Krankheit oder Behinderung bezeichnet werden (siehe *WHO Health Statistics and Health Information System*).

### Handlungsfeld Gesundheit

aus. Überbelegung und unzureichende Lüftung können Infektionen begünstigen, die über die Luft übertragen werden.

Einem erhöhten Risiko von **Überschwemmungen** und nachfolgendem Schimmelwachstum sind Wohngebäude in überschwemmungsgefährdeten Lagen ausgesetzt.

Vulnerabilitätsfaktoren sind neben dem Wohnstandort die soziale Lage (Möglichkeit der schnellen Schadensbehebung) und die Gesundheit der Bewohner (Vorerkrankungen, Allergien). Hochwasserereignisse können außerdem negative Auswirkungen auf die mentale Gesundheit der Bewohner haben, wobei folgende Stressoren von Bedeutung sind:

- Posttraumatische Stressbelastung (PTSD)
- Ökonomische Belastungen
- Familiäre Belastungen, fehlende Erholung

#### Kernaussagen:

- Die Konzentration von Schadstoffen in Innenräumen kann als Folge der Klimaänderung ansteigen; sie wird jedoch in starkem Maße von baulichen Gegebenheiten (Dichtigkeit der Gebäude) und dem Lüftungsverhalten beeinflusst. Erhöhte Konzentrationen von Schadstoffen in der Innenraumluft haben vielfältige negative Auswirkungen auf die Gesundheit der Bewohner.
- Feuchte Wohnungen und Schimmelpilzbefall sind als gesundheitliches Problem anzusehen. Die Feuchtigkeit in Wohnungen und der Befall mit Schimmelpilzen kann im Zusammenhang mit den zu erwartenden Klimaänderungen zunehmen; wichtiger Einflussfaktor ist dabei eine ausreichende Lüftung.
- Als Folge der Klimaänderung sind mildere Winter zu erwarten, die sich positiv auf die Raumtemperatur von schlecht beheizten bzw. schlecht isolierten Wohnungen auswirken und damit zu einer Verminderung von kältebedingten Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen führen können.

**Handlungsfeld Gesundheit**



## 4 Maßnahmen

Gesundheitliche Risiken unterliegen einem stetigen Wandel. Die Einflussfaktoren sind komplex, vielfältig und in ihren Interaktionen oft nicht absehbar, so dass manche Veränderungen überraschend auftreten oder mit einer nicht erwarteten Dynamik ablaufen. Auf der Basis der beschriebenen Vulnerabilitäten werden Anpassungsziele und Anpassungsmaßnahmen formuliert, die die unerwünschten gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels begrenzen sollen.

**Surveillance-Systeme** sind für das Handlungsfeld Gesundheit von besonderer Bedeutung. Surveillance ist mit Überwachung nur unvollständig ins Deutsche zu übersetzen. Surveillance bedeutet Krankheiten und gesundheitliche Risiken zu erfassen bzw. unbekannte Risiken überhaupt erst zu erkennen (Monitoring), die erhobenen Daten zu bewerten (Risikobewertung) und dann Maßnahmen zur Prävention und Bekämpfung zu formulieren (Maßnahmen ergreifen). Die ergriffenen Maßnahmen können dann in ihrer Wirkung und Zielgenauigkeit durch das laufende Monitoring auch leichter überprüft werden (Evaluation). Für viele Bereiche bestehen bereits Surveillance-Systeme, die aber um Fragestellungen des Klimawandels erweitert werden müssen. Dies betrifft u. a. Systeme der Gesundheitsbezogenen Umweltüberwachung (Hitzewarnsysteme, Trinkwasser-, Lebensmittelüberwachung, Ozonmessnetz, UV-Index, Pollenflugvorhersage) oder die Überwachung einzelner Infektionskrankheiten durch das Robert Koch-Institut. Zweitens geht es grundsätzlich um **Aufklärung / Bewusstseinsbildung** der Bevölkerung und Sensibilisierung von (medizinischen) Fachkreisen zu den gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels mit dem Ziel, durch persönlichen Betroffenheit Verhaltensänderungen anzuregen.

Die dritte Gruppe von Maßnahmen umfasst das **aktive Handeln**, um Folgen des Klimawandels in Bezug auf die Gesundheit in der Bevölkerung zu verhindern oder zu verringern. Es sind Maßnahmenvorschläge, die einen rechtlichen Rahmen benötigen und dann in der Zielgruppe durchgesetzt werden sollen.

Da gesundheitliche Belange auch andere Handlungsfeldern tangieren, ist es wichtig, dass bei entsprechenden Maßnahmen (z.B. Stadt-, Bauleitplanung) Aspekte des vorbeugenden Gesundheitsschutzes immer mitbedacht werden.

Soweit einzelne Anpassungsmaßnahmen bestimmt werden konnten, sind sie leitsatzartig formuliert worden (die meisten Maßnahmen besitzen *No-regret*-Charakter, da sie auch ohne Einflüsse des Klimawandels den vorbeugenden Gesundheitsschutz stärken). Weiterführende Informationen und Erläuterungen sind den Maßnahmenblättern bzw. den Darstellungen zum wissenschaftlichen Hintergrund zu entnehmen.

## 4.1 Temperaturanstieg, Hitzewellen

### 4.1.1 Hitzewellen

#### Anpassungsziele

Schutz der Bevölkerung vor extremer Hitzebelastung

#### Anpassungsmaßnahmen

Im Zuge des globalen Klimawandels wird in Baden-Württemberg mit einer Zunahme der Häufigkeit der Wärmebelastung bei gleichzeitiger Zunahme der Sensitivität der Bevölkerung gerechnet (erhöhte Vulnerabilität).

Bei der Formulierung von Maßnahmen wurde auf die Vorschläge der Arbeitsgruppe „Thermische Belastung“ der Internationalen Fachkonferenz „Klimawandel, Extremwetterereignisse und Gesundheit“ von 2010 zurückgegriffen. Es werden kurz-, mittel- und langfristig wirksame Maßnahmen unterschieden.

Anpassungsmaßnahmen <sup>9</sup>		besteht	Weiter- entwicklung	MB-Nr.
<b>Hitzegesundheitswarnsysteme</b>				
01	Perioden mit hoher thermischer Belastung vorhersagen	X		
02	Aktive Unterstützung von besonders vulnerablen Personengruppen (in Verdichtungsgebieten, mit Kommunikationsschwierigkeiten) um Schutz vor Hitze			3
<b>Einschränkung von Aktivitäten, die mit erhöhter körperlicher Aktivität einhergehen</b>				
03	Sportliche Aktivitäten (Schulsport, Vereinssport, Städte-Marathon-Läufe, Triathlonwettbewerbe etc.)	X		
04	Massenveranstaltungen im Freien, bei denen Menschen längere Zeit hohen Temperaturen bzw. der Sonne ausgesetzt sind	X		
<b>Weitere organisatorischen Maßnahmen</b>				
05	Getränke und Sonnenschutz in Senioren- und Pflegeheimen bereitstellen bzw. verabreichen		X	
06	Vorsorgepläne für Hitzewellen erstellen (Funktionsfähigkeit des Gesundheitswesens sicherstellen)		X	
07	Anpassung der Schul- und Arbeitszeiten		X	
<b>Hitzebelastung in Gebäuden gering halten</b>				
08	Hitzebelastung in Gebäuden durch Isolierung und Kühlung gering halten	X		
<b>Monitoringsysteme</b>				
09	Monitoring der Klimaentwicklung in Städten		X	
<b>Entwicklung und Anwendung von Methoden zur Reduzierung des Hitzeeintrags in Stadtquartiere (Stadt- und Regionalplanung)</b>				
10	z.B. weiße Gebäudeanstriche und helle Straßenbeläge		X	

<sup>9</sup> Weiterentwicklung bedeutet, dass Maßnahmen schon im Ansatz bestehen, aber zur vollen Wirksamkeit weiter entwickelt werden müssen.

MB-Nr. verweist auf die Nummern der am Ende des Kapitels zusammen gestellten Maßnahmenblätter.

**Handlungsfeld Gesundheit****4.1.2 Stadtklima****Anpassungsziele**

Verhinderung übermäßiger Wärmebelastungen in Städten

<b>Anpassungsmaßnahmen</b>		besteht	Weiter- entwicklung	<b>MB-Nr.</b>
<b>Regional-/ Bauleitplanung</b>				
<b>11</b>	klimagerechte Anordnung und Gestaltung von Gebäuden (Verschattung, Arkaden), Dachbegrünung	X		
<b>12</b>	Festsetzung der Pflicht zur Dachbegrünung	X		
<b>13</b>	Freihalten von Kalt- beziehungsweise Frischluftschneisen			<b>1</b>
<b>14</b>	Schaffung und Erhalt von Grünzügen (Stadtgrün); Einbindung von Wasserflächen (Stadtblau)			<b>10</b>
<b>15</b>	Kühle Räume in öffentlichen Gebäuden bereitstellen ("Cooling Centres")			<b>11</b>

**4.1.3 Arbeitsleistung****Anpassungsziele**

Gestaltung der Arbeitsbedingungen derart, dass die berufliche Tätigkeit während erhöhter Außentemperaturen / Hitzewellen möglichst aufrecht erhalten werden kann.

<b>Anpassungsmaßnahmen</b>		besteht	Weiter- entwicklung	<b>MB-Nr.</b>
<b>Bauliche Maßnahmen zum Schutz vor Überwärmung</b>				
<b>16</b>	Wärmedämmung bestehender Produktions- und Werkstätten, insbesondere der Dächer		X	<b>2</b>
<b>17</b>	außen liegende Jalousien	X		
<b>Arbeit entsprechend der Witterung organisieren</b>				
<b>18</b>	Arbeitszeit und Pausenregelung im Rahmen der technologisch und betriebsbedingt Möglichen an die Situation anpassen (z.B. früher Arbeitsbeginn, oder spätes Ende)		X	
<b>19</b>	schwere körperliche Arbeit in den heißen Stunden vermeiden bzw. reduzieren; kurzen Ruhephasen einlegen		X	
<b>Personenbezogene Maßnahmen (Empfehlungen)</b>				
<b>20</b>	Bekleidung anpassen (hell und luftdurchlässig), Sonnenschutz (Kopfbedeckung, Sonnencreme), Ausreichend Trinken (regelmäßig, kleine Mengen)	X		

**Handlungsfeld Gesundheit****4.1.4 Mobilität und Unfälle****Anpassungsziele**

Vermeidung von Hitzebelastungen und gesundheitlichen Folgen im Verkehr und von Unfallgefahren durch Extremwetterereignisse

<b>Anpassungsmaßnahmen</b>		besteht	Weiter- entwicklung	<b>MB-Nr.</b>
<b>Anpassung an die Hitzebelastung im Straßenverkehr</b>				
<b>21</b>	Klimatisierung öffentlicher Verkehrsmittel, insbesondere von Bussen und Bahnen	X		
<b>22</b>	Verschattung von Aufenthaltsflächen z.B. Haltestellen, Plätzen, Geh- und Radwegen (auch Wege zum ÖPNV), Wartebereiche an P+R-Plätzen, Bike+Ride-Plätze		X	
<b>23</b>	Hellere Fahrbahnoberflächen vermindern die Aufheizung (erhöhte Rückstrahlung)		X	
<b>24</b>	Klimaanlagen als Standardausrüstung im Auto		X	
<b>25</b>	Anpassung der Fahrpläne des öffentlichen Verkehrs an die Bedürfnisse der Fahrgäste (Beschäftigung, Einkaufen, Unterhaltung zu veränderten Tageszeiten)		X	
<b>26</b>	Ausbau der Hilfe für gesundheitlich Beeinträchtigte bei Verkehrsstauungen (Stauhilfe)		X	
<b>Unfallgefahren bei Extremwetterereignissen reduzieren</b>				
<b>27</b>	Bäume entlang von (Bahn-)Trassen vorsorglich zurückschneiden, um die Wahrscheinlichkeit von Umstürzen zu verringern	X		
<b>28</b>	Sicherung der Benutzbarkeit von Geh- und Radwegen bei Starkregen, Schnee und Eis; Schutz vor Überschwemmungen		X	
<b>Reduktion des Verkehrslärms (aktiver Schallschutz)</b>				
<b>29</b>	Verlagerung von motorisiertem Individualverkehr hin zu Fuß- und Radverkehr		X	
<b>30</b>	Stärkung des ÖPNV (Information der Mitarbeiter über die Erreichbarkeit des Zielortes mit dem ÖPNV; Förderung von Fahrgemeinschaften)		X	

## Handlungsfeld Gesundheit

## 4.2 Infektionserreger, Vektoren

## 4.2.1 Infektionserreger, Vektoren

## Anpassungsziele

Verhinderung von Infektionen

Verhinderung der Ausbreitung der Vektoren

Anpassungsmaßnahmen	besteht	Weiter- entwicklung	MB-Nr.
<b>Verhinderung von Infektionen (vorbeugende Maßnahmen für die Bevölkerung)</b>			
31 Aufklärung, Informationskampagnen zur Verhaltensprävention und Expositionsvermeidung (z. B. Kleidungsempfehlungen, Zecken- und Mückenschutzmittel)	X		
32 Schutzimpfungen (Mensch und Tier)	X		
<b>Verbesserung der Diagnostik und Therapie (Ärzte, medizinisches Fachpersonal)</b>			
33 Information und Bewusstseinsbildung zu Tropenkrankheiten und (reise-)medizinischen Prophylaxemaßnahmen, Bereitstellen von Diagnose- und Therapiekapazitäten (Kompetenzbildung)			4
<b>Monitoring und Surveillance</b>			
34 Beobachtung der Entwicklung aller Vektoren als Grundlage für Bekämpfungsmaßnahmen			5
<b>Vektorenbekämpfung</b>			
35 Zecken: Akarizidbehandlung von Schafen und importierten Hunden; lokale Bekämpfung durch ökologische Maßnahmen			5
36 Nagetiere: Sichere Aufbewahrung von Lebensmitteln, Müllmanagement, Rattenbekämpfung			5
37 Stechmücken: Trockenlegung der Brutgewässer, Biologische Larvenbekämpfung			5
<b>Forschung</b>			
38 Medizinische und naturwissenschaftliche Grundlagenforschung zu vektorenübertragenen Infektionskrankheiten, epidemiologische Studien zur Erfassung der Prävalenzen / Inzidenzen		X	12
39 Impfstoffentwicklung	X		

**Handlungsfeld Gesundheit****4.2.2 Lebensmittel****Anpassungsziele**

Aufkommende neue Risiken für die Gesundheit der Menschen in Baden-Württemberg frühzeitig erkennen

Die „Verwundbarkeit“ gegenüber dem Klimawandel reduzieren

Kapazitäten aufbauen/ Ressourcen bereitstellen, um rechtzeitig geeignete Maßnahmen ergreifen zu können

<b>Anpassungsmaßnahmen</b>		besteht	Weiter- entwicklung	<b>MB-Nr.</b>
<b>Surveillance und Überwachung</b>				
<b>40</b>	Infektionsepidemiologische Überwachung und Monitoring von Lebensmitteln, Umwelt, Erkrankungen bei Mensch und Tier	X		
<b>41</b>	Beobachtung relevanter Entwicklungen weltweit, Aufbau von Frühwarnsystemen und nationale, europäische und internationale Kooperation	X		
<b>Aufklärung und Information</b>				
<b>42</b>	Information und Sensibilisierung der Ärzteschaft über neu zu erwartende Infektionskrankheiten	X		

**Handlungsfeld Gesundheit****4.3 Allergene, Toxine****Anpassungsziele**

Verhindern der Ausbreitung und Etablierung von *Ambrosia*-Pflanzen auf Brach- und landwirtschaftlichen Flächen

Verringerung / Stabilisierung der Sensibilisierungsrate gegen pflanzliche und tierische Allergene in der Bevölkerung durch Expositionsvermeidungs-Strategien

<b>Anpassungsmaßnahmen</b>	besteht	Weiterentwicklung	<b>MB-Nr.</b>
<b>Überwachung der Ambrosia-Ausbreitung</b>			
<b>43</b> Meldesystem und Kartierung der <i>Ambrosia</i> -Bestände ausbauen	X		
<b>44</b> Pollen-Monitoring verbessern, um Trends frühzeitig zu erkennen	X		
<b>Verhinderung der Etablierung bzw. Ausbreitung von Ambrosia in Baden-Württemberg</b>			
<b>45</b> Aufklärung der Landwirte und der Bevölkerung über Ausbreitung und Bekämpfung der Pflanzen sowie Allergieentwicklung		X	
<b>46</b> Vermeidung von städtischen Brachflächen, evtl. Einsatz von Konkurrenzpflanzen		X	
<b>Bekämpfung von gesundheitsgefährdenden Insekten</b>			
<b>47</b> Entwicklung selektiver, ökologisch verträglicher Insektenbekämpfung; Sanierung von Insektenbrutstätten		X	
<b>48</b> Weiterentwicklung von Repellentien, insektenabwehrender Arbeits- und Freizeitbekleidung		X	
<b>49</b> Schaffung einer <i>Task-Force</i> in den UVB für die Themen 43-47 (V A S S -Bekämpfung)			<b>5</b>

## 4.4 Luftschadstoffe

### Anpassungsziele

Reduzierung von Luftschadstoffen

### Anpassungsmaßnahmen

Da die klimatischen Einflüsse auf die Entwicklung der Luftschadstoffe im Vergleich zu den anthropogen bedingten Einflüssen verhältnismäßig klein sind, müssen

Reduktionsmaßnahmen vornehmlich im Hinblick auf die anthropogenen Emissionen von Feinstäuben und Ozonvorläuferstoffen (VOC und NO<sub>x</sub>) ergriffen werden

Bei steigenden Temperaturen werden biogene VOC als Ozonvorläuferstoffe verstärkt freigesetzt. Dies ist bei Maßnahmen im Bereich der Forst- und Landwirtschaft zu berücksichtigen, indem beim Anbau solche Pflanzen bevorzugt ausgewählt werden, die niedrige VOC-Emissionen aufweisen. Sofern dies nur eingeschränkt möglich ist, muss dafür gesorgt werden, dass entsprechende Kompensationsmaßnahmen zur Senkung der nicht biogenen VOC-Emissionen durchgeführt werden, um einen Nettozuwachs an VOC-Belastungen zu verhindern.

Da hohe Ozonkonzentrationen häufig im Zusammenhang mit Hitzewellen auftreten, sollte der Ozonwarndienst in den Hitzewarndienst integriert werden. Präventionsmaßnahmen müssen geeignet sein, sowohl der Exposition gegenüber Ozon als auch gegenüber der Einwirkung der Hitze entgegenzuwirken.

Anpassungsmaßnahmen		besteht	Weiterentwicklung	MB-Nr.
<b>langfristig wirksame Emissionsminderungsmaßnahmen</b>				
50	Verminderung der Kfz-Emissionen (z.B. durch Elektrofahrzeuge)		X	
51	Verminderung der Emissionen aus der Verbrennung von nachwachsenden Rohstoffen (Holz, Holzpellets)	X		
52	Förderung des ÖPNV		X	
53	Verminderung der biogenen VOC-Emissionen in der Forst- und Landwirtschaft durch Auswahl emissionsarmer Pflanzen			6
<b>Weiterentwicklung des Ozonwarndienstes (DWD)</b>				
54	Zusammenführung des Ozonwarndienstes mit dem Hitzewarndienst (hohe Ozonwerte oft im Zusammenhang mit Hitzewellen)		X	13
55	Nutzung neuer Techniken zur Information der Bevölkerung (Smartphones mit Apps, automatischem Warnhinweis-Versand)			13



**Handlungsfeld Gesundheit****4.5 UV-Strahlung****Anpassungsziele**

Reduktion der Inzidenz des Hautkrebses durch Verminderung der UV-Exposition bei

- Personen mit Außenberufen (Arbeitsschutzmaßnahmen)
- der Allgemeinbevölkerung (verändertes Freizeitverhalten, Sonnenschutz)

<b>Anpassungsmaßnahmen</b>	besteht	Weiter- entwicklung	<b>MB-Nr.</b>
<b>Aufklärung der Bevölkerung</b>			
<b>56</b> Verhalten der Bevölkerung durch Information und Aufklärung zu vernünftigem und bewussten Sonnenbaden ändern		X	<b>7</b>
<b>57</b> zielgruppenspezifische Maßnahmen / Kampagnen anbieten (Kinder, Eltern, Erzieher, Lehrer, Arbeitgeber für UV-exponierte Berufsgruppen, Stadtplaner, Gartenbauämter)		X	<b>7</b>
<b>58</b> Risikowarnung bei stark erhöhtem UV-Index	X		
<b>Verringerung der UV-Exposition</b>			
<b>59</b> Schaffung von Schattenplätzen (z.B. Sonnensegel oder Baumpflanzung für Kinderspielflächen, Liegeflächen in Parks, Badeseen oder Freibäder)	X		
<b>60</b> Arbeitsschutzmaßnahmen für Außenberufe		X	<b>9</b>
<b>61</b> Entwicklung von Sonnenschutz mit Wirkungssicherheit		X	
<b>62</b> Nutzung von Sonnencremes, entsprechender (Sonnenschutz-) Kleidung und Sonnenbrillen		X	
<b>63</b> Verbot von Solarien		X	
<b>Medizinische Maßnahmen</b>			
<b>64</b> Einführung eines häufigen Naevi-Screenings unter Beteiligung von Ärzten und medizinischen Fachberufen			<b>8</b>

## 4.6 Innenraumklima

### Anpassungsziele

Sicherstellung der Luftqualität in Innenräumen

Verminderung der Auswirkung von Überschwemmungen auf die Innenraumluft

Anpassungsmaßnahmen	besteht	Weiter- entwicklung	MB-Nr.
<b>Hitzebelastung in Gebäuden gering halten</b>			
65 Außendämmung von Gebäuden	X		
66 Kühlung (vorrangig durch Lüftung während der Nacht, Nutzung kalter Bodenluft etc.)	X		
<b>Erreichen einer ausreichenden Luftqualität und Verhinderung einer zu hohen Luftfeuchtigkeit in energieeffizienten Gebäuden</b>			
67 Luftwechselrate von mind. 0,5/Stunde durch mechanische Belüftung oder Lüftungsplan für manuelles Lüften sicherstellen		X	
68 In Innenstädten Einsatz von Feinstaubfiltern in Lüftungsanlagen zur Senkung der Feinstaubbelastung in Innenräumen		X	
<b>Planerische und bauliche Maßnahmen in betroffenen Wohngebieten</b>			
69 Maßnahmen zum Hochwasserschutz	X		
70 Maßnahmen an den Gebäuden zur Verhinderung / Reduzierung von Hochwasserschäden (Aufklärung über Bauweisen und Materialien, die kein Schimmelpilzwachstum zulassen, z.B. anorganische Baustoffe, Farben und Putze)		X	
<b>Informationen für Bewohner in Überschwemmungsgebieten</b>			
71 Aufklärung der betroffenen Bevölkerung über Folgen von Überschwemmungen und die zu ergreifenden Maßnahmen	X		

## Handlungsfeld Gesundheit

## 4.7 Maßnahmenbeschreibung

In der folgenden Tabelle werden die oben aufgelisteten Maßnahmen kurz charakterisiert. Die Nummer in der linken Spalte dieser Tabelle bezieht sich auf die vorangehenden Tabellen und die dort in der ersten Spalte genannten Nummern. Die Quelle der Maßnahmen wird beschrieben, das Ziel, welches mit ihr erreicht werden soll, und ihr (rechtlicher) Charakter, welcher den Grad der Verbindlichkeit beschreibt.

Für Maßnahmen, für die ein Maßnahmenblatt (**MB**) aufgestellt wurde, wird auf dieses verwiesen. In den Maßnahmenblättern werden aus Sicht der Autoren wichtige Maßnahmen genannt und beschrieben. Es gibt auch Maßnahmenblätter, die sich auf schon jetzt bestehende Maßnahmen beziehen. Es wird dann vorgeschlagen, schon bestehende Maßnahme(n) weiterzuentwickeln und ggf. ihren Charakter zu ändern.

Nr.	MB-Nr.	Maßnahme <i>Maßnahmenvorschlag</i>	Ziel	Charakter
01		Hitzewarndienst existiert in Form von Unwetter-Warndiensten im Internet. Der Deutsche Wetterdienst bietet spezielle Warndienste an, u.a. Hitzewarndienst, als abonnierbaren <i>Newsletter</i> <a href="http://www.deutscher-warndienst.de/">http://www.deutscher-warndienst.de/</a> <a href="http://www.dwd.de">http://www.dwd.de</a>	Rechtzeitige Verhaltensanpassung an vorhergesagte Hitzewelle; Einrichtungen mit besonders vulnerablen Personen (Pflegeheime, Krankenhäuser, Kinderkrippen) sollen sich vorbereiten	Dienstleistung, Empfehlung
02	3	<b>Vorschlag:</b> <i>Heat-Scout zur Warnung, Beratung und Unterstützung von vulnerablen Personen</i>	Schutz von Personen mit geringer Eigenvorsorge	
03		Empfehlungen zum Training an Hitzetagen, z.B.: <a href="http://www.netzathleten.de/Sportmagazin/Richtig-trainieren/Tipps-zum-Sport-bei-Hitze/7335757970932840137/head">http://www.netzathleten.de/Sportmagazin/Richtig-trainieren/Tipps-zum-Sport-bei-Hitze/7335757970932840137/head</a> Empfehlungen für Sportunterricht, z.B. <a href="https://anmelden.km-bw.de/servelet/PB/menu/1243961/index.html">https://anmelden.km-bw.de/servelet/PB/menu/1243961/index.html</a>	Schutz vor akuten hitzebedingten Krankheiten	Empfehlung
04		Massenveranstaltungen an Tagen mit großer Hitze einschränken bzw. erhöhte medizinische Vorsorge bereitstellen (Rettungsdienste) <a href="http://www.auswaertiges-amt.de/cae/servelet/contentblob/615094/publicationFile/167055/Abstract_Steffen.pdf">http://www.auswaertiges-amt.de/cae/servelet/contentblob/615094/publicationFile/167055/Abstract_Steffen.pdf</a> Gefahr von verstärkt aggressivem Verhalten <a href="http://www.uni-bielefeld.de/ika/zick/Umgebungstemperatur.ppt">http://www.uni-bielefeld.de/ika/zick/Umgebungstemperatur.ppt</a>	Verhinderung und medizinische Beherrschung von akuten hitzebedingten Notfällen	Empfehlung
05		Handlungshinweise für Pflegekräfte in Pflegeheimen bei Hitze: <a href="http://www.gesundheitsamt-bw.de/SiteCollectionDocuments/40_Service_Publicationen/Gesundheitsrisiken_bei_Sommerhitze.pdf">http://www.gesundheitsamt-bw.de/SiteCollectionDocuments/40_Service_Publicationen/Gesundheitsrisiken_bei_Sommerhitze.pdf</a>	Schutz der Pflegebedürftigen	Empfehlung
06		Vorsorgepläne für Krankenhäuser, Rettungsdienste, ambulante medizinische Versorgung für Hitzewellen (Hitzeaktionspläne) <a href="http://www.fh-fulda.de/fileadmin/Fachbereich_PG/Forschung_Praxis/Klima/Grewe_Bla_776_ttner.pdf">http://www.fh-fulda.de/fileadmin/Fachbereich_PG/Forschung_Praxis/Klima/Grewe_Bla_776_ttner.pdf</a> Beispiel Steiermark: <a href="http://www.gesundheit.steiermark.at/cms/dokumente/11685019_72561200/d002d0f4/HSP1_Stmk_2011.pdf">http://www.gesundheit.steiermark.at/cms/dokumente/11685019_72561200/d002d0f4/HSP1_Stmk_2011.pdf</a>	Bereitschaft des Gesundheitsdienstes zur Versorgung und Behandlung einer erhöhten Zahl von Patienten mit hitzebedingten Erkrankungen.	Empfehlung im Katastrophenfall verbindlich
07		Flexibilisierung der Arbeitszeiten mit Arbeitszeiten, die früh am Morgen beginnen oder auf den nachmittag und Abend verlegt werden. An Schulen entscheidet die Schulleitung individuell <a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Hitzefrei#An_Schulen">http://de.wikipedia.org/wiki/Hitzefrei#An_Schulen</a>	Aufrechterhaltung eines Mindestniveaus der Leistungsfähigkeit; Vermeidung von hitzebedingten Erkrankungen.	Empfehlung

## Handlungsfeld Gesundheit

Nr.	MB-Nr.	Maßnahme <i>Maßnahmenvorschlag</i>	Ziel	Charakter
08		<p>Bauliche Maßnahmen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Verbesserte Wärmedämmung der Gebäude,</li> <li>○ Verwendung von Wärme bzw. Kälte speichernden Baustoffen als Latentwärmespeicher,</li> <li>○ intelligente Steuerung des Raumklimas,</li> <li>○ Einsatz von schaltbaren Sonnenschutzgläsern,</li> <li>○ Installation von Flächen-Heiz- und –Kühlsystemen unter Nutzung von Erdwärmespeichern</li> </ul> <p><a href="http://www.wasklim.de/download/Hintergrundpapier_BMU.pdf">http://www.wasklim.de/download/Hintergrundpapier_BMU.pdf</a></p>	Erreichen eines gleichmäßigen erträglichen Klimas im Gebäudeinnern	Empfehlung
09		<p><b>Vorschlag:</b> <i>Monitoring der Klimaentwicklung in Städten: Kartierung Beschreibung der Risikogruppen Untersuchung anderer Einflussfaktoren</i></p> <p><a href="http://www.region-stuttgart.org/fileadmin/regionstuttgart/04_Informationen_und_Download/04_01_Veroeffentlichungen/04_04_04_KlimaAtlas/limaAtlas_01-50_grundlagenteil.pdf">http://www.region-stuttgart.org/fileadmin/regionstuttgart/04_Informationen_und_Download/04_01_Veroeffentlichungen/04_04_04_KlimaAtlas/limaAtlas_01-50_grundlagenteil.pdf</a></p>	Identifizierung der klimatisch besonders problematischen Quartiere und der besonders vulnerablen Bevölkerungsgruppen	
10		<p>Anpassung der Gebäude und Wege an größere Wärme und höhere Strahlung</p> <p><a href="http://www.bbsr.bund.de/clin_016/nm_21686/BBSR/DE/FP/ExWoSi/Forschungsfelder/2010/UrbaneStrategienKlimawandel/01_Start1.html/">http://www.bbsr.bund.de/clin_016/nm_21686/BBSR/DE/FP/ExWoSi/Forschungsfelder/2010/UrbaneStrategienKlimawandel/01_Start1.html/</a></p>	Reduktion des Wärmeineffekts und Schaffung eines erträglicheren Stadtklimas	Empfehlung
11		Die Gebäudeausrichtung dient der Stadtgestaltung, ist aber auch ein Faktor bei der Durchlüftung des Stadtgebiets	Verhinderung einer zu starken Bauverdichtung	Satzungsregelung
12		<p>Festsetzung von Dachbegrünungen auf Gebäuden durch Bauverwaltung</p> <p><a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Dachbegr%C3%BCnung">http://de.wikipedia.org/wiki/Dachbegr%C3%BCnung</a></p>	Schaffung eines erträglicheren Stadt- und Wohnklimas	Satzungsregelung
13	1	<p>Kaltluftschneisen verbessern die nächtliche Abkühlung</p> <p><a href="http://www.nationale-stadtentwicklungspolitik.de/nm_251568/Content/Publikationen/Ressorforschung/klimagerechte_stadtentwicklung,templateId=raw_property=publicationFile.pdf/klimagerechte_stadtentwicklung.pdf">http://www.nationale-stadtentwicklungspolitik.de/nm_251568/Content/Publikationen/Ressorforschung/klimagerechte_stadtentwicklung,templateId=raw_property=publicationFile.pdf/klimagerechte_stadtentwicklung.pdf</a></p> <p><b>Vorschlag:</b> <i>Schaffung neuer und Erhaltung bestehender Kaltluftschneisen</i></p>	Verbesserung des Stadtklimas, Abkühlungseffekt	
14	10	<p>Wohnungsnaher Grünflächen haben positive Auswirkungen auf Lebensqualität</p> <p><a href="http://www.nationale-stadtentwicklungspolitik.de/nm_251568/Content/Publikationen/Ressorforschung/klimagerechte_stadtentwicklung,templateId=raw_property=publicationFile.pdf/klimagerechte_stadtentwicklung.pdf">http://www.nationale-stadtentwicklungspolitik.de/nm_251568/Content/Publikationen/Ressorforschung/klimagerechte_stadtentwicklung,templateId=raw_property=publicationFile.pdf/klimagerechte_stadtentwicklung.pdf</a></p> <p><b>Vorschlag:</b> <i>Parkanlagen entsprechend den zu erwartenden Klimaveränderungen umgestalten und geeignete Bepflanzung vornehmen (Trockenheit- und Hitzeresistenz)</i></p>	Verbesserung des Stadtklimas, Abkühlungseffekt	
15	11	<p>Cooling Centres sind bei Bedarf der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellte Räume (in öffentlichen Gebäuden) zur Rast und Abkühlung</p> <p><a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Cooling_center">http://en.wikipedia.org/wiki/Cooling_center</a> <a href="http://www.pge.com/en/myhome/edusafety/seasonal/coolingcenters/index.page">http://www.pge.com/en/myhome/edusafety/seasonal/coolingcenters/index.page</a></p> <p><b>Vorschlag:</b> <i>Einrichtung von vorübergehenden "Cooling centres" in Großstädten zur Rast für hitzeerschöpfte Menschen</i></p>	Erholung für Hitze-empfindliche Personen zur Prävention ernsthafter hitzebedingter Krankheiten.	
16	2	<p>Der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes wird mit der Energieeinsparverordnung (EnEV) 2007 gefordert. Der sommerliche Wärmeschutz ist für alle Neubauten und Erweiterungen nachzuweisen.</p> <p><b>Vorschlag:</b> <i>Nachrüstung auch für bestehende Gewerbeimmobilien, wird durch finanzielle Förderung erleichtert</i></p>	Schaffung von erträglicheren Klimabedingungen in bestehenden Produktionsstätten	gesetzliche Regelung; Förderung

## Handlungsfeld Gesundheit

Nr.	MB-Nr.	Maßnahme <i>Maßnahmenvorschlag</i>	Ziel	Charakter
17		Außen liegende Jalousien. Geregelt in ArbStättV. In der Technischen Regel für Arbeitsstätten (ASR 3.5 "Raumtemperaturen") werden unter 4.3 "übermäßige Sonneneinstrahlung" außenliegende Jalousien gefordert <a href="http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Arbeitsstaetten/ASR/pdf/ASR-A3-5.pdf;jsessionid=5A6F09CDBE0125D3427AE17F854587B6.1_cid389?_blob=publicationFile&amp;v=4">http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Arbeitsstaetten/ASR/pdf/ASR-A3-5.pdf;jsessionid=5A6F09CDBE0125D3427AE17F854587B6.1_cid389?_blob=publicationFile&amp;v=4</a>	Verminderung der sichtbaren und unsichtbaren Sonneneinstrahlung	gesetzliche Regelung
18		Arbeitszeit und Pausenregelung. Ein "Maßnahmenpaket" schlägt die BAuA vor: <a href="http://www.baua.de/de/Informationen-fuer-die-Praxis/Handlungshilfen-und-Praxisbeispiele/Klima/Sommertipps.html">http://www.baua.de/de/Informationen-fuer-die-Praxis/Handlungshilfen-und-Praxisbeispiele/Klima/Sommertipps.html</a>	Verhinderung von akuten hitzebedingten Krankheiten. Arbeitsplatzbezogene Verhaltenshinweise für hitzempfindliche Personen	Empfehlung
19		Empfehlungen für heiße Sommertage in Arbeitsstätten Empfehlungen für Arbeitsstätten in Gebäuden und ergänzende Hinweise für im Freien liegende Arbeitsstätten <a href="http://www.baua.de/de/Informationen-fuer-die-Praxis/Handlungshilfen-und-Praxisbeispiele/Klima/Sommertipps.html">http://www.baua.de/de/Informationen-fuer-die-Praxis/Handlungshilfen-und-Praxisbeispiele/Klima/Sommertipps.html</a>	Verhinderung von akuten hitzebedingten Krankheiten. Arbeitsplatzbezogene Verhaltenshinweise für hitzempfindliche Personen	Empfehlung
20		Bekleidung, Sonnenschutz, Getränke am Arbeitsplatz <a href="http://www.baua.de/de/Informationen-fuer-die-Praxis/Handlungshilfen-und-Praxisbeispiele/Klima/Sommertipps.html">http://www.baua.de/de/Informationen-fuer-die-Praxis/Handlungshilfen-und-Praxisbeispiele/Klima/Sommertipps.html</a>	Verhinderung von akuten hitzebedingten Krankheiten. Arbeitsplatzbezogene Verhaltenshinweise für hitzempfindliche Personen	Empfehlung
21		Neue Reisebusse sind heutzutage zu 100 Prozent klimatisiert. Stadtbusse waren in Deutschland im Jahr 1993 nur zu 5 Prozent klimatisiert, im Jahr 2008 bereits zu 64 Prozent. Die Tendenz ist auch hier erkennbar: Immer mehr Fahrzeuge werden mit einer Klimaanlage ausgestattet. In Stuttgart gibt es noch S-Bahn-Züge, Regionalbahnlinien und vereinzelt Busse, die nicht mit Klimaanlage ausgestattet sind. Siehe auch Klimaplan Stuttgart, MaßnahmeV 3: <a href="http://www.stadtklima-stuttgart.de/stadtklima_filestorage/download/kliks/KLIMAKS-2012.pdf">http://www.stadtklima-stuttgart.de/stadtklima_filestorage/download/kliks/KLIMAKS-2012.pdf</a>	Gemäß Nahverkehrsplan ist bis zum Jahr 2015 eine 100 %-Quote bei klimatisierten Nahverkehrszügen anzustreben: <a href="http://www.mobi-wissen.de/begriff/verkehrsvertrag-0">http://www.mobi-wissen.de/begriff/verkehrsvertrag-0</a>	Verbindlicher Verkehrsvertrag, Nahverkehrsplan
22		Zum Schutz gegen Regen und Sonne existieren an den meisten Bus- und Stadtbahn-Haltestellen Überdachungen und Warthäuschen; S-Bahn-Stationen haben zumindestens Unterstände. In Einzelfällen die ergänzenden Pflanzung von Schatten spendenden Bäumen (oder anderen Gewächsen) durchführen. Siehe Klimaplan Stuttgart, Maßnahme V2.2: <a href="http://www.stadtklima-stuttgart.de/stadtklima_filestorage/download/kliks/KLIMAKS-2012.pdf">http://www.stadtklima-stuttgart.de/stadtklima_filestorage/download/kliks/KLIMAKS-2012.pdf</a>	Überdachungen sollten vervollständigt und vergrößert werden, insbesondere bei Massentransportmitteln (S-Bahnen). Zugangswege zu Haltestellen sowie P+R-/B+R-Plätze sollten Dächer erhalten. Vorhandene Glasdächer könnten Schatten spendend begrünt werden. Nahverkehrsplan: <a href="http://www.mobi-wissen.de/begriff/verkehrsvertrag-0">http://www.mobi-wissen.de/begriff/verkehrsvertrag-0</a>	Verbindlicher Nahverkehrsplan
23		In Straßen mit Schwerlastverkehr und intensiver Sonneneinstrahlung sind als Tiefeinbau Asphaltmischungen mit Spezialbitumen und tragfähigeren Kornzusammensetzungen einzusetzen. Siehe auch Klimaplan Stuttgart, MaßnahmeV 4.2: <a href="http://www.stadtklima-stuttgart.de/stadtklima_filestorage/download/kliks/KLIMAKS-2012.pdf">http://www.stadtklima-stuttgart.de/stadtklima_filestorage/download/kliks/KLIMAKS-2012.pdf</a>	Verringerung der Absorption der Sonneneinstrahlung und Aufheizung des Straßenbelags (geringere Aufheizung, geringere Verformung)	Empfehlung
24		Klimaanlagen gehören heute zur Standardausrüstung fabrikneuer Pkws. Fast alle neu zugelassenen Autos sind mit einer Klimaanlage ausgestattet. Die EU-Vorgaben für den Pkw-Bereich sind eindeutig: Klimaanlagen müssen umweltfreundlicher werden.	Geringeres Unfallrisiko und höherer Komfort für Autofahrer	Empfehlung

## Handlungsfeld Gesundheit

Nr.	MB-Nr.	Maßnahme <i>Maßnahmenvorschlag</i>	Ziel	Charakter
25		Initiativen zur weiteren Umsetzung des integralen Taktfahrplans: Wiss. Gutachten zur Vorbereitung eines Klimaschutzgesetzes für Baden-Württemberg (ZSW 2010) <a href="http://www.beko.baden-wuerttemberg.de/sites/default/files/IEKK_Arbeitsentwurf_6_Stand_2012-12-17a_Lesemodus.pdf">http://www.beko.baden-wuerttemberg.de/sites/default/files/IEKK_Arbeitsentwurf_6_Stand_2012-12-17a_Lesemodus.pdf</a>	Transparente und attraktive Tarifgestaltung durch die Verkehrsunternehmen sowie eine bessere Verknüpfung von Verkehrsverbänden und Vereinheitlichung der Tarifsysteme.	Machbarkeitsstudie
26		Die Johanniter-Motorrad-Sanitäter haben sich formiert, um zum Beispiel bei Fahr-, Lauf- oder Wander-Veranstaltungen Sanitätsdienste zu leisten. <a href="http://www.johanniter.de/dienstleistungen/im-notfall/bevoelkerungsschutz/staehilfe/">http://www.johanniter.de/dienstleistungen/im-notfall/bevoelkerungsschutz/staehilfe/</a>	Schnelle Hilfe bei gesundheitlichen Beschwerden von Verkehrsteilnehmern, Prävention von gesundheitlichen Beschwerden bei Verkehrsstau.	Empfehlung, Vereinbarungen
27		Nach § 28 Abs. 2 Straßengesetz Baden-Württemberg sind die Eigentümer und Bewirtschafter von Grundstücken, die an öffentlichen Straßen, Gehwegen und Verkehrsflächen angrenzen und im Bereich der Grundstücksgrenzen zu diesen Verkehrsflächen hin Bäume oder Sträucher gepflanzt haben, verpflichtet, diese so weit zurück zu schneiden, dass sie nicht über die Grundstücksgrenze hinausragen und somit die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs nicht beeinträchtigt wird. <a href="http://www.landesrecht-bw.de/jportal/?quelle=jlink&amp;query=StrG+BW&amp;psml=bsbawuepr od.psml&amp;max=true&amp;aiz=true">http://www.landesrecht-bw.de/jportal/?quelle=jlink&amp;query=StrG+BW&amp;psml=bsbawuepr od.psml&amp;max=true&amp;aiz=true</a>	Verhinderung von Verkehrsbeeinträchtigungen	Gesetzliche Regelung
28		In Baden-Württemberg ist § 41 Abs. 2 Straßengesetz die Eingriffsermächtigung für Streupflichtsatzungen der Städte und Gemeinden, die ihre Straßenanlieger in der Regel durch eine so genannte „Streupflichtsatzung“ verpflichten, die Gehwege vor ihren Grundstücken im Winter vom Schnee zu räumen und bei Glätte zu streuen. Die Satzungen schreiben vor, wo der Schnee anzuhaufen ist, welche Streumittel verwendet bzw. nicht verwendet werden dürfen, die Zeiten, bis zu denen der Schnee geräumt sein muss, usw.	Die Räum- und Streupflicht ist eine Verkehrssicherungspflicht bei Schnee und Glätte auf Straßen und Wegen zur Vermeidung von Unfällen	Gesetzliche Regelung
29		Das Verkehrsentwicklungskonzept (VEK) aus dem Jahr 2011/12 stellt den Handlungsrahmen für die Verkehrsplanung der Landeshauptstadt Stuttgart für die nächsten 20 Jahre dar. Zielhorizont ist das Jahr 2030. Durch die umfangreichen Planungen und Aktivitäten zur Förderung des Fahrradverkehrs konnte so z. B. der Radverkehrsanteil in Stuttgart in den letzten Jahren von 6 % auf 7 % erhöht werden, er soll mittelfristig auf 12 % steigen und langfristig 20 % betragen. <a href="http://www.stuttgart.de/item/show/171675/1/publ/9373">http://www.stuttgart.de/item/show/171675/1/publ/9373</a>	Steigerung des Fahrradverkehrs von 6 % mittelfristig auf 12 % steigen und langfristig 20 %	Empfehlung
30		Wiss. Gutachten zur Vorbereitung eines Klimaschutzgesetzes für Baden-Württemberg (ZSW 2010): Bei einer zusätzlichen Steigerung der Verkehrsleistungen des öffentlichen Verkehrs in Baden-Württemberg im Jahr 2020 um 10% gegenüber dem Trend könnten 2,1% der MIV-Verkehrsleistungen verlagert werden, was einer Reduktion der CO <sub>2</sub> -Emissionen des Verkehrs in Baden-Württemberg 2007 um 0,9% entspricht. <a href="http://www.beko.baden-wuerttemberg.de/sites/default/files/IEKK_Arbeitsentwurf_6_Stand_2012-12-17a_Lesemodus.pdf">http://www.beko.baden-wuerttemberg.de/sites/default/files/IEKK_Arbeitsentwurf_6_Stand_2012-12-17a_Lesemodus.pdf</a> Förderprogramm 2012 für Linienbusse im ÖPNV des Ministeriums für Verkehr und Infrastruktur BW <a href="http://www.mvi.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/107485/">http://www.mvi.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/107485/</a>	Die Attraktivität der ÖPNV-Angebote soll verbessert, Belastungen durch Verkehrsemissionen des ÖPNV weiter reduziert Sicherheit und Qualität des ÖPNV erhöht werden	Machbarkeitsstudie, Finanzielle Förderung

## Handlungsfeld Gesundheit

Nr.	MB-Nr.	Maßnahme <i>Maßnahmenvorschlag</i>	Ziel	Charakter
31		Zecken- und Mückenstiche können durch angepasste Bekleidung und die Anwendung von Repellention vermieden werden, die Exposition kann verhaltenspräventiv verringert werden, die schnelle Entfernung einer Zecke verringert das Infektionsrisiko mit Borrelien. <a href="#">NABU   Gesundheit   Borreliose und FSME: Wenn die Zecke zusicht</a> Verhütung und Bekämpfung von Q-Fieber beim Menschen ist das rechtzeitige Erkennen von Infektionen bei Nutztieren. Expositionsvermeidung (Lochien, Zeckenkot-haltige Schaffelle). <a href="#">RKI - RKI-Ratgeber für Ärzte - Q-Fieber</a>	Verhinderung von Infektionen / Prävention	Empfehlung
32		Schutzimpfungen gegen FSME <a href="http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2012/Ausgaben/21_12.pdf?_blob=publicationFile">http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2012/Ausgaben/21_12.pdf?_blob=publicationFile</a> Schutzimpfung der Schafe gegen Q-Fieber (derzeit in Deutschland nicht zugelassen) <a href="#">RKI - RKI-Ratgeber für Ärzte - Q-Fieber</a> Schutzimpfung gegen Gelbfieber <a href="http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2011/Ausgaben/01_11.pdf?_blob=publicationFile">http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2011/Ausgaben/01_11.pdf?_blob=publicationFile</a>	Verhinderung von Infektionen / Prävention	Empfehlung / Gesetzliche Regelung
33	4	Informationen zu Tropenkrankheiten, prophylaktische Maßnahmen zur Verhinderung von Infektionen bei Auslandsaufenthalten und Import ins Inland Kompetenzbildung des medizinischen Fachpersonals zur schnellen Behandlung und Isolation infizierter Personen <b>Vorschlag:</b> Ausweitung des Informationsangebots für Ärzte, Fortbildungen zur Diagnose von Tropenkrankheiten	Verhinderung von Infektionen im Ausland, Verhinderung des Imports nach Deutschland, Erkennen und Behandlung tropischer Krankheitsbilder	Empfehlung
34	5	Monitoring und Surveillance <a href="http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2012/Ausgaben/21_12.pdf?_blob=publicationFile">http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2012/Ausgaben/21_12.pdf?_blob=publicationFile</a> <a href="#">RKI - RKI-Ratgeber für Ärzte - Q-Fieber</a> <b>Vorschlag:</b> siehe 35	Erfassung und Überwachung der Vektoren, der infizierten Wirtstiere und der infizierten Menschen zur Einschätzung des Erkrankungsrisikos beim Menschen	Gesetzliche Regelung
35	5	Bekämpfung der Zecken durch Akarizidbehandlung von Schafen und Hunden, Vermeidung einer Arealerweiterung durch ökologische Maßnahmen <b>Vorschlag:</b> einheitliche Überwachung, Bekämpfung und Kontrolle der Bekämpfungsmaßnahmen von Schadorganismen ("VASS-Bekämpfung")	Verhinderung von Infektionen / Prävention	Empfehlung → Gesetzliche Regelung
36	5	Bekämpfung der Nagetiere durch Müllmanagement und sichere Aufbewahrung von Lebensmitteln <a href="#">RKI - RKI-Ratgeber für Ärzte - Hantavirus-Erkrankungen</a> <b>Vorschlag:</b> siehe 35	Verhinderung von Infektionen / Prävention	Empfehlung → Gesetzliche Regelung
37	5	Bekämpfung von Stechmücken durch biologische Maßnahmen und Trockenlegung von Brutgewässern. bestehende Einrichtung: Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage eV <a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Kommunale_Aktionsgemeinschaft_zur_Bek%C3%A4mpfung_der_Schnakenplage">http://de.wikipedia.org/wiki/Kommunale_Aktionsgemeinschaft_zur_Bek%C3%A4mpfung_der_Schnakenplage</a> <a href="http://www.kabsev.de">www.kabsev.de</a> <b>Vorschlag:</b> siehe 35	Verhinderung von Infektionen / Prävention	Empfehlung → Gesetzliche Regelung
38	12	Grundlagenforschung Epidemiologische Studien Verbesserte und schnellere Diagnostik <a href="http://www.parasitosen.de">www.parasitosen.de</a> <b>Vorschlag:</b> Ausweitung der Forschung durch Schwerpunkt-Bildung und finanzielle Unterstützung	Besseres Verständnis vektorübertragener Infektionskrankheiten sowie Unterbrechung des Infektionskreislaufes. Nutzung von Synergien und Vermeidung gegenläufiger Maßnahmen	Empfehlung
39		<b>Vorschlag:</b> Verstärkung der Forschung zur Entwicklung von Impfstoffen. Human-Impfstoffe existieren bislang nur für wenige "tropische" Infektionskrankheiten	Impfstoffentwicklung	Empfehlung

## Handlungsfeld Gesundheit

Nr.	MB-Nr.	Maßnahme <i>Maßnahmenvorschlag</i>	Ziel	Charakter
40		<p>Meldewesen (Humanmedizin) nach § 6/7 IfSG und Länderverordnungen  <a href="http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/IfSG/Meldepflichtige_Krankheiten/Meldepflichtige_Krankheiten_node.html">http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/IfSG/Meldepflichtige_Krankheiten/Meldepflichtige_Krankheiten_node.html</a>            Überwachung der Tiergesundheit (Tiergesundheitsgesetz)  <a href="http://www.untersuchungsämter-bw.de/pub/beitrag.asp?subid=0&amp;Thema_ID=8&amp;ID=423">http://www.untersuchungsämter-bw.de/pub/beitrag.asp?subid=0&amp;Thema_ID=8&amp;ID=423</a>  <a href="http://www.bmelv.de/DE/Landwirtschaft/Tier/Tiergesundheit/tiergesundheit_node.html">http://www.bmelv.de/DE/Landwirtschaft/Tier/Tiergesundheit/tiergesundheit_node.html</a>            Lebensmittelüberwachung  <a href="http://mlr.baden-wuerttemberg.de/content.pl?ARTIKEL_ID=523">http://mlr.baden-wuerttemberg.de/content.pl?ARTIKEL_ID=523</a>            umfangreiche rechtliche Grundlagen s.  <a href="http://www.bmelv.de/SharedDocs/Standardartikel/Ernaehrung/SichereLebensmittel/Hygiene/Rechtsgrundlagen.html">http://www.bmelv.de/SharedDocs/Standardartikel/Ernaehrung/SichereLebensmittel/Hygiene/Rechtsgrundlagen.html</a>            Kartierung von Vektoren  <a href="http://www.kabsev.de/">http://www.kabsev.de/</a></p>	<p>Monitoring und Überwachung gesundheitlicher Risiken verschiedenster Einflussfaktoren für die menschliche Gesundheit mit Bezug zu Infektionskrankheiten. Kontinuierliche Risikobewertung mit Ableitung entsprechender Maßnahmen</p>	<p>Gesetzliche Regelungen, Dienstleistungen</p>
41		<p>Sentinel-Erhebungen unter Führung des Robert Koch-Instituts (§13/14 IfSG)  <a href="http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Sentinel/sentinel_node.html?jsessionid=61341165E6030DDBED0B31E2F4B956ED.2_cid298">http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Sentinel/sentinel_node.html?jsessionid=61341165E6030DDBED0B31E2F4B956ED.2_cid298</a>            ECDC (europäische Infektionsüberwachung beim Menschen; VERORDNUNG (EG) NR. 851/2004)  <a href="http://www.ecdc.europa.eu/en/healthtopics/climate_change/pages/index.aspx">http://www.ecdc.europa.eu/en/healthtopics/climate_change/pages/index.aspx</a>            WHO (Internationale Gesundheitsvorschriften; IGV-DG) <a href="http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/IGV/igv_node.html">http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/IGV/igv_node.html</a></p>	<p>Erkennen von neu auftretenden Infektionskrankheiten bzw. Veränderungen von Risiken. Frühzeitiger internationaler Informationsaustausch, um Gefahren der Einschleppung von (neuen) Infektionskrankheiten begegnen zu können</p>	<p>Gesetzliche Regelungen</p>
42		<p>Bereitstellung von Informationen für Ärzte, z.B. durch das Robert Koch-Institut: RKI-Ratgeber für Ärzte  <a href="http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/merkblaetter_node.html">http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/merkblaetter_node.html</a>            Aktuelle Hinweise im Epidemiologischen Bulletin:  <a href="http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/epid_bull_node.html">http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/epid_bull_node.html</a></p>	<p>Wissen für die Ärzteschaft zur Diagnose, Therapie, Prävention und Bekämpfung von (neuen) Infektionskrankheiten bereitstellen. Sensibilisierung für neu auftretende Gesundheitsgefahren</p>	<p>Gesetzliche Regelung (§4 IfSG), Dienstleistung</p>
43		<p>Die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz erfasst und kartiert als zentrale Meldestelle die Ambrosiabestände in Baden-Württemberg.  <a href="http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/26314/">http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/26314/</a>            Deutschlandweit arbeitet die Datenbank Floraweb.  <a href="http://www.floraweb.de">www.floraweb.de</a>            Meldungen werden ebenso bei den Landwirtschaftsämtern bzw. Fachberatern an den Landratsämtern und der Projektgruppe Biodiversität <a href="http://www.ambrosiainfo.de">http://www.ambrosiainfo.de</a> angenommen. Siehe auch 49.</p>	<p>Rechtzeitige Erkennung von lokalen Gefahrenherden und Ausbreitungstendenzen, Planung von Bekämpfungsmaßnahmen</p>	<p>Information</p>
44		<p>Pollenflug Vorhersage Deutscher Wetterdienst / Stiftung Deutscher Pollenfluginformationsdienst  <a href="http://www.dwd.de/pollenflug">www.dwd.de/pollenflug</a>, <a href="http://www.polleninfo.org">www.polleninfo.org</a>            Einige lokale Warndienste geben zusätzliche Informationen heraus.            Das Zentrum für Medizin-Meteorologische Forschung in Freiburg beschäftigt sich speziell mit Ambrosiapollen.  <a href="http://www.herausforderung-klimawandel-bw.de/images/stories/Vortrag_Kaminski_Ambrosia_KA_28Sep09.pdf">http://www.herausforderung-klimawandel-bw.de/images/stories/Vortrag_Kaminski_Ambrosia_KA_28Sep09.pdf</a></p>	<p>Rechtzeitiges Ergreifen vorbeugender Maßnahmen zur Verminderung allergischer Reaktionen (Verhaltensanpassung, Expositionsprophylaxe, Optimierung antiallergischer Medikation)</p>	<p>Information</p>



## Handlungsfeld Gesundheit

Nr.	MB-Nr.	Maßnahme <i>Maßnahmenvorschlag</i>	Ziel	Charakter
45		<p>Der Öffentliche Gesundheitsdienst und die Umweltverwaltung Baden Württemberg geben eine Broschüre zur Information der Bevölkerung über Gefahren, Ausbreitung und Eindämmung von Ambrosia heraus. <a href="http://www.gesundheitsamt-bw.de/SiteCollectionDocuments/40_Service_Publikationen/Ambrosia_Pflanzen.pdf">http://www.gesundheitsamt-bw.de/SiteCollectionDocuments/40_Service_Publikationen/Ambrosia_Pflanzen.pdf</a></p> <p>Das Landwirtschaftliche Technologiezentrum Augustenberg stellt zusätzliche Informationen bereit. <a href="https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/menu/1222026/index.html">https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/menu/1222026/index.html</a></p> <p>Auf lokaler Ebene beraten die Landwirtschaftsämter oder -fachbereiche bei den Landratsämtern Landwirte und Gärtner bezüglich Erfassung und Kontrolle der Ambrosiabestände. Siehe auch 49.</p>	Bereitstellung koordinierter Informationen und Handlungsempfehlungen	Information
46		<p>Brachflächen (Ruderalflächen) sollten auf Ambrosiawachstum hin regelmäßig kontrolliert werden. Einseed von konkurrenzpflanzen verhindert Wachstum</p> <p><a href="http://www.fbk-ev.de/media/download/Ambrosia.pdf">http://www.fbk-ev.de/media/download/Ambrosia.pdf</a></p> <p>Siehe auch 49.</p>	Wachstumsverhinderung	Empfehlung
47		<p>Klärung der Zulassungssituation und Einsatzbedingungen von Insektiziden gegen Eichenprozessionsspinner, Entwicklung abgestufter, integrierter Bekämpfungsstrategien (Verweis auf Statusseminar Prozessionsspinner Februar 2012</p> <p><a href="http://www.bfr.bund.de/de/uebersicht_der_praesentationen_zu_m_statusseminar_prozessionsspinner_notodontidae_sachstand_zu_bekaempfungsstrategien_massnahmen_zur_eindaemmung_des_eichenprozessionsspinners_im_forst_und_urbaenen_gruen_am_18_februar_2013-132830.html">http://www.bfr.bund.de/de/uebersicht_der_praesentationen_zu_m_statusseminar_prozessionsspinner_notodontidae_sachstand_zu_bekaempfungsstrategien_massnahmen_zur_eindaemmung_des_eichenprozessionsspinners_im_forst_und_urbaenen_gruen_am_18_februar_2013-132830.html</a> )</p> <p>Zuständigkeit für die Zulassung beim BVL und der BAuA (mit BfR, UBA und JKI)</p> <p>Einsatzplanung bei der FVA BW und den Landwirtschafts-/Gartenverwaltungen im Benehmen mit den Gesundheitsämtern.</p> <p>Richtlinie 2009/128/EG</p> <p>§ 17, §18 PflSchG</p> <p>Art. 4 (2), Art. 51, Art. 53, Erwägungsgrund Nr. 10 der EU-VO 1107/2009</p> <p>Art.2(1) RL 98/8/EG</p> <p>§3, §12c ChemG</p> <p>SANCO/10087/2013 rev.0</p>	Sicherstellung situationsgerechter Hygiene- und / oder Pflanzenschutzmaßnahmen unter Abwägung toxikologischer und umweltschädlicher Aspekte	Empfehlung
48		<p>Neu auftretende Vektoren oder Parasiten und die BioStoffV erfordern eine Klärung der Auswahl und Einsatzbedingungen von Repellentien sowie insektenabwehrender Arbeits- und Freizeitbekleidung gemäß Gefährdungsanalyse. Schutzlotionen müssen neu eingeführt (z.B. gegen Zerkarien) oder in ihrer Effektivität und Wirkungsdauer verbessert werden, insektenabwehrende Kleidung bezüglich Standfestigkeit und unerwünschter Wirkstoffbelastung ihrer Träger.</p> <p>Neben den Arbeitgebern sind Berufsgenossenschaften und Unfallversicherungsträger, der ÖGD und das Bundesamt für Risikobewertung gefordert.</p> <p><a href="http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Biologische-Arbeitsstoffe/TRBA/TRBA-500.html">http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Biologische-Arbeitsstoffe/TRBA/TRBA-500.html</a></p> <p><a href="http://www.kwf-tagung.org/fileadmin/Dokumente/07_Veranstaltungen/Forum_Beschaefigten/3_Vortrag_Rosbach_KWF.pdf">http://www.kwf-tagung.org/fileadmin/Dokumente/07_Veranstaltungen/Forum_Beschaefigten/3_Vortrag_Rosbach_KWF.pdf</a></p>	Sicherstellung eines ausreichenden, gesundheits- und umweltverträglichen Schutzes an Arbeitsplätzen und in der Freizeit vor stechenden Arthropoden mit toxisch-allergischen oder krankheitsübertragenden Eigenschaften	Gesetzliche Regelung

## Handlungsfeld Gesundheit

Nr.	MB-Nr.	Maßnahme <i>Maßnahmenvorschlag</i>	Ziel	Charakter
49	5	<b>Vorschlag:</b> Schaffung einer landkreisbezogenen Task-Force zur Information und Beratung der UVB und Bevölkerung, zur systematischen Bekämpfung und Einsatz-Koordinierung von Aktionen (V A S S - Vektoren-, Ambrosia, Schadpflanzen- Schadtier-Bekämpfung)	Verhinderung von Infektionen bzw. Intoxikationen bzw. Sensibilisierung durch gesundheitsgefährdende Pflanzen, Tiere und Krankheitserreger	Verbindliche Regelung
50		Verordnung (EG) Nr. 443/2009 des EP und ER vom 23. April 2009 zur Festsetzung von Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen im Rahmen des Gesamtkonzepts der Gemeinschaft zur Verringerung der CO <sub>2</sub> -Emissionen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen <a href="http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0063:008:de:PDF">http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0063:008:de:PDF</a> Wiss. Gutachten zur Vorbereitung eines Klimaschutzgesetzes für Baden-Württemberg (ZSW 2010) <a href="http://www.beko.baden-wuerttemberg.de/sites/default/files/IEKK_Arbeitsentwurf_6_Siand_2012-12-17a_Lesemodus.pdf">http://www.beko.baden-wuerttemberg.de/sites/default/files/IEKK_Arbeitsentwurf_6_Siand_2012-12-17a_Lesemodus.pdf</a>	In dieser Verordnung wird ein ab 2020 geltendes Ziel für die Neuwagenflotte von 95 g CO <sub>2</sub> /km gemäß Artikel 13 Absatz 5 festgelegt. Die Verordnung wird durch zusätzliche Maßnahmen ergänzt, die einer Verringerung um 10 g CO <sub>2</sub> /km entsprechen.  Senkung des Endenergieverbrauchs auf 61 % (1990 = 100 %)	Gesetzliche Regelung  Machbarkeitsstudie
51		Erste Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen; 1. BImSchV, vom 26. Jan. 2010) <a href="http://www.gesetze-im-internet.de/bimsv_1_2010/index.html">http://www.gesetze-im-internet.de/bimsv_1_2010/index.html</a>	Staub- und CO-Grenzwerte für neu errichtete und bestehende Heizanlagen in Häusern und Wohnungen	Gesetzliche Regelung
52		Förderprogramm 2012 für Linienbusse im ÖPNV des Ministeriums für Verkehr und Infrastruktur BW <a href="http://www.mvi.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/107485/">http://www.mvi.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/107485/</a>	Die Attraktivität der ÖPNV-Angebote soll verbessert und die Belastungen für Mensch und Umwelt durch Verkehrsemissionen der ÖPNV – Busse weiter reduziert werden, ebenso die Sicherheit und Ausstattung der Busse wie die Qualität des ÖPNV.	Finanzielle Förderung
53	6	Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG vom 25. Okt. 2008) <a href="http://www.beko.baden-wuerttemberg.de/sites/default/files/IEKK_Arbeitsentwurf_6_Siand_2012-12-17a_Lesemodus.pdf">http://www.beko.baden-wuerttemberg.de/sites/default/files/IEKK_Arbeitsentwurf_6_Siand_2012-12-17a_Lesemodus.pdf</a> <b>Vorschlag:</b> Natürlich entstehende Kohlenwasserstoffe (KW), wie Terpene aus den Wäldern, die in ätherischen Ölen vieler Pflanzen, besonders der Nadelhölzer, vorkommen, tragen zur bodennahen Ozonbildung bei. Pflanzen mit besonders hoher KW-Produktion sollten nicht als Energiepflanzen angebaut werden.	Erhöhung des Anteils von erneuerbarer Energie an der Energieproduktion (§ 27 Biomasse). Bisher gibt es keine Empfehlung zum Anbau Terpen-armer Pflanzen	Gesetzliche Regelung
54	13	Bisher kein gemeinsames Netz von Hitzewarndienst (DWD) und Ozonwarndienst (Umweltbehörden, Kommunen) <b>Vorschlag:</b> Kooperation mit den Medien; Bestandteil des Wetterberichts	Effiziente und effektive Aufklärung der Bevölkerung ausgehend von einer Quelle	
55	13	Bisher noch nicht in Deutschland. In Österreich bietet das Umweltbundesamt schon ein kostenlose App für das Smartphone an. <a href="http://www.umweltbundesamt.at/aktuell/presse/lastnews/newsarchiv_2011/news110615/">http://www.umweltbundesamt.at/aktuell/presse/lastnews/newsarchiv_2011/news110615/</a> <b>Vorschlag:</b> Kooperation mit Telekommunikationsanbietern zur Bereitstellung von aktuellen Informationstechniken	Warnung von interessierten Bürgern über aktuelle Ozonwerte an jedem Ort in Österreich. Applikation wird als Beitrag zu einer zeitgemäßen, innovativen Umweltinformation gesehen. Sie folgt den Prinzipien des Open Government	Dienstleistung
56	7	Verhaltensänderung bei Exposition gegenüber natürlicher UV-Strahlung durch Informationen <b>Vorschlag:</b> Information über Medien, Hinweise an Freizeiteinrichtungen im Außenbereich	Reduktion der UV-Bestrahlung ohne Verzicht auf Aufenthalt im Außenbereich	Empfehlung

## Handlungsfeld Gesundheit

Nr.	MB-Nr.	Maßnahme <i>Maßnahmenvorschlag</i>	Ziel	Charakter
57	7	Verhaltensänderung bei Exposition gegenüber natürlicher UV-Strahlung durch frühzeitige Erziehungsmaßnahmen in Schulen <b>Vorschlag:</b> Aufklärung über UV-Strahlen-Wirkung Bestandteil des Sachkundeunterrichts	Erhöhte Einsicht vor den gefahren übermäßiger UV-Exposition	Verbindlicher Bestandteil des Lehrplans
58		Risikowarnung vor erhöhtem UV-Index (BfS: <a href="http://www.bfs.de/de/uv/uv2/uv_messnetz/uvj">http://www.bfs.de/de/uv/uv2/uv_messnetz/uvj</a> DWD: <a href="http://www.wettergefahren.de/wetter/deutschland/heute/uv_index.html">http://www.wettergefahren.de/wetter/deutschland/heute/uv_index.html</a> <b>Vorschlag:</b> Ausbau des Warndienstes zu regelmäßigen Informationen der Bevölkerung mit dem Wetterbericht	Warnung vor UV-Exposition	Dienstleistung
59		Schaffung von Sonnenschutz in Außenflächen von Kindergärten (UVV GUV-V S2, § 26 Außenspielflächen; Regel BG/GUV-SR S2 vom April 2009, Nr. 3.5.1) <a href="http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/v-s2.pdf">http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/v-s2.pdf</a> <b>Vorschlag:</b> Ausdehnung auf Freiflächen zum Erholungs- und Freizeitaufenthalt von Menschen	Schutz der Kinder vor UV-Strahlung	Für KiGa-Bereich: verbindliche Unfallverhütungsvorschrift
60	9	Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV), Anhang, Nr. 5.1: Arbeitsplätze in nicht allseits umschlossenen Arbeitsstätten und im Freien sind so zu gestalten, dass sie von den Beschäftigten bei jeder Witterung sicher und ohne Gesundheitsgefährdung ... benutzt ... werden können. Dazu gehört, dass Arbeitsplätze gegen Witterungseinflüsse geschützt sind oder den Beschäftigten geeignete persönliche Schutzausrüstungen zur Verfügung gestellt werden. Werden die Beschäftigten auf Arbeitsplätzen im Freien beschäftigt, so sind die Arbeitsplätze nach Möglichkeit so einzurichten, dass die Beschäftigten nicht gesundheitsgefährdenden äußeren Einwirkungen ausgesetzt sind. Empfehlung der DGUV zum Verhalten gegenüber UV-Exposition bei der Arbeit: <a href="http://www.dguv-lug.de/arbeiten_im_freien.php?sid=25161480262839391636361686168160#a933741">http://www.dguv-lug.de/arbeiten_im_freien.php?sid=25161480262839391636361686168160#a933741</a> <b>Vorschlag 1:</b> Schaffung einer eigenen verbindlichen Technischen Regel für Arbeitsstätten: „Arbeiten in Außenberufen“. Hier kann neben anderen Themen der Schutz vor Sonnenstrahlung und Hitze ein eigenes Thema werden (Vorschläge zum Hautschutz und zur persönlichen Schutzausrüstung). <b>Vorschlag 2:</b> arbeitsmedizinische Vorsorge für Tätigkeiten im Freien: regelmäßige Vorsorge mit Haut-Screening als verbindliches Angebot.	Schutz der Beschäftigten vor allen gesundheitsgefährdenden Witterungseinflüssen (dazu zählt auch UV-Strahlung); bauliche, organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen; regelmäßige Unterrichtung über die Gefährdung; arbeitsmedizinische Vorsorge als zeitlich verdichtete Screening-Untersuchung	Verbindliche Regelung
61		<b>Vorschlag:</b> Weiterentwicklung von Sonnenschutzmitteln in Bezug auf Effektivität. Die Wirkung der gegenwärtig angebotenen Produkte hängt von der Sorgfalt des Auftragenden ab; Wirksamkeitskontrolle Eintritt oder Ausbleiben eines Sonnenbrands.	Verbesserung des persönlichen Hautschutzes durch wirksame Schutzmittel.	Entwicklungsförderung
62		<b>Vorschlag:</b> Kennzeichnung von Sonnenbrillen und Sommertextilien mit Sonnenschutzfaktor	Information des Verbrauchers über Wirksamkeit von Brillen und Textilien in Bezug auf UV-Schutz.	
63		Solarien: Gesetz zur Regelung des Schutzes vor nichtionisierender Strahlung bei der Anwendung am Menschen - NiSG vom 29. Juli 2009 <a href="http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/nisg/gesamt.pdf">http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/nisg/gesamt.pdf</a> Verordnung zum Schutz vor schädlichen Wirkungen künstlicher ultravioletter Strahlung - UV-Schutz-Verordnung – UVSV vom 25. Juli 2011 <a href="http://www.gesetze-im-internet.de/uvsv/BJNR141200011.html">http://www.gesetze-im-internet.de/uvsv/BJNR141200011.html</a> <b>Vorschlag:</b> Weiterentwicklung der Verordnung.	Verbot der Benutzung von Solarien für Personen unter 18 Jahre (§ 4 NiSG). Augenschutz und Beschränkung der Strahlendosis für die Haut unter Berücksichtigung des Hauttyps der bestrahlten Person.	Gesetzliche Regelung

## Handlungsfeld Gesundheit

Nr.	MB-Nr.	Maßnahme <i>Maßnahmenvorschlag</i>	Ziel	Charakter
64	8	<p>Gesetzliches Hautkrebs-Screening (gHKS) als Pflichtleistung der gesetzlichen Krankenversicherung</p> <p>BMG Bekanntmachung eines Beschlusses des Gemeinsamen Bundesausschusses über eine Änderung der Krebsfrüherkennungs-Richtlinien: Hautkrebs-Screening, vom 15. Nov. 2007 (BAnz Nr. 37 (S. 871) vom 6. März 2008)</p> <p><a href="http://www.g-ba.de/downloads/40-268-580/2008-03-31-Abschluss-Hautkrebscreening.pdf">http://www.g-ba.de/downloads/40-268-580/2008-03-31-Abschluss-Hautkrebscreening.pdf</a></p> <p><a href="http://www.g-ba.de/downloads/39-261-516/2007-11-15-KFU-Hautkrebscreening_BAnz.pdf">http://www.g-ba.de/downloads/39-261-516/2007-11-15-KFU-Hautkrebscreening_BAnz.pdf</a></p> <p><b>Vorschlag:</b> Ausbau des Systems unter Einbeziehung von Medizinischen Fachberufen zur Ausweitung des einbezogenen Patientenkreises</p>	Früherkennung von Hautveränderungen (Präkanzerosen) und Hautkrebserkrankungen; Beratung von Patienten.	Gesetzliche Leistung der GKV
65		<p>Außendämmung von Gebäuden: Siehe 13 in Verbindung mit Nr. 10, 16 und Maßnahme-Formblatt 2.</p> <p>Das Hintergrundpapier</p> <p><a href="http://www.wasklim.de/download/Hintergrundpapier_BMU.pdf">http://www.wasklim.de/download/Hintergrundpapier_BMU.pdf</a></p> <p>BBSR-ImmoKlima</p> <p><a href="http://www.bbsr.bund.de/clin_032/mn_21686/BBSR/DE/FP/ExWoSt/Forschungsfelder/2010/UrbaneStrategienKlimawandel/Forschungsschwerpunkt2/01_Start_II.html">http://www.bbsr.bund.de/clin_032/mn_21686/BBSR/DE/FP/ExWoSt/Forschungsfelder/2010/UrbaneStrategienKlimawandel/Forschungsschwerpunkt2/01_Start_II.html</a></p> <p>gesetzliche Rahmenbedingungen zur Energieeinsparung bei Heizung und Kühlung nach Energieeinsparverordnung (sommerlicher Wärmeschutz ab der EnEV 2007 verankert), Energieeinspargesetz, Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz, und Heizkostenverordnung</p>	Erreichen eines gleichmäßigen erträglichen Klimas im Gebäudeinnern	Bei Neubauten gesetzliche Regelung
66		Technische Maßnahmen vgl. Nr. 65 - Aufklärung zur richtigen Belüftung durch Vermieter, Mietervereine	Verhinderung von feuchteschäden und Schimmelpilzbewuchs	Empfehlung
67		Festlegungen zur automatischen Feuchtigkeitsregelung bei Klimaanlage ab EnEV 2009	Verhinderung von feuchteschäden und Schimmelpilzbewuchs	Empfehlung
68		Feinstaub-Emission: Neben der Emissionsminderung von Feuerstätten (s. Nr. 51) sind die Filter von Lüftungsanlagen nach VDI 6002 effektiv zur Senkung der die Innenraum-Feinstaubkonzentration. Stand der Technik sind Feinstaubfilter Klasse F9 nach DIN EN 779, die Nachrüstung bei älteren Anlagen ist zu prüfen	Verhinderung von hohen Feinstaubkonzentrationen in der Innenraumluft	Technische Regel
69		<p>Hochwasserschutz: Gefahrenkarten, Risikokarten, Hochwasserrisikomanagementpläne gemäß EG-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie als Grundlage für die Verhaltensvorsorge (Informationswege, Fluchtwege und Räumungen); für die Bauvorsorge durch angepasste Nutzung und hochwasserangepasste Bauweisen und -materialien bzw. Objektschutzmaßnahmen (z.B. die Abdichtung von Türen und Fenstern) sowie für die sachgerechte Lagerung wassergefährdender Stoffe</p> <p><a href="http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/71523/">http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/71523/</a></p> <p>Planung durch die Kommunen in Verbindung mit den RP, Unterstützung UM, Bund (BBK)</p> <p><a href="http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/BBK/DE/2011/03051130_Indikatoren_Hochwasser_UNU.html">http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/BBK/DE/2011/03051130_Indikatoren_Hochwasser_UNU.html</a></p>	Freihaltung von Hochwasser gefährdeten Arealen, Schadensbegrenzung	Bauleitplanung
70		<p>Fachberatung zur Bauvorsorge (in Verbindung mit Nr. 69) bei Kommunen, Landratsämtern in Zusammenarbeit mit Netzwerk Schimmelpilze</p> <p><a href="http://www.gesundheitsamt-bw.de/ML/DE/Schimmelpilzberatung/Seiten/default.aspx">http://www.gesundheitsamt-bw.de/ML/DE/Schimmelpilzberatung/Seiten/default.aspx</a></p>	Effektive Beseitigung von Feuchteschäden und Schimmelpilzbewuchs	Empfehlung

## Handlungsfeld Gesundheit

Nr.	MB-Nr.	Maßnahme <i>Maßnahmenvorschlag</i>	Ziel	Charakter
71		Information zur Vorsorge und zur Bewältigung von Hochwassersituationen durch Kommunen, UM BW und Bund <a href="http://www.bevoelkerungsschutz-portal.de/BVS/DE/Themen/Selbstschutz/Hochwasserwarnung/hochwasserwarnung_node.html">http://www.bevoelkerungsschutz-portal.de/BVS/DE/Themen/Selbstschutz/Hochwasserwarnung/hochwasserwarnung_node.html</a> <a href="https://www.denis.bund.de/">https://www.denis.bund.de/</a> <a href="http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Merkblaetter_Download/Information_Hochwasser_Mb14.pdf?__blob=publicationFile">http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Merkblaetter_Download/Information_Hochwasser_Mb14.pdf?__blob=publicationFile</a> <a href="http://www.bbk.bund.de/DE/Service/Fachinformationsstelle/Informationsangebote/NeueBuecher/Buecher/Buch19.html">http://www.bbk.bund.de/DE/Service/Fachinformationsstelle/Informationsangebote/NeueBuecher/Buecher/Buch19.html</a> <a href="http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/71523/">http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/71523/</a> Hochwasservorhersagezentrale der LUBW <a href="http://www.hvz.baden-wuerttemberg.de/">http://www.hvz.baden-wuerttemberg.de/</a>		Empfehlung

#### 4.8 Maßnahmenblätter

Die Maßnahmenblätter sind bei den Maßnahmenbeschreibungen erwähnt worden; sie werden in der folgenden Tabelle noch einmal zusammengeführt. Die wichtigsten zehn Maßnahmen (Nr. 1 - 10) sind gekennzeichnet. Weitere drei Maßnahmenblätter ergänzen die Reihe.

Die Reihenfolge der Nummern innerhalb der 10 hervorgehobenen Maßnahmen stellt keine Rangfolge dar sondern hat sich aus der Erstellung des Gutachtens "historisch" ergeben. Es ist aus Sicht der Autoren nicht möglich innerhalb der 10 hervorgehobenen sehr verschiedenen Maßnahmen eine Reihenfolge der Wertigkeit anzugeben.

Nr.	Maßnahme	bestehend	Priorität	no regret	dringlich
1	Freiluftschneisen	ja	mittel	ja	hoch
2	Wärmedämmprogramm KMU	nein	hoch	nein	hoch
3	<i>HeatScout</i>	nein	hoch	nein	gering
4	MedKompetenz Tropenkrankheiten	teilweise	hoch	ja	mittel
5	V A S S -Bekämpfung	nein	hoch	ja	mittel
6	Terpenarme Energiepflanzen	nein	hoch	ja	mittel
7	UV-Information	ja	hoch	ja	hoch
8	<i>Naevi-Screening</i>	nein	hoch	ja	hoch
9	Arbeitsschutz Außenberufe	teilweise	hoch	ja	mittel
10	Beschattete Freiflächen	ja	hoch	ja	hoch
11	"Cooling Centres"	nein	mittel	ja	mittel
12	Grundlagenforschung Vektoren	teilweise	hoch	ja	hoch
13	Kombi-Warndienst Wetter-Luftschadstoffe	nein	niedrig	ja	gering

Auf den folgenden Seiten finden sich die einzelnen Maßnahmenblätter.

**Handlungsfeld Gesundheit**

## Handlungsfeld Gesundheit

<b>Handlungsfeld:</b> Gesundheit		<b>1</b>
<b>Teilbereich:</b> Temperaturanstieg, Hitzewellen (urbane Aufheizung)		
<b>Maßnahme:</b> <b>Frei- und Grünflächen als Frischluftschneisen zur Kühlung und Durchlüftung erhalten</b>	<b>Bestehende Maßnahme:</b> ja, aber nicht ausreichend umgesetzt	
<b>Welche/s Anpassungsziel/e verfolgt die Maßnahme:</b> Stadtklima verbessern, denn das thermische Wohlbefinden hängt von Luftbewegung und Frischluftzufuhr ab → Verminderung des Hitzeinseleffektes → Steigerung des Wohlbefindens Senkung des Luftschadstoffgehaltes etc		
<b>Beschreibung der Maßnahme:</b> Bei der langfristigen Planung der Stadtentwicklung sieht die Bauleitplanung entsprechend den topographischen Gegebenheiten der Siedlung und den Hauptwindrichtungen die Freihaltung bzw. Öffnung von Schneisen zur besseren Belüftung der Stadtquartiere vor. Diese Schneisen können gleichzeitig als Grünzonen entwickelt und zur Freizeitgestaltung genutzt werden.		
<b>Priorisierung der Maßnahme</b> <sup>10</sup> : mittel	<b>No-regret-Maßnahme:</b> Ja	
<b>Zuständigkeit</b> <sup>11</sup> : Gesetzgeber (Baurecht), Stadt- und Raumplanung, kommunale Baurechtsbehörden		
<b>Von den Auswirkungen der Maßnahme betroffene Akteure</b> <sup>12</sup> : Haus- und Grundbesitzer		
<b>Zeithorizont</b> <sup>13</sup> und <b>Dringlichkeit der Maßnahme:</b> Zeithorizont: langfristig Dringlichkeit hoch		
<b>Finanzielle und gesamtökonomische Aspekte der Anpassungsmaßnahme:</b> Ökonomie der Flächennutzung; Für jede freizuhaltende Fläche wäre entsprechend der Fallstudie des Gebiets „Espan“ in Stuttgart-Cannstatt (Jenny Tröltzsch, 2012) durchzurechnen: Verbesserung des Stadtklimas, Lebensqualität in Bad Cannstatt steigt und somit auch die Wertschöpfung des ansässigen Gewerbes. <b>Mögliche Kosten bei ausbleibender Anpassung:</b> Ohne die Maßnahme würde der Aufenthalt im Stadtgebiet zunehmend als unangenehm empfunden. Die Treffpunkte der Bevölkerung würden an andere Orte verlagert und die Attraktivität des urbanen Lebens insgesamt sinken. Die Leistungsfähigkeit der arbeitenden Bevölkerung würde abnehmen. Kosten für mangelnde Lebensqualität und den Verlust des Lebens sind sehr schwierig anzugeben: Ca. 0,2 -0,5 hitzebedingte Todesfälle pro 1000 Einwohner im Jahr wären die Folge. Insgesamt wurden in der Studie ganz grob bis zu 1,1 Mio. € Kosten für das Gesundheitswesen veranschlagt. <b>Kosten für Maßnahme gemäß Anpassungsziel:</b> Der Stadt Stuttgart gehen durch die Freihaltefläche Steuereinnahmen in Höhe von ca. 0,9 Mio. Euro pro Jahr verloren. Auch für Dachbegrünungen wurde diese Art von Kosten-Nutzen-Analyse durchgeführt		

<sup>10</sup> Priorisierung nach Effektivität und Aufwand - **Prio** = Priorität: (III = hoch, II = mittel, I = niedrig, 0 = keine Bewertung möglich)

<sup>11</sup> Welche Behörde / Stelle müsste zur Umsetzung der Maßnahme aktiv /initiativ werden?

<sup>12</sup> Auf wen wirkt die Maßnahme, wer muss etwas hinnehmen oder auf andere Weise als bisher handeln?

<sup>13</sup> Zeithorizont in Bezug auf Umsetzbarkeit ( kurzfristig (k) = bis 5 Jahre, mittelfristig (m) =bis 10 Jahre, langfristig (l) = > 10 Jahre). Dringlichkeit aufgrund der Vulnerabilität (gering, mittel, hoch, Bewertung derzeit nicht möglich)

**Handlungsfeld Gesundheit**

<b>Gesetzliche oder verwaltungstechnische Voraussetzungen für die Umsetzung:</b> Raumordnerische Grundsätze; Bauleitpläne
<b>Konflikte mit anderen Handlungsfeldern:</b> Nachhaltige Flächennutzung steht wiederum für Verdichtung, führt oft zu weniger Grün. Stadtbäume emittieren unterschiedlich viel flüchtige organische Stoffe, die zur Bildung von bodennahem Ozon beitragen können. Auf Auswahl von Pflanzenarten, die wenig biogene KHW emittieren, aber mit veränderten klimatischen Bedingungen (Trockenheit) zurechtkommen, achten! auf allergenarme Sorten achten:
<b>Synergien mit anderen Handlungsfeldern:</b> Reduktion der Schadstoff- und Feinstaubbelastung Handlungsfeld Biodiversität profitiert; Grünflächen erleichtern die Versickerung → Hochwasserschutz
<b>Kenntnisdefizite:</b> Längerfristige Entwicklung der Kosten und Nutzen
<b>Forschungsbedarf:</b> Kosten-Nutzen-Analyse
<b>Allgemeine Bemerkungen / Anregungen:</b> Es mangelt noch an politischer und gesellschaftlicher Akzeptanz für raumplanerische Vorsorge. Harte wirtschaftliche Interessen stehen dem möglichen - erst in Zukunft - großen Nutzen für die menschliche Gesundheit gegenüber. Bei einer umfassenden Kosten-Nutzen Bewertung müssten auch die Synergien für Schadstoffbelastung und Biodiversität berücksichtigt werden. Die Maßnahme wirkt auch bei extremen Temperaturerhöhungen



## Handlungsfeld Gesundheit

<b>Handlungsfeld:</b> Klima und Gesundheit		<b>2</b>
<b>Teilbereich:</b> Temperaturanstieg, Hitzewellen (urbane Aufheizung)		
<b>Maßnahme: Investitionsprogramm zur Förderung der Dämmung von Produktionsstätten kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) gegen Strahlungshitze</b>	<b>Bestehende Maßnahme:</b> nein	
<b>Welche/s Anpassungsziel/e verfolgt die Maßnahme:</b> Schaffung erträglicher Raumtemperaturen in Produktionsstätten von KMU bei Sommerhitze. Erhalt der Leistungsfähigkeit der Beschäftigten, Herabsetzung der Unfallgefährdung. Die Maßnahme ist auch nützlich bei kühlen Temperaturen (Herabsetzung des Heiz- und Energiebedarfs)		
<b>Beschreibung der Maßnahme:</b> Viele Produktionsstätten stammen aus Zeiten vor dem Inkrafttreten der EnEV. Sie sind aus Kostengründen einfach und ohne Wärmedämmung gebaut worden. Durch nachträgliche Dämm-Maßnahmen, insbesondere der Dächer, soll erreicht werden, dass bei Sonneneinstrahlung in den Produktionsstätten eine zu hohe Raumtemperatur entsteht.		
<b>Priorisierung der Maßnahme<sup>14</sup>:</b> hoch	<b>No-regret-Maßnahme:</b> ja	
<b>Zuständigkeit<sup>15</sup>:</b> Gesetzgeber (Bund, Länder)		
<b>Von den Auswirkungen der Maßnahme betroffene Akteure<sup>16</sup>:</b> Unternehmer, Besitzer von Produktionsbetrieben (KMU)		
<b>Zeithorizont<sup>17</sup> und Dringlichkeit der Maßnahme:</b> Langfristige Maßnahme, daher früher Beginn erforderlich, hohe Dringlichkeit		
<b>Finanzielle und gesamtökonomische Aspekte der Anpassungsmaßnahme:</b> <b>Mögliche Kosten bei ausbleibender Anpassung:</b> Kosten durch geringere Arbeitsleistung und hitzebedingten Arbeitsausfall <b>Kosten für Maßnahme gemäß Anpassungsziel:</b>		
<b>Gesetzliche oder verwaltungstechnische Voraussetzungen für die Umsetzung:</b> Bereitstellung von günstigen Krediten oder direkten Fördermaßnahmen		
<b>Konflikte mit anderen Handlungsfeldern:</b> keine		
<b>Synergien mit anderen Handlungsfeldern:</b> Wirtschaft		
<b>Kenntnisdefizite:</b> Umfang der Förderung; erforderlich ist eine Bestandsaufnahme über die bauliche Situation von Produktionsbetrieben		
<b>Forschungsbedarf:</b> keiner		
<b>Allgemeine Bemerkungen / Anregungen:</b> Isolation hilft auch gegen Winterkälte und senkt den Heizenergieverbrauch.		

<sup>14</sup> Priorisierung nach Effektivität und Aufwand - **Prio** = Priorität: (III = hoch, II = mittel, I = niedrig, 0 = keine Bewertung möglich)

<sup>15</sup> Welche Behörde / Stelle müsste zur Umsetzung der Maßnahme aktiv /initiativ werden?

<sup>16</sup> Auf wen wirkt die Maßnahme, wer muss etwas hinnehmen oder auf andere Weise als bisher handeln?

<sup>17</sup> Zeithorizont in Bezug auf Umsetzbarkeit ( kurzfristig (k) = bis 5 Jahre, mittelfristig (m) =bis 10 Jahre, langfristig (l) = > 10 Jahre). Dringlichkeit aufgrund der Vulnerabilität (gering, mittel, hoch, Bewertung derzeit nicht möglich)

**Handlungsfeld Gesundheit**

## Handlungsfeld Gesundheit

<b>Handlungsfeld:</b> Gesundheit		<b>3</b>
<b>Teilbereich:</b> Temperaturanstieg, Hitzewellen (urbane Aufheizung)		
<b>Maßnahme:</b> <b>HeatScout</b>	<b>Bestehende Maßnahme:</b> nein	
<b>Welche/s Anpassungsziel/e verfolgt die Maßnahme:</b> Hilfe für die städtische Bevölkerung und insbesondere von Risikogruppen durch die Folgen von Hitzewellen		
<b>Beschreibung der Maßnahme:</b> Kommunale Einrichtung in großstädtischen Verdichtungsgebieten zur Information, praktischen Unterstützung und Hilfe für vulnerable Personengruppen. Interkulturell kompetente Anlaufstelle für Probleme bei Individuen und Familien, gewährt schnelle Hilfe bei hitzebedingten Problemen akuten Notfällen (gesundheitlich, materiell). Die Stelle kann im Rahmen anderer Programme (z.B. „Soziale Stadt“) geschaffen werden und weitere Aufgaben übernehmen. Wesentlich ist eine quartiersbezogene Vertrauensstelle.		
<b>Priorisierung der Maßnahme</b> <sup>18</sup> : hoch	<b>No-regret-Maßnahme:</b> nein	
<b>Zuständigkeit</b> <sup>19</sup> : Kommunen. ÖGD		
<b>Von den Auswirkungen der Maßnahme betroffene Akteure</b> <sup>20</sup> : vulnerable Bevölkerungsgruppen in Großstädten		
<b>Zeithorizont</b> <sup>21</sup> und <b>Dringlichkeit der Maßnahme:</b> Zeithorizont: kurz- bis mittelfristig Dringlichkeit niedrig		
<b>Finanzielle und gesamtökonomische Aspekte der Anpassungsmaßnahme:</b> Schaffung einer (oder je nach Größe der Großstadt) mehreren (Teilzeit-)Stellen; Bereitstellung von Personal- und Sachmitteln: Die Stelle steht außerhalb von Hitzeereignissen auch für weitere Aufgaben in der Quartiersarbeit zur Verfügung <b>Mögliche Kosten bei ausbleibender Anpassung:</b> nicht zu beziffern <b>Kosten für Maßnahme gemäß Anpassungsziel:</b> nicht zu beziffern		
<b>Gesetzliche oder verwaltungstechnische Voraussetzungen für die Umsetzung:</b> Schaffung einer Funktionsstelle oder zusätzliche Übertragung von Aufgaben auf bestehende Stellen		
<b>Konflikte mit anderen Handlungsfeldern:</b> keine		
<b>Synergien mit anderen Handlungsfeldern:</b> entfällt		
<b>Kenntnisdefizite:</b> keine		
<b>Forschungsbedarf:</b> entfällt		
<b>Allgemeine Bemerkungen / Anregungen:</b>		

<sup>18</sup> Priorisierung nach Effektivität und Aufwand - **Prio** = Priorität: (III = hoch, II = mittel, I = niedrig, 0 = keine Bewertung möglich)

<sup>19</sup> Welche Behörde / Stelle müsste zur Umsetzung der Maßnahme aktiv /initiativ werden?

<sup>20</sup> Auf wen wirkt die Maßnahme, wer muss etwas hinnehmen oder auf andere Weise als bisher handeln?

<sup>21</sup> Zeithorizont in Bezug auf Umsetzbarkeit ( kurzfristig (k) = bis 5 Jahre, mittelfristig (m) =bis 10 Jahre, langfristig (l) = > 10 Jahre). Dringlichkeit aufgrund der Vulnerabilität (gering, mittel, hoch, Bewertung derzeit nicht möglich)

**Handlungsfeld Gesundheit**

## Handlungsfeld Gesundheit

<b>Handlungsfeld:</b> Gesundheit		<b>4</b>
<b>Teilbereich:</b> Von Vektoren übertragene Erkrankungen		
<b>Maßnahme:</b> <b>Verbesserung der Diagnostik und Therapie, Kompetenzbildung</b>	<b>Bestehende Maßnahme:</b> teilweise	
<b>Welche/s Anpassungsziel/e verfolgt die Maßnahme:</b> Frühzeitiges Erkennen und Behandeln von Krankheiten, welche als Tropenkrankheiten in BW heimisch zu werden drohen. Prävention von Infektionen und reiseassoziierten Erkrankungen		
<b>Beschreibung der Maßnahme:</b> Information und Bewusstseinsbildung zu Tropenkrankheiten und (reise-) medizinischen Prophylaxemaßnahmen, insbesondere für die Krankheiten, welche in Baden-Württemberg heimisch werden können. Bereitstellen entsprechend spezialisierter Diagnose- und Therapiekapazitäten (ärztliche Kompetenzbildung)		
<b>Priorisierung der Maßnahme</b> <sup>22</sup> : hoch		<b>No-regret-Maßnahme:</b> ja
<b>Zuständigkeit</b> <sup>23</sup> : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tropenmedizinische Institute an Universitäten und Kliniken</li> <li>• Medizinische Fachgesellschaften</li> <li>• Ärztekammern</li> </ul>		
<b>Von den Auswirkungen der Maßnahme betroffene Akteure</b> <sup>24</sup> : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ärzte, Medizinisches Personal</li> <li>• Patienten</li> <li>• Reisende in Endemiegebiete</li> </ul>		
<b>Zeithorizont</b> <sup>25</sup> und <b>Dringlichkeit der Maßnahme:</b> Dringlichkeit mittel; es ist schon in absehbarer Zeit möglich, dass Vektoren bzw. Erreger einheimisch werden Zeithorizont mittelfristig		
<b>Finanzielle und gesamtökonomische Aspekte der Anpassungsmaßnahme:</b> nicht bezifferbar <b>Mögliche Kosten bei ausbleibender Anpassung:</b> erhöhtes Risiko für verlängerten Krankheitsverlauf und Folgeschäden bei Nichterkennen einer Infektionskrankheit, zusätzliche Behandlungskosten <b>Kosten für Maßnahme gemäß Anpassungsziel:</b> gering		
<b>Gesetzliche oder verwaltungstechnische Voraussetzungen für die Umsetzung:</b> keine		
<b>Konflikte mit anderen Handlungsfeldern:</b> keine		
<b>Synergien mit anderen Handlungsfeldern:</b> keine		
<b>Kenntnisdefizite:</b> Diagnostik von tropischen Erkrankungen		
<b>Forschungsbedarf:</b> keiner		
<b>Allgemeine Bemerkungen / Anregungen:</b>		

<sup>22</sup> Priorisierung nach Effektivität und Aufwand - **Prio** = Priorität: (III = hoch, II = mittel, I = niedrig, 0 = keine Bewertung möglich)

<sup>23</sup> Welche Behörde / Stelle müsste zur Umsetzung der Maßnahme aktiv /initiativ werden?

<sup>24</sup> Auf wen wirkt die Maßnahme, wer muss etwas hinnehmen oder auf andere Weise als bisher handeln?

<sup>25</sup> Zeithorizont in Bezug auf Umsetzbarkeit ( kurzfristig (k) = bis 5 Jahre, mittelfristig (m) =bis 10 Jahre, langfristig (l) = > 10 Jahre). Dringlichkeit aufgrund der Vulnerabilität (gering, mittel, hoch, Bewertung derzeit nicht möglich)

**Handlungsfeld Gesundheit**

## Handlungsfeld Gesundheit

<b>Handlungsfeld:</b> Gesundheit		<b>5</b>
<b>Teilbereich:</b> Allergien und Toxine		
<b>Maßnahme:</b> <b>Aufbau eines Warn- Bekämpfungs- und Kontrolldienstes für gesundheits-gefährliche Pflanzen und Tiere Vektoren-, Allergene, Schadtieren, Schadpflanzen-Bekämpfung (V A S S -Bekämpfung)</b>	<b>Bestehende Maßnahme:</b> nein (höchstens ansatzweise)	
<b>Welche/s Anpassungsziel/e verfolgt die Maßnahme:</b> Verringerung der Gefahren für die Bevölkerung durch Information und durch effektive systematische Bekämpfung des Auftretens von Schadorganismen		
<b>Beschreibung der Maßnahme:</b> 1. Information der Bevölkerung bzw. von Bevölkerungsgruppen über die Schadtieren und –pflanzen. 2. Frühzeitige Warnung beim Auftreten von Schadorganismen 3. Aktive Bekämpfung 4. Kontrolle von Verdachtsstellen und Überwachung der Maßnahmen		
<b>Priorisierung der Maßnahme</b> <sup>26</sup> : hoch		<b>No-regret-Maßnahme:</b> ja
<b>Zuständigkeit</b> <sup>27</sup> : Landratsämter		
<b>Von den Auswirkungen der Maßnahme betroffene Akteure</b> <sup>28</sup> : Bevölkerung, Flächeneigentümer		
<b>Zeithorizont</b> <sup>29</sup> und <b>Dringlichkeit der Maßnahme:</b> frühzeitiger Beginn, Aufbau auf bestehenden Ansätzen. <b>Dringlichkeit:</b> mittel ,Invasion hat allerdings bereits begonnen.		
<b>Finanzielle und gesamtökonomische Aspekte der Anpassungsmaßnahme:</b> Schaffung einer Stelle im öffentlichen Dienst in jedem LRA; Bereitstellung Sachmittel (Rückgriff auf bestehende Mittel) <b>Mögliche Kosten bei ausbleibender Anpassung:</b> Ausbreitung von Krankheiten, welche durch Schadorganismen hervorgerufen werden <b>Kosten für Maßnahme gemäß Anpassungsziel:</b>		
<b>Gesetzliche oder verwaltungstechnische Voraussetzungen für die Umsetzung:</b> Landesgesetz oder –verordnung zur Festlegung von Pflichten und Rechten der Kommunal-Verwaltung		
<b>Konflikte mit anderen Handlungsfeldern:</b> keine		
<b>Synergien mit anderen Handlungsfeldern:</b> Landwirtschaft, Forsten		
<b>Kenntnisdefizite:</b> keine		
<b>Forschungsbedarf:</b> vorhanden (sich Kap.2.2, 3.2 und 5.2		
<b>Allgemeine Bemerkungen / Anregungen:</b>		

<sup>26</sup> Priorisierung nach Effektivität und Aufwand - **Prio** = Priorität: (III = hoch, II = mittel, I = niedrig, 0 = keine Bewertung möglich)

<sup>27</sup> Welche Behörde / Stelle müsste zur Umsetzung der Maßnahme aktiv /initiativ werden?

<sup>28</sup> Auf wen wirkt die Maßnahme, wer muss etwas hinnehmen oder auf andere Weise als bisher handeln?

<sup>29</sup> Zeithorizont in Bezug auf Umsetzbarkeit ( kurzfristig (k) = bis 5 Jahre, mittelfristig (m) =bis 10 Jahre, langfristig (l) = > 10 Jahre). Dringlichkeit aufgrund der Vulnerabilität (gering, mittel, hoch, Bewertung derzeit nicht möglich)





## Handlungsfeld Gesundheit

<b>Handlungsfeld:</b> Gesundheit		<b>6</b>
<b>Teilbereich:</b> Luftschadstoffe		
<b>Maßnahme:</b> <b>Auswahl von Pflanzensorten mit geringen Terpen-Emissionen beim Anbau für die Bereitstellung von nachwachsenden Rohstoffen und in der Forstwirtschaft</b>	<b>Bestehende Maßnahme:</b> nein	
<b>Welche/s Anpassungsziel/e verfolgt die Maßnahme:</b> Verhinderung der Zuwachses an natürlichem Ozon durch Anbau von Pflanzen, die nur wenig Terpene emittieren.		
<b>Beschreibung der Maßnahme:</b> Beim Anbau von Pflanzen, die zur Bereitstellung von nachwachsenden Rohstoffen (Energiegewinnung aus Biomasse, Bereitstellung von Faser- und Dämmmaterial usw.) und im Waldbau eingesetzt werden, sollten solche mit geringer Emission von Terpenen bevorzugt angebaut werden, um die natürliche Ozonproduktion nicht unnötig zu erhöhen.		
<b>Priorisierung der Maßnahme</b> <sup>30</sup> : hoch		<b>No-regret-Maßnahme:</b> ja
<b>Zuständigkeit</b> <sup>31</sup> : gesetzliche Regelung oder Anreizmaßnahmen für Pflanzler durch Landesregierung, Landwirtschafts- und Forstämter		
<b>Von den Auswirkungen der Maßnahme betroffene Akteure</b> <sup>32</sup> : 1. Land- oder Forstwirte, welche Energiepflanzen anbauen 2. Landwirtschafts- und Forstämter zur Beratung und Kontrolle.		
<b>Zeithorizont</b> <sup>33</sup> und <b>Dringlichkeit der Maßnahme:</b> mäßige Dringlichkeit unter Berücksichtigung des Pflanzenumsatzes. Maßnahme kann bereits jetzt zur Reduktion hoher Ozonkonzentrationen beitragen.		
<b>Finanzielle und gesamtökonomische Aspekte der Anpassungsmaßnahme:</b> <b>Mögliche Kosten bei ausbleibender Anpassung:</b> Kosten für die Behandlung von Ozon-bedingten Gesundheitsschäden (Verstärkung von Allergien, Atemwegserkrankungen, erhöhte Mortalität) und Arbeitsausfälle <b>Kosten für Maßnahme gemäß Anpassungsziel:</b> Kosten zur Erforschung der Terpen-Emissionen verschiedener Pflanzenarten, Kosten für Bereitstellung von ausreichender Menge von Pflanzen mit geringen Emissionen von Terpenen, Kosten für Schulung, Beratungstätigkeit und Aufklärungsmaßnahmen		
<b>Gesetzliche oder verwaltungstechnische Voraussetzungen für die Umsetzung:</b> Gesetzliche Regelung oder finanzielle Anreize		
<b>Konflikte mit anderen Handlungsfeldern:</b> Möglicherweise Zielkonflikte mit der Landwirtschaft (verstärkter Anbau von Pflanzen als nachwachsende Rohstoffe) und mit der Forstwirtschaft (Umbau der Wälder mit verstärktem Anbau von Laubbäumen)		
<b>Synergien mit anderen Handlungsfeldern:</b>		

<sup>30</sup> Priorisierung nach Effektivität und Aufwand - **Prio** = Priorität: (III = hoch, II = mittel, I = niedrig, 0 = keine Bewertung möglich)

<sup>31</sup> Welche Behörde / Stelle müsste zur Umsetzung der Maßnahme aktiv /initiativ werden?

<sup>32</sup> Auf wen wirkt die Maßnahme, wer muss etwas hinnehmen oder auf andere Weise als bisher handeln?

<sup>33</sup> Zeithorizont in Bezug auf Umsetzbarkeit ( kurzfristig (k) = bis 5 Jahre, mittelfristig (m) =bis 10 Jahre, langfristig (l) = > 10 Jahre). Dringlichkeit aufgrund der Vulnerabilität (gering, mittel, hoch, Bewertung derzeit nicht möglich)

**Handlungsfeld Gesundheit**

**Kenntnisdefizite:**

Kenntnisdefizite bestehen hinsichtlich der Emission von Terpenen und ihrem Ozon-Bildungspotenzial bei den unterschiedlichen Pflanzenarten.

**Forschungsbedarf:** Siehe Kenntnisdefizite

**Allgemeine Bemerkungen / Anregungen:**

## Handlungsfeld Gesundheit

<b>Handlungsfeld:</b> Klima und Gesundheit		<b>7</b>
<b>Teilbereich:</b> UV-Strahlung		
<b>Maßnahme:</b> <b>Aufklärung der Bevölkerung über UV-Strahlungswirkungen</b>	<b>Bestehende Maßnahme:</b> ansatzweise	
<b>Welche/s Anpassungsziel/e verfolgt die Maßnahme:</b> Anpassung des Freizeitverhaltens, Bräunung der Haut nicht als Schönheitsideal sondern als Hilferuf begreifen		
<b>Beschreibung der Maßnahme:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufklärungskampagnen in Funk- und Printmedien, intensiviert bei erhöhtem UV-Index (z.B. als Bestandteil des Wetterberichts).</li> <li>• Informationen und Verhaltensregeln als Bestandteil des Schulunterrichts (Sachkunde)</li> </ul>		
<b>Priorisierung der Maßnahme</b> <sup>34</sup> : hoch	<b>No-regret-Maßnahme:</b> ja	
<b>Zuständigkeit</b> <sup>35</sup> : Landesministerien (Gesundheit), Wetterdienst		
<b>Von den Auswirkungen der Maßnahme betroffene Akteure</b> <sup>36</sup> : Öffentlicher Gesundheitsdienst, Kindergärten und Schulen, Sportvereine, Arbeitgeber für Außenberufe		
<b>Zeithorizont</b> <sup>37</sup> und <b>Dringlichkeit der Maßnahme:</b> Zeithorizont: kurzfristig Dringlichkeit hoch, wegen z.Zt. steigender Inzidenz des Hautkrebses		
<b>Finanzielle und gesamtökonomische Aspekte der Anpassungsmaßnahme:</b> Die Maßnahmen dient der Verhinderung von Hautkrebsfällen (krankheitskosten und wirtschaftliche Ausfallkosten) <b>Mögliche Kosten bei ausbleibender Anpassung:</b> Vermeidung von Krankheitsfällen <b>Kosten für Maßnahme gemäß Anpassungsziel:</b> gering, da Infrastruktur schon vorhanden		
<b>Gesetzliche oder verwaltungstechnische Voraussetzungen für die Umsetzung:</b> Bereitstellung geschulter Fachkräfte (z.B. Lehrer), Bindung von zusätzlichem Personal im ÖGD		
<b>Konflikte mit anderen Handlungsfeldern:</b> evtl. Tourismusbranche		
<b>Synergien mit anderen Handlungsfeldern:</b> Weitere Aufklärungskampagnen zu Auswirkungen des Klimawandels		
<b>Kenntnisdefizite:</b> keine		
<b>Forschungsbedarf:</b> Entstehung des malignen Melanoms, Wirkungen des Vitamin D		
<b>Allgemeine Bemerkungen / Anregungen:</b>		

<sup>34</sup> Priorisierung nach Effektivität und Aufwand - **Prio** = Priorität: (III = hoch, II = mittel, I = niedrig, 0 = keine Bewertung möglich)

<sup>35</sup> Welche Behörde / Stelle müsste zur Umsetzung der Maßnahme aktiv /initiativ werden?

<sup>36</sup> Auf wen wirkt die Maßnahme, wer muss etwas hinnehmen oder auf andere Weise als bisher handeln?

<sup>37</sup> Zeithorizont in Bezug auf Umsetzbarkeit ( kurzfristig (k) = bis 5 Jahre, mittelfristig (m) =bis 10 Jahre, langfristig (l) = > 10 Jahre). Dringlichkeit aufgrund der Vulnerabilität (gering, mittel, hoch, Bewertung derzeit nicht möglich)

**Handlungsfeld Gesundheit**

## Handlungsfeld Gesundheit

<b>Handlungsfeld:</b> Klima und Gesundheit		<b>8</b>
<b>Teilbereich:</b> UV-Strahlung		
<b>Maßnahme:</b> <b>Naevi-Screening</b>	<b>Bestehende Maßnahme:</b> nein	
<b>Welche/s Anpassungsziel/e verfolgt die Maßnahme:</b> Früherkennung und -behandlung von Hautkrebs und seinen Vorstufen, Reduzierung der Morbiditäts- und Mortalitätsrate		
<b>Beschreibung der Maßnahme:</b> Schulung aller medizinischen Fachberufe, Routineuntersuchung bei medizinischer Behandlung, Kostenerstattung des <i>Screenings</i> durch Krankenkassen/Versicherungen		
<b>Priorisierung der Maßnahme</b> <sup>38</sup> : hoch		<b>No-regret-Maßnahme:</b> ja
<b>Zuständigkeit</b> <sup>39</sup> : Gesundheitsministerium, Krankenkassen, Ärztekammern		
<b>Von den Auswirkungen der Maßnahme betroffene Akteure</b> <sup>40</sup> : Krankenkassen, Haus- und Hautärzte, Physiotherapeuten, Masseur und med. Bademeister, Fachverband der Dermatologen		
<b>Zeithorizont</b> <sup>41</sup> und <b>Dringlichkeit der Maßnahme:</b> Zeithorizont: kurzfristig Dringlichkeit hoch, wegen steigender Inzidenzrate des Hautkrebses		
<b>Finanzielle und gesamtökonomische Aspekte der Anpassungsmaßnahme:</b> Einfache und kostengünstige Maßnahme mit dem Ergebnis, dass Krankheits- und Todesfälle durch Hautkrebs vermieden werden können; <i>win-win</i> -Situation für alle Akteure <b>Mögliche Kosten bei ausbleibender Anpassung:</b> Krankheitskosten, Kosten durch Arbeitsausfälle <b>Kosten für Maßnahme gemäß Anpassungsziel</b> :bestehende Infrastruktur, es entstehen Kosten für Schulung, Kosten für regelmäßige Durchführung des <i>Screenings</i> ; Kostenübernahme durch Krankenversicherungen		
<b>Gesetzliche oder verwaltungstechnische Voraussetzungen für die Umsetzung:</b> Entgeltregelung für Schulungspersonal, evtl. Aufstockung der Personalressourcen im ÖGD, Aufnahme des Hautscreenings in den Leistungskatalog der Krankenversicherungen, Kosten für Bewerbung des <i>Screenings</i>		
<b>Konflikte mit anderen Handlungsfeldern:</b> keine		
<b>Synergien mit anderen Handlungsfeldern:</b> keine		
<b>Kenntnisdefizite:</b> keine		
<b>Forschungsbedarf:</b> Voraussetzungen für Entstehung des malignen Melanoms und anderer Hauttumoren		
<b>Allgemeine Bemerkungen / Anregungen:</b>		

<sup>38</sup> Priorisierung nach Effektivität und Aufwand - **Prio** = Priorität: (III = hoch, II = mittel, I = niedrig, 0 = keine Bewertung möglich)

<sup>39</sup> Welche Behörde / Stelle müsste zur Umsetzung der Maßnahme aktiv /initiativ werden?

<sup>40</sup> Auf wen wirkt die Maßnahme, wer muss etwas hinnehmen oder auf andere Weise als bisher handeln?

<sup>41</sup> Zeithorizont in Bezug auf Umsetzbarkeit ( kurzfristig (k) = bis 5 Jahre, mittelfristig (m) =bis 10 Jahre, langfristig (l) = > 10 Jahre). Dringlichkeit aufgrund der Vulnerabilität (gering, mittel, hoch, Bewertung derzeit nicht möglich)

**Handlungsfeld Gesundheit**

## Handlungsfeld Gesundheit

<b>Handlungsfeld:</b> Klima und Gesundheit		<b>9</b>
<b>Teilbereich:</b> UV-Strahlung		
<b>Maßnahme:</b> <b>Arbeitsschutz für Personen mit Außenbereichs-Berufen</b>	<b>Bestehende Maßnahme:</b> ja	
<b>Welche/s Anpassungsziel/e verfolgt die Maßnahme:</b> Arbeitsschutzmaßnahmen und Vorsorge bei beruflicher UV-Strahlen-Exposition		
<b>Beschreibung der Maßnahme:</b> 1. Technische Regel für Arbeitsstätten: Arbeitsstätten im Freien: Vorgaben für Mindestschutzmaßnahmen 2. Arbeitsmedizinische Vorsorge bei Exposition gegenüber natürlicher UV-Strahlung: Beratung und <i>Screening</i> -Untersuchung der Haut als Pflichtvorsorge-Maßnahme des Arbeitgebers		
<b>Priorisierung der Maßnahme</b> <sup>42</sup> : hoch	<b>No-regret-Maßnahme:</b> ja	
<b>Zuständigkeit</b> <sup>43</sup> : Ausschuss für Arbeitsstätten (BMAS), Unfallversicherungsträger		
<b>Von den Auswirkungen der Maßnahme betroffene Akteure</b> <sup>44</sup> : Arbeitgeber, Betriebsärzte, Sicherheitsfachkräfte		
<b>Zeithorizont</b> <sup>45</sup> und <b>Dringlichkeit der Maßnahme:</b> Zeithorizont kurzfristig Dringlichkeit mittel, steigende Inzidenzrate von Hautkrebs, Schutzmaßnahmen bestehen schon jetzt.		
<b>Finanzielle und gesamtökonomische Aspekte der Anpassungsmaßnahme:</b> Ergänzung der Persönlichen Schutzausrüstung und regelmäßige arbeitsmedizinische Vorsorge für ca. 400 000 Beschäftigte in Baden-Württemberg <b>Mögliche Kosten bei ausbleibender Anpassung:</b> Krankheitskosten und Arbeitsausfallkosten; nicht zu beziffern <b>Kosten für Maßnahme gemäß Anpassungsziel:</b> nicht zu beziffern		
<b>Gesetzliche oder verwaltungstechnische Voraussetzungen für die Umsetzung:</b> gesetzliche Voraussetzungen bestehen; sie müssen für die Gefährdung: „natürliche UV-Strahlung“ ausgeweitet werden.		
<b>Konflikte mit anderen Handlungsfeldern:</b> keine		
<b>Synergien mit anderen Handlungsfeldern:</b> Wirtschaft		
<b>Kenntnisdefizite:</b> keine		
<b>Forschungsbedarf:</b> begleitende Evaluation		
<b>Allgemeine Bemerkungen / Anregungen:</b>		

<sup>42</sup> Priorisierung nach Effektivität und Aufwand - **Prio** = Priorität: (III = hoch, II = mittel, I = niedrig, 0 = keine Bewertung möglich)

<sup>43</sup> Welche Behörde / Stelle müsste zur Umsetzung der Maßnahme aktiv /initiativ werden?

<sup>44</sup> Auf wen wirkt die Maßnahme, wer muss etwas hinnehmen oder auf andere Weise als bisher handeln?

<sup>45</sup> Zeithorizont in Bezug auf Umsetzbarkeit ( kurzfristig (k) = bis 5 Jahre, mittelfristig (m) =bis 10 Jahre, langfristig (l) = > 10 Jahre). Dringlichkeit aufgrund der Vulnerabilität (gering, mittel, hoch, Bewertung derzeit nicht möglich)





## Handlungsfeld Gesundheit

<b>Handlungsfeld:</b> Gesundheit		<b>10</b>
<b>Teilbereich:</b> Temperaturanstieg, Hitzewellen (urbane Aufheizung)		
<b>Maßnahme:</b> <b>Parkanlagen und natürlich beschattete Freiflächen als Rückzugsorte vor der Hitze an den Klimawandel anpassen</b> (Wasserversorgung sicherstellen; Baumbestand durch hitze- und trockenstresstolerante Arten ergänzen etc.)	<b>Bestehende Maßnahme:</b> Ja, teilweise	
<b>Welche/s Anpassungsziel/e verfolgt die Maßnahme:</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Erholungsflächen für Stadtbewohner, besonders bei Hitzewellen.</li> <li>2. Maßnahme vermindert gleichzeitig den Hitzeinsel-Effekt durch Kaltluftbildung und verstärkten Luftaustausch. Beitrag zur Verminderung der Hitzemortalität und Senkung der Kosten des Gesundheitswesens.</li> </ol>		
<b>Beschreibung der Maßnahme:</b>		
<p>Urbane Grünflächen haben eine große Bedeutung als Erholungsräume während Hitzeepisoden. Sie sollten künftig speziell für diese Nutzung in Wohnungsnähe geschaffen und erhalten werden, damit sie den Bewohnern tagsüber eine kühle Rückzugsmöglichkeit bieten. Dabei ist auf großzügige Beschattung mit Bäumen oder ausreichend schattenspendenden Gehölzen zu achten. Evtl. schon bestehende Maßnahmen müssen auf die Belastung der Stadtvegetation durch höhere Temperaturen, Wassermangel und stärkere Nutzung angepasst werden, um im Bedarfsfall nicht unattraktiv und nutzlos zu werden.</p>		
<b>Priorisierung der Maßnahme</b> <sup>46</sup> : hoch	<b>No-regret-Maßnahme:</b> ja	
<b>Zuständigkeit</b> <sup>47</sup> : Stadt-, Raumplanung,		
<b>Von den Auswirkungen der Maßnahme betroffene Akteure</b> <sup>48</sup> : Baurechtsämter, Grünflächenämter		
<b>Zeithorizont</b> <sup>49</sup> und <b>Dringlichkeit der Maßnahme:</b>		
<p>Zeithorizont langfristig Dringlichkeit daher hoch</p>		
<b>Finanzielle und gesamtökonomische Aspekte der Anpassungsmaßnahme:</b> ökonomische Bewertung kaum möglich; hohen Investitionskosten (Freihaltung bzw. Freimachung von Flächen in Verdichtungsgebieten) stehen nicht bezifferbare „Komfort“-Kosten für die Einwohner gegenüber.		
<b>Mögliche Kosten bei ausbleibender Anpassung:</b> Kosten des Gesundheitswesens, höhere Hitzemortalität. Anfällige Stadtvegetation muss teuer bewässert bzw. nach extremer Hitze evtl. neu angepflanzt werden.		
<b>Kosten für Maßnahme gemäß Anpassungsziel:</b> Kosten für Anlagenerstellung und –unterhaltung.		
<b>Gesetzliche oder verwaltungstechnische Voraussetzungen für die Umsetzung:</b> Landesraumordnung, Regionalpläne, Bauleitpläne, Bebauungspläne		
<b>Konflikte mit anderen Handlungsfeldern:</b> Stadtbäume emittieren unterschiedlich viel flüchtige organische Stoffe, die zur Bildung von bodennahem Ozon beitragen können. Auf Auswahl von Pflanzenarten, die wenig biogene Kohlenwasserstoffe emittieren, aber mit veränderten klimatischen Bedingungen (Trockenheit) zurechtkommen, und auf allergenarme Sorten muss geachtet werden.		

<sup>46</sup> Priorisierung nach Effektivität und Aufwand - **Prio** = Priorität: (III = hoch, II = mittel, I = niedrig, 0 = keine Bewertung möglich)

<sup>47</sup> Welche Behörde / Stelle müsste zur Umsetzung der Maßnahme aktiv /initiativ werden?

<sup>48</sup> Auf wen wirkt die Maßnahme, wer muss etwas hinnehmen oder auf andere Weise als bisher handeln?

<sup>49</sup> Zeithorizont in Bezug auf Umsetzbarkeit ( kurzfristig (k) = bis 5 Jahre, mittelfristig (m) =bis 10 Jahre, langfristig (l) = > 10 Jahre). Dringlichkeit aufgrund der Vulnerabilität (gering, mittel, hoch, Bewertung derzeit nicht möglich)

**Handlungsfeld Gesundheit**

**Synergien mit anderen Handlungsfeldern:** Geringerer Versiegelungsgrad ist Hochwasserschutz (Starkregenereignisse werden zunehmen und sind in stark verdichteten Regionen wahrscheinlicher Mehrfachnutzungen (Sport, Kleingärten) möglich; Handlungsfelder Biodiversität und Tourismus profitieren auch

**Kenntnisdefizite:** Wie wird die Lebensqualität in Städten künftig von Politik und Gesellschaft bewertet und was ist sie den einzelnen Bürgern wert?

**Forschungsbedarf:** Verstärkt der Klimawandel die soziale Ungleichheit und führt zu immer mehr Umweltungerechtigkeit?

**Allgemeine Bemerkungen / Anregungen:** Allein lebende ältere Menschen könnten davon stark profitieren, wenn sie dazu angeregt werden, diese Erholungsräume im Grünen zu nutzen und damit gleichzeitig ihrer sozialen Isolation in der Wohnung entkommen.

## Handlungsfeld Gesundheit

<b>Handlungsfeld:</b> Gesundheit		<b>11</b>
<b>Teilbereich:</b> Temperaturanstieg, Hitzewellen (urbane Aufheizung)		
<b>Maßnahme:</b> <b>„Cooling Centers“ einrichten</b> Zum Abkühlen während Hitzeperioden in Innenstädten kühle Räume öffentlich zugänglich machen	<b>Bestehende Maßnahme:</b> nein	
<b>Welche/s Anpassungsziel/e verfolgt die Maßnahme:</b> 1. Senkung der Mortalität und Morbidität, 2. Verbesserung der Lebensqualität und Attraktivität des urbanen Lebens		
<b>Beschreibung der Maßnahme:</b> Während Hitzeepisoden werden (klimatisierte) Innenräume speziell in Innenstädten zur Verfügung gestellt, die besonders ältere Menschen nutzen können, um sich dort vom Hitzestress erholen, abkühlen und erfrischen zu können. Dies könnten öffentliche Einrichtungen speziell für bedürftige und ältere Menschen anbieten und mit einer medizinischen Hilfeleistung oder Beratung verknüpfen (Seniorenzentrum). Wegweiser führen zu den Einrichtungen. Sinnvoll wäre es aber auch, wenn es für große Kaufhäuser die Regel werden würde, einen solchen Raum als Ruheraum kostenlos (ohne Konsumzwang) für alle Menschen anzubieten. Dies könnte durch Kampagnen vergleichbar mit der „netten Toilette“ gefördert werden.		
<b>Priorisierung der Maßnahme</b> <sup>50</sup> : mittel		<b>No-regret-Maßnahme:</b> ja
<b>Zuständigkeit</b> <sup>51</sup> : Stadt-, Raumplanung, Stadtverwaltungen		
<b>Von den Auswirkungen der Maßnahme betroffene Akteure</b> <sup>52</sup> : Unternehmen in Innenstädten und Öffentliche Hand		
<b>Zeithorizont</b> <sup>53</sup> und <b>Dringlichkeit der Maßnahme:</b> Zeithorizont: mittelfristig Dringlichkeit: mittel, Maßnahme hat langen Vorlauf, wenn solche Räume (möglichst im ersten Stock bzw. zentral und leicht erreichbar) bei Baumaßnahmen für Kaufhäuser eingeplant und finanziert werden müssen.		
<b>Finanzielle und gesamtökonomische Aspekte der Anpassungsmaßnahme:</b> Kann kostenneutral gestaltet werden und sich eher positiv auswirken <b>Mögliche Kosten bei ausbleibender Anpassung:</b> Kosten im Gesundheitswesen durch die Mehrbelastungen, Wertschöpfung des ansässigen Gewerbes leidet, wenn sich langfristig weniger Menschen bei Hitze in den Städte aufhalten können → entgangene Steuereinnahmen <b>Kosten für Maßnahme gemäß Anpassungsziel:</b> Marketingmaßnahmen, Anreize für Unternehmen und Sponsoren schaffen als Anschlag		
<b>Gesetzliche oder verwaltungstechnische Voraussetzungen für die Umsetzung:</b> keine		
<b>Konflikte mit anderen Handlungsfeldern:</b> evtl. sind stadtplanerische Aspekte zu berücksichtigen		
<b>Synergien mit anderen Handlungsfeldern:</b> Tourismus		

<sup>50</sup> Priorisierung nach Effektivität und Aufwand - **Prio** = Priorität: (III = hoch, II = mittel, I = niedrig, 0 = keine Bewertung möglich)

<sup>51</sup> Welche Behörde / Stelle müsste zur Umsetzung der Maßnahme aktiv /initiativ werden?

<sup>52</sup> Auf wen wirkt die Maßnahme, wer muss etwas hinnehmen oder auf andere Weise als bisher handeln?

<sup>53</sup> Zeithorizont in Bezug auf Umsetzbarkeit ( kurzfristig (k) = bis 5 Jahre, mittelfristig (m) =bis 10 Jahre, langfristig (l) = > 10 Jahre). Dringlichkeit aufgrund der Vulnerabilität (gering, mittel, hoch, Bewertung derzeit nicht möglich)

**Handlungsfeld Gesundheit**

**Kenntnisdefizite:** Wie schnell solche Angebote angenommen werden, scheint von der Werbung dafür abhängig zu sein. Wie kann die Akzeptanz bzw. Einsicht der Sponsoren in die Notwendigkeit solcher Angebote verbessert werden?

Erreichbarkeit der besonders gefährdeten, weil sozial isolierten, älteren, zuhause lebenden Bevölkerungsgruppen ist nicht gewährleistet. Die Maßnahme erreicht zunächst die eher noch aktiven Menschen.

**Forschungsbedarf:** Wie beeinflusst der Aufenthalt in klimatisierten Räumen die Anpassung des Körpers an Hitze

**Allgemeine Bemerkungen / Anregungen:**

Cooling Centers sollten fußläufig in der Stadt erreichbar sein:

New York City bietet Cooling Centers während Hitzeepisoden in Bürgerzentren, Seniorenzentren und öffentlichen Bibliotheken an und bietet eine Hotline an, unter der man sich erkundigen kann, wo der nächste Abkühlraum ist:

“When the heat index is predicted to be dangerously high, New York City opens cooling centers in air-conditioned public community centers, senior centers, and public libraries to offer people relief from the heat. Individuals who have no ready access to a cool environment, and particularly those at risk for heat-related illness, should use the cooling centers during a heat wave.

Call 311 (TTY: 212-504-4115) during a heat emergency to find the location of a cooling center or pool, or use our online finder to choose a cooling center near you.

In June 2008, New York City opened cooling centers to provide New Yorkers relief from an extreme heat wave. The NYC Department for the Aging supplied facilities and staff to carry out the emergency response. Learn more [http://www.nyc.gov/html/oem/downloads/pdf/heat\\_brochure\\_english.pdf](http://www.nyc.gov/html/oem/downloads/pdf/heat_brochure_english.pdf)

## Handlungsfeld Gesundheit

<b>Handlungsfeld:</b> Gesundheit		<b>12</b>
<b>Teilbereich:</b> Von Vektoren übertragene Erkrankungen		
<b>Maßnahme:</b> <b>Grundlagenforschung Vektoren</b>	<b>Bestehende Maßnahme:</b> teilweise	
<b>Welche/s Anpassungsziel/e verfolgt die Maßnahme:</b> Kenntnisdefizite beheben		
<b>Beschreibung der Maßnahme:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Neue Lehrstühle für Parasitologie schaffen und bestehende ausbauen</li> <li>2. Fortlaufende und langfristige Erfassung (Kartierung) sowohl der Vektoren als auch der Reservoir-Wirte da unzureichende Kenntnisse bestehen hinsichtlich der Verbreitung und der Anzahl der Vektoren, die Erkrankungen übertragen können, und der Dichte der Reservoir-Wirte, die sie - neben dem Menschen - zum Blutsaugen aufsuchen und durch die der Infektionszyklus aufrechterhalten wird (siehe Maßnahme MB-05)</li> <li>3. Modellierungen zur künftigen Ausbreitung der Vektoren und Wirte</li> <li>4. Grundlagenforschung zur Interaktion Vektor-Pathogen</li> <li>5. Humanmedizinische Forschung stärken</li> <li>6. Impfstoffentwicklung: bislang gibt es Impfstoffe nur gegen Gelbfieber und FSME</li> </ol>		
<b>Priorisierung der Maßnahme</b> <sup>54</sup> : hoch		<b>No-regret-Maßnahme:</b> ja
<b>Zuständigkeit</b> <sup>55</sup> : Ministerium für Wissenschaft und Kunst, Universitäten, Gesetzgeber (Kartierung)		
<b>Von den Auswirkungen der Maßnahme betroffene Akteure</b> <sup>56</sup> : Universitäten (1., 3., 4., 5.) Landratsämter (2) als Vollzugsbehörden (siehe Maßnahme MB-05), Pharmazeutische Industrie (6.)		
<b>Zeithorizont</b> <sup>57</sup> und <b>Dringlichkeit der Maßnahme:</b> Zeithorizont: mittel- bis langfristig Dringlichkeit hoch, da lange Vorlaufzeiten		
<b>Finanzielle und gesamtökonomische Aspekte der Anpassungsmaßnahme:</b> nicht zu beziffern <b>Mögliche Kosten bei ausbleibender Anpassung:</b> nicht zu beziffern <b>Kosten für Maßnahme gemäß Anpassungsziel:</b> Kosten für zusätzliche Lehrstühle bzw. Ausbau bestehender Lehrstühle; Kosten für Forschungsprojekte, Kartierung und Beobachtung		
<b>Gesetzliche oder verwaltungstechnische Voraussetzungen für die Umsetzung:</b> Stellen in Universitäten und Landratsämtern (siehe Maßnahme MB-05) schaffen		
<b>Konflikte mit anderen Handlungsfeldern:</b> keine		
<b>Synergien mit anderen Handlungsfeldern:</b> Forstwirtschaft, Landwirtschaft		
<b>Kenntnisdefizite:</b> s.o.		
<b>Forschungsbedarf:</b> s.o.		
<b>Allgemeine Bemerkungen / Anregungen:</b>		

<sup>54</sup> Priorisierung nach Effektivität und Aufwand - **Prio** = Priorität: (III = hoch, II = mittel, I = niedrig, 0 = keine Bewertung möglich)

<sup>55</sup> Welche Behörde / Stelle müsste zur Umsetzung der Maßnahme aktiv /initiativ werden?

<sup>56</sup> Auf wen wirkt die Maßnahme, wer muss etwas hinnehmen oder auf andere Weise als bisher handeln?

<sup>57</sup> Zeithorizont in Bezug auf Umsetzbarkeit ( kurzfristig (k) = bis 5 Jahre, mittelfristig (m) =bis 10 Jahre, langfristig (l) = > 10 Jahre). Dringlichkeit aufgrund der Vulnerabilität (gering, mittel, hoch, Bewertung derzeit nicht möglich)



## Handlungsfeld Gesundheit

<b>Handlungsfeld:</b> Gesundheit		<b>13</b>
<b>Teilbereich:</b> Luftschadstoffe		
<b>Maßnahme:</b> <b>Zusammenführung des Ozon-Warndienstes mit dem Hitzewarndienst</b>	<b>Bestehende Maßnahme:</b> nein	
<b>Welche/s Anpassungsziel/e verfolgt die Maßnahme:</b> Verbesserte Information der Bevölkerung mit dem Ziel: Minderung der gesundheitlichen Auswirkungen erhöhter Ozon- und Luftschadstoff-Konzentrationen und verstärkter Hitzeeinwirkung		
<b>Beschreibung der Maßnahme:</b> Hohe Ozonkonzentrationen treten häufig im Zusammenhang mit Hitzewellen auf. Maßnahmen zum Schutz vor erhöhten Ozonkonzentrationen sollten daher immer auch im Zusammenhang mit Maßnahmen gegen verstärkte Hitzeeinwirkung gesehen werden und umgekehrt. Aus diesem Grund sollte der Ozoninformationsdienst und der Hitzewarndienst zusammengeführt werden. Dies gilt auch für andere Luftschadstoffe (z.B. NO <sub>x</sub> Feinstaub). Nutzung von neuen Kommunikationswegen für den Ozonwarndienst (Abruf von aktuellen Ozoninformationen aus der Region über <i>Smartphones</i> ; Ozonwarnung bei Überschreitung der Schwellenwerte könnte als <i>App</i> auf den <i>Smartphones</i> installiert werden)		
<b>Priorisierung der Maßnahme</b> <sup>58</sup> : niedrig		<b>No-regret-Maßnahme:</b> ja
<b>Zuständigkeit</b> <sup>59</sup> : Umweltministerium		
<b>Von den Auswirkungen der Maßnahme betroffene Akteure</b> <sup>60</sup> : LUBW, DWD, LUBW und DWD sollten beim Ozonwarndienst und beim Hitzewarndienst zusammenwirken und Warnhinweise in gegenseitiger Abstimmung an die Öffentlichkeit geben.		
<b>Zeithorizont</b> <sup>61</sup> und <b>Dringlichkeit der Maßnahme:</b> Zeithorizont: kurzfristig Dringlichkeit: gering, Maßnahme greift bereits jetzt		
<b>Finanzielle und gesamtökonomische Aspekte der Anpassungsmaßnahme:</b> nicht zu beziffern <b>Mögliche Kosten bei ausbleibender Anpassung:</b> nicht zu beziffern <b>Kosten für Maßnahme gemäß Anpassungsziel:</b> Kosten sind insgesamt gering		
<b>Gesetzliche oder verwaltungstechnische Voraussetzungen für die Umsetzung:</b> vorhanden		
<b>Konflikte mit anderen Handlungsfeldern:</b> keine		
<b>Synergien mit anderen Handlungsfeldern:</b> Synergien mit Maßnahmen zum Schutz vor hitzebedingten Gesundheitsschäden zu erwarten.		
<b>Kenntnisdefizite:</b> Zusammenhang zwischen der Wirkung von Ozon und Hitzewellen noch nicht ausreichend bekannt		
<b>Forschungsbedarf:</b> Siehe Kenntnisdefizite		
<b>Allgemeine Bemerkungen / Anregungen:</b>		

<sup>58</sup> Priorisierung nach Effektivität und Aufwand - **Prio** = Priorität: (III = hoch, II = mittel, I = niedrig, 0 = keine Bewertung möglich)

<sup>59</sup> Welche Behörde / Stelle müsste zur Umsetzung der Maßnahme aktiv /initiativ werden?

<sup>60</sup> Auf wen wirkt die Maßnahme, wer muss etwas hinnehmen oder auf andere Weise als bisher handeln?

<sup>61</sup> Zeithorizont in Bezug auf Umsetzbarkeit ( kurzfristig (k) = bis 5 Jahre, mittelfristig (m) =bis 10 Jahre, langfristig (l) = > 10 Jahre). Dringlichkeit aufgrund der Vulnerabilität (gering, mittel, hoch, Bewertung derzeit nicht möglich)





## 5 Wissenschaftlicher Hintergrund

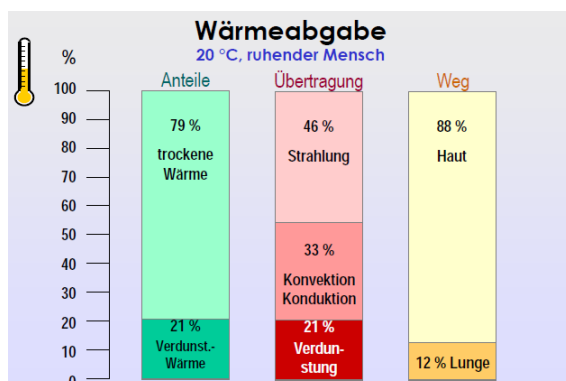
### 5.1 Temperaturanstieg, Hitzewellen

#### 5.1.1 Anpassungswissen

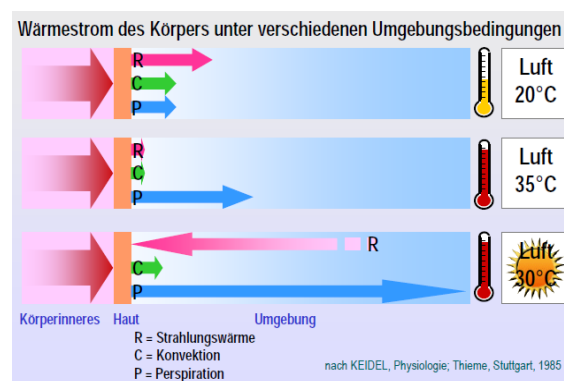
##### 5.1.1.1 Wissen über die Reaktion des menschlichen Körpers auf Veränderung von klimatischen Umgebungsbedingungen (Akutwirkung - Adaptation)

Der Mensch ist als gleichwarmes Lebewesen auf eine Konstanzhaltung seiner Körpertemperatur auf einen Sollwert von etwa 37°C angewiesen. Das thermoregulatorische System sorgt dafür, dass unter Bedingungen, bei denen eine Erhöhung der Körpertemperatur auftritt, diese zusätzliche Wärme wieder an die Umgebung abgegeben wird und somit die Temperaturhomöostase (Temperaturgleichgewicht) des Körpers gewahrt bleibt.

Thermoregulation ist die Fähigkeit des Organismus, seine Körperkerntemperatur in einem festgelegten Bereich (um 37°C) zu halten. Diese Regulation ist beim Menschen vergleichsweise effektiv, was die Reaktion auf hohe Außentemperaturen betrifft, während der physiologischen Reaktion auf Kältereize weniger Hilfsmittel zur Verfügung stehen.



Graphik 1



Graphik 2

**Abb. 5-1: Wärmeabgabe unter Ruhebedingungen (Graphik 1) und Regulation der Körpertemperatur unter wechselnden Klimabedingungen (Graphik 2)**

Als Reaktion auf die Kälte sind die wirksamen Instrumente die Erhöhung des Stoffumsatzes bis zu unwillkürlicher Muskelarbeit („Muskelzittern“), die Verringerung der Durchblutung der Körperperipherie (Arme, Beine, äußere Körperschale) durch Vasokonstriktion, willkürliche Muskelarbeit (ist aber ermüdend) und Zusammenkauern zur Verringerung der Körperoberfläche. Zivilisatorische Entwicklungen (Kleidung, geschlossene Unterkünfte mit Beheizung) haben es den Menschen ermöglicht, sich trotz lokal widriger Klimabedingungen auf der ganzen Welt zu verbreiten.

**Handlungsfeld Gesundheit**

Die physiologischen Auswirkungen klimatischer Belastungen werden durch das Zusammenspiel der vier Klimagrundgrößen (Lufttemperatur, mittlere Strahlungstemperatur, Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit) und weiterer Faktoren beeinflusst (Abb. 5-1). Hinzu kommen arbeitsbezogene Faktoren, wie z. B. Arbeitsschwere, Bekleidungsisolierung, Expositionszeit, Akklimatisation. Weiterhin spielt die individuelle Leistungsfähigkeit (Kondition und Disposition) eine Rolle.

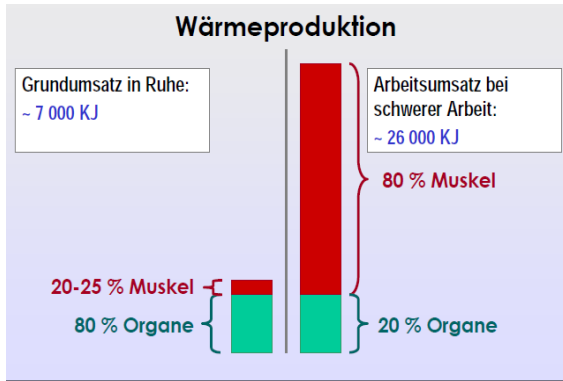
Eine herausragende Bedeutung für die Wärmeabgabe hat die Schweißbildung. Die Abgabe von Schweiß, welcher auf der Haut verdunstet und somit über die Energieaufnahme des verdunstenden Wassers beim Übergang in Wasserdampf auch viel Energie abführen kann, ist ein hoch effektives Regulationsinstrument (Abb. 5-1). Zur Aufrechterhaltung der Körpertemperatur kommt es durch Weitstellung der Hautgefäße und Steigerung der Auswurfleistung des Herzens (Herzminutenvolumen) zu einer erhöhten Hautdurchblutung. Dies ermöglicht eine rasche Verteilung der entstandenen Wärme auf die Körperhülle, von der sie dann durch Verdunstung von Schweiß (evaporative Wärmeabgabe), Wärmestrahlung sowie einer direkten Wärmeabgabe über die Luftströmung (Konvektion) und Wärmeleitung (Konduktion) dem Körper entzogen wird. Dabei erfolgt die Wärmeabgabe größtenteils über das Schwitzen, wobei dem Körper pro Liter in Hautnähe verdunstetem Schweiß etwa 625 Watt (entsprechend etwa 9 kcal/min) Wärmeenergie entzogen werden. Die Verdunstung von einem Liter Schweiß entspricht einer Abgabe von ungefähr 2 500 KJ Energie. Maximal zumutbar bei beruflicher körperlicher Arbeit sind 6 Liter Schweiß pro Arbeitsschicht.

Voraussetzung für eine effektive Schweißabgabe ist, dass die Luft die abgegebene Feuchtigkeit aufnehmen kann. Bei hoher Luftfeuchtigkeit kann der Schweiß nicht verdunsten, er rinnt ab und trägt nicht zur Abkühlung des Organismus bei. Schweiß, der vom Körper abtropft oder nicht direkt auf der Haut verdunstet, trägt nicht zur Wärmeabgabe bei. Als negative Folge der mit der Schweißbildung verbundene Wasser- und Salzverlust (Dehydratation) können u.a. Kreislaufregulationsstörungen mit z.B. Tachykardie und / oder Hypertonus, Kopfschmerzen, Ohrensausen, rasche Ermüdbarkeit, auftreten. Wichtig ist deshalb die simultane Flüssigkeitszufuhr, um die Schweißabgabe zu kompensieren. Die Thermoregulation hängt also von den äußeren Klimabedingungen ab und nutzt das ihr zur Verfügung stehende Instrumentarium entsprechend der Situation. (Abb. 5-1).

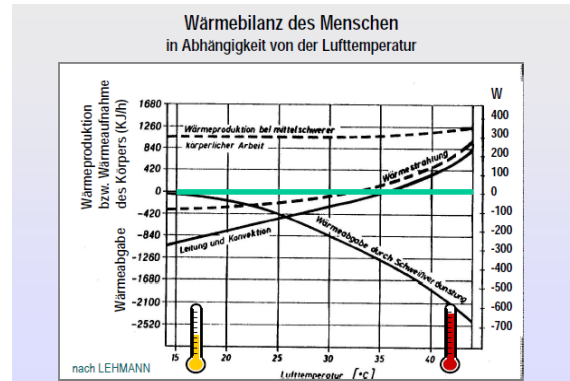
Der menschliche Organismus ist eigentlich für ein warmes Klima gut gerüstet. Dies hängt vermutlich auch von der Herkunft der Menschheit aus tropischen oder subtropischen Gegenden zusammen. Die Veränderungen des menschlichen Stoffumsatzes in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur entsprechen denen von Tieren, die in warmen Klimata leben. Der körperlich arbeitende Mensch produziert in einer warmen Umgebung durch die Muskelarbeit zusätzlich Wärme, die abgeführt werden muss. Hier wirken bei der Abgabe von

**Handlungsfeld Gesundheit**

Wärme die Mechanismen Konvektion, Abstrahlung und Schweißbildung je nach Arbeitsschwere und den Klimabedingungen der Umgebung so zusammen, dass eine ausgeglichene Bilanz entsteht (Abb. 5-).



Graphik 1



Graphik 2

**Abb. 5-2: Wärmeproduktion bei Ruhe und Arbeit (Graphik 1) und Zusammenwirken der Regulationsmechanismen bei Arbeit unter verschiedenen Klimabedingungen (Graphik 2)**

Bei körperlicher Arbeit unter Hitze kommt es zu einer stärkeren Belastung des Herz-Kreislauf-Systems. Die Herzfrequenz steigt stärker an, der Sauerstoffverbrauch ist höher, die Laktatkonzentration im Blut steigt an und die Glykogenvorräte als Energiespeicher werden schneller abgebaut als bei der gleichen Leistung unter normalen oder geringen Temperaturen. Insgesamt sinkt bei Hitze die körperliche Leistungsfähigkeit. Deshalb werden in der Arbeitsphysiologie verschiedene Umgebungstemperaturen als Optimum für verschiedene Tätigkeiten empfohlen (Tab. 5-1).

**Tab. 5-1 Empfehlungen für Umgebungstemperaturen und weiteren Klimaparametern bei verschiedenen Arten von Arbeit**

Art und Schwere der Arbeit	Trockentemperatur (°C)			Rel. Luftfeuchtigkeit (%)			Luftgeschwindigkeit m/s
	Min	Opt	Max	Min	Opt	Max	
Büroarbeit	18	21	24	40	50	70	0,1
Leichte Arbeit (sitzend)	18	20	24	40	50	70	0,1
Leichte Arbeit (stehend)	17	18	21	30	50	70	0,2
Schwere Arbeit	15	17	21	30	50	70	0,4
Schwerstarbeit	14	16	20	30	50	70	0,5
Hitzearbeit (Strahlung)	12	15	18	20	35	60	1,0-1,5

### Handlungsfeld Gesundheit

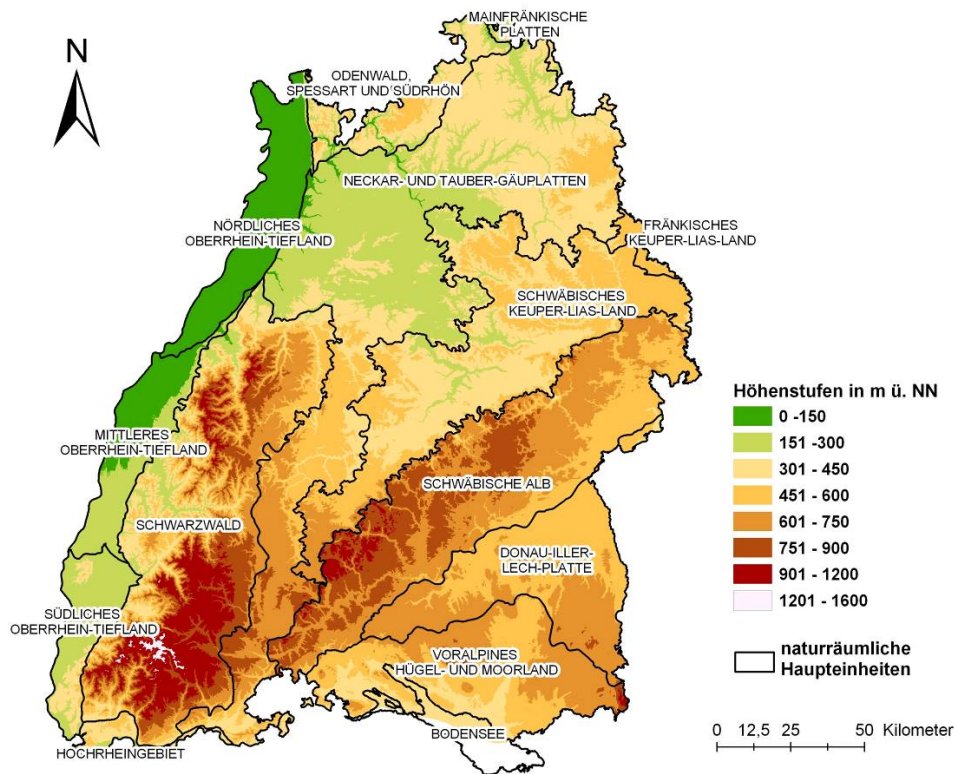
Der gesunde menschliche Organismus kann sich an eine Umgebung mit dauerhaft hohen Temperaturen anpassen (Hitzeakklimatisation). Hält er sich für mehrere Wochen in warmer Umgebung auf (z.B. in den Tropen oder in heißem Wüstenklima), so kommt es zu einer Hitzeadaptation des Organismus. Gleiches lässt sich auch durch körperliche Arbeit in einer heißen Arbeitsumgebung erreichen. Die Umstellungen betreffen

- die Schweißsekretion:
  - Zunahme der Sekretionsrate und der aktiven Schweißdrüsen.
  - Abnahme des Salzgehaltes des Schweißes auf ein Zehntel (von 3 g/L auf 0,3 g/L) zur Reduktion der Elektrolytverluste.
  - Ausgeglichene und frühzeitig einsetzende Schweißabgabe.
- das Durstgefühl:
  - Es ist gesteigert als Hinweis für eine frühzeitige Flüssigkeitsaufnahme.
- die Herzschlagfrequenz:
  - Sie verringert sich bei gleicher Belastung.

Die Hitzeakklimatisation ist ein Prozess, der grundsätzlich bei jedem Menschen einsetzt. Sie ist reversibel, d.h. wenn die Hitzeexposition wegfällt, bildet sie sich allmählich zurück. Die Reaktionen der Thermoregulation und Hitzeakklimatisation gelten für den gesunden Organismus. Bei alten Menschen sind diese Mechanismen nur eingeschränkt wirksam. Die Zahl der Schweißdrüsen geht zurück, ebenso verringert sich die Dichte der Arterien und Venen in der Haut. Die Schweißbildung wird damit vermindert. Die zusätzliche Belastung des Herz-Kreislauf-Systems bei körperlicher Belastung und hoher Umgebungstemperatur führt den alten Menschen schnell an die Grenzen seiner Belastbarkeit. Ähnliches gilt für chronisch kranke Menschen, besonders bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen.

#### 5.1.1.2 Wissen über die gesundheitsrelevanten Klimagrößen

Klimatisch wird Baden-Württemberg durch seine Lage im Übergangsbereich zwischen Nordatlantik und den eurasischen Festlandsmassen charakterisiert. Es unterliegt einem ständigen Wechsel von ozeanischen und kontinentalen Klimaeinflüssen. Durch die überwiegend westlichen Winde spielt der ozeanische Einfluss jedoch die größere Rolle. Dieser Einfluss sorgt für milde Winter und nicht zu heiße Sommer, und es werden das ganze Jahr über feuchte Luftmassen vom Atlantik herangeführt, die zu Niederschlägen führen. Der ozeanische Klimaeinfluss nimmt von Nordwesten nach Südosten hin immer weiter ab.

**Handlungsfeld Gesundheit**

**Abb. 5-3 Die Höhenstufen Baden-Württembergs** (eigene Darstellung auf Grundlage der Höhendaten im Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg (Umweltministerium Baden-Württemberg 2007))

Ein weiterer Aspekt, der sich nicht unerheblich auf die klimatischen Verhältnisse des Landes auswirkt, ist die topographische Struktur (vgl. Abb. 5-3).

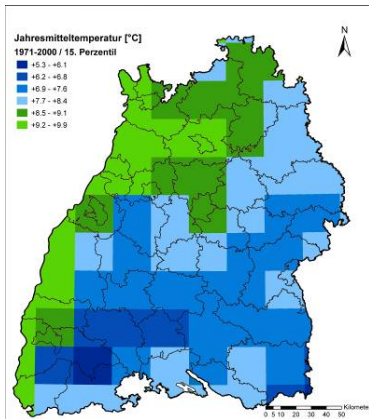
Die Lufttemperatur ist eng mit der Höhe korreliert und somit auch alle von ihr abgeleiteten Klimagrößen (z.B. Tropentage, Frosttage, Hitzeperioden etc.). Je 100 m Höhe nimmt die Temperatur um 0,6 bis maximal 1°C ab. Aus diesem Grund weist die durchschnittliche Jahrestemperatur erhebliche räumliche Unterschiede auf.

Betrachtet man hierzu die entsprechenden Rasterkarten der Verteilung der Jahresmitteltemperatur in Baden-Württemberg (Abb. 5-4 und Abb. 5-5), so ist deutlich ein Temperaturgradient zwischen Ost und West, sowie zwischen den hochgelegenen Gebieten, wie Schwarzwald und Schwäbische Alb, und den Niederungen zu erkennen. Der Ost-West-Gradient liegt in der Tatsache begründet, dass der westliche Teil Baden-Württembergs noch unter ozeanischem Klimaeinfluss steht. Der Vergleich der Darstellungen der drei Zeitszenarien verdeutlicht die mögliche Entwicklung der Temperaturverteilung in Zukunft.

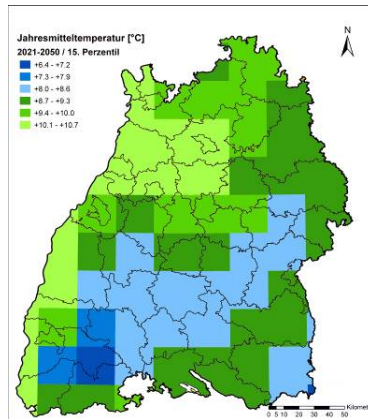
Auch in den Kartengrafiken zu den Durchschnittstemperaturen der Monate Juni, Juli und August in Baden-Württemberg (Abb. 5-6, 5-7 und 5-8), wird das bereits beschriebene Verteilungsmuster deutlich.

Handlungsfeld Gesundheit

Ist-Zustand



Nahe Zukunft



Ferne Zukunft

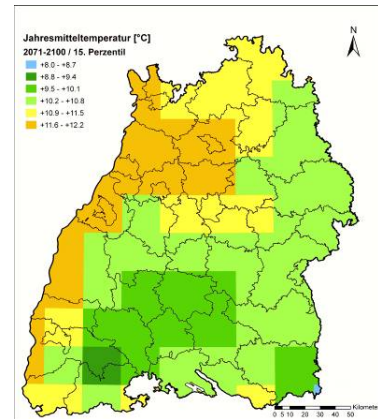
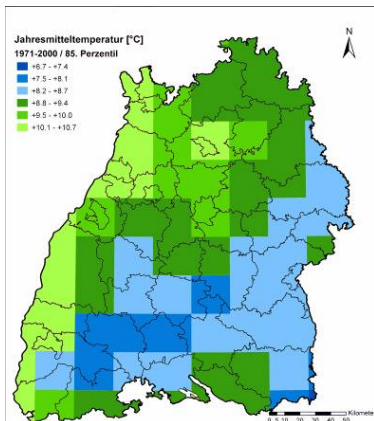
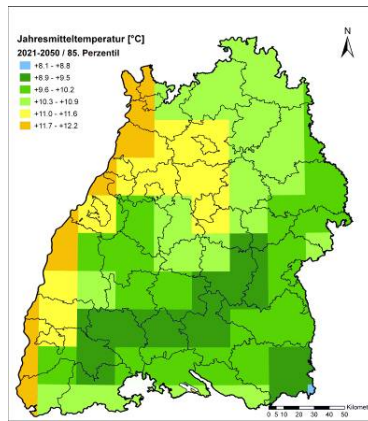


Abb. 5-4 Entwicklung der Temperaturverteilung (Jahresmittelwert) in den drei Zeitszenarien (15. Perzentil) (Quelle: [verändert] HYDRON, 2012)

Ist-Zustand



Nahe Zukunft



Ferne Zukunft

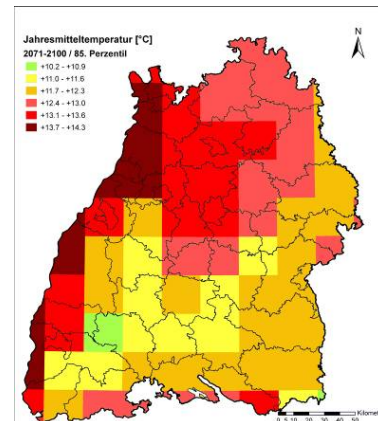
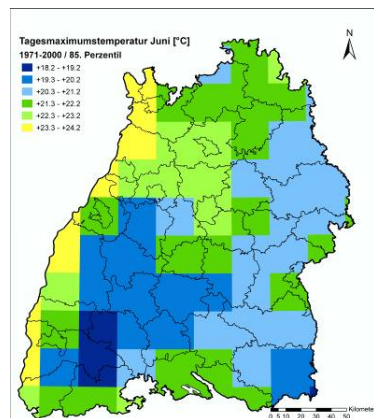
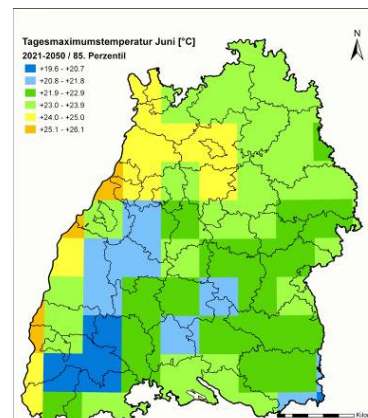


Abb. 5-5 Entwicklung der Temperaturverteilung (Jahresmittelwert) in den drei Zeitszenarien (85. Perzentil) (Quelle: [verändert] HYDRON, 2012)

Ist-Zustand



Nahe Zukunft



Ferne Zukunft

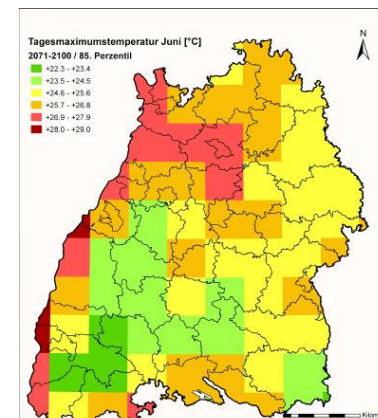
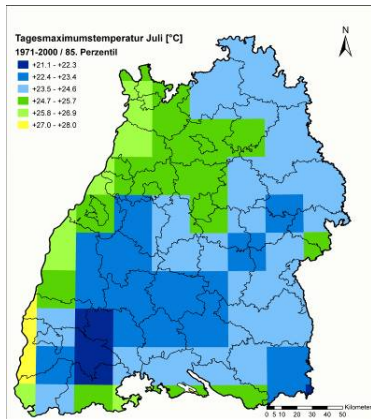


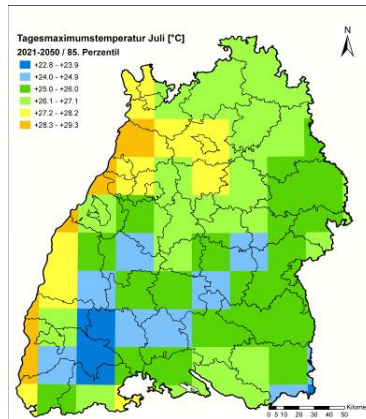
Abb. 5-6 räumliche Verteilung der Durchschnittstemperatur im Juni in den drei Zeitszenarien (85. Perzentil) (Quelle: [verändert] HYDRON, 2012)

## Handlungsfeld Gesundheit

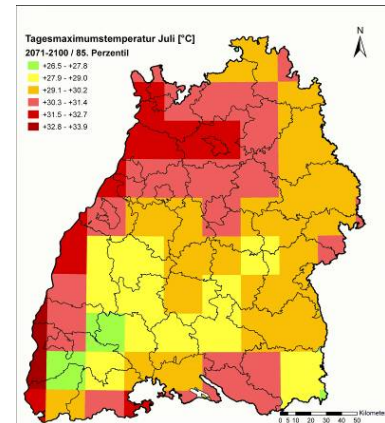
## Ist-Zustand



## Nahe Zukunft

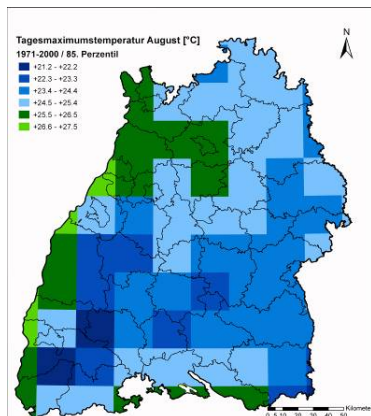


## Ferne Zukunft

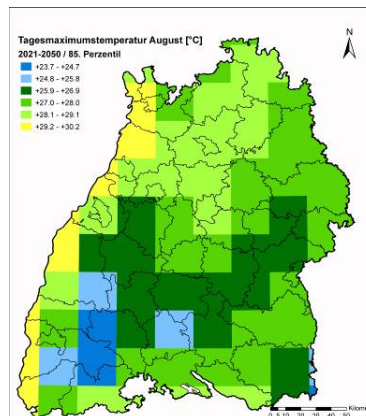


**Abb. 5-7** räumliche Verteilung der Durchschnittstemperatur im Juli in den drei Zeitszenarien (85. Perzentil) (Quelle: [verändert] HYDRON, 2012)

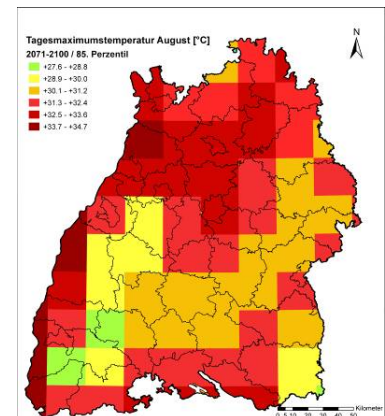
## Ist-Zustand



## Nahe Zukunft



## Ferne Zukunft



**Abb. 5-8** räumliche Verteilung der Durchschnittstemperatur im August in den drei Zeitszenarien (85. Perzentil) (Quelle: [verändert] HYDRON, 2012)

Hinzu kommen die durch den Tag-Nacht-Wechsel und die durch die Jahreszeiten bedingten Variationen der Klimaelemente Temperatur, Niederschlag, Feuchte etc., die in unseren Breiten recht ausgeprägt sind. Auch von Tag zu Tag können natürlicherweise ganz erhebliche Schwankungen in den Maximal-, Minimal- und Tagesmittel-Temperaturen auftreten. Und selbst die von Jahr zu Jahr zu verzeichnenden natürlichen Schwankungen der Jahresmitteltemperaturen sind nicht unerheblich (Eis et al. 2010, S. 80–81).

### Datengrundlage der in dieser Arbeit vorgestellten gesundheitsrelevanten Klimagrößen

Für diese Arbeit wurden von der LUBW verschiedene Klimakenngrößen zur Verfügung gestellt. Sie basieren auf einem Ensemble von 29 Klimaprojektionen, welches statistisch ausgewertet wurde, um den tendenziell wahrscheinlichsten Wert, sowie die Verteilung und damit eine Aussage über die Bandbreite der einzelnen Modellprojektionen zu ermitteln (Wagner et al. 2012, S. 3). Aus der Bandbreite der Klimaprojektionen wurde ein Korridor

**Handlungsfeld Gesundheit**

(„klimatische Leitplanken“) ermittelt, in dem der zu erwartende Klimawandel wahrscheinlich eintreten wird. Dieser Korridor umfasst die Ergebnisse des 15., 50. (Median) und 85. Perzentils. Die Betrachtung der Perzentile ermöglicht es, eine gewisse Bandbreite von Modellergebnissen zu zulassen und gleichzeitig Ausreißerwerte nicht zu berücksichtigen (Wagner et al. 2012, S. 5).

Die Daten wurden im Rahmen einer Studie zum Vergleich regionaler Klimaprojektionen für Baden-Württemberg erzeugt. Ziel dieser Studie war die Ableitung klimatologischer Rahmenbedingungen für einen Zeitraum in der nahen (2021 - 2050) und einen in der fernen Zukunft (2071 - 2100). Für einen Vergleich mit den aktuellen klimatischen Verhältnissen wurde anhand der Klimaprojektionen auch der Ist-Zustand (1971 - 2000) ermittelt. Um die Qualität der Projektionen und der daraus gewonnenen Daten zu überprüfen, wurden diese Daten mit realen Beobachtungsdaten des Zeitraums 1971 bis 2000 für Baden-Württemberg verglichen (Wagner et al. 2012, S. 5). Mit Hilfe dieser klimabezogene Rahmenbedingungen („klimatische Leitplanken“) soll in Baden-Württemberg eine Anpassungsstrategie entwickelt werden (Wagner et al. 2012, S. 2).

Die Ergebnisse der Klimaprojektionen wurden auf die Beobachtungswerte übertragen, um direkt verwertbare Werte für die Kennzahlen in der nahen und fernen Zukunft zu erhalten. Hierzu wurden die relativen Veränderungen der Werte zwischen der Simulation des Ist-Zustands und der Zukunftsszenarien auf die beobachteten Werte aufaddiert. Dieses Verfahren zur Übertragung des Klimasignals auf die Beobachtungsdaten wird als *Delta-Change*-Verfahren bezeichnet (Hay et al. 2000 und Andréasson et al. 2004 zitiert in Wagner et al. 2012, S. 9). Die relativen Veränderungen der Werte, die sich zwischen der Simulation des Ist-Zustands und der der Simulation der Zukunftsszenarien ergaben, werden im folgenden Text als Klimasignal bezeichnet (Wagner et al. 2012, S. 8).

**5.1.1.3 Wissen über den Zusammenhang zwischen Hitzewellen und Sterblichkeit**

In zahlreichen Studien wurde ein Zusammenhang zwischen der Umgebungstemperatur und der Mortalität beschrieben. So sind sowohl hohe als auch niedrige Umgebungstemperaturen mit einer erhöhten Sterblichkeit der Bevölkerung verbunden, wobei kritische niedrigere Temperaturen derzeit im Winter regelmäßig auftreten, während Hitzewellen im Sommer gegenwärtig noch relativ selten sind. Der Zusammenhang wird meist als J- oder V-förmige Kurve dargestellt, die die niedrigsten Mortalitätsraten im Bereich der gemäßigten Temperaturen und ansteigende Mortalitätsraten im Bereich höherer oder niedrigerer Temperaturen aufweist (Eis et al. 2010, S. 94) und (Klenk et al. 2010). In verschiedenen Arbeiten wird auch auf die Tatsache hingewiesen, dass der Temperaturbereich des



### Handlungsfeld Gesundheit

Mortalitätsminimums, auch als Temperaturschwelle bezeichnet, regional unterschiedlich ist. Dieser Bereich ist vom regionalen Klima beeinflusst und weist in Europa einen deutlichen Nord-Süd- und West-Ost-Gradienten auf, da die Sommer in den südlichen und kontinentaleren Regionen Europas in der Regel heißer sind als in West- und Nordeuropa (Koppe et al. 2004, S. 26) und (Eis et al. 2010, S. 94).

Nach (Eis et al. 2010, S. 94) kommt es bei einer Temperaturzunahme von einem Grad Celsius zu einem Anstieg der Mortalität (Gesamtmortalität aller Altersgruppen) um 1 bis 6 %. Bei Temperaturen unterhalb der Temperaturschwelle steigt die Mortalität um 0,3 bis 5 % je Grad Celsius Temperaturabnahme.

Die gesundheitlichen Auswirkungen von Hitzewellen sind je nach ihrer Intensität, Dauer und dem Zeitpunkt ihres Auftretens im Jahr unterschiedlich stark. So wirken sich Hitzewellen im Frühjahr meist deutlich stärker aus als später im Sommer nach wärmeren Phasen (Uphoff und Hauri 2005, S. 8–9; Eis et al. 2010, S. 94; Thommen Dombois und Braun-Fahrlander 2004, S. 26) . Der Grund hierfür ist in der noch nicht erfolgten Adaption zu sehen. Der Begriff Adaptation beinhaltet sowohl die physiologische Akklimatisation des Einzelnen als auch eine Reihe von verhaltensbedingten individuellen Adaptationsvorgängen, wie z. B. das Tragen wettergerechter Kleidung, ausreichende Flüssigkeitszufuhr, etc. und technologischer Adaptationen, wie Ausstattung der Räume mit Ventilatoren, Installation von Klimaanlage, klimagerechtes Bauen und Wohnen oder die Einführung von Hitzewarnsystemen (Eis et al. 2010, S. 129).

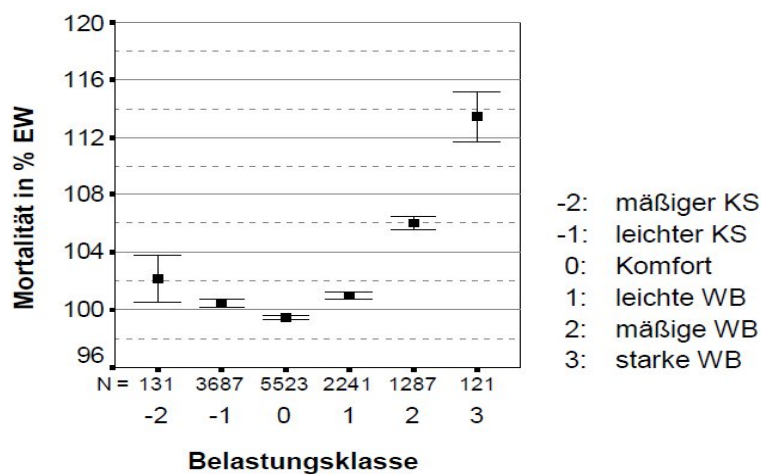
In einer Arbeit von Gerstengarbe (Gerstengarbe et al. 2005) wurden die Auswirkungen des Klimawandels auf die witterungsbedingte Mortalität in Baden-Württembergs auf Kreisebene untersucht. Im Rahmen dieser Arbeit wurde das bisherige Klima, dargestellt als Basisszenarium im Zeitraum 1951-2000, mit einer zu erwartenden zukünftigen Klimaänderung im Zeitraum 2001-2055, dem Zukunftsszenarium, verglichen. Die Untersuchung ergab, dass die Anzahl der Tage mit Wärmebelastung deutlich ansteigt und die Anzahl der Tage mit Kältestress zurückgeht. In dieser Arbeit wurde auch die Vulnerabilität der Bevölkerung gegenüber thermischer Belastung ermittelt. Dabei zeigte sich, dass die Bevölkerungsgruppe über 75 Jahre besonders sensitiv auf thermische Belastung reagiert. Des Weiteren ergab die Untersuchung, dass sich die Vulnerabilität gegenüber Wärmebelastung im Zukunftsszenarium im Vergleich zum Basisszenarium über alle Kreise gemittelt um ca. 20% erhöht. Aufgrund dieser Tatsache ist landesweit mit jährlich 180 bis 400 zusätzlichen hitzebedingten Todesfällen zu rechnen. Der Rückgang der Vulnerabilität gegenüber Kältestress kann diesen Anstieg nicht kompensieren.

Nach Hitzewellen mit erhöhten Mortalitätsraten folgt häufig eine Phase, in der die Sterblichkeit unter das allgemeine Grundniveau der Sterberate fällt. In der Literatur wird

**Handlungsfeld Gesundheit**

diese sogenannte „Untersterblichkeit“ auch als „*Harvesting*-Effekt“ beschrieben. Dieser Effekt ist das Ergebnis der Vorverlegung des Todeszeitpunktes bei Personen, die bereits schwerkrank oder gebrechlich sind und auch unabhängig vom Wettergeschehen ein hohes Sterberisiko haben (Eis et al. 2010, S. 118–119).

Baumann, der in seiner Arbeit die Auswirkungen der Hitzewelle 2003 in Baden-Württemberg untersuchte (Baumann 2005), begründet die stark erhöhte Mortalität im Sommer zum einen mit vorweggenommenen Sterbefällen, zum anderen mit nachgeholt Sterbefällen. Hierbei sind vor allem Menschen betroffen, die in der zweiten Hälfte der 90er Jahre durch eine zunehmende Lebensdauer zunächst zu einer sinkenden Mortalität beigetragen haben.



**Abb. 5-9 Wärmebelastungsklassen und mittlere relative Mortalität (Baden-Württemberg, 1968-2003)** (nach Koppe 2005)

N: Anzahl der Fälle; KS: Kältestress; WB: Wärmebelastung; Balken: 95%-Konfidenzintervall des Mittelwertes

Nach Koppe (Koppe 2005) ergeben sich für die unterschiedlichen Wärmebelastungsklassen (siehe Abb. 5-9) zwischen thermischer Belastung und Mortalität für „leichten Kältestress“ bis „starke Wärmebelastung“ in Baden-Württemberg im Zeitraum 1968-2003 signifikante Unterschiede zwischen den mittleren relativen Mortalitäten jeweils benachbarter Belastungsklassen.

Aus dieser Studie ist abzulesen, dass bei „leichter Wärmebelastung“ im Mittel etwa 1% mehr Menschen sterben als erwartet, bei mäßiger Wärmebelastung sind dies bereits 6% und bei starker Belastung über 13%. An Tagen mit starker Wärmebelastung, das entspricht einer gefühlten Temperatur von 32°C, sterben in Baden-Württemberg also im Mittel rund 13% mehr Menschen als erwartet.

**Handlungsfeld Gesundheit**

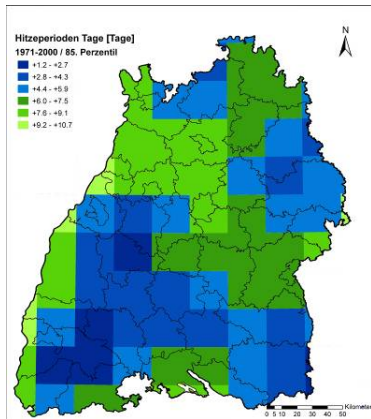
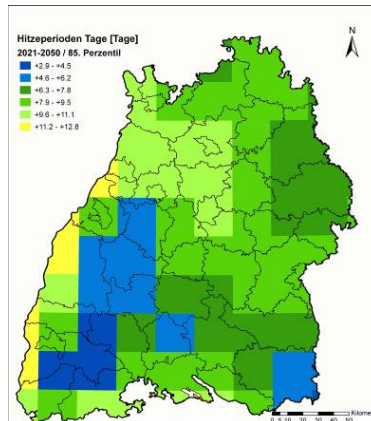
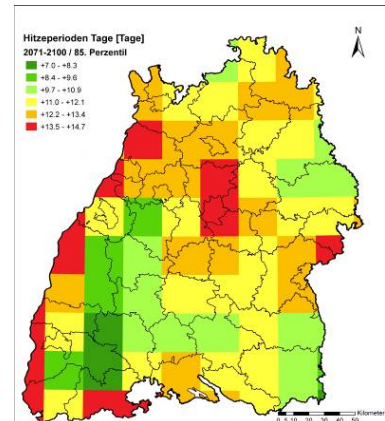
Die gefühlte Temperatur beschreibt das Wärmeempfinden eines „Standard-Menschen“, dem sogenannten Klima-Michel. Dieser Standard-Mensch passt sich durch Änderung seiner Bekleidung soweit an, dass er nach Möglichkeit im thermischen Komfortbereich bleibt (UMID-Redaktion 2009, S. 40). Die gefühlte Temperatur hat die Einheit °C und weist oft starke Unterschiede zu der im Schatten gemessenen Lufttemperatur auf. Unter warmen, sonnigen und windschwachen Bedingungen steigt sie schneller an als die Lufttemperatur. In Mitteleuropa kann die gefühlte Temperatur somit bis zu 15 °C über der Lufttemperatur liegen. Bei fehlender direkter Sonneneinstrahlung und hohen Windgeschwindigkeiten hingegen kann sie um bis zu 15 °C unter die Lufttemperatur fallen (Jendritzky und Graetz 1999; Koppe 2005, S. 38) und (Umweltbundesamt und Deutscher Wetterdienst 2006)).

Die gefühlte Temperatur wird auch im Rahmen eines vom Deutschen Wetterdienst (DWD) entwickelten Standardverfahrens, dem sogenannten Klima-Michel-Modell, als zentrale Größe für die thermische Belastung verwendet und dient der gesundheitsrelevanten Bewertung der thermischen Umweltbedingungen (Gerstengarbe et al. Juli, 2005, S. 47; UMID-Redaktion 2009, S. 40). Demnach ist die gefühlte Temperatur in °C die Lufttemperatur einer Standardumgebung, in der das gleiche Wärme- bzw. Kälteempfinden auftreten würde, wie in der aktuellen Umgebung. Dabei werden nach (Jendritzky et al. 2007) neun Stufen der thermischen Belastung unterschieden (Tab. 5-2):

**Tab. 5-2 Stufen der thermischen Belastung**

Gefühlte Temperatur (°C)	Thermisches Empfinden	Thermophysiologische Beanspruchung
> +38	sehr heiß	extreme Wärmebelastung
+32 - +38	heiß	starke Wärmebelastung
+26 - +32	warm	mäßige Wärmebelastung
+20 - +26	leicht warm	schwache Wärmebelastung
0 - +20	behaglich	Komfort möglich
-13 - 0	leicht kühl	schwacher Kältestress
-26 - -13	Kühl	mäßiger Kältestress
-39 - -26	kalt	starker Kältestress
< -39	sehr kalt	extremer Kältestress

Das thermische Empfinden ist nach dieser Tabelle zu bewerten, welche die bei der jeweiligen gefühlten Temperatur zu erwartenden thermischen Empfindungen und die dazu korrespondierenden thermophysiologischen Beanspruchungen zeigt (Eis et al. 2010, S. 118).

**Handlungsfeld Gesundheit****Ist-Zustand****Nahe Zukunft****Ferne Zukunft**

**Abb. 5-10** räumliche Verteilung der Anzahl von Hitzeperioden in den drei Zeitszenarien (85. Perzentil) (Quelle: verändert, HYDRON, 2012)

### Räumliche Verteilung der Häufigkeit von Hitzeperioden in Baden-Württemberg

Betrachtet man die entsprechenden Rasterkarten zur Anzahl der Hitzeperioden in Baden-Württemberg, so wird deutlich, dass diese Ereignisse in den tiefen Lagen des Landes, wie der Rheinebene und dem Neckarbecken, deutlich häufiger auftreten als in den höher gelegenen Gebieten, wie Schwarzwald und Schwäbische Alb. Der Vergleich der Darstellungen der drei Zeitszenarien lässt eine deutliche Zunahme der Anzahl von Hitzeperioden erkennen (Abb. 5-10).

#### 5.1.1.4 Wissen über die Besonderheiten des städtischen Klimas

In Baden-Württemberg lebt jeder dritte Einwohner in einer der Städte mit mehr als 40 000 Einwohnern. Das Klima in Städten muss gegenüber dem Klima im freien Umland gesondert betrachtet werden, weil sich in einer Stadt ein ganz eigenes Regionalklima ausbildet. Während das Klima auf dem Land weitgehend von natürlichen Gegebenheiten bestimmt wird, wird das Stadtklima stark von der Beschaffenheit der Bauwerke aus Beton und Asphalt oder anderen dichten Materialien und der fehlenden Vegetation beeinflusst.

Das Stadtklima bezieht sich nicht auf die politischen Grenzen einer Stadt, die durch Einwohnerzahl oder Verleihung der Stadtrechte definiert werden. Obwohl der Effekt schon 1833 von Luke Howard beschrieben wurde, gab es lange keine eindeutige Definition des Begriffs „Stadtklima“. Erst im Jahr 1981 hat die Kommission für Klimatologie der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) das Stadtklima folgendermaßen beschrieben: Das Stadtklima ist das durch die Wechselwirkung mit der Bebauung und deren

**Handlungsfeld Gesundheit**

Auswirkungen (einschließlich Abwärme und Emission von Luft verunreinigenden Stoffen) modifizierte Klima (World Meteorological Organization 1983).

Durch die Eigenschaften der Flächennutzung der Stadt wird das großräumig vorgegebene Klima und die lufthygienische Hintergrundsituation des Raumes verändert. Demnach wirkt eine Stadt meteorologisch gesehen als:

- Strömungshindernis,
- Gebiet mit unregelmäßig erhöhter aerodynamischer Oberflächenrauigkeit,
- Wärmeinsel (bzw. Wärmearchipel),
- erhebliche Emissionsquelle (Emissionen von gasförmigen Luftverunreinigungen, Aerosolen und Wasserdampf aus den Schadstoffquellengruppen Verkehr, Industrie, Kraftwerke, Gewerbe und Hausbrand)  
(VDI-Kommission Reinhaltung der Luft 1988; Fezer 1995).

In Erweiterung eines Ansatzes von Lowry (Lowry 1977) lässt sich das komplexe meteorologische und lufthygienische Wirkungsgefüge „Stadt“ wie folgt beschreiben:

$$\mathbf{M_{i,t,x}} = \mathbf{C_{i,t,x}} + \mathbf{L_{i,t,x}} + \mathbf{U_{i,t,x}}$$

**M<sub>i,t,x</sub>**: Messwert oder berechneter Wert einer meteorologischen oder lufthygienischen Größe; bei der Wetterlage **i** zur Zeit **t** am Ort **x** in der Stadt,

**C<sub>i,t,x</sub>**: Regionalklima-Anteil; großräumiges Wetter, großräumige Witterung, großräumiges Klima; lufthygienische Hintergrundbelastung; bei der Wetterlage **i** zur Zeit **t** am Ort **x** in der Stadt,

**L<sub>i,t,x</sub>**: Lokalklima-Anteil; Einflüsse durch die natürliche, d.h. nicht urbane, Bodenbedeckung und durch die topografischen Verhältnisse bei der Wetterlage **i** zur Zeit **t** am Ort **x** in der Stadt

**U<sub>i,t,x</sub>**: Stadtklima-Anteil; Einflüsse durch die eigentliche Urbanisierung bei der Wetterlage **i** zur Zeit **t** am Ort **x** in der Stadt

Daraus wird deutlich, dass alle Stadtklimaphänomene und -prozesse von der Wetterlage, der Zeit und dem Standort in der Stadt abhängen. Das für die Wärmebelastung in Städten wesentliche Merkmal des Stadtklimas ist der Wärmeinseleffekt (Abb. 5-11). Durch die starke Aufwärmung der Oberflächen tagsüber und die eingeschränkte Abkühlung nachts werden die Städte im Vergleich zum Umland deutlich wärmer. In vielen Städten Baden-Württembergs liegen die Lufttemperaturen dadurch in der Regel um 1-2 °C höher als im Umland. Im Winter und in windarmen Strahlungsnächten, d.h. wenn aufgrund geringer Bewölkung die terrestrische Ausstrahlung und somit auch die nächtliche Abkühlung sehr wirksam ist, ist der Unterschied oft sogar noch größer. Die Isothermen, also Linien gleicher

## Handlungsfeld Gesundheit

Temperatur auf einer Wetterkarte, zeigen die Temperatur in der Stadt meist in Form von Kreisen um das Zentrum.

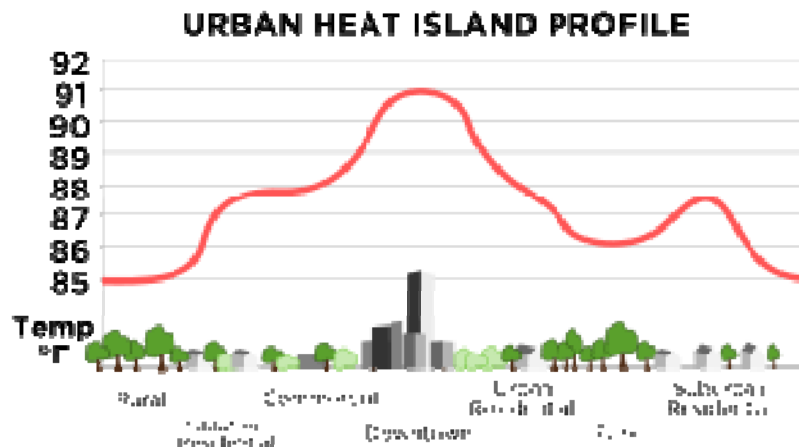


Abb. 5-11: Städtische Wärmeinsel - Temperaturprofil einer Stadt

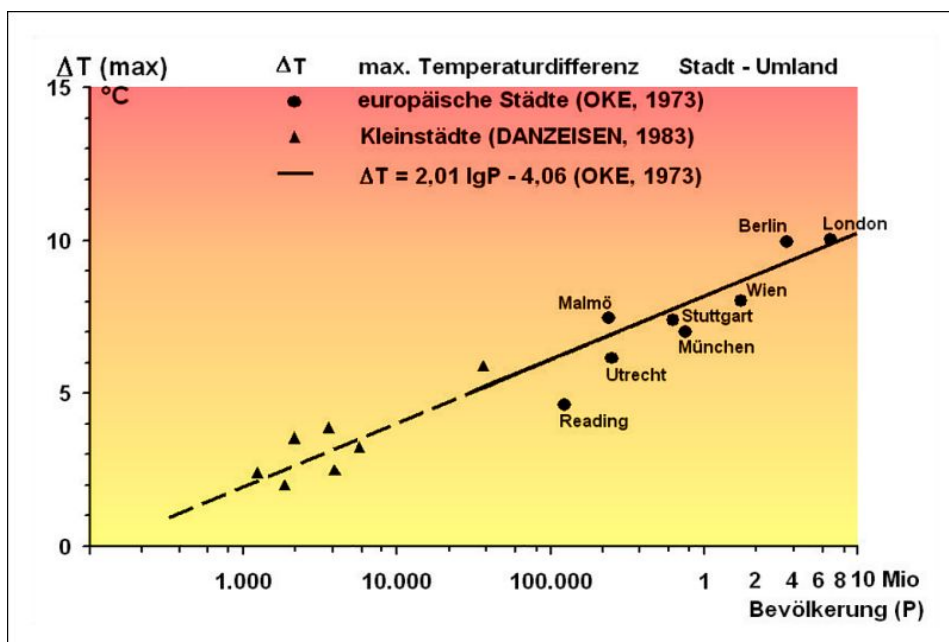


Abb. 5-12: Abhängigkeit der Temperaturdifferenz Stadt-Land von der Größe der Städte

Für Millionenstädte kann der maximale Temperaturunterschied bis 12 Grad betragen (Abb. 5-12) (Oke 1973). Der maximale Temperaturunterschied für die Stadt Stuttgart wird mit bis zu 7°C angegeben. Aber auch bei kleineren Städten ist ein Wärmeiseleffekt feststellbar (Reuter 2012). Die Stärke der Ausbildung dieses Effektes hängt ab von der Art und Dichte der Bebauung, von der Oberflächengestaltung, von der Einwohnerzahl, sowie von den anthropogenen Wärmeemissionen und der Luftverschmutzung. Allerdings ist das Stadtklima

**Handlungsfeld Gesundheit**

nicht nur ein Phänomen bei schönem Wetter, auch wenn die urbane Wärmeinsel bei windschwachem Strahlungswetter am markantesten ausgeprägt ist.

**Tab. 5-3: Klimaunterschiede zwischen Stadt und Land.** Quelle: (Baumüller und Reuter) modifiziert nach (Landsberg 1981).

<b>Element</b>	<b>Bezugsgröße</b>	<b>Änderungen gegenüber dem Umland</b>
<b>Strahlung</b>	Globalstrahlung	bis -20 %
	Ultraviolettstrahlung	Sommer: bis -5 % Winter: bis -30 %
	Sonnenscheindauer	bis -15 %
<b>Temperatur</b>	Jahresmittel	bis +1,5 K
	Nächtliches Minimum	bis +12 K
	Heiztage	bis -10 %
	Dauer der Frostperiode	bis -25 %
	Bodeninversion	kaum im Stadtbereich
<b>Feuchte</b>	Jahresmittel (rel. Feuchte)	Sommer: bis -10 % Winter: bis -2 %
<b>Verdunstung</b>	Mittelwert	bis -60 %
<b>Windgeschwindigkeit</b>	Jahresmittel	bis -30 %
	Böen	bis -20 %
	Windstille (Calmen)	bis +20 %
<b>Bewölkung</b>	Bedeckungsgrad	bis +10 %
<b>Sichtweise</b>	Nebelhäufigkeit	etwas geringer
	Sicht bis 5 Km	deutlich schlechter
<b>Niederschlag</b>	Niederschlagshöhe	bis +10 %
	Tage mit mehr als 5 mm	bis +10 %
	Tage mit Schneefall	bis -5 %
	Tau	bis -65 %
<b>Luftbeimengungen</b>		stark erhöht

Auch die anderen meteorologischen Eigenschaften einer Stadt können eine gesundheitliche Relevanz haben (Tab. 5-3). In Städten liegen in der Regel niedrigere Luftfeuchtigkeiten und Windgeschwindigkeiten als im freien Gelände vor. Die Rauheit der Oberfläche ist in bebauten Gebieten größer als in unbebauten. Dadurch ist die Windgeschwindigkeit in Städten im Mittel niedriger als in freiem Gelände. An Gebäuden können jedoch je nach Windrichtung und Wirbelbildung unter Umständen kleinräumig starke Böen entstehen. Zudem können an Bebauungslücken Düseneffekte auftreten, welche die

### **Handlungsfeld Gesundheit**

Windgeschwindigkeit räumlich und zeitlich begrenzt stark erhöhen können. Hochhäuser, die weit über das mittlere Dachniveau einer Stadt hinausragen, können unter Umständen das (stärkere) Windfeld aus höheren Luftschichten ablenken und am Fuß des Gebäudes heftige Böen und Verwirbelungen hervorrufen.

#### **5.1.1.5 Wissen über Unterschiede in der Vulnerabilität bei verschiedenen Bevölkerungsgruppen**

##### a) Exposition:

Die Hitzebelastung ist abhängig von klimatischen Faktoren wie Maximaltemperatur und Luftfeuchtigkeit, aber auch nach der Lage der heißen Tage im Jahr, der Topographie des betreffenden Ortes und der klimatischen Region zu beurteilen. Häufigkeit, die Intensität und Dauer von Hitzewellen, aber auch der Zeitpunkt des Auftretens innerhalb der Saison spielen eine Rolle. So gibt es Hinweise darauf, dass Hitzeperioden dramatischere Auswirkungen auf Mortalität und Morbidität haben, wenn sie früher im Sommer auftreten (Moshammer et al. 2007, S. 6). Da für dieses Gutachten keine Modellierungen der möglichen thermischen Belastung in der Zukunft zur Verfügung stehen, werden für die Vulnerabilitätsanalyse ersatzweise die Anzahl der Tropentage (also heiße Tage mit Temperaturen über 30°C) und die Anzahl bzw. Dauer der Hitzeperioden herangezogen. Wie im Kapitel Klimafaktoren erläutert, wird dabei von einer dreifach höheren Anzahl der Hitzeperioden und einer sechsfach höheren durchschnittlichen Anzahl der Tropentage ausgegangen.

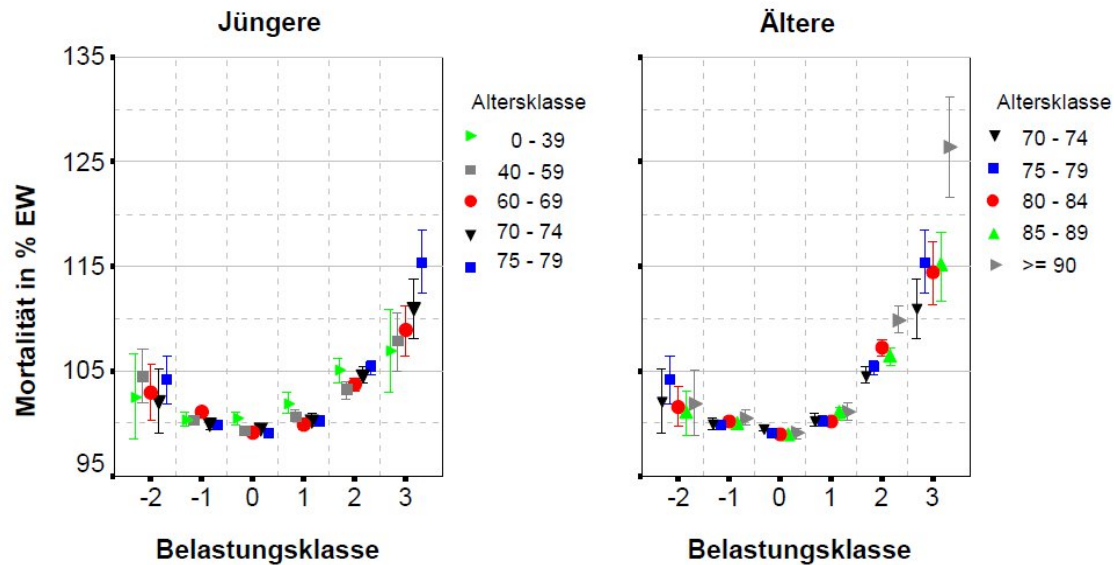
##### b) Sensitivität:

In seiner Arbeit weist Stock darauf hin, dass es Unterschiede bei der Vulnerabilität verschiedener Bevölkerungsgruppen im Hinblick auf Auswirkungen des Klimawandels gibt (Stock et al. 2009). So besteht beispielsweise für ältere Menschen ein erhöhtes Risiko für negative gesundheitliche Auswirkungen von Hitzewellen (siehe Abb. 5-13). Der Grund hierfür ist in ihrer verminderten Anpassungsfähigkeit gegenüber Hitze zu sehen. Normalerweise reguliert der Körper seine Temperatur an heißen Tagen durch vermehrte Hautdurchblutung und Schwitzen.

Der so verursachte Flüssigkeitsverlust wird über das Auftreten eines Durstgefühls signalisiert. Bei älteren Menschen funktioniert diese Regulierung jedoch oftmals nur eingeschränkt. Das Durstgefühl nimmt ab. Sie trinken zu wenig, was zu einer Austrocknung (Exsikkose) führen kann. Gleichzeitig sinkt die Fähigkeit zu schwitzen, was wiederum die Wärmeabgabe einschränkt (Umweltbundesamt und Deutscher Wetterdienst 2006), vgl. Abb. 5–13.



## Handlungsfeld Gesundheit



**Abb. 5-13 Relative Mortalität nach Altersklassen ohne Berücksichtigung der Zeitverschiebung zwischen thermischer Belastung und Mortalität (Baden-Württemberg).**

Die Altersklassen 70-74 Jahre und 75-79 Jahre sind für Vergleichszwecke in beiden Diagrammen aufgeführt.

EW: Erwartungswert; -2: mäßiger Kältestress (KS); -1: leichter KS; 0: Komfortbedingungen; 1: leichte Wärmebelastung (WB); 2: mäßige WB; 3: starke WB; Balken: 95%-Konfidenzintervall des Mittelwertes (nach Koppe 2005). Siehe auch Tab. 5-3.

Der *Harvesting*-Effekt ist für „mäßige“ und „starke Wärmebelastung“ in der Altersklasse der „über 75-Jährigen“ zu vernachlässigen (Koppe 2005).

**Erwerbstätige Personen** sind in Abhängigkeit von ihrem Arbeitsplatz in unterschiedlichem Ausmaß und auf unterschiedliche Art und Weise von Klimaeinflüssen betroffen. Dabei kann das Klima am Arbeitsplatz in vier Bereiche (siehe Tab. 5-4) untergliedert werden (Bux 2006). In Anlehnung an DIN Fachbericht 128 sind das Kälte (Kältebereich), Thermische Behaglichkeit (Behaglichkeitsbereich), Erträglichkeit (Zumutbarkeitsbereich) und Hitze (Ausführbarkeitsbereich), wobei hier bei den beiden letztgenannten Bereichen nur die im warmen Klima liegenden gemeint sind (Tab. 5-4). Auch im kalten Klima kann man die Grenzen der Erträglichkeit und Ausführbarkeit zuordnen.

Berufe werden nach der Arbeitsschwere in Arbeitsschweregruppen (Berufsschweregruppen) eingeteilt. Eine physiologisch messbare Definition der Momentanbelastung beruht auf dem Verbrauch an Sauerstoff, bezogen auf Zeit und Körpergewicht, mit der Definition 1 MET (metabolisches Äquivalent) = etwa  $3,6 \text{ ml O}_2 \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$ . Eine grobe Einteilung

**Handlungsfeld Gesundheit**

unterscheidet leichte Arbeit (weniger als 4 MET), mittelschwere Arbeit (weniger als 6 MET), Schwerarbeit (weniger als 8 MET) und Schwerstarbeit (mehr als 8 MET).

**Tab. 5-4 Einteilung der Klimabereiche** (nach Bux 2006)

<b>Klimabereich</b>	<b>Temperaturbereich (Luft)</b>	<b>Norm</b>	<b>Merkmale (beispielhaft)</b>
<b>Kälte</b>	Kühler Bereich (ab +15 - +10 °C) bis tiefkalter Bereich (unter -30 °C)	DIN 33403-5	Kontinuierliche Wärmeabgabe durch Körper, Gefahr der Unterkühlung; Stoffwechsellagerhöhung, vermehrte Muskeltätigkeit (Zittern)
<b>Thermische Behaglichkeit</b>	Zwischen 10 °C und 28 °C, in Abhängigkeit von den Klimafaktoren, Aktivität, Bekleidung und Nutzungskategorie der Räume	DIN EN ISO 7730	Thermisch neutraler Bereich, Wärmeaustausch mit Umgebung im Gleichgewicht, geringster thermoregulatorischer Aufwand des Körpers, Minimum an Veränderungswünschen bzw. Unzufriedenheit bei den Nutzern
<b>Erträglichkeit (Zumutbarkeit)</b>	Ab ca. 26 - 28 °C bis ca. 32 - 35 °C in Abhängigkeit von den Klimafaktoren, Aktivität, Bekleidung, körperlichen Zustand, Dehydratation und Akklimatisation		Vermehrte Schweißabgabe und Beanspruchung des Herz-Kreislauf-Systems, in Abhängigkeit von den genannten Randbedingungen kann ein Achtstunden-Arbeitstag noch ohne Gesundheitsgefährdung möglich sein.
<b>Hitze (Ausführbarkeit)</b>	Ab 32 - 40 ... °C (Randbedingungen wie bei Erträglichkeit)		Nur begrenzte Ausführbarkeit der Arbeit, Entwärmungsphasen / Pausen sind nötig; Gefahr von Hitzeerkrankungen.

Die Leistungsfähigkeit des Menschen nimmt bei erhöhten Temperaturen deutlich ab. Nimmt man die menschliche Leistungsfähigkeit bei 20 °C Umgebungstemperatur mit 100 % an, so sinkt die mentale Leistungsfähigkeit bei 28 °C auf 70 % und bei 33 °C auf 50 %. Die Arbeitsleistung (körperliche Arbeit) sinkt noch stärker ab. Das Unfallrisiko steigt diesseits und jenseits des Temperatur-„Optimums“ von 20°C an (Wyon 1986 nach Bux 2006).

Im Hinblick auf die thermische Belastung von Arbeitnehmern sind die Richtlinien für Arbeitsstätten einschlägig (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2012). Die Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) vom August 2004 fordert für Arbeitsräume gesundheitlich zuträgliche Raumtemperaturen und den Schutz gegen übermäßige Sonneneinstrahlung, eine maximal zulässige Temperatur wird aber nicht genannt. Diese allgemeine Forderung konkretisierende Arbeitsstättenregel ASR A3.5 Raumtemperatur vom Juni 2010 legt im Punkt 4.2 Abs. 3 fest, dass die Lufttemperatur in Arbeits- und Sozialräumen +26 °C nicht überschreiten soll. Der oben beschriebene "Sommerfall" wird zusätzlich in der ASR A3.5 mit einem gesonderten Punkt. 4.4 geregelt. Hier wird für Außenlufttemperaturen von über +26 °C ein Stufenmodell mit zu beachtenden Randbedingungen und nötigen Schutzmaßnahmen für die Beschäftigten beschrieben. Dabei

### **Handlungsfeld Gesundheit**

können die Beschäftigten bei Lufttemperaturen in Arbeitsräumen in den Stufen bis +30 °C, bis +35 °C und darüber weiter tätig sein, vorausgesetzt, der Arbeitgeber ergreift geeignete Schutzmaßnahmen. Trotz dieser neuen Regelungen gibt es für Beschäftigte keinen direkten Rechtsanspruch auf z. B. klimatisierte Räume oder "Hitzefrei". Nach § 4 Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) ist der Arbeitgeber aber verpflichtet, die Arbeit so zu gestalten, dass eine Gefährdung für Leben und Gesundheit möglichst vermieden wird und verbleibende Gefährdungen gering gehalten werden.

Da es bei Raumtemperaturen von über +26 °C, wie sie im Sommer in nicht klimatisierten Arbeitsräumen auftreten können, unter bestimmten Umständen (z. B. erhöhte Arbeitsschwere und Bekleidungsisolierung) zu einer Gefährdung der Gesundheit (z. B. Kreislaufbelastung) kommen kann (siehe auch Tab. 5-5), sind Schutzmaßnahmen nötig. Randbedingungen und Beispiele werden in der ASR A3.5 genannt. Die Schutzmaßnahmen sind individuell mit einer Gefährdungsbeurteilung nach § 3 ArbStättV festzulegen.

#### **5.1.1.6 Anpassungswissen zur Mobilität**

Bei den Einflüssen von Hitze auf den Verkehr ist neben der Vulnerabilität der Verkehrsteilnehmer die zukünftige qualitative und quantitative Entwicklung des Verkehrs zu berücksichtigen. Dazu werden im Klimaschutzkonzept 2020PLUS Baden-Württemberg folgende Aussagen getroffen:

„Die Verkehrsleistungen des motorisierten Personenverkehrs 2050 könnten aufgrund der demografischen Entwicklung trotz der bis 2025 erwarteten Steigerungen um 5 % niedriger liegen als 2007. Das Verhältnis der Verkehrsträger könnte sich bis 2050 deutlich vom Pkw zum öffentlichen Verkehr verschieben, insbesondere bei Kurzstrecken unter fünf Kilometern. So könnte die Pkw-Verkehrsleistung um bis zu 24 % zurückgehen. Die Verkehrsleistung mit Bussen und Bahnen würde dann gegenüber 2007 um 80 % ansteigen. Die Verkehrsleistung des Personenflugverkehrs soll mit 9 Mrd. Pkm in etwa unverändert bleiben. In der Summe bliebe auch in diesem Szenario der Pkw-Verkehr in 2050 mit einem Anteil von 62 % an der Personenverkehrsleistung Baden-Württembergs (statt 77 % in 2007) der vorherrschende Verkehrsträger. (Ministerium für Umwelt 2011, S. 133)

#### **5.1.2 Kosten für Anpassungsmaßnahmen und mögliche Kosten bei ausbleibender Anpassung**

Über die Kosten der Anpassungsmaßnahmen sowie die potentiellen Kosten bei einem Ausbleiben der Anpassung liegen keine aussagekräftigen Angaben vor. Hierzu besteht Forschungsbedarf.

### Handlungsfeld Gesundheit

Bei den Maßnahmen zum Schutz von Erwerbstätigen vor thermischen Belastungen werden voraussichtlich Kosten entstehen für

- Energetische Sanierung von Produktionsbetrieben (Wärmedämmung)
- Einrichtung von Klimaanlage in Innenräumen
- Umrüstung von Gebäuden mit Jalousien, Rollos und/oder z.B. Markisen
- Evt. Hitzespezialbekleidung für Außenarbeitsplätze
- Ausstatten der Personen mit leichter, luftdurchlässiger, schweißaufsaugender Kleidung
- Ausstattung mit Sonnenschutzcreme
- Ausreichende Bereitstellung von Getränken

Sollte die ausbleibende Anpassung deswegen erfolgen, weil die oben angegebenen erforderlichen baulichen Maßnahmen unterlassen werden, wäre dies mit einer deutlichen Einsparung von Kosten verbunden. Die Konsequenz wäre allerdings bei hohen Außentemperaturen ein Rückgang der Leistungsfähigkeit der Beschäftigten, erhebliche hitzebedingte Krankheitsfrequenz und damit ein Ausfall der Arbeitskräfte. Dies hätte eine Einbuße der Produktivität zur Folge. Eine Kostensteigerung wäre auch wegen der hohen Krankheitskosten zu erwarten. Eine annähernde Aussage über entstehenden Defizite ist nicht möglich. Studien über ähnliche Szenarien müssten noch erhoben werden.

Im Hinblick auf die Kosten der Anpassungsmaßnahmen an die Hitzebelastung im Straßenverkehr können keine belastbaren Abschätzungen angegeben werden. Kosten entstehen dort für die Bereitstellung und den Betrieb von Klimaanlage in den Fahrzeugen, für fahrzeugseitige Sonnenschutzmaßnahmen (Wärmeschutz) und für die Beschattung von Wartepositionen (Betriebshöfe, Endstationen).

Es werden unter anderem auch durch Extremwetterereignisse Schäden an Gebäuden und der Infrastruktur befürchtet, wie z. B. Schäden an Oberleitungen oder Straßen. Damit verbunden sind steigende Versicherungspolicen und somit ein Anstieg der Kosten. Häufigere Wintereinbrüche und Frost-Tau-Wechsel machen einen stärkeren Einsatz von Winterdiensten und Streusalz erforderlich, was mit Personal- und Materialkosten verbunden ist. Einen weiteren Kostenfaktor stellen die zunehmend erforderlichen Investitionen in Forschung und Entwicklung im Bereich des Personenverkehrs, besonders aber auch im Hinblick auf die Entwicklung neuer Logistikketten und Transporttechnologien.

#### 5.1.3 Kenntnisdefizite und Forschungsbedarf

Kenntnisdefizite bestehen über das tatsächliche Ausmaß der gesundheitlichen Effekte einer Hitzeperiode. Es ist bekannt und in zahlreichen Studien nachgewiesen, dass Hitzeperioden

### Handlungsfeld Gesundheit

mit einer realen Übersterblichkeit verbunden sind, auf die jedoch in der Regel Perioden mit einer reduzierten Sterblichkeit folgen (sogenannter „*Harvesting-Effekt*“). Dabei sind folgende Fragen nicht ausreichend geklärt:

- Wie hoch ist das Ausmaß der Adaptionfähigkeit der Menschen hinsichtlich thermischer Belastung?
- Welche Erkrankungen nach der ICD (International Classification of Diseases, Internationale Klassifikation der Krankheiten) sind die Ursache für die Übersterblichkeit?
- Für welche Erkrankungen während einer Hitzeperiode ist eine erhöhte Mortalität zu beobachten?
- Zu welchem Zeitpunkt einer Hitzeperiode nimmt die Mortalität und Morbidität der jeweiligen Erkrankungen zu?
- Welche meteorologische Konstellation und welche physiologisch-thermische Situation haben jeweils geherrscht?
- Welche zusätzlich belastenden oder modifizierenden Faktoren wie beispielsweise die Konzentrationen von gas- und partikelförmigen Luftschadstoffen (NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, Feinstaub) lagen vor?" (Bundesumweltministerium et al. 2011, S. 9)
- Kenntnisse über das tatsächliche Ausmaß der urbanen Aufheizung.

Dabei besteht auch Forschungsbedarf hinsichtlich der Bedeutung der „gefühlten Temperatur“ im Bezug auf die gesundheitlichen Wirkungen.

Defizite bestehen hinsichtlich der Kenntnisse um die Verhaltensstrategien älterer Menschen. Dabei geht es insbesondere auch darum, wie allein lebende und sozial isolierte Menschen für Anpassungsmaßnahmen erreicht werden können. Auch zur Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen besteht Forschungsbedarf, dies gilt sowohl für bereits bestehende als auch für neu entwickelte Maßnahmen. Desweiteren sollten städtebauliche Maßnahmen in Hinblick auf ihre Auswirkungen auf die Gesundheit evaluiert werden.

#### 5.1.4 Sonstige Anregungen/ Hinweise

In Städten kann es zu weiteren spezifischen Gesundheitsproblemen kommen, zum Beispiel zu extremen Schadstoffbelastungen. Hinweise dazu finden sich unter dem Stichwort“Wind Concentrates Pollutants With Unexpected Order in an Urban Environment” in: (Tang et al. 2012)

## 5.2 Infektionserreger und Vektoren

### 5.2.1 Anpassungswissen zu Zecken

#### 5.2.1.1 Biologie und Ökologie

Häufigste Zecke in Baden-Württemberg, die auch am Menschen Blut saugt, ist der "gemeine Holzbock", *Ixodes ricinus*. Diese zu den Schildzecken zählende Zeckenart zeichnet sich durch eine außerordentliche Anpassungsfähigkeit aus, kann eine Vielzahl von Biotopen besiedeln und an einer großen Zahl unterschiedlicher Wirtstiere parasitieren. Zecken leben in hohem Gras, in Büschen und in lichten Wäldern, insbesondere Mischwäldern, wo die für ihre Weiterentwicklung / Entwicklungsgeschwindigkeit ausreichende Vegetation, **relative Luftfeuchtigkeit**, die für *Ixodes ricinus* 70-80% beträgt, **Bodenfeuchtigkeit** und **Temperaturen** herrschen. Dies können auch nur kleine, nicht zusammenhängende Areale sein. Der Entwicklungszyklus von *Ixodes ricinus* dauert zwei bis drei Jahre und durchläuft dabei drei Entwicklungsstadien mit Häutungen (Larve, Nymphe, Adulte) bis zum geschlechtsreifen Tier. Die Entwicklung wird in unseren Breiten durch eine Ruhepause im Winter angehalten. In milden Winter kann diese Diapause unterbleiben. Beide Geschlechter saugen Blut von Wirbeltieren, am häufigsten von Nagetieren, Igel, Vögeln, Füchsen, Rehen- und Rotwild (Maier 2003, S. 108), aber auch von Haustieren und Menschen, sofern sie mit ihnen in Kontakt kommen. Sind diese mit Krankheitserregern infiziert, nimmt die Zecke diese beim Blutsaugen auf und überträgt sie beim nächsten Saugakt auf einen anderen Wirt. Die Entwicklungsgeschwindigkeit der Zecken als ektotherme Lebewesen ist insbesondere temperaturabhängig. Höhere Durchschnittstemperaturen verkürzen die Entwicklungsdauer; eine früher einsetzende und verlängerte Vegetationsperiode verlängert außerdem die jahreszeitliche Stechaktivität der Zecken.

*Ixodes ricinus* beginnt bei Lufttemperaturen von 7 bis 10 Grad Celsius mit der Wirtssuche, so dass ihre Aktivität in Deutschland derzeit etwa im März beginnt und im November endet. Während der kalten Wintermonate sind diese Zecken in den oberen Bodenschichten inaktiv. Zecken, insbesondere Larven und Nymphen, die noch kein Blut gesaugt haben, und die Eier sind frostempfindlich. Allerdings zeigen Zecken bei Frosttemperaturen eine ausgeprägte Unterkühlungsfähigkeit, typischerweise bis -15°C und darunter (Aspöck 2010, S. 164), sterben aber beim direkten Kontakt mit Eis ab. Im Schnitt überleben 20 % der Larven und 5 % der Nymphen den Winter (Suender 2003). Da Zecken mehrere Jahre leben können, wirken sich die Witterungsbedingungen der Wintermonate, insbesondere die Frosttage, und damit die Überlebensrate auf die Zeckenpopulation des folgenden Sommerhalbjahrs und auf das gesamte Ökosystem aus (Daniel et al. 2008). Die klimatischen Bedingungen, vor allem im Winter, sind außerdem entscheidend für die Dichte der Wirtspopulationen (Nager) im Frühjahr.

### 5.2.1.2 Durch Zecken übertragene Erkrankungen

In Deutschland werden vor allem die landesweit vorkommende Lyme-Borreliose (LB)<sup>62</sup> und die Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME)<sup>63</sup>, die hauptsächlich in Süd- und Ostdeutschland auftritt, vom gemeinen Holzbock, *Ixodes ricinus*, übertragen. Das Q-Fieber, eine durch Zecken u.a. der Gattung *Dermacentor* übertragene bakterielle Infektion, ist für den süddeutschen Raum von Interesse, da die Schafzecke *Dermacentor marginatus* und die Auwaldzecke (*D. reticulatus*) im Gegensatz zum Holzbock wärmeliebend sind und warme und trockene Klimazonen für sie am günstigsten sind. Sie kommen auch in zahlreichen süd(ost)europäischen Ländern vor. Weitere durch Zecken übertragene Erkrankungen, wie die Ehrlichiose, die Babesiose oder Rickettsiosen, können ebenfalls in Deutschland auftreten, sind aber deutlich seltener (Hellenbrand und Poggensee 2007).

#### Lyme-Borreliose

Die Lyme-Borreliose, eine bakterielle Infektion mit *Borrelia burgdorferi s.l.*, ist die häufigste von Zecken bei der Blutmahlzeit auf den Menschen übertragene Infektionskrankheit in der nördlichen Hemisphäre. Die Krankheitserreger der Lyme-Borreliose werden nach dem heutigen Stand des Wissens ausschließlich durch Ixodes-Zecken übertragen (Aspöck 2010, S. 616). Weltweit treten nach Zahlen der Weltgesundheitsorganisation WHO in Europa jährlich ca. 85 000 Neuerkrankungen auf (WHO Regional Office for Europe 2006b, S. 5). Für Deutschland werden jährlich zwischen 15 000 und 20 000 Neuerkrankungen geschätzt (WHO Regional Office for Europe 2006b, S. 8).

Die Lyme-Borreliose äußert sich, nach einem Anfangsstadium, bei dem eine lokale Reaktion um die Bissstelle, die sogenannte Wanderröte auftreten kann, in der Regel durch schwere Symptome, die die Haut, das Nervensystem, die Gelenke und das Herz betreffen können, und sich im Laufe der Jahre verschlimmern (Stanek et al. 2012). Die Erkrankung kann, wenn sie erkannt worden ist, mit Antibiotika erfolgreich behandelt werden. Allerdings sind die möglicherweise in späteren Krankheitsstadien entstandenen Schäden, z. B. an den Gelenken, irreversibel.

Diese Erkrankung unterliegt in Baden-Württemberg bislang nicht der Meldepflicht nach dem Infektionsschutzgesetz (IfSG). Bei einer Untersuchung von Zecken in der Region um Konstanz im Jahre 2002 konnte *Borrelia burgdorferii s.l.* bei 35 % der untersuchten Zecken festgestellt werden (Rauter et al. 2002). Nicht jeder Biss einer infizierten Zecken führt zur Übertragung von Borrelien. Allerdings liegt die Transmission wesentlich höher als bei Untersuchungen in den 90er Jahren des letzten Jahrhunderts (Paul et al. 1987)

---

<sup>62</sup> Die Lyme-Borreliose wird von einem spiralförmigen Bakterium, der Spirochäte *Borrelium burgdorferi sensu lato*, die mehrere Unterarten umfasst, übertragen.

<sup>63</sup> Die Frühsommer-Meningoenzephalitis ist eine virale Erkrankung mit einem Flavivirus.

**Handlungsfeld Gesundheit**

angegebenen 2 - 5 % und beträgt eher 25 %. Geht man bei einer Zeckenbefallsrate von 30 % und einer Transmissionsrate von 25 % aus, so führt in Hochrisikogebieten bereits jeder 10. Zeckenstich zur Infektion (Maier 2003, S. 109). Flächendeckende epidemiologische Studien und Daten über die Ausbreitung und das Infektionsrisiko für den Menschen fehlen. Aufgrund der zugänglichen Daten aus anderen Bundesländern mit Meldepflicht und anderen Ländern kann eine Zunahme der Infektionen verzeichnet werden. Es existiert bislang keine Impfung gegen die Lyme-Borreliose, so dass bislang die Expositionsprophylaxe und das zügige Entfernen von Zecken die einzige Maßnahme gegen eine Infektion sind.

**Frühsommer-Meningoencephalitis**

Im Gegensatz zur Lyme-Borreliose, die weltweit und in allen Gebieten Deutschland vorkommt, tritt die vom westlichen Subtyp des *FSME*-Virus (*Flavoviridae*) verursachte und von Zecken beim Blutsaugen übertragene Frühsommer-Meningoencephalitis<sup>64</sup> nur in Zentral-Nord- Osteuropa und dem westlichen Teil Russlands auf, und auch nicht im gesamten Verbreitungsgebiet von *Ixodes ricinus* auf. Die Frühsommer-Meningoencephalitis tritt damit deutlich seltener auf als die Lyme-Borreliose (Lindquist und Vapalahti 2008). Im Baltikum bis China wird eine vergleichbare, aber schwerer verlaufende Erkrankung, die Russische Frühjahr-Sommer Enzephalitis (RSSE), durch den östlichen Subtyps des *FSME*-Virus über die Taigazecken, *Ixodes persulcatus*, verursacht.

Hinsichtlich der Befallsrate der Zecken mit dem *FSME*-Virus in Baden-Württemberg gibt es nur wenige Angaben. Eine vertikale, transovariable Übertragung des Virus innerhalb der Zeckenpopulation wurde beschrieben; ebenso eine horizontale Infektion durch "Cofeeding" (Infektion einer gesunden Zecke, die gleichzeitig mit einer infizierten Zecke an einem zu diesem Zeitpunkt gesunden Wirt saugt). Die genauen Zusammenhänge sind unklar, führen aber zu einer Vermehrung und Ausbreitung der *FSME*-Viren. Untersuchungen im Rahmen einer Diplomarbeit aus dem Jahre 2010 für den Bodenseekreis zeigten eine Befallsrate von maximal 0,17 % (Wessel 2010). Aktuell waren von 600 im Jahre 2012 in Stuttgart-Botnang gefangenen Zecken 9 mit dem *FSME*-Virus befallen (Oehme, Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg, pers. Mitteilung). Dies entspricht einer Befallsrate von 1,5 %. Aufgrund der niedrigen Befallsraten können aber keine verlässlichen Angaben zur Prävalenz der *FSME* gemacht werden. Neben einer direkten Übertragung durch Zecken kann das *FSME*-Virus auch durch Rohmilch von infizierten Schafen, Ziegen oder Kühen übertragen werden. Im Gegensatz zur Lyme-Borreliose unterliegt die Frühsommer-Meningoencephalitis seit 2001 der Meldepflicht. Im Jahre 2012 wurden bislang 180 *FSME*-Infektionen ans RKI gemeldet

---

<sup>64</sup> Das *FSME*-Virus ist eng verwandt mit dem ebenfalls durch verschiedene Zeckenarten verbreiteten *RSSE*-Virus, der in Osteuropa und Asien die *Russian Spring-Summer-Encephalitis* verursacht. Diese Viruserkrankung zeichnet sich durch einen schwereren Krankheitsverlauf als *FSME* mit teilweise chronischen Verläufen aus. In Osteuropa kommen beide Subtypen des *FSME*-Virus vor. Vektor ist hier, neben *I. ricinus* die Taigazecke *I. persulcatus*.



### Handlungsfeld Gesundheit

(SurfStat@RKI, Datenstand 28.11.2012). Möglicherweise können die verhältnismäßig geringen Fallzahlen für das Jahr 2012 auf den verregneten Sommer mit verminderten Freizeitaktivitäten des Menschen zurückgeführt werden.

Häufig verläuft eine Infektion mit dem *FSME*-Virus, vor allem bei Kindern, völlig unbemerkt oder in Form einer leichten Sommergrippe. Inapparente und leicht verlaufende Erkrankungen entgehen naturgemäß der Registrierung. Dadurch ist die Dunkelziffer hoch. Das Risiko für einen schweren Verlauf steigt mit zunehmendem Lebensalter und betrifft ca. 10 % der Infizierten. Bei ihnen kommt es zu einer Meningitis, Enzephalitis oder Myelitis. Dabei können bleibende Schäden entstehen und selten sind sogar Todesfälle beschrieben. Chronische Verläufe, die bleibende Schäden verursachen können wie bei der Lyme-Borreliose, sind nicht bekannt. Eine wirksame Impfung wird in Baden-Württemberg durch die zuständige Länderbehörde ohne geographische Einschränkung öffentlich empfohlen.

Während im Jahre 2001 noch 29 Kreise in Baden-Württemberg als Risikogebiete<sup>65</sup> für FSME galten, waren im Jahre 2011 43 Stadt- und Landkreise Baden-Württembergs betroffen; einzige Ausnahme ist der Stadtkreis Heilbronn (Robert Koch-Institut 2001, S. 1, 2012a).

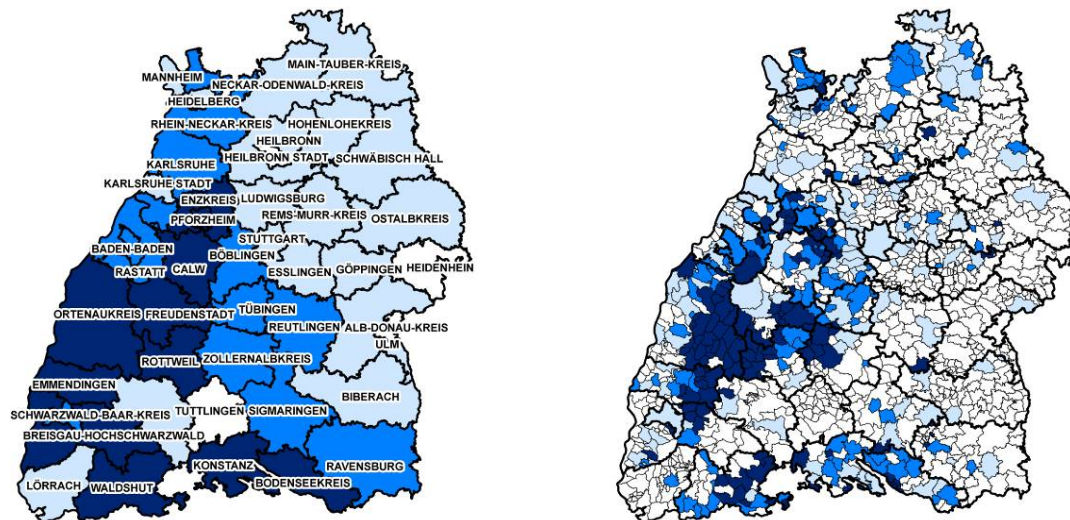
Eine kleinräumige Untersuchung auf Gemeindeebene in Baden-Württemberg auf der Basis der Meldedaten des Zeitraums 2001 - 2007 ergab aber im Vergleich zur Darstellung auf Kreisebene ein wesentlich genaueres Bild (Schick 2009). So zählte beispielsweise der Ortenaukreis zu den Landkreisen mit den höchsten Inzidenzen. Es weisen aber nur die östlichen Gemeinden eine hohe Inzidenz auf. Gebiete mit lokaler Häufung von FSME-Inzidenzen können unmittelbar neben Arealen ohne oder mit nur geringer FSME-Inzidenzen liegen (Abb. 5-14). Der Grund hierfür liegt wahrscheinlich in der direkten Nachbarschaft unterschiedlicher Naturräume und der damit verbundenen Mikroklimata und ökologischen Rahmenbedingungen.

Seit der Impfpflichtung des RKI im Jahre 2007 und den steigenden Impraten sind die Meldezahlen zurückgegangen und haben sich auf einem niedrigeren Niveau eingependelt (ca. 250 - 300 Fälle im Jahr bundesweit) Es kann jetzt aber nicht mehr zuverlässig festgestellt werden, ob die übermittelten FSME-Fallzahlen das tatsächliche FSME-Risiko widerspiegeln. Um das fortbestehende Infektionsrisiko für Nichtgeimpfte zu dokumentieren, bleibt derzeit die Surveillance menschlicher FSME-Erkrankungen die bestmögliche Grundlage zur aktuellen Einschätzung des Erkrankungsrisikos für Menschen. Neben der Erfassung von Impfquoten haben weitere Indikatoren, wie die Bestimmung der Infektion bei Tieren oder die Überwachung von Zeckenzahlen und des Befalls der Zecken mit dem FSME-Virus eine hohe Bedeutung. (Robert Koch-Institut 2012a).

---

<sup>65</sup> Ein Kreis wird dann als Risikogebiet definiert, wenn die Inzidenz im Kreis selbst oder in der Kreisregion signifikant den festgelegten Grenzwert von 1 FSME-Erkrankung/100.000 Einwohner in einem der gleitenden 5-Jahresintervalle übersteigt.

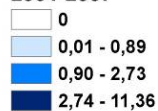
## Handlungsfeld Gesundheit



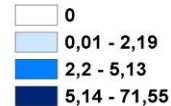
Graphik 1

Graphik 2

FSME-Neuerkrankungen je 100.000 Einwohner,  
2001-2007



FSME-Neuerkrankungen je 100.000 Einwohner,  
2001-2007



**Abb. 5-14 Darstellung der FSME-Inzidenzen (2001-2007) auf Landkreisebene (Graphik 1) und auf Gemeindeebene (Graphik 2) auf Grundlage der gemeldeten FSME-Fälle der Jahre 2001-2007 (Schick 2009).**

### Q-Fieber

Das Q-Fieber (*Query-Fever*, auch Krim-Fieber oder Balkan-Grippe genannt) ist eine von Zecken der Gattung *Dermacentor* auf Nagetiere und Wiederkäuer wie Schafe, Ziegen und Rinder übertragene Infektion mit dem Bakterium *Coxiella burnetii*. Die Epidemiologie der Erkrankung ist außerordentlich komplex. Der basale Infektionskreislauf von *Coxiella burnetii* verläuft über *Dermacentor*-Zecken und kleinen Nagern als Wirtstieren. Zweimal im Jahr, mit Auftreten der adulten Stadien, erfährt der Zyklus eine Erweiterung, wobei dann größere Wildtiere wie Rotwild, Füchse aber auch Schafe, Ziegen und Rinder befallen werden. Der Mensch, aber auch Tiere, können sich ohne Vektorkontakt durch die Inhalation erregerehaltigen Staubes (eingetrocknete Ausscheidungen infizierter Tiere), durch Zeckenkot und durch Rohmilch infizieren (Maier 2003, S. 100).

In Mitteleuropa ist die Schafzecke *Dermacentor marginatus* der wichtigste Vektor. Das Q-Fieber wurde in der Nachkriegszeit über unkontrollierte Tiertransporte eingeschleppt und ist

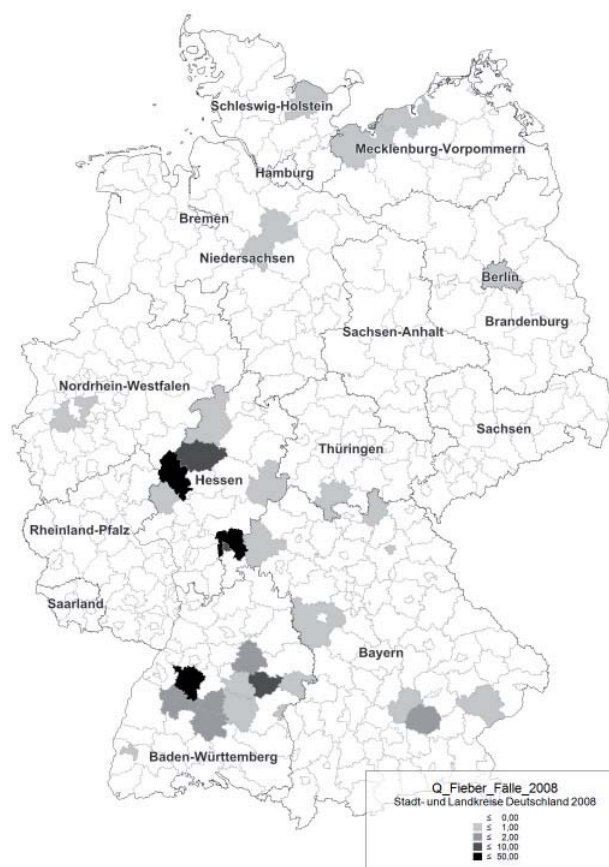
**Handlungsfeld Gesundheit**

seither hier heimisch. Infizierte Tiere scheiden den Erreger in großen Mengen in Fäzes, im Urin und in der Milch aus. Bei Schafen kommt es zur Verlammlung. Besonders große Mengen werden bei der Geburt in der Amnionflüssigkeit und der Plazenta freigesetzt. Die Infektiosität ist außerordentlich hoch - die minimale Infektionsdosis liegt bei 1-10 Erregern (Fischer 2010). Tierhandel und Wechsel der beweideten Flächen tragen zu einer weiträumigen Verschleppung der Erreger bei.

In Deutschland kommt es insbesondere im Südwesten immer wieder zu Q-Fieber-Ausbrüchen. In den vergangenen Jahren hat die Zahl der diagnostizierten und gemeldeten Fälle zugenommen (Robert Koch-Institut 2008, S. 201). Im Jahre 2008 kam es zu deutlich mehr Meldungen ans Robert Koch-Institut als im Vergleichszeitraum des Vorjahres (Abb. 5-15). Hierbei handelte es sich sowohl um größere Ausbrüche als auch um sporadische Meldungen. Unmittelbare Ursachen für den Anstieg der Fallzahlen sind nur schwer zu benennen. Milde Winter tragen zur Erhöhung der Zecken- und Nagetierpopulation als Reserviertiere bei. (Robert Koch-Institut 2008, S. 199). Über die Verbreitung von *Dermacentor marginatus* kann keine Aussage getroffen werden. Epidemiologische Untersuchungen zur Durchseuchung der Zecken wurden bisher nur in wenigen Ländern Europas durchgeführt. In Südwestdeutschland konnten in 0,9 % der *Dermacentor marginatus* Zecken Coxiellen nachgewiesen werden (Maier 2003, S. 100).

Für Baden-Württemberg wurden im Jahr 2012 bislang 62 Fälle gemeldet (Stand: Meldewoche 45/2012), bundesweit waren es 182 Fälle (SurfStat@RKI; Stand 21.11.2012). Es muss von einer hohen Dunkelziffer ausgegangen werden.

In ca. 60 % der Fälle verläuft die Infektion beim Menschen unbemerkt oder mit nur milden Symptomen. Ein meist grippeähnliches- Erscheinungsbild mit starken retroorbitalen Kopfschmerzen zeigt sich bei ca. 30 % der Infizierten; eine Lungen- oder Leberentzündung tritt in ca. 10 % der Fälle auf. Eine wesentliche Gefahr des Q-Fiebers besteht im chronischen Verlauf der Erkrankung, der in etwa 1 % der Fälle vor allem in Form einer Endokarditis auftritt und unbehandelt einen lebensbedrohlichen Verlauf nehmen kann. Besonders Schwangere sind durch Q-Fieber gefährdet, da sie hochgradig empfänglich für die Infektion sind, die im 1. Trimenon zu Aborten führt. Die Chronifizierungsrate liegt bei Schwangeren bei mehr als 30 %. Eine antibiotische Behandlung ist möglich.

**Handlungsfeld Gesundheit**

**Abb. 5-15 An das RKI übermittelte Q-Fieber-Fälle nach Kreis (Januar bis Mai 2008)**  
(Robert Koch-Institut 2008)

### 5.2.1.3 Einfluss der klimatischen Bedingungen und anthropogenen Einflüssen auf Zecken und die von ihnen übertragenen Erkrankungen

#### Temperaturabhängigkeit der Vektoren

Zecken sind ektotherme Lebewesen und als solche direkt von äußeren Einflüssen, in erster Linie von der Temperatur, abhängig. Weiterhin ist eine speziesspezifische Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit gegeben. Die Luftfeuchtigkeit kann in Abhängigkeit vom Habitat stark schwanken. Während **der letzten 20 Jahre** zeigte sich bei den heimischen Zecken (*Ixodes ricinus*) eine Arealerweiterung nach Norden (Tälleklint und Jaenson 1998; Jaenson et al. 2012) und in größere Höhenlagen (Daniel et al. 2004). In Nord- und Südschweden konnte für den Zeitraum von 1980 - 1995 eine Assoziation der Dichte von *Ixodes ricinus* mit für deren Entwicklung günstigen klimatischen Bedingungen festgestellt werden. Von besonderer Bedeutung waren die **milderen Wintertemperaturen** mit weniger Frosttagen ( $< -14\text{ °C}$ ), wodurch die Wintersterblichkeit von *Ixodes ricinus* (und auch der Wirtstiere) zurückging und sich die saisonale Zeckenaktivität erhöhte (Lindgren et al. 2000; Lindquist und Vapalahti

**Handlungsfeld Gesundheit**

2008). Milde Winter ermöglichen aber auch eine **Winteraktivität** von *Ixodes ricinus* (Zákovská et al. 2007), bis hin zu einer ganzjährigen Aktivität ohne Winterruhe (Dautel et al. 2008). Möglicherweise führen aber auch höhere Sommertemperaturen mit stärkerer Trockenheit zu einer Verschiebung der Zeckenaktivität in die Herbst- und Wintermonate (Gray et al. 2009). In einer Langzeituntersuchung in Lettland in den Jahren 1993 - 2002 konnte gezeigt werden, dass es in Zeiten steigender **Durchschnittstemperaturen** zu einer signifikanten Zunahme von *Ixodes ricinus* und *Ixodes persulcatus* (Überträger der Russischen Frühjahr-Sommer-Enzephalitis) kam (Bormane et al. 2004). Heiße, trockene Sommer können andererseits zu einer Reduktion der Zeckenpopulationen führen, insbesondere der feuchteliebenden *Ixodes ricinus*. In Deutschland wird eine Ausbreitung der wämeliebenden Auwaldzecke, *Dermacentor reticulatus*, nach Norden beobachtet, ebenso in Ungarn, der Schweiz und den Niederlanden.

Bis zum Jahre 1980 war es wissenschaftlicher Konsens, dass die Entwicklung von *Ixodes ricinus* nur bis zu einer Höhe von maximal 800 m ü. M. stattfinden kann, und dass in solchen Höhen auch keine Krankheitserreger in Zecken mehr vorkommen können. Inzwischen konnten aber mit dem FSME-Virus befallene *Ixodes ricinus* im tschechischen Riesengebirge auf einer Höhe von 1200 m ü. M. gefunden werden (Materna et al. 2005; Materna et al. 2008; Daniel et al. 2003). Auch im österreichischen Vorarlberg konnte *Ixodes ricinus* auf einer Höhe von 1500 m ü. M. nachgewiesen werden. Dort kam es zum Befall von Weidetieren und über deren Rohmilch zur Infektion von Menschen mit dem FSME-Virus (Holzmann et al. 2009).

In diesem Zeitraum wurde parallel zur Zunahme der Zeckendichte ein Anstieg der Inzidenzen und eine größere geografische Verbreitung der von *Ixodes ricinus* übertragenen Erkrankungen, der Lyme-Borreliose und der Frühsommer-Meningoencephalitis, beobachtet (Gray et al. 2009). In der bis 1998 FSME-freien Südspitze von Norwegen können autochthone FSME-Fälle mit seither steigenden Inzidenzen nachgewiesen werden (Skarpaas et al. 2004). In Finnland konnte 100 km südlich des Polarkreises der die Russische Frühjahr-Sommer-Enzephalitis verursachende RSSE-Virus in *Ixodes persulcatus* nachgewiesen werden (Jääskeläinen et al. 2006). Bis zu diesem Zeitpunkt war davon ausgegangen worden, dass *Ixodes persulcatus* nicht in diesen Regionen vertreten ist. Eine steigende Verbreitung der FSME kann auch in Baden-Württemberg beobachtet werden.

**Temperatureffekte bei Viren und Bakterien**

Es kann bestimmt davon ausgegangen werden, dass die Vermehrung von Viren und Bakterien in Zecken wie alle biologisch-chemischen Vorgänge von der Temperatur abhängen. Über das Zusammenspiel Zecke-Pathogen ist aber wenig bekannt. Während *Borrelia burgdorferi* s.l. weltweit verbreitet ist, ist die Verbreitung des FSME-Virus

### Handlungsfeld Gesundheit

beschränkt. Deshalb kann eine Aussage über die Virulenz einheimischer Zecken bei steigenden Temperaturen keine verlässliche Aussage getroffen und nur auf künftigen Forschungsbedarf verwiesen werden.

#### **Anthropogene Einflüsse / Landnutzung**

Jede Veränderung durch menschliche Intervention wie Entwaldung, Landbau, Besiedlung, Straßenbau, Bewirtschaftung von Gewässern u.a. verändert die ökologische Balance und den Zusammenhang, in dem sich Reservoirwirt, Vektor und Pathogen entwickeln (Patz et al. 2000; Maier 2002, S. 543).

Während es unstrittig ist, dass die Zecken sowohl in ihrer Dichte als auch in ihrer geografischen Verbreitung zunehmen, wird ein direkter kausaler Zusammenhang mit der Zunahme der damit verbundenen Infektionskrankheiten kontrovers diskutiert (Randolph 2004). Direkte und indirekte anthropogene Einflüsse, die politischer, ökonomischer, sozialer oder ökologischer Natur sein können, aber auch **biotische Faktoren**, wie das Vorkommen der Wirtstiere, beeinflussen das Infektionsgeschehen (Kriz et al. 2004). Gerade in Osteuropa könnten die einschneidenden Veränderungen nach Zusammenbruch der Sowjetunion und die damit **veränderte Landnutzung** (weniger Bewirtschaftung, stärkere Verbuschung) und **der vermehrte Aufenthalt im Freien** (mehr Freizeit sowohl durch höheren Wohlstand als auch durch Arbeitslosigkeit) möglicherweise stärker zur steigenden Inzidenz von FSME beigetragen haben als die Klimaerwärmung (Randolph 2004; Sumilo et al. 2007; Randolph 2008; Korenberg 2009). Möglicherweise trägt auch eine verstärkte Diagnostik ("Awareness") zur Erhöhung der Fallzahlen bei.

Einen über einen Zeitraum von drei Jahren (2008 - 2011) im Südwesten Deutschlands auf der Schwäbischen Alb durchgeführte Untersuchung zeigte, dass die **Waldnutzung** (Bodenbewuchs, Dickicht, das Alter des Baumbestands u.a.) im Zusammenspiel mit den Wintertemperaturen einen Einfluss auf die Zeckenpopulation haben. Überraschenderweise war die Nymphenpopulation aber in jungen und damit weniger beschatteten Baumbeständen größer als in älteren, schattigeren Baumbeständen und in verbuschten Arealen. Die Zahl der Nymphen war in / nach wärmeren Wintern größer als in kälteren. Dies widerspricht dem derzeitigen Stand des Wissens Die genauen Zusammenhänge blieben unklar.

Möglicherweise haben Einflussgrößen, wie die Art und Anzahl der Reservoirwirte, einen größeren Einfluss auf die Zeckenpopulation als bislang vermutet (Lauterbach et al. 2013).

Es sollte deshalb davon ausgegangen werden, dass sowohl klimatische als auch anthropogene Einflüsse bei von Zecken übertragenen Infektionen von Bedeutung sind (WHO Regional Office for Europe 2006b).

#### 5.2.1.4 Fazit

Die geographische Verbreitung von Zecken ist sowohl von biotischen als auch von abiotischen Faktoren abhängig. Unter den abiotischen Faktoren nehmen die **Temperatur** und **Feuchtigkeit** eine bedeutende Stellung ein. Höhere Temperaturen, insbesondere die im Sommer zur Verfügung stehende **Wärmesumme**, beeinflussen direkt sowohl die Entwicklungsgeschwindigkeiten der Zecken, als auch die der Krankheitserreger (extrinsische Inkubationszeit). Wärmere Winter und eine früher einsetzende Vegetationsperiode verlängern außerdem die saisonale Aktivität der Zecken. Trockene und heißere Sommermonate verschlechtern die Lebensbedingung der bislang häufigsten Zecke, *Ixodes ricinus*. Da *Ixodes ricinus* in unseren Breiten der wichtigste Überträger der Lyme-Borreliose ist, könnten die Inzidenzen für Lyme-Borreliose in der fernen Zukunft zurückgehen, sofern diese "Nische" nicht von anderen Vektoren übernommen werden würde. Wärmeliebende Zecken wie *Dermacentor marginatus* dagegen konnten sich in den letzten Jahren in Baden-Württemberg ausbreiten. Die Frage, inwieweit ein Anstieg der Durchschnittstemperaturen um bis zu 5,4 °C bis 2100 zur dauerhaften Etablierung von exotischen Zecken und ihrer Krankheitserreger führt, lässt sich nicht abschließend beantworten, weil das Zusammenspiel von Vektoren, Krankheitserregern und Wirten im Naturherd noch weitgehend unbekannt und äußerst komplex ist und der Lebensraum der Vektoren, die Abundanz der Reservoirwirte und ihre Verbreitung nicht ausreichend bekannt sind. Ebenso haben die **Landnutzung**, insbesondere die Art der Waldbewirtschaftung, einen Einfluss auf die Verbreitung der **Reservoirtiere** (Rehwanderungen u.a.) und die Abundanz der Vektoren selbst. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass die prognostizierten klimatischen Veränderung günstige Bedingungen auch für exotische Zecken in unseren Breiten schaffen.

Forschungsbedarf besteht sowohl hinsichtlich der Biologie der Zecken, der von ihnen übertragenen Erreger sowie der Lebensweise und des Vorkommens der Wirtstiere, auch über längerfristig angelegte Untersuchungen (Feldstudien) und wissenschaftliche Forschung (Arachnologie). Durch ökologische Maßnahmen, wie beispielsweise eine Vernetzung von Biotopen, erschließen sich möglicherweise neue Areale für Zecken und ihre Wirtstiere. Hierzu ist ein **Monitoring** heimischer und invasiver Arten von Nöten, um rechtzeitig eventuelle negative Veränderungen erkennen zu können. Ein verstärkter Anbau von Buchen und Eichen schafft verbesserte Nahrungsbedingungen vor allem für Nager als Wirtstiere der Zecken. **Es besteht hierdurch eine Querverbindung zum Ressortarbeitskreis Forst**. Ob und inwieweit auch deren natürliche Feinde hiervon profitieren, sollte ebenfalls untersucht werden. Der Forschungsbedarf schon bei der Verbreitung und Biologie des heimischen Holzbocks zeigt sich nicht zuletzt durch die oben beschriebene aktuelle Veröffentlichung der

### Handlungsfeld Gesundheit

Universität Ulm. Angesichts der unzureichenden Datenlage und auch vor dem Hintergrund invasiver exotischer Zecken sollte die **Surveillance** ausgebaut und eine Meldepflicht für Borreliose in Baden-Württemberg eingeführt werden.

Zum Schutz gegen FSME existiert eine wirksame Impfung. Da gegen Borrelien aber noch immer nicht geimpft werden kann, muss die Expositionsprophylaxe durch Aufklärungsmaßnahmen verstärkt werden.

Durch die Vielzahl verschiedener, komplexer biologischer und ökologischer Einflüsse, einschließlich des nicht vorhersagbaren **menschlichen Verhaltens in der Zukunft**, können konkrete, **quantitative** Prognosen hinsichtlich der weiteren Entwicklung und Verbreitung von Zecken und den von ihnen übertragenen Krankheiten in Baden-Württemberg im Verlauf der weiter zu erwartenden Klimaerwärmung nur schwierig oder gar **nicht getroffen** werden. Die Gefahren, die durch **eingeschleppte Zeckenarten** bzw. durch die von ihnen übertragenen Infektionserreger drohen, lassen sich derzeit nur vermuten (Maier 2003, S. XXII), da weder der Durchseuchungsgrad der Zecken, ihre Abundanz noch die Inzidenzen bekannt sind. Für die menschliche Gesundheit von Bedeutung ist die Vulnerabilität durch Infektionen. In wieweit der Mensch in die Trias Vektor-Wirt-Umwelt eindringt und möglicherweise darauf Einfluss hat, bleibt spekulativ, weil das **menschliche (Freizeit-)verhalten** (Waldspaziergänge, Joggen) bzw. die berufliche Exposition, durch die der Mensch in Kontakt mit den Vektoren kommen kann (Waldarbeiter, Landwirte, Erziehende in Waldkindergärten), nicht für die Zukunft prognostiziert werden können.

## 5.2.2 Anpassungswissen zu Stechmücken und Sandmücken

### 5.2.2.1 Biologie und Ökologie

**Stechmücken** (*Culicidae*) sind eine Familie von blutsaugenden Insekten innerhalb der Ordnung der Zweiflügler mit den Unterfamilien *Anophelinae* (mit der Gattung *Anopheles* u.a.) und *Culicinae* (mit den Gattungen *Culex*, *Aedes* Snow und Ramsdale 2012). Stechmücken sind nahezu weltweit verbreitet. In Europa kommen 104 Arten vor, von denen fast alle auch in Mitteleuropa zu finden sind (Bellmann et al. 2007).

In unseren Breiten sind Stechmücken bislang meist nur als Lästlinge bekannt, die durch ihren Stich juckende Hautreaktionen und auch Allergien hervorrufen. In den Tropen und Subtropen sind sie darüber hinaus als Überträger von Infektionskrankheiten (Malaria, Dengue-Fieber, Gelbfieber, u. a.) bedeutend.

Während männliche Stechmücken sich ausschließlich von Nektar und zuckerhaltigen Pflanzen- oder Fruchtsäften ernähren und nicht stechen, benötigen weibliche Stechmücken Proteine für die Eiproduktion, die sie beim Blutsaugen (an Tieren und/oder Menschen)



**Handlungsfeld Gesundheit**

aufnehmen; die Aufnahme von Blut ist für die Fortpflanzung der meisten Stechmücken unverzichtbar. Hierfür verfügen die Weibchen über einen speziellen, stechend-saugenden Rüssel, der die Haut der Wirte durchdringen kann.

Stechmücken entwickeln sich aus dem Ei über 4 Larvenstadien und 1 Puppenstadium zum adulten Insekt (Imago). Je nach Klima und Spezies können in Europa ein bis mehrere Zyklen in der Zeit vom März bis September durchlaufen werden (Maier 2002). Die Entwicklung der Larven ist temperaturabhängig und obligatorisch an Wasser gebunden. Höhere Temperaturen beschleunigen grundsätzlich die Entwicklung der Mücken, die damit aber häufig verbundene Trockenheit wirkt sich aber negativ aus. Je nach Gattung findet die Eiablage in (dauerhaft oder vorübergehend) stehenden, auch salzhaltigen, oder fließenden Gewässern, in Bächen, Teichen, Wasserlöchern, überfluteten Wiesen, Baumhöhlen und auch in Regentonnen statt. Teilweise reichen bereits kleinste Wassermengen wie in Felsmulden oder auch in Blattachseln von z. B. Bromelien oder „Lucky bamboo“. Die meisten Arten bevorzugen stehende Gewässer oder legen ihre in der Regel trockenheits- und frostresistenten Eier (als überwinternde Stadien) in feuchten oder sumpfigen Biotopen ab, die Larven schlüpfen dann bei einer Überschwemmung.

Die meisten Stechmücken unserer Breiten überwintern als begattete Weibchen (die Männchen sterben im Herbst) an kühlen, feuchten und geschützten Stellen wie beispielsweise Höhlen, aber auch in Kellerräumen von Häusern, Scheunen oder Viehställen. Die Eiablage erfolgt im darauffolgenden Frühjahr (Wikipedia 2013c). Der gesamte Entwicklungszyklus ist, wie bei allen Arthropoden, temperaturabhängig und dauert über zwei bis drei Wochen, kann sich unter günstigen klimatischen Bedingungen aber auch verkürzen (Mehlhorn et al. 1995).

**Sandmücken** (*Phlebotominae*) sind kleine, nur 1,5 - 3 mm große, stark behaarte und sandfarbene Mücken, die mit ihren Mundwerkzeugen die Haut aufritzen und das austretende Blut und die Lymphe aufsaugen („pool feeder“). Weltweit sind über 800 Arten bekannt, von denen bisher etwa 70 als Überträger der Leishmaniose nachgewiesen werden konnten. Sandmücken sind sehr temperaturempfindlich, werden bei Temperaturen unter etwa 10 °C träge, und sterben bei Minusgraden sowie Temperaturen über 40 °C ab. Als nördliche Verbreitungsgrenze gilt der 50. Breitengrad (Aspöck 2010). Entgegen früherer Annahmen kommen Sandmücken in Europa nicht nur im Mittelmeerraum, sondern auch in Deutschland, im Südwesten Baden-Württembergs vor, wo sie 1999 erstmals wieder nachgewiesen wurden (Naucke und Pesson 2000). In Deutschland wurden bisher die Arten *Phlebotomus mascittii* und *Phlebotomus perniciosus* nachgewiesen, die im Oberrheintal, nördlich bis Köln und beinahe ausschließlich in vom Menschen geprägten (synanthropen) Habitaten vorkommen (Naucke et al. 2008). Die ersten vier Sandmücken wurden im Jahre 1999 an verschiedenen

**Handlungsfeld Gesundheit**

Orten in der Nähe von Breisach, Kaiserstuhl, gefangen (Naucke und Pesson 2000). In den darauffolgenden Jahren wurden weitere Untersuchungen entlang des Rheintals durchgeführt (Naucke und Schmitt 2004). Bis zum Jahre 2007 wurden insgesamt 237 Sandmücken (*P. mascittii*) und erste Brutstätten in Neuenburg gefunden (Steinhausen 2009). Während *P. perniciosus* als kompetenter Vektor für Leishmanien gilt, konnte eine Vektorkompetenz von *P. mascittii* noch nicht bestätigt werden, gilt aber als wahrscheinlich (Naucke et al. 2008). Sandmücken sind ausgesprochen schlechte Flieger, ihre Verbreitung erfolgt deshalb durch Verdriftung mit dem Wind. Schon bei relativ schwachem Wind fliegen sie überhaupt nicht und bewegen sich in der Regel nicht weiter als 1 km von ihrer Brutstätte weg (Aspöck 2010). Wie auch bei den Stechmücken saugen nur weibliche Sandmücken Blut, allerdings sind sie für die Eiablage nicht zwingend auf Blut angewiesen, wobei der Entwicklungszyklus des Eis im Insekt ohne Blutmahlzeit wesentlich länger dauert. Sandmücken entwickeln sich wie Stechmücken aus dem Ei über 4 Larvenstadien und 1 Puppenstadium zum adulten Insekt (Imago). Die Larven sind durchweg terrestrisch, aber an feuchtes Substrat gebunden. Sie entwickeln sich in Erdhöhlen, Tiernestern im Boden, Abfallhaufen und ähnlichen verrottenden organischen Materialien. Die gesamte Entwicklung vom Ei bis zur adulten Mücke dauert mindestens 30 Tage und ist von der Temperatur abhängig. Für eine rasche Entwicklung sind Temperaturen über 20 °C nötig (Aspöck 2010).

**5.2.2.2 Durch Stechmücken und Sandmücken übertragene, importierte Krankheitserreger**

Stech- und Sandmücken können beim Blutsaugen von Viren, Bakterien, Einzellern (Protozoen) und Würmern verursachte Infektionskrankheiten auf den Menschen übertragen. Hierzu gehören die Malaria, Gelbfieber, Dengue-Fieber, Chikungunya-Fieber, West-Nil-Fieber und die Leishmaniose. Diese Infektionskrankheiten sind bislang vorwiegend in den Subtropen und Tropen heimisch und nach Deutschland importierte bzw. reiseassoziierte Erkrankungen. Bislang konnten sich hier noch keine neuen vektorvermittelten Infektionskrankheiten etablieren.

Im Wesentlichen gibt es zwei Wege, auf denen Krankheitserreger nach Deutschland gelangen können: In der Hauptsache werden sie über infizierte **Reisende** (Touristen, Migranten) nach Deutschland eingeschleppt, die diese Erkrankungen in den Tropen erworben haben. Weiterhin können die Vektoren (Nager, Stechmücken) oder infizierte Zwischenwirte (Hunde) und mit ihnen „neue“ Infektionserreger über den **globalisierten Handel oder Tiertransporte** nach Deutschland gelangen. Inwieweit sich importierte Vektoren und Krankheitserreger hier weiter verbreiten können, hängt sowohl von den klimatischen Gegebenheiten ab, zum anderen müssen die hier heimischen Vektoren die

**Handlungsfeld Gesundheit**

importierten Krankheitserreger erfolgreich weiter übertragen können, damit autochthone Übertragungen möglich sind. Damit es zu einem Ausbruch oder einer Epidemie kommen kann, müssen die Krankheitserreger auf eine immun-inkompetente Bevölkerung treffen. Die Zusammenhänge hinsichtlich der ökologischen Rahmenbedingungen und Vektorkompetenz heimischer Mücken und die Biologie invasiver Mücken und von ihnen übertragenen Pathogene unter den hier herrschenden klimatischen Bedingungen sind bislang aber nur unzureichend bekannt.

***Aedes (Stegomyia) albopictus*, Asiatische Tigermücke**

Für **Baden-Württemberg** von besonderer Bedeutung ist die Asiatische **Tigermücke *Aedes (Stegomyia) albopictus***, die derzeit in der Oberrheinischen Tiefebene Fuß fasst und als kompetenter Überträger für mehr als 20 Arboviren, darunter das Denguefieber, Chikungunyafieber und Gelbfieber, beschrieben wird (Mitchell 1995; de Lamballerie et al. 2008; Diallo et al. 1999).

*Aedes (Stegomyia) albopictus* stammt ursprünglich aus Südostasien. Die Entwicklung ihrer Eier findet dort in kleinen Wasseransammlungen, z. B. in Kokosnussschalen oder Bambusröhren, statt. Während der vergangenen 25 Jahre konnte sie ihr Verbreitungsareal mit Hilfe des internationalen Güterhandels beeindruckend erweitern und "reiste" vor allem in Form von abgelegten Eiern in gebrauchten Reifen, in denen sich Wasser sammelte, über weite Entfernungen und Kontinente hinweg (Reiter 1998). *Aedes (Stegomyia) albopictus* zeichnet sich durch eine große Anpassungsfähigkeit aus, ist wenig wirtsspezifisch (Hawley 1988; Valerio et al. 2010) und brütet auch in künstlichen Gefäßen mit kleinen Wasseransammlungen, wie beispielsweise Blumenvasen. Ihre Eier sind frosttolerant und trockenheitsresistent. Bei hohen sommerlichen Temperaturen kann sich diese Mücke innerhalb einer Woche vom Ei zum adulten Insekt entwickeln (Becker 2008). Hierdurch konnte diese tagaktive Mücke in neuen geografischen Regionen schnell und erfolgreich stabile Populationen aufbauen. Erste Berichte über die Verbreitung von *Aedes (Stegomyia) albopictus* in Europa stammen aus Albanien aus dem Jahr 1979 (Adhami und Reiter 1998) und Italien, wohin sie 1990 mit einer Schiffsladung gebrauchter Reifen von New York nach Genua gelangte (Sabatini et al. 1990; Dalla Pozza und Majori 1992). Während der kommenden Jahre verbreitete sich *Aedes (Stegomyia) albopictus* schnell über den inländischen Straßenverkehr in weitere Regionen Italiens, und konnte sich dort während der letzten 20 Jahre landesweit in Höhen unterhalb von 600 Metern etablieren. Mittlerweile kann die "Tigermücke" in Frankreich (Schaffner und Karch 2000), Serbien / Montenegro, Belgien (Schaffner et al. 2004), der Schweiz, Griechenland, Kroatien (Klobucar et al. 2006), Spanien (Aranda et al. 2006) und den Niederlanden (Scholte et al. 2007) gefunden werden. Für Deutschland wurde die Tigermücke erstmals im Jahre 2007 beschrieben (Pluskota 2008).

**Handlungsfeld Gesundheit**

Hier wurden im Rahmen des im Jahre 2005 von der *Kommunalen Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage e.V. (KABS)* initiierten nationalen Monitoring-Programms entlang der Autobahn A5, einer Nord-Süd Hauptverbindungstecke, in Fallen auf Rastplätzen Eier von *Aedes (Stegomyia) albopictus* gefunden. Dies zeigte, dass auch lebende adulte Mücken über lange Distanzen in Fahrzeugen transportiert werden können.

Seit der Jahrtausendwende kommt *Aedes (Stegomyia) albopictus* in mehr als 15 europäischen Ländern und auch in ländlichen Bereichen vor (Valerio et al. 2010; Medlock et al. 2012). Eine Invasion weiterer exotischer Mücken nach Europa wurde für die Oberrheinische Tiefebene in Baden-Württemberg beschrieben, wie beispielsweise die japanische Buschmücke *Aedes japonicus japonicus*<sup>66</sup>, die das West-Nil-Fieber und weitere für den Menschen relevante Enzephalitis-Viren übertragen kann (Werner et al. 2012; Medlock et al. 2012). Diese Mücke ist inzwischen weit verbreitet in Süddeutschland, Frankreich und Belgien (Becker et al. 2011). Inzwischen konnten in Bayern und Baden-Württemberg an Autobahnen in den Süden auch adulte Mücken von *Aedes (Stegomyia) albopictus* gefangen werden; offensichtlich kommt es immer wieder zu neuen Einschleppungen, wenngleich sich diese Mücke bislang noch nicht etablieren konnte (Becker et al. 2013; Medlock et al. 2012). Von einer weiteren Verbreitung in Europa muss aufgrund des Reiseverkehrs und des Handels ("Lucky bamboo", *Dracaena spp.*) über Autobahnen von Italien nach der Südschweiz und Süddeutschland sowie von Italien nach Südfrankreich und von dort nach Spanien ausgegangen werden (European Centre for Disease Prevention and Control).

**Chikungunya-Fieber**

In Europa ist das Chikungunya-Fieber bisher hauptsächlich als importierte Erkrankung bei rückkehrenden Tropenreisenden diagnostiziert worden (Robert Koch-Institut 2006).

Hauptverbreitungsgebiete des Chikungunya-Virus (*Togaviridae*) sind der indische Subkontinent und Südostasien und Afrika. Das Virus kann große, z. T. mehrjährige Epidemien verursachen. Die Übertragung kann wahrscheinlich über verschiedene Mückenarten erfolgen, darunter Stechmücken der Gattung *Aedes*. Ein erwiesener Vektor ist *Aedes (Stegomyia) aegyptii*<sup>67</sup>. In neuerer Zeit wurde *Aedes (Stegomyia) albopictus*<sup>68</sup>, die asiatische Tigermücke, als kompetenter Vektor für das Chikungunya-Virus beschrieben (de Lamballerie et al. 2008; Diallo et al. 1999). Als Reservoirwirte sind bislang Affen und Nagetiere festgestellt worden (Robert Koch-Institut 2006).

---

<sup>66</sup> Neue Nomenklatur: *Hulecoeteomyia japonica*

<sup>67</sup> neue Nomenklatur: *Stegomyia aegypti*.

<sup>68</sup> neue Nomenklatur: *Stegomyia albopicta*

### Handlungsfeld Gesundheit

Neben der Infektion durch infizierte Reserviertiere (sylvatischer Zyklus) können die Viren auch über die Mücken von Mensch zu Mensch übertragen werden (urbaner Zyklus). Der urbane Zyklus birgt die Gefahr einer Epidemie, da hier das Virus zwischen Mücken und nicht-immuner Bevölkerung zirkuliert.

Dass unter bestimmten Voraussetzungen autochthone Übertragungen des Chikungunya-Virus möglich sind, zeigte sich, als es im Sommer 2007 in Oberitalien, in der Provinz Ravenna (Emilia Romagna), zu einem Ausbruch des Chikungunya-Fiebers bei insgesamt 205 Personen kam, von denen eine betagte Person verstarb. Vermuteter Auslöser der Epidemie war die Einreise einer mit dem Chikungunya-Virus infizierten Person aus Indien (Kerala), wo ein großer Ausbruch stattgefunden hatte. (Angelini et al. 2007; Stark et al. 2009; Cavrini et al. 2009). Während dieses Ausbruchs konnte das Virus in endemischen italienischen Tigermücken nachgewiesen werden. Es war gegenüber dem in Indien nachgewiesenen Virus leicht genetisch verändert. Möglicherweise wird dieser mutierte Stamm des Chikungunya-Virus gerade durch die Asiatische Tigermücke besonders gut übertragen (Tsetsarkin et al. 2007). Durch entsprechende Mückenbekämpfungsmaßnahmen und den einsetzenden Herbst konnte die Epidemie eingedämmt werden. Im Jahr 2008 gab es in Italien keine weiteren Ausbrüche.

Insgesamt war die Epidemie in Italien das Ergebnis des Zusammenspiels einer Globalisierung sowohl a) des Vektors (durch die Einschleppung und die Anpassung von *Aedes (Stegomyia) albopictus* an gemäßigtes Klima) als auch b) des Menschen (durch die Einschleppung des Chikungunya-Virus durch eine infizierte Person in der virämischen Phase) und c) einer immun-inkompetenten Bevölkerung.

Auch nach Deutschland wurden in den letzten Jahren Infektionen mit dem Chikungunya-Virus eingeschleppt (2006: 53 nach IfSG gemeldete Fälle, 2007: 32, 2008: 17), wobei sich die Meldepflicht nicht auf das Virus selbst, sondern auf das durch Viren verursachte hämorrhagische Fieber bezieht (Eis et al. 2010). Ein solcher Verlauf ist beim Chikungunya-Fieber selten.

Nach einer kurzen Inkubationszeit von in der Regel drei bis sieben Tagen entwickeln die Betroffenen in der Regel rasch ansteigendes und hohes Fieber mit schweren Gelenkschmerzen, begleitet von unspezifischen, grippeähnlichen Symptomen. Sie können sich nur noch schwer aufrecht halten. Hierauf bezieht sich der Name Chikungunya, "der gekrümmt Gehende" in der Sprache der Makonde, einem Bantuvolk in Tansania (Eis et al. 2010). Auch milde oder asymptomatische Verläufe sind möglich. Die exakte Diagnose kann nur durch Blutuntersuchungen gestellt werden. Die Therapie der Erkrankung erfolgt symptomatisch. Normalerweise klingt die Erkrankung nach etwa ein bis zwei Wochen von selbst wieder ab und es bleiben keine Schäden zurück. Nach überstandener Krankheit

**Handlungsfeld Gesundheit**

kommt es zu lebenslanger Immunität. Eine Impfung gegen das Chikungunya-Virus ist derzeit nicht vorhanden

Es muss von einer Untererfassung ausgegangen werden, da bei mildem klinischem Verlauf eine spezifische Diagnostik unterbleibt. Es wurden in Deutschland bislang über keine autochthonen Übertragungen berichtet.

**Denguefieber**

Das Denguefieber ist eine durch Stechmücken der Gattung *Aedes* übertragene virale Erkrankung der Tropen und Subtropen, insbesondere in Lateinamerika, Zentralafrika, Indien, Südostasien, dem westpazifischen Raum und dem Süden der USA. Derzeit sind vier Subtypen des Denguevirus bekannt. Das klinische Bild einer Dengue-Virus-Infektion verläuft meist mild und ähnelt einem grippalen Infekt mit Fieber, Kopf- und Gliederschmerzen. Bei Patienten mit einer Vorerkrankung, häufiger auch bei Kindern in Endemiegebieten (z. B. bei erneuter Infektion mit einem anderen Dengue-Typ), kann die Krankheit einen schwereren, hämorrhagischen Verlauf nehmen. Die Letalität kann dann 1 - 5 % betragen. Die Erkrankung hinterlässt eine lebenslange Immunität bezüglich des entsprechenden Subtyps (World Health Organization 2009). Eine Impfung gegen Denguefieber befindet sich in der Entwicklung (Edelman 2007; Raviprakash et al. 2009). Die Erkrankung wird bislang symptomatisch therapiert.

Wichtigster Überträger des Denguefiebers ist die Gelbfiebertmücke *Aedes (Stegomyia) aegypti*, aber auch die sich in Europa ausbreitende Asiatische Tigermücke, *Stegomyia albopictus*, ist ein kompetenter Überträger dieses Virus (Medlock et al. 2012). *Aedes (Stegomyia) aegypti* war vor dem Einsatz von DDT zur Malariaausrottung in Europa als Vektor des Gelbfieber- und des Dengue-Virus gefürchtet. Noch vor 80 Jahren war das Denguefieber eine ernsthafte Bedrohung für Südeuropa. Eine der größten Denguefieber-Epidemien fand in den Jahren 1927/28 in Griechenland statt, als 650.000 Menschen infiziert waren und mehr als 1.000 Menschen an der Infektion starben (Halstead und Papaevangelou 1980). Nach der Ausrottung der Gelbfiebertmücke in Südeuropa besetzt jetzt *Stegomyia albopictus* diese Nische (obwohl weniger tolerant gegen Trockenheit) und stellt damit einen gefährlichen Vektor dar (Maier 2003). Reservoirtiere sind ausschließlich Primaten.

Seit dem Zweiten Weltkrieg ist das Denguefieber durch die Verbreitung seines Überträgers und die Globalisierung wieder auf dem Vormarsch und gilt als "emerging disease". Die Weltgesundheitsorganisation WHO schätzt, dass derzeit jährlich 50 - 100 Millionen Menschen mit dem Dengue-Virus infiziert werden. Gab es vor 1970 weltweit nur neun Länder mit schweren Dengue-Epidemien, ist diese Erkrankung inzwischen in mehr als 100 Ländern, vorwiegend in Amerika und Südostasien verbreitet (World Health Organization 2012). Damit handelt es sich um die sich am schnellsten ausbreitende, virale, von Moskitos

**Handlungsfeld Gesundheit**

übertragene Krankheit; die Fallzahlen haben sich in den vergangenen 50 Jahren verdreißigfacht (World Health Organization 2009).

Auch in Deutschland werden in stark zunehmendem Maße importierte Denguevirus-Infektionen, insbesondere nach Thailand-Reisen, registriert. Im Januar 2013 wurde mit 36 gemeldeten Fällen ein neuer Höchststand erreicht. Lagen in den beiden Vorjahren die Inzidenzen hierfür bei 20 bzw 8/100.000 Reisenden, liegen sie im Januar 2013 bei über 45/100.000 Reisenden (Robert Koch-Institut 2013). Wurden im Jahr 2001 nur 60 Fälle von eingeschleppten Denguevirus-Infektionen ans Robert-Koch-Institut gemeldet, waren es 2012 bereits 609 gemeldete Fälle. Damit steigt die Zahl der möglichen Überträger.

Erste autochthone Denguefieber-Fälle wurden aus Südfrankreich und Kroatien berichtet, wo *Aedes (Stegomyia) albopictus* bereits endemisch ist (Schmidt-Chanasit et al. 2010). Erst im November 2012 ereignete sich auf der portugiesischen Atlantikinsel Madeira ein Ausbruch von Denguefieber mit mehr als 1.300 Erkrankten. Dieser Ausbruch wurde aber mit *Aedes (Stegomyia) aegypti* als Überträger in Verbindung gebracht, die wahrscheinlich im Jahre 2005 aus der Karibik auf die Insel importiert wurde und sich trotz Bekämpfungsmaßnahmen etablieren und stark vermehren konnte (Alves et al. 1999). Diese Mücke wurde durch Reifenimporte in den Niederlanden eingeschleppt, konnte sich aber aufgrund der niedrigeren Temperaturen nicht etablieren (Scholte et al. 2010). *Aedes (Stegomyia) aegypti* erträgt keine kalten Winter und ist deswegen zurzeit hauptsächlich auf tropische und subtropische Regionen beschränkt, breitet sich derzeit aber nordwärts aus (Medlock et al. 2012).

Der ebenfalls kompetente Vektor *Aedes (Stegomyia) albopictus* konnte sich in Deutschland bislang nicht erfolgreich etablieren. Jedoch könnte *Aedes (Stegomyia) albopictus* bei steigenden Temperaturen zumindest im Rheintal heimisch werden. Autochthone Übertragungen durch den Reiseverkehr eingeschleppter Denguevirus-Infektionen können dann nicht ausgeschlossen werden.

**Gelbfieber**

Das Gelbfieber ist eine hauptsächlich durch den Stich der Gelbfiebermücke *Aedes (Stegomyia) aegypti* übertragene virale Erkrankungen der tropischen und subtropischen Gebiete Südamerikas und Afrikas. Obwohl die Gelbfiebermücke auch in Asien, im pazifischen Raum und im Mittleren Osten vorkommt, tritt Gelbfieber in diesen Regionen nicht auf; der Grund dafür ist unbekannt. Die einzig bekannten Wirte des Gelbfiebervirus sind Primaten. Die Weltgesundheitsorganisation WHO schätzt eine jährliche Inzidenz von 200.000 Erkrankten mit 30.000 Todesfällen (World Health Organization 2011a). Seit Einführung der Meldepflicht 2001 ist kein Fall von Gelbfieber für Deutschland mitgeteilt

**Handlungsfeld Gesundheit**

worden. Die Krankheit beginnt akut mit plötzlichem Fieberanstieg auf über 39 °C und grippeähnlichen Symptomen. Die meisten Fälle verlaufen mild und die Erkrankung klingt nach wenigen Tagen wieder ab. In ungefähr 15 % der Fälle manifestiert sich eine zweite Phase der Krankheit mit einer Wiederkehr des Fiebers und einer Gelbsucht infolge einer Leberschädigung (World Health Organization 2011a). Zur Prophylaxe des Gelbfiebers steht für Reisen in Risikogebiete ein sicherer und hoch immunogener Lebendimpfstoff zur Verfügung (Robert Koch-Institut). Aufgrund des sehr akuten Krankheitsverlaufs, der in der Regel mit einer intensivmedizinischen Behandlung einhergeht, ist eine Weiterverbreitung der Infektion unwahrscheinlich (Eis et al. 2010). Auch die Gelbfiebertmücke *Aedes (Stegomyia) aegypti*, die zwar schon über Reifenimporte nach den Niederlanden eingeschleppt wurde, kann sich aufgrund des kälteren Klimas in unseren Breiten auch bei höheren Temperaturen eher nicht etablieren. Ob die invadierende Tigermücke *Aedes (Stegomyia) albopictus* auch ein kompetenter Überträger für Gelbfiebertviren ist, ist nicht geklärt (Maier 2003; Medlock et al. 2012).

**West-Nil-Fieber**

Das West-Nil-Fieber kann durch den Stich verschiedener Stechmücken der Gattungen *Culex*, *Aedes* und *Ochlerotatus*<sup>69</sup> sowohl in tropischen als auch in gemäßigten Klimaten vorwiegend auf Vögel, aber auch Menschen, Pferdeartige und andere Säugetiere übertragen werden (Turell et al. 2005; Hamer et al. 2008). Hauptwirte und Reservoir sind dabei Sperlingsvögel, die von blutsaugenden Stechmücken der Gattung *Culex* mit dem Virus infiziert werden. Menschen und Pferdeartige sind Nebenwirte, deren Virenlast im allgemeinen zu niedrig ist, um eine Re-Infektion von Stechmücken zu ermöglichen (Weaver und Reisen 2010). Eine Infektion mit dem West-Nil-Virus bei Vögeln oder Pferden ist in Deutschland eine anzeigepflichtige Tierseuche.

Beim Menschen verläuft das West-Nil-Fieber in 80 % der Fälle asymptomatisch, in den übrigen Fällen mit grippeähnlichen Symptomen. Das Virus ist in der Lage, die Blut-Hirn-Schranke zu passieren und kann dadurch Gehirn- und Hirnhautentzündungen (Encephalitis, Meningitis) oder eine akute schlaffe Lähmung verursachen. Die Mortalität bei einer Beteiligung des Nervensystems liegt bei 10 %. Beide Formen können tödlich enden, wobei die Mortalität bei Beteiligung des Zentralnervensystems bei bis zu 10% liegt. (Petersen und Fischer 2012). Diese neuroinvasiven Infektionen führen darüber hinaus häufig zu schweren bleibenden Behinderungen. Personen über 50 Jahre haben ein höheres Risiko, eine schwere Form der Krankheit zu entwickeln.

---

<sup>69</sup> alte Nomenklatur: *Aedes japonicus japonicus*, Japanische Buschmücke



**Handlungsfeld Gesundheit**

Ursprungsland des West-Nil-Virus ist Afrika. Hier infizieren sich überwinternde Zugvögel und importieren bei ihrem Rückflug das West-Nil-Virus nach Europa und den U.S.A. Das Virus zirkuliert dann dort innerhalb von Vogelpopulationen und kann von dort aus auf den Menschen übertragen werden. Der Hauptvektor in Europa ist dabei *Culex pipiens pipiens*, die *Gemeine Steckmücke* (Eis et al. 2010).

Im Jahre 1999 kam es in New York zu ersten Infektionen mit dem West-Nil-Virus. Bereits im Jahre 2003 waren fast alle Staaten der U.S.A. betroffen, und fast 10.000 Menschen waren infiziert, wovon 264 verstarben. Aufgrund des intensiven Einsatzes von Insektiziden war die Inzidenz längere Zeit rückläufig, im Jahre 2012 kam es jedoch erneut zu einem unerwartet großen Ausbruch, von dem insbesondere Texas betroffen war (Petersen und Fischer 2012). Durch eine Mutation erlangten die amerikanischen Stämme des West-Nil-Virus eine besonders hohe Virulenz (Brault et al. 2007). Aus dem ursprünglich im Jahre 1999 isolierten Stamm (NY99) entwickelte sich außerdem innerhalb von vier Jahren der Stamm WN02, der bei Temperaturerhöhungen virulenter war als der Ausgangsstamm (Kilpatrick et al. 2008; Weaver und Reisen 2010). Somit hatte die Temperatur in den U.S.A. zwar einen Einfluss auf die schnelle Verbreitung des Virus, aber auch weitere Faktoren wie die hohe Vektorkompetenz der dortigen *Culiciden*, die immunologisch naiven Vogelpopulationen und die Mutationen haben zur schnellen Verbreitung beigetragen.

In Europa sind Erkrankungen infolge eines autochthon übertragenen West-Nil-Virus insgesamt weiterhin verhältnismäßig selten, es treten aber immer wieder Epidemien auf (Eis et al. 2010). Bei einer Epidemie in der Umgebung von Bukarest in den Jahren 1996/97 waren ungefähr 400 Menschen infiziert, 31 starben (Bakonyi T et al. 2006; Becker 2008). Im Jahre 2010 kam es bei einer West-Nil-Fieber-Epidemie zu 197 Erkrankten und insgesamt 33 Todesopfern. Ältere Menschen und Herzranke waren besonders betroffen (Danis et al. 2011).

Auch wenn in Deutschland bisher ausschließlich importierte Erkrankungsfälle dokumentiert sind, besteht auch hier prinzipiell das Risiko des Einschleppens über Zugvögel und nachfolgender autochthoner Infektionen beim Menschen (Eis et al. 2010; Becker 2008), zumal ein serologischer Nachweis von West-Nil-Virus-Antikörpern in einheimischen Vögeln und Zugvögeln bei bis zu 5 % positiv war (Linke et al. 2007).

**Malaria (Sumpffieber, Wechselfieber)**

Die Malaria ist eine von Stechmücken ausschließlich der nahezu weltweit verbreiteten Gattung *Anopheles* auf den Menschen übertragene, vorwiegend tropische Infektionskrankheit, die von einzelligen Parasiten (*Plasmodium spp.*) verursacht wird, wobei der Mensch und einige Menschenaffen (*Hominidae*) die einzigen Wirte darstellen. Die

**Handlungsfeld Gesundheit**

verschiedenen *Plasmodien*-Arten verursachen verschieden schwere Krankheitsverläufe, wobei die von *Plasmodium falciparum* verursachte tropische Malaria (Malaria tropica) mit schweren, oft tödlichen Krankheitsverläufen einhergeht. Diese Form der Malaria ist in Afrika und Asien endemisch. Nach Angaben der Weltgesundheitsorganisation WHO erkrankten im Jahre 2010 weltweit 216 Millionen Menschen an Malaria, 81 % der Infizierten lebten in Afrika. Es wurden weltweit 655.000 Todesfälle verzeichnet, darunter mehr als eine halbe Million Kinder unter 5 Jahren. Insgesamt sind die Zahlen weltweit rückläufig (World Health Organization 2011c).

Mit insgesamt 516 Fällen gehörte die Malaria jedoch auch 2012 (2011: 562) zu den häufig importierten, im Ausland erworbenen Krankheiten, wenngleich auch hier die Zahlen seit Einführung der Meldepflicht 2001 rückläufig sind. Potentiell lebensbedrohliche Infektionen durch *P. falciparum* haben mit fast 80 % einen hohen Anteil. (Robert Koch-Institut 2012e). Gelegentlich werden infizierte Mücken durch den Luftverkehr eingeschleppt („airport malaria“, „baggage malaria“) und gefährden vor allem Personen im direkten Umfeld von Flughäfen oder Häfen (Flughafenbedienstete, Anwohner u. a.) (Robert Koch-Institut 1999). Weniger schwere Verlaufsformen der Malaria (Malaria tertiana bzw. quartana), die von anderen *Plasmodien*-Stämmen verursacht werden (*P. vivax*, *P. malaria*, *P. ovale*), waren insbesondere gegen Ende des Zweiten Weltkriegs auch bis in den Norden Europas und Nordamerikas verbreitet (Marschenfieber, Dreitagefieber) und verliefen damals auch durchaus tödlich. Aus Deutschland und Europa ist die Malaria als endemische Erkrankung verschwunden.

Der Infektionskreislauf der *Plasmodien* in der *Anopheles*-Mücke und im Menschen ist äußerst komplex. Neben einer asexuellen Vermehrung (Schizogonie, Gamogonie) und der Bildung von Geschlechtszellen im Menschen mit Befall der Leber und den roten Blutkörperchen (Erythrozyten) ist die Vollendung des Entwicklungszyklus durch eine sexuelle Phase (Schizogonie) in der Mücke obligatorisch. Die charakteristischen Fieberanfälle sind eine Reaktion des Körpers auf den Zerfall der Erythrozyten und das Freiwerden der *Plasmodien*. Es existiert bis heute kein Impfstoff gegen die verschiedenen Formen der Malaria. Die Behandlung erfolgt in Anhängigkeit vom Erreger mit verschiedenen Chemotherapeutika (Chloroquin-, Primaquin- und ggf. Chininpräparaten).

Für das Zurückdrängen der Malaria seit 1900 aus Deutschland waren neben der Bekämpfung der Überträgermücke ökologische Faktoren (Vernichtung der Brutbiotope der Mücken durch Trockenlegung von Marschland, durch Kanalisation von Flüssen wie die Rheinbegradigung durch Tulla sowie durch Mückenbekämpfungsmaßnahmen u.a.) sowie die bessere medizinische Versorgung (Behandlung mit Chinin, wodurch die Zahl der Infizierten stark zurückging) als auch ein veränderter Lebensstil (Trennung der Viehställe von

**Handlungsfeld Gesundheit**

menschlichen Unterkünften) von wesentlicher Bedeutung (Gething et al. 2010; Becker 2008). Zudem liegt Deutschland an der klimatischen Grenze bezüglich des Vorkommens der Infektionserreger, wodurch eine Ausrottung erleichtert wurde.

In Europa gibt es etwa 18 verschiedene *Anopheles*-Arten (Ramsdale und Snow 2000), davon 6 in Deutschland, die auch heute noch mit großer Wahrscheinlichkeit *P. vivax* übertragen können. (Becker 2008). In den vergangenen Jahren wurde gezeigt, dass sich aber auch der Erreger der Tropischen Malaria, *P. falciparum*, in der heimischen *Anopheles plumbeus* erfolgreich vermehren kann (Marchant et al. 1998). Es muss davon ausgegangen werden, dass *An. plumbeus* ein kompetenter Überträger der tropischen Malaria sein kann (Kotter H 2005), sofern sich diese Mücke an infizierten Menschen selbst infizieren kann. Da die tropische Malaria aber eine schwere Erkrankung ist, die in einer Klinik behandelt werden muss, sind größere Ausbrüche von autochthoner Malaria bei den jetzigen medizinischen Standards eher unwahrscheinlich. Einzelne autochthone Übertragungen können aber nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden und wurden auch schon berichtet (Krüger et al. 2001; Dalitz 2005; Zoller et al. 2009). Dies unterstreicht die Bedeutung der Vektorkontrolle sowohl bei heimischen *Anopheles* als auch der an Häfen und Flughäfen importierten potenziellen Malaria-Überträger und das nötige Bewusstsein der Ärzteschaft für die Möglichkeit von tropischer Erkrankungen auch ohne vorherigen Aufenthalt in den Tropen.

**Leishmaniose**

Die Leishmaniose ist eine weltweit bei Mensch und Tier vorkommende Infektionserkrankung, die durch den einzelligen Erreger *Leishmania* verursacht wird. Die Übertragung des Erregers erfolgt in den meisten Fällen durch den Biss von Sandmücken (*Phlebotominae*). Die wichtigsten Wirte sind vor allem Hunde und Menschen, aber auch Füchse und Nagetiere. Die Entwicklung der Leishmanien findet obligatorisch in zwei Wirten - Mücke und Säuger - statt. Das Verbreitungsgebiet sind die tropischen Gebiete Afrikas, Asiens und Südamerikas, aber auch die Anrainerstaaten des Mittelmeers wie Portugal, Spanien, Frankreich, Italien, Ex-Jugoslawien, Griechenland und die Länder Kleinasien (Türkei). Weltweit ist diese Erkrankung in 98 Ländern endemisch, die Zahl der Infizierten wird auf 10 Millionen Menschen geschätzt (World Health Organization 2007, 2011b). Weltweit treten schätzungsweise mindestens 1,5 – 2 Millionen Neu-Infektionen und knapp 60.000 Todesfälle pro Jahr auf (Robert Koch-Institut 2012e).

Die Krankheitsbilder, die der jeweiligen geographischen Verbreitung der einzelnen *Leishmania*-Arten zuzuordnen sind, sind vielfältig. Die Inkubationszeit ist dabei sehr unterschiedlich und kann zwischen einem Monat und sieben Jahren betragen.

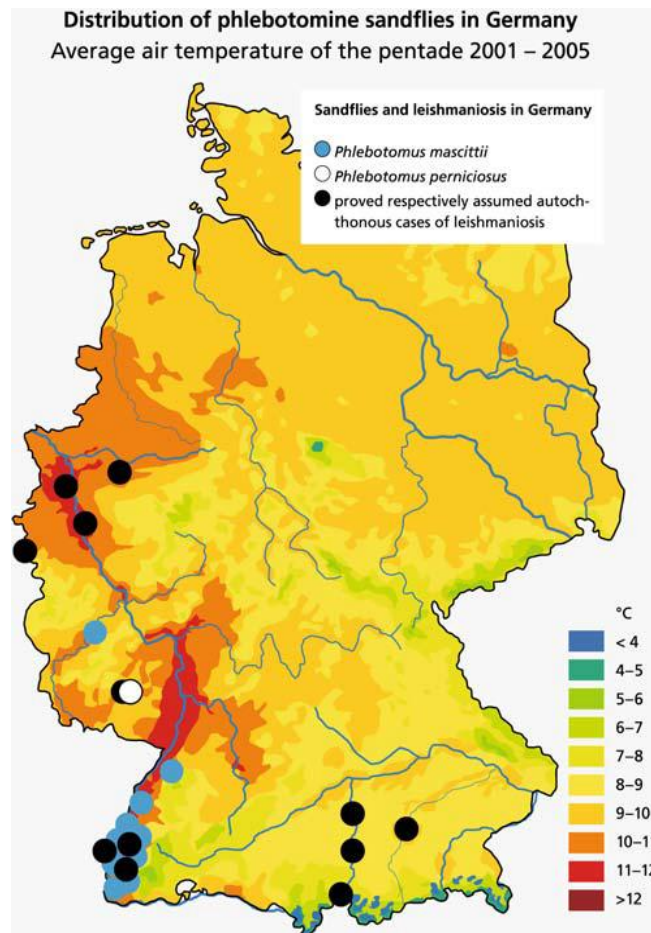
Unterschieden werden kutane (Hautleishmaniose, „Orientbeule“), viszerale (innere

**Handlungsfeld Gesundheit**

Leishmaniose, „Kala Azar“) und mukokutane (Schleimhautleishmaniose) Erkrankungsformen. Die Hautleishmaniose ist eine lokale Reaktion an der Bissstelle und verläuft meist nicht tödlich, kann aber unbehandelt disseminieren und die inneren Organe befallen. Diese viszerale Form verläuft in 90 % der Fälle durch Störungen der Blutgerinnung und zusätzliche Sekundärinfektionen tödlich. Eine überstandene Leishmaniose führt zu einer lang andauernden oder lebenslangen Immunität. Die kutane Form der Leishmaniose kann entstellende Narben hinterlassen. Häufig ist eine vollständige Heilung der Erkrankung sowohl beim Menschen als auch beim Hund nicht möglich. Die therapeutischen Ansätze konzentrieren sich daher vor allem auf eine Stärkung der körpereigenen zellulären Abwehr. Obwohl Leishmaniosen hauptsächlich in tropischen Ländern und Süd-Europa verbreitet sind, wurden auch verschiedene autochthone Fälle aus Deutschland bekannt (Naucke et al. 2008). Leishmaniosen werden in Europa in der Hauptsache durch *Leishmania infantum* verursacht. Überträger sind wahrscheinlich aus Südeuropa importierte, mit *L. infantum* infizierte Hunde. Die Leishmaniose-Infektionsrate von Hunden ist besonders im Mittelmeerraum stellenweise sehr hoch: Mit empfindlichen Nachweisverfahren (Erregernachweis mit PCR) konnten für den Südosten Spaniens bei asymptomatischen Hunden Prävalenzen von 67 % nachgewiesen werden (Chitimia et al. 2011); in Endemiegebieten betrug die Prävalenz bis zu 80 % (Berrahal et al. 1996). Die Anzahl der Hunde in Deutschland, die mit *L. infantum* während einer Reise in ein Mittelmeerland infiziert wurden oder aus diesen Ländern importiert wurden, steigt stark an. Im Jahre 2008 gab es etwa 20.000 infizierte Hunde in Deutschland (Naucke et al. 2008). Allerdings wurden auch die vertikale Übertragung der *L. infantum* von infizierten Hündinnen auf ihre Welpen (Rosypal und Lindsay 2005; Naucke und Lorentz 2012) sowie die sexuelle Übertragung durch infizierte Rüden beschrieben (Diniz et al. 2005; Silva et al. 2009). Es ist deshalb unklar, inwieweit das Auftreten der Sandmücken in Deutschland mit den Fällen autochthoner Leishmaniosen bei Hunden korreliert; dies kann aber nicht ausgeschlossen werden (Mencke 2011). Ob und wie weit bereits Füchse oder Nagetiere mit *Leishmania* infiziert sind, ist völlig unbekannt (Maier 2003).

Sandmücken sind entgegen früheren Annahmen auch in Deutschland heimisch, wenngleich derzeit relativ selten. Es wird angenommen, dass diese Mücken im holozänen Optimum vor etwa 12.000 Jahren weit nach Norden vordringen konnten und in später wieder geschrumpften Arealen die folgenden Jahrtausende in Mitteleuropa überdauert haben und erst jetzt entdeckt wurden (Aspöck 2007; Aspöck et al. 2008). Abb. 5-16 zeigt die Verbreitung von Sandmücken, die im Rahmen einer Zählung von 2001 - 2005 gefunden wurden.

## Handlungsfeld Gesundheit



**Abb. 5-16 Klimatische Daten (Deutscher Wetterdienst) und Vorkommen von Sandmücken in Deutschland (Naucke et al. 2008)**

### 5.2.2.3 Einfluss der klimatischen Bedingungen auf Mücken und die von ihnen übertragenen Erkrankungen

#### Temperaturabhängigkeit der Vektoren

Stech- und Sandmücken sind ektotherme Lebewesen und als solche direkt von äußeren Einflüssen, in erster Linie von der Temperatur, aber auch von der Luftfeuchtigkeit, abhängig. Sowohl die Dauer der extrinsischen Phase als auch die Larvalentwicklung der Mücken sind in einer speziesspezifischen Weise temperaturabhängig. Höhere Temperaturen beschleunigen die Entwicklung vom Ei zum adulten Insekt, wobei zu hohe Temperaturen entwicklungshemmend sind. Bei 30 - 35 °C ist bei den meisten Arten das Optimum überschritten. Wenn ansteigende Temperaturen mit sinkender Luftfeuchtigkeit oder gebietsweiser Trockenheit verbunden sind, kann die Lebensdauer der Vektoren verkürzt sein oder ihre Entwicklung durch ein Trockenfallen der Brutgewässer unterbunden werden. Die tägliche Mortalitätsrate kann bis zu 30 % betragen. Verschiedene Mückenspezies unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Präferenzen und Klimatoleranz teilweise deutlich. Von den Arten des *Anopheles maculipennis*-Komplexes gilt *A. sacharovi* die am meisten

**Handlungsfeld Gesundheit**

thermophile Art, während *A. messeae* hohe Temperaturen und niedere Luftfeuchte meidet. *A. superpictus* ist auf den südöstlichen Teil des Mittelmeerraumes beschränkt und gilt als besonders tolerant gegenüber hohen Temperaturen und niedriger Luftfeuchte.

Bei blutsaugenden Insekten werden durch höhere Temperaturen außerdem die Blutverdauung und Eireifung beschleunigt („gonotroper Zyklus“), wodurch häufiger Blut gesogen werden muss und die Zahl der Generationen pro Jahr ansteigt. Es besteht eine positive lineare Beziehung zwischen der Blutverdauungsrate und der Temperatur (Jetten und Takken 1994).

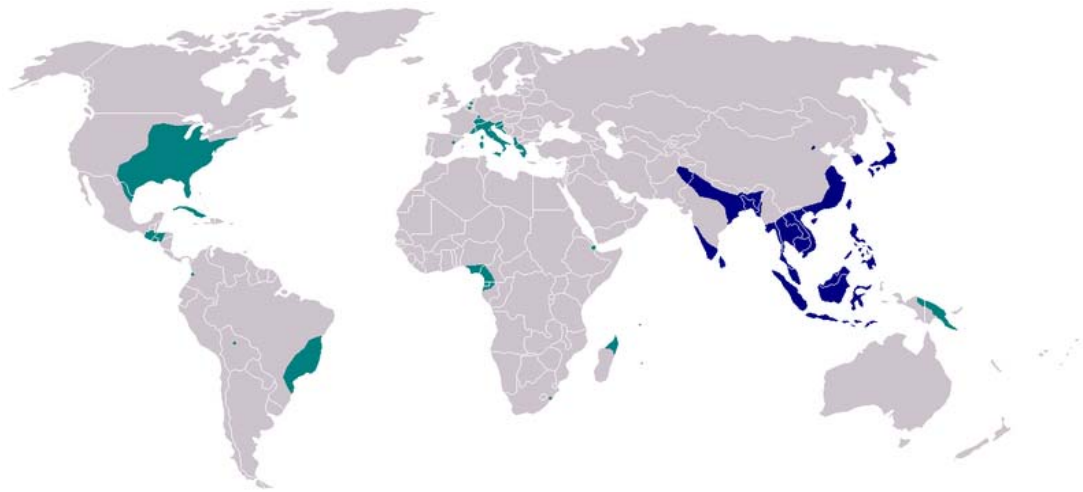
Höhere Temperaturen führen somit bei optimalen Rahmenbedingungen in der Regel immer zu einer **Zunahme der Mückenpopulation und deren Stechaktivität**. Alleine schon hierdurch kann es zu einer Beeinträchtigung / Belästigung durch blutsaugende Arthropoden kommen. Bei massivem Auftreten kann dadurch ein enormer Leidensdruck auf die Bevölkerung entstehen, nicht zuletzt durch eine Beeinträchtigung des Freizeitverhaltens. "Die Stichreaktionen sind sehr unterschiedlich. Der Speichel, der von den Weibchen beim Blutsaugen abgesondert wird, enthält eine Vielzahl verschiedener toxischer Komponenten. So treten vor allem allergische Reaktionen nach dem Stich der Weibchen auf. Beim Menschen können starke Allgemeinsymptome bis hin zum Schock mit erheblichen Kreislaufproblemen auftreten." (Maier 2003, S. 43).

Europäische *Anopheles*-Arten, die als Imago überwintern, wie die Mücken des *Anopheles maculipennis*-Komplexes, gelten als frosttolerant und können im **Winter** stabilen Frost ertragen, während milde Winter mit schwankenden Temperaturen die Mortalität in der Population deutlich erhöhen (Maevsky 1963), da sie hierdurch häufiger mit Pilzen und Bakterien befallen werden können. Von der Entwicklung der Larven des *An. maculipennis*-Komplexes ist bekannt, dass sie bei 10 °C beginnt und bei 25-30 °C ihr Optimum erreicht. Bei höheren Temperaturen kommt es zu einem raschen Abfall, der bei ca. 35 °C in den letalen Bereich übergeht (Jetten und Takken 1994).

Das Vektorpotenzial von *Aedes (Stegomyia) albopictus* für Arboviren dürfte in Europa am höchsten im Mittelmeerraum sein und nach Norden zu abnehmen. Die 20 °C-Sommerisotherme dürfte als Demarkationslinie für die Grenze zwischen Hochrisikogebieten und solchen mit geringerem Risiko dienen (Mitchell 1995). *Aedes (Stegomyia) albopictus* überwintert im nördlichen Verbreitungsgebiet im **frosttoleranten Ei-Stadium**. Dadurch wird das Vektorpotential auf Viren reduziert, die vertikal, d.h. transovariell, übertragen werden können. Für das Dengue-Virus ist eine vertikale Übertragung bereits nachgewiesen (Shroyer 1986). Seit der Chikungunya-Epidemie in Italien 1997 wurde über keine weiteren infizierten Mücken berichtet. Möglicherweise kann dieses Virus nicht vertikal übertragen werden.

**Handlungsfeld Gesundheit**

Durch die globale Erwärmung konnte sich die über den Handel verschleppte Mücke *Aedes (Stegomyia) albopictus* bereits weltweit ausbreiten und etablieren (Abb. 5-17).

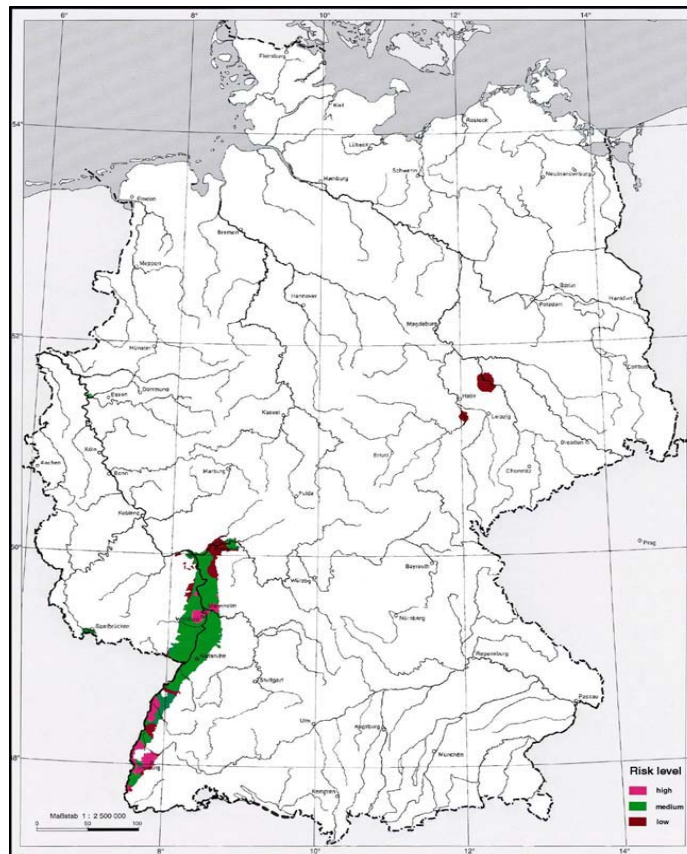


**Abb. 5-17 Verbreitung von *Aedes (Stegomyia) albopictus* während der letzten 30 Jahre; blau: Ursprüngliche Verbreitung, grün: Neue Verbreitungsgebiete.**<sup>70</sup>

Für Baden-Württemberg, wo diese Mücke bislang zwar gefunden, aber noch nicht heimisch wurde, wurde im Rahmen einer Kooperation mit der Universität Heidelberg anhand eines Klimamodells das Ausbreitungspotenzial von *Aedes (Stegomyia) albopictus* in Deutschland ermittelt (Pluskota et al. [im Druck]). Hierbei wurden neben anderen Parametern die 18 °C-Isotherme der wärmsten Sommermonate (Juni bis August), die -3 °C-Isotherme des kältesten Wintermonats (Januar) und eine jährliche Niederschlagsmenge von 500 mm zugrunde gelegt. Um die Reproduktionsperiode zu ermitteln, gingen in die Modellierung außerdem die Anzahl der Frosttage während der Ei-Phase und der jeweilige Beginn der Apfelblüte ein. Nach dieser Klimamodellierung könnte sich *Aedes (Stegomyia) albopictus* in der Oberrheinischen Tiefebene wahrscheinlich dauerhaft etablieren, und bei steigenden Temperaturen auch in weiteren Teilen Deutschlands (Abb 5-18).

Es ist weiterhin davon auszugehen, dass sich die in Deutschland nachgewiesene Sandmückenart *Phlebotomus mascittii* bei einer Klimaerwärmung weiter ausbreiten kann (Aspöck 2007).

<sup>70</sup> Quelle: Wikipedia

**Handlungsfeld Gesundheit**

**Abb. 5-18** Mögliche Verbreitung von *Aedes (Stegomyia) albopictus* nach Risikogebieten in Deutschland (Pluskota B et al. [im Druck]; Becker 2008)

**Temperaturabhängigkeit der *Plasmodium*-Entwicklung**

Die Sporogonie und die Entwicklungszeit der Plasmodien in den Mücken ist abhängig von der Temperatur. Heute wird in der Regel von einer für die Entwicklung in der Anophelesmücke minimalen Temperatur von 15 °C für *P. vivax* und 18°C für *P. falciparum* ausgegangen (Jetten und Takken 1994). Bei *P. vivax* kann die Entwicklungszeit zwischen 9 Tagen bei 25 °C und 44 Tagen bei 16 °C liegen (Maier 2003). *P. falciparum* benötigt bei 23-25°C 14-15 Tage und 20 Tage bei 19°C. Die Daten zu *P. falciparum* lassen aber keine Aussage für Baden-Württemberg zu, da sich eine Entwicklung bei gleichbleibenden Temperaturen in den Tropen nicht mit den hier üblichen schwankenden Tag-Nacht-Rhythmen vergleichen lässt. Dies erschwert außerdem Forschungsarbeiten hierzu (Jetten und Takken 1994).

Da die Malaria (*Malaria tertiana* / *quartana*) aber in unseren Breiten bereits endemisch war und damals wahrscheinlich durch *P. vivax* verursacht wurde, kann davon ausgegangen werden, dass schon die jetzigen Sommertemperaturen ausreichend für die Vollendung des Entwicklungszyklus von *P. vivax* in der Malariamücke sind.



### Temperatureffekte bei Viren, die von Stechmücken übertragen werden

Grundsätzlich gehen höhere Temperaturen auch mit einer schnelleren Vermehrung (Replikation) von Viren einher. Eine entsprechende Modellierung wurde im Jahre 1995 von Focks et al. durchgeführt (Focks et al. 1995). Laboruntersuchungen (an Rhesusaffen) von *Aedes aegypti* mit dem Dengue-2 Virus ergaben, dass die Virusreplikation positiv mit der Temperatur korreliert (Watts et al. 1987). Eine modellierte Rechnung (General circulation model GMC) für das Dengue-Virus bezüglich der Temperatur ergab außerdem, dass schon eine geringe klimatische Veränderung zu Dengue-Fieber-Epidemien führen könnte (Jetten und Focks 1997). Allerdings sind bei dieser Modellierung wohl wesentliche Parameter nicht ausreichend erfasst worden, da bekannt ist, dass höhere Temperaturen alleine das Risiko nicht zwangsläufig erhöhen. So treten Dengue-Fieber-Epidemien zwar in der Karibik auf, aber nicht im Südosten der USA, obwohl dort die Temperaturen um 2-3 °C höher sind.

#### 5.2.2.4 Fazit

Höhere Temperaturen führen bei optimalen Rahmenbedingungen zu einer **Zunahme der Mückenpopulation** und deren Stechaktivität. Alleine schon hierdurch kann es zu einer Beeinträchtigung / Belästigung durch blutsaugende Arthropoden kommen. Bei massivem Auftreten kann dadurch ein enormer Leidensdruck auf die Bevölkerung entstehen, nicht zuletzt durch eine Beeinträchtigung des Freizeitverhaltens. Die Stichreaktionen sind sehr unterschiedlich und individuell verschieden. Der Speichel, der von den Weibchen beim Blutsaugen abgesondert wird, enthält eine Vielzahl verschiedener toxischer Komponenten. So treten vor allem allergische Reaktionen nach dem Stich der Weibchen auf. Es können starke Allgemeinsymptome bis hin zum Schock mit erheblichen Kreislaufproblemen auftreten (Przybilla und Ruëff 2012; Maier 2003, S. 43).

Durch die globale Erwärmung erschließt sich die durch den internationalen Handel verbreitete Asiatische Tigermücke *Aedes (Stegomyia) albopictus* möglicherweise weitere Siedlungsgebiete. Einzelne Mücken wurden im Oberrheintal bereits gefunden. Dass eine Etablierung in Baden-Württemberg vor allem in der Rheinebene stattfinden könnte, zeigt die Modellierung von Pluskota (Abb. 5-18). Damit könnte ein für verschiedene Tropenkrankheiten kompetenter Vektor heimisch werden. Die 20 °C-Sommerisotherme dürfte als Demarkationslinie für die Grenze zwischen Hochrisikogebieten und solchen mit geringerem Risiko dienen (Mitchell 1995). Es wird sich zeigen, ob das Virus in überwinternden Überträgermücken oder deren Eiern in das nächste Jahr getragen wird. Um dies festzustellen, ist eine umfassende Überwachung der Mückenpopulation notwendig.

**Handlungsfeld Gesundheit**

Fünf weitere nach Europa invadierende tropische *Aedes spp.*, darunter die auch in Süddeutschland weit verbreitete Japanische Buschmücke *Aedes japonicus japonicus*, wurden beschrieben (Medlock et al. 2012; Becker et al. 2011).

Malariamücken der Gattung *Anopheles* sind auch in Deutschland verbreitet, wenngleich nicht in großer Abundanz. Dass diese Mücken prinzipiell Vektorkompetenz haben, zeigen die wenigen Fälle autochthoner Malaria in Deutschland (Dalitz 2005; Zoller et al. 2009). Die Tatsache, dass wir heute in Deutschland keine Malariaepidemien haben, obwohl jährlich Hunderte von Malariapatienten ins Land kommen, liegt vor allem am hohen Standard des Gesundheitssystems, wo infizierte Menschen mit akuten Krankheitssymptomen isoliert und schnell behandelt werden, wodurch der Infektionskreislauf unterbrochen wird. Sollte es durch Einschleppung von Vektoren und/oder Pathogenen zu Ausbrüchen kommen, so werden sie unter den jetzigen Gegebenheiten beherrschbar und auf kleine Regionen beschränkt bleiben (Gubler et al. 2001). „Bei einem Anstieg der durchschnittlichen Temperatur in Europa um 1,5 bis 6 °C ist aber zu erwarten, dass sich die geographische Verbreitung der Malaria ändern würde, sofern die Entwicklungsvoraussetzungen für die Mücken und die Infektionshäufigkeit mit *Plasmodium vivax* oder *P. falciparum* in der Bevölkerung gegeben ist“ (Maier 2003, S. 186–187). Es ist aber wahrscheinlich, dass von Stechmücken übertragene virale Erkrankungen eine wesentlich größere Bedrohung für die Menschen in Deutschland darstellen als die autochthon übertragene Malaria (Becker 2008). **Klimabedingte Naturkatastrophen** und dadurch zeitweilige oder auch dauerhafte

Landschaftsumgestaltungen wie beispielsweise Rückhaltebecken zum Schutz gegen Hochwasser können jedoch die Situation drastisch verändern. Überschwemmungen können Moskitobrutplätze schaffen, und vor allem für *Aedes*-Arten können Brutplätze in im Freien gelagerten Autoreifen, Blechbüchsen etc. geschaffen werden. Stechattacken können durch die höhere Vektordichte zunehmen (Patz und Reisen 2001; Nasci und Moore 1998). Alleine durch die Abundanz der Mücken können gesundheitliche Probleme entstehen.

Eine abschließende Prognose über die Möglichkeit der Etablierung tropischer oder mediterraner Erkrankungen in Baden-Württemberg aufgrund des Klimawandels kann aber nicht gegeben werden. Alleine schon die Frage, ob sich die jeweiligen Pathogene im jeweiligen Vektor unter veränderten klimatischen Bedingungen vermehren können, ist komplex und die Datenlage hierzu ist dürftig. Allerdings kann der Hinweis auf tropische Erkrankungen im Mittelmeerraum wie dem Dengue-Fieber gegeben werden.

Weiterhin nehmen anthropogene Faktoren hierauf nicht unerheblich Einfluss. Dazu gehören die land- und forstwirtschaftliche Landschaftsnutzung, die Schaffung von Überschwemmungsgebieten als Reaktion auf die bereits stattfindende Klimaänderung oder aus ökologischen Gründen, die private Nutzung von Regentonnen, die Anlage von

### Handlungsfeld Gesundheit

(Garten)Teichen, der globale Handel und die internationale Reisetätigkeit. Derzeit sollten zeitnah Wissenslücken durch verstärkte entomologische Forschung geschlossen werden, die Mückenpopulationen sollten überwacht und auf Pathogene untersucht werden sowie das Bewusstsein der Bevölkerung hinsichtlich Mückenbekämpfung und Reise- und Expositionsprophylaxe geschult werden.

## 5.2.3 Anpassungswissen zu Nagetieren und Hasenartigen

### 5.2.3.1 Biologie und Ökologie

Nagetiere (*Rodentia*) und Hasenartige (*Lagomorpha*) sind Ordnungen der Säugetiere (*Mammalia*), wobei die Nagetiere mit 2277 derzeit bekannten Arten rund 42 % aller Säugetierspezies stellen und somit die bei weitem artenreichste Ordnung dieser Gruppe sind (Wilson und Reeder 2005). Nagetiere und Hasenartige sind nahezu weltweit verbreitet und haben eine Vielzahl von verschiedenen Lebensräumen, darunter Wälder, Wiesen und Äcker, besiedelt. Als Kulturfolger folgen einige Arten der Nagetiere, etwa die Hausmaus, die Haus- oder die Wanderratte, dem Menschen in seine Kulturlandschaft und Behausungen. Nagetiere und Hasenartige ernähren sich vorwiegend pflanzlich, von Gräsern, Blättern, Früchten, Samen und Nüssen, aber auch von Zweigen, Rinde, Wurzeln und Knollen. In der Landwirtschaft können dadurch beträchtliche Schäden und Ernteauffälle entstehen. Kulturfolger, beispielsweise Mäuse und Ratten, suchen auch direkt in menschlichen Behausungen nach dort gelagerten Lebensmitteln. Dabei kann es oft zu weiteren Schäden, zum Beispiel an Dämmmaterialien, Strom- und Wasserleitungen, kommen. Viele Arten sind durch eine ausgesprochen hohe Fertilität gekennzeichnet. Die Fortpflanzungsrate ist bei vielen Nagetieren und Hasenartigen durch die kurze Trag- und Entwicklungszeit, die frühe Geschlechtsreife und die hohe Anzahl von jährlichen Würfen mit hohen Wurfzahlen sehr groß. Nagetiere und Hasenartige haben zahlreiche Fressfeinde (Hauskatzen, Mäusebussarde, Falken, Eulen, Füchse u.a.), sind wenig wehrhaft und meiden dementsprechend den Kontakt mit möglichen Feinden (Wikipedia 2013a, 2013b).

### 5.2.3.2 Durch Nagetiere und Hasenartige übertragene Krankheiten

Einige Arten der Nagetiere und Hasenartigen sind als Überträger von Krankheiten bekannt. Sie können bakterielle oder virale Krankheitserreger über Speichel, Exkremente oder den Verzehr unzureichend gegarten, erregerrhaltigen Fleisches oder auch Tierbisse auf den Menschen übertragen. Die wichtigsten von verschiedenen Maus- und Wühlmausarten übertragenen Erkrankungen hierbei sind Infektionen mit den Hanta-Viren, die von Nagetieren, Hasen und Kaninchen übertragenen bakteriellen Infektionen Tularämie

### Handlungsfeld Gesundheit

(Hasenpest) und Leptospirose (Weil-Krankheit), die vorwiegend von Feldmäusen übertragen wird. Weiterhin sind Nagetiere wichtige Reservoirwirte für die bereits oben beschriebenen von blutsaugenden Arthropoden (Zecken, Flöhe u. a.) übertragene Erkrankungen und Leishmaniosen. Derzeit in Europa ohne Bedeutung ist die Überraschung der Pest durch den Biss eines mit dem Bakterium *Yersinia pestis* infizierten Rattenflohs (*Xenopsylla cheopis*), oder durch den direkten Kontakt mit infizierten Nagern (Zwischenwirte).

### Hanta-Virus-Infektionen - virales hämorrhagisches Fieber

Hanta-Viren umfassen eine Reihe humanpathogener Arten, die von verschiedenen kleinen Nagetierarten (Reservoirwirte) auf den Menschen übertragen werden. In Süddeutschland, und hier insbesondere auf der Schwäbischen Alb, dominiert der Virustyp Puumala, der vorwiegend von der Rötelmaus (*Myodes glareolus*) übertragen wird. Rötelmäuse sind in großen Teilen Europas heimisch und leben bevorzugt in Buchenwäldern und waldnahen Hecken und Gebüsch in der Nähe von Fließgewässern, aber auch in waldnahen Gärten. Rötelmäuse legen ihre Nester meist unterirdisch an, aber auch als Moos- oder Laubnester in Scheunen, Gartenhütten und sonstigen Holzbauten, und können dadurch mit dem Menschen in Kontakt kommen. Die Nahrung der Rötelmaus besteht neben anderem aus Baumrinde, Eicheln und Bucheckern. Aufgrund des Entrindens der Bäume gilt sie als Forstschädling (Wikipedia 2012).

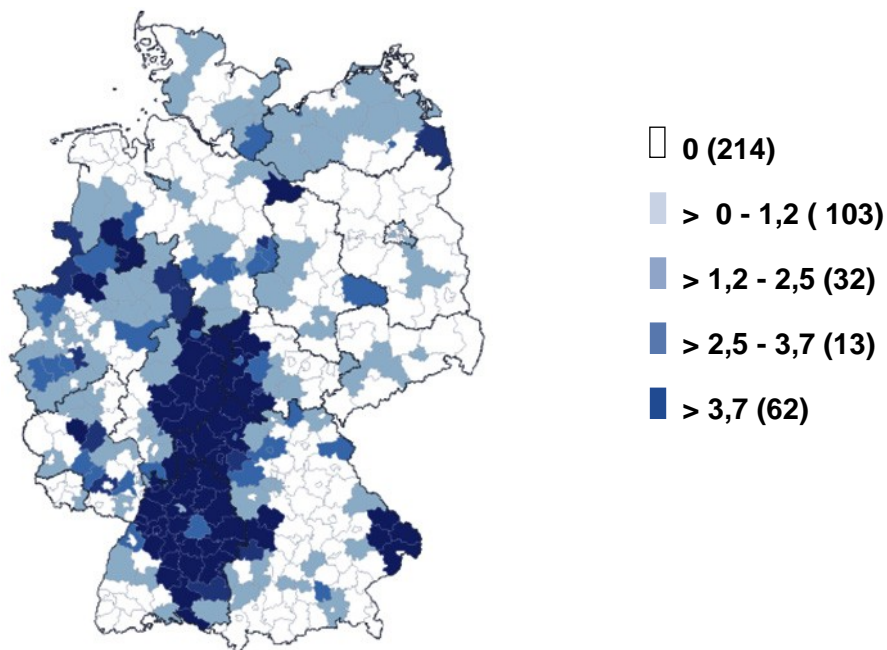
Die Übertragung von Hanta-Viren auf den Menschen erfolgt durch den Kontakt mit Exkrementen (Fäzes, Urin, Speichel) infizierter Tiere über virushaltige Aerosole, selten durch Bisse (Robert Koch-Institut 2012d). Dabei sind die Viren auch noch infektiös, wenn der Kot oder Urin der Mäuse ausgetrocknet ist und die Viren beispielsweise beim Staubfegen über die Atemwege aufgenommen werden.

Eine Infektion mit Hantaviren ist nach IfSG seit 2001 meldepflichtig. Die Zahl der übermittelten Infektionen variiert von Jahr zu Jahr geografisch und jahreszeitlich stark. Während in nicht-epidemischen Jahren etwa 200 Erkrankungen bundesweit im Jahr dokumentiert werden, kommt es in Ausbruchsjahren zu deutlich höheren Erkrankungszahlen. Im vergangenen Jahr 2012 wurden bundesweit 2784 Hantavirusinfektionen gemeldet, davon alleine 1478 in Baden-Württemberg (SurfStat@RKI). Auch in der Vergangenheit wurden Häufungen von Hantavirus-Infektionen insbesondere im Süden und Westen des Landes beobachtet (Abb. 5-19); die Mehrzahl der Infektionen 2011/2012 wurde aus Baden-Württemberg übermittelt. Die Zahl der Infektionen hängt insbesondere vom Vorkommen und der Dichte infizierter Reservoirtiere (Rötelmäuse) ab.

In Abhängigkeit vom Virustyp verläuft die Erkrankung unterschiedlich schwer. Bei Infektionen mit in Deutschland vorkommenden Virustypen (Puumala- und Dobravavirus) sind echte

**Handlungsfeld Gesundheit**

hämorrhagische Verläufe sehr selten und es stehen grippeähnliche Symptome und Nierenbeteiligung im Vordergrund (Nephropathia endemica). Eine überstandene Infektion führt wahrscheinlich zu einer lebenslangen, virustyp-spezifischen Immunität. Bei schweren Krankheitsverläufen kann es zu (meist reversiblen) Nierenversagen kommen, was mit Dialyse behandelt werden muss (Robert Koch-Institut). Für Erkrankungen durch die in Mitteleuropa vorkommenden heimischen Virustypen liegt die Letalität bei 0,1 - 0,9 % (Robert Koch-Institut 2012d). Aufgrund der unspezifischen Symptomatik und eines hohen Anteils von Verläufen mit geringer Symptomatik ist von einer hohen Dunkelziffer der Erkrankung auszugehen (Robert Koch-Institut). Derzeit steht weder ein zugelassener Impfstoff noch eine spezifisch gegen den Erreger gerichtete Therapie zur Verfügung.



**Abb. 5-19 Übermittelte Hantavirus-Erkrankungen nach Kreis, Deutschland, 2010**  
(n=2.016) (Robert Koch-Institut 2011)

**Tularämie**

Die Tularämie („Hasenpest“) ist eine hochinfektiöse bakterielle Infektionskrankheit zahlreicher wildlebender Tierarten (Mäuse, Ratten, Hasen und Kaninchen) mit *Francisella tularensis*, die auf den Menschen übertragbar ist. Die Übertragung auf den Menschen erfolgt durch den Haut- und Schleimhautkontakt mit infektiösen Tieren oder deren Organen, z.B. beim Abhäuten und Verarbeiten von Wildfleisch, durch den Verzehr von nicht ausreichend erhitztem Fleisch oder anderer kontaminierter Lebensmittel und Wasser, durch die Inhalation erregerehaltigen Staubs, oder durch Stiche oder Bisse verschiedener blutsaugender

### Handlungsfeld Gesundheit

Arthropoden (Fliegen, Mücken, Zecken, Flöhe, Läuse, Wanzen, Milben), die den Infektionskreislauf im Naturherd aufrecht erhalten (Gehring et al. 2013).

Bereits 10 - 50 Erreger können bei Inhalation oder Hautkontakt zu einer Infektion führen (BBK und RKI 2007). Francisellen sind wärmeempfindlich, aber gegenüber Kälte und Feuchtigkeit äußerst widerstandsfähig und können in gefrorenem Fleisch (Wildbret) bis zu 3 Jahre überdauern.

Die Tularämie ist eine in fast allen europäischen Ländern beobachtete Zoonose. Vor allem in Osteuropa und Skandinavien kommen unregelmäßige Tularämie-Ausbrüche gehäuft vor (Robert Koch-Institut 2007). Die Tularämie ist in Deutschland eine seltene Erkrankung, die seit 1961 in Deutschland meldepflichtig ist. Der Meldepflicht unterliegen auch Krankheit und Nachweis des Erregers der Tularämie bei Hasen und Kaninchen (Neufassung der Verordnung über meldepflichtige Tierkrankheiten vom 20. Dezember 2005). Die in Deutschland erworbenen Infektionen verteilen sich nahezu über das gesamte Bundesgebiet, wobei in den letzten Jahren vorrangig der Südwesten der Bundesrepublik, vor allem Baden-Württemberg und Hessen, betroffen waren. In Deutschland sind in diesem Jahr bislang 14 Fälle gemeldet worden, 7 davon in Baden-Württemberg mit Schwerpunkt in den Regierungsbezirken Tübingen und Stuttgart. Seit 2005 kann bundesweit eine Zunahme der gemeldeten Fälle verzeichnet werden (Tab. 5-5), so dass davon ausgegangen werden muss, dass Baden-Württemberg einen neuen endemischen Fokus für Tularämie darstellt (Gehring et al. 2013).

Über die tatsächliche Erregerprävalenz in Deutschland ist derzeit nichts bekannt. (Robert Koch-Institut 2007, S. 56). Erkenntnisse aus Seroprävalenzstudien (Seroprävalenz teilweise bis 2 %) zeigen allerdings, dass die Fallzahlen unterschätzt werden (Porsch-Ozcürümez et al. 2004) und die Dunkelziffer aufgrund des variablen klinischen Erscheinungsbildes und möglicherweise inapparenten Krankheitsverläufen wahrscheinlich hoch ist.

Neben Allgemeinsymptomen (Fieber, Unwohlsein, Muskelschmerz) kann das klinische Bild bei Tularämie sehr vielfältig und unspezifisch sein. Auffällig sind Hautulzera und Lymphknotenschwellungen. Die Inhalation des Erregers führt zu einer pulmonalen Manifestation (z.B. Lungenentzündung) oder zu einem septischen, typhusähnlichen Krankheitsbild (Letalität unbehandelt 30–60%). Eine Infektion über den Verdauungstrakt kann zu Pharyngitis, Erbrechen, Durchfällen und Bauchschmerzen führen. Bei rechtzeitiger Diagnose und Therapie gibt es aber kaum Todesfälle. (Robert Koch-Institut 2012f). Die Erkrankung kann mit Antibiotika behandelt werden und bei frühzeitiger Behandlung vollständig ausheilen. Ein Humanimpfstoff ist in Deutschland nicht verfügbar.

**Handlungsfeld Gesundheit****Tab. 5-5 Nachweis von Tularämie-Erkrankungen 2001 - 2009 beim Menschen** (Robert Koch-Institut: SurvStat)

Jahr	Baden-Württemberg	Deutschland
2001	2	3
2002	1	5
2003	2	3
2004	2	3
2005	1	15
2006	0	1
2007	11	20
2008	2	15
2009	2	10
2010	7	31
2011	4	17
2012	7	14

Aufgrund seiner Umweltresistenz und der hohen Infektiosität war *F. tularensis* bis zum Biowaffenübereinkommen Forschungsgegenstand in den Biowaffenprogrammen mehrerer Länder (BBK und RKI 2007).

**Leptospirose (Weil-Fieber, Feldfieber, Erbsenpflückerkrankheit, Reisfeldfieber)**

Die Leptospirose ist eine meldepflichtige Infektionskrankheit mit Bakterien der Gattung *Leptospira*, die vor allem in den Subtropen und gemäßigten Klimaten weit verbreitet ist. Natürliche Wirte der Leptospirose sind kleine Säugetiere (Mäuse, Ratten), aber auch Nutz- und Haustiere (Schweine, Hunde, Rinder). Die Übertragung auf den Menschen erfolgt durch Kontakt mit Urin, Blut oder Gewebe infizierter Tiere bzw. verunreinigtem Wasser über die Schleimhaut oder kleine Hautverletzungen. Besonders vulnerabel sind Personen, die berufsbedingt einen engen Kontakt mit Tieren oder Tierprodukten haben (Eis et al. 2010). Die Leptospirose ist in Deutschland eine seltene Erkrankung mit ca. 50, meist vereinzelt Erkrankungen pro Jahr (Brockmann et al. 2010). Sie tritt selten epidemisch auf. Im Jahre 2012 wurden bundesweit 81 *Leptospira*-Infektionen verzeichnet, davon 11 in Baden-Württemberg (SurvStat@RKI). Der letzte Ausbruch seit 40 Jahren in Deutschland konnte erstmals wieder im Jahr 2007 unter Erntehelfern auf einem Erdbeerfeld bei Düren verzeichnet werden. Hier erkrankten 28 Personen am Feldfieber (Desai et al. 2009). Dieser Ausbruch wurde mit den im Sommer 2007 herrschenden klimatischen Bedingungen in Verbindung gebracht, die mit einer Kombination von Starkregen und einer mittleren

### Handlungsfeld Gesundheit

Lufttemperatur von über 18 °C einhergingen. Darüber hinaus wurde eine hohe lokale Dichte von Feldmäusen (Reservoirtiere) verzeichnet.

Der Krankheitsverlauf ist typischerweise in zwei Phasen unterteilt, wobei sich der Verlauf je nach Abwehrlage und Serotyp des Erregers sehr unterscheiden kann. Die erste Phase beginnt mit grippeähnlichen, schlagartig einsetzenden Symptomen wie hohem Fieber sowie Kopf- und Gliederschmerzen. Ohne Therapie kommt es nach kurzer Entfieberung zur zweiten fieberhaften Krankheitsphase, dem sogenannten Immunstadium. Bei schweren Krankheitsverläufen kann es zu schwerwiegenden Organkomplikationen wie der Schädigung der Leber kommen. Während in etwa 90 % der Fälle ein leichter Verlauf der Leptospirose beobachtet wird, kann ein schwerer Verlauf bei 8 - 22 % der Patienten zum Tode führen (Kobayashi 2005). Während in der ersten Krankheitsphase die Leptospirose antibiotisch behandelt werden kann, kann die Behandlung in der zweiten Krankheitsphase nur symptomatisch erfolgen (Minor und Mohan 2012).

#### 5.2.3.3 Einfluss der klimatischen Bedingungen auf Nagetiere und Hasenartige und die von ihnen übertragenen Krankheiten

Mäuse, Ratten und Hasenartige sind nur indirekt vom Klima abhängig. Ihr Bestand wird in erster Linie vom **Nahrungsangebot** und der **Zahl der natürlichen Fressfeinde** (Raubvögel; Caniden, wie Rotfuchs, Marderhund; Feliden, wie Hauskatze, Wildkatze, Luchs; Musteliden wie Baum- und Steinmarder), aber auch von den **Wintertemperaturen** und **Extremwetterereignissen**, wie Starkregen oder Überschwemmungen, reguliert (Maier 2003).

Zunehmende Durchschnittstemperaturen, vor allem milde Winter, begünstigten in den letzten Jahren das Überleben von Nagetieren. So wurde eine Massenvermehrung der Rötelmaus insbesondere in der Folge von Jahren mit starker **Buchenmast** (Behang der Buchen mit Fruchtkörpern, den Bucheckern) beobachtet (Robert Koch-Institut 2012c). Ein gutes Nahrungsangebot und milde Wintertemperaturen begünstigen bereits jetzt das Überleben der Tiere im Winter und den raschen Aufbau einer großen Population im folgenden Frühjahr. Das forstliche Umweltmonitoring des Bundes und der Länder zeigte auch für 2011 eine sehr intensive Bildung von Früchten bei der Buche. Dies wird einerseits auf den derzeit schlechten Allgemeinzustand der Buchen zurückgeführt, aber auch die angespannte Wasserversorgung nach dem warmen und trockenen Frühjahr 2011 kann eine Rolle gespielt haben. In weiten Teilen Deutschlands waren schon die Wintermonate Januar und Februar sowie der Juni zu trocken (Bundesministerium für Ernährung 2012, S. 14). Das Robert Koch-Institut erwartet auch für das Jahr 2013 eine weitere Zunahme und Häufung von **Hantavirus-**Infektionen aufgrund der hohen Zahl der übermittelten Erkrankungsfälle und des Ausbleibens



### Handlungsfeld Gesundheit

des typischerweise im Herbst und Winter beobachteten Rückgangs der Fallzahlen (Robert Koch-Institut 2012c). Zudem bestätigte der Virusnachweis bei vielen Rötelmäusen einen hohen Durchseuchungsgrad (Bundesumweltministerium 2009).

Die reichlichen Waldbestände und weitläufigen Naturparks und Naturschutzgebiete bieten gute Lebensbedingungen für mögliche Überträger der **Tularämie**. Aber auch ein bewusst naturorientierter Tourismus könnte hier die Infektion des Menschen und die Weiterverbreitung der Tularämie unterstützen. (Robert Koch-Institut 2007).

Ein Zusammenhang von epidemischen **Leptospirose**-Erkrankungen mit Hochwasser-Ereignissen ist bisher praktisch ausschließlich für subtropische und tropische Regionen beschrieben worden. Ausbrüche dieser Erkrankungen treten vor allem dann auf, wenn es dabei zu starken Bevölkerungsbewegungen kommt (Watson et al. 2007). Die Evidenz in Ländern Europas ist gering (Eis et al. 2010).

#### 5.2.3.4 Fazit

Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass die für Baden-Württemberg prognostizierten Klimaveränderungen, vor allem die wärmeren Winter und heißeren Sommer, die Populationsdynamik von frei lebenden und somit auch von Klimaveränderungen abhängigen Nagetieren beeinflussen. Andererseits wird die Populationsstärke auch durch ihre natürlichen Feinde reguliert (Maier 2003, S. 126). Eine zunehmende Nager- und Hasenpopulation wird wahrscheinlich auch die Übertragung von **Hantaviren**, **Tularämie** und **Leptospirose** begünstigen (Stark et al. 2009). Eine Beeinflussung der Nagerpopulation durch den Klimawandel ist zu erwarten, andererseits ist eine quantitative Prognose für die Zukunft aufgrund des nicht vorhersagbaren menschlichen Verhaltens, der künftigen Flächennutzung und des nicht darstellbaren medizinischen Fortschritts (Impfstoffentwicklung) aber nicht möglich.

#### 5.2.4 Anpassungswissen zu durch Lebensmittel übertragene Krankheiten

Für Europa werden auch in diesem Jahrzehnt durch Lebensmittel übertragene Erkrankungen als eine der 8 Hauptgefahren von Infektionskrankheiten gesehen (Suk und Semenza 2011). In Deutschland werden ca. 200 000 Erkrankungsfälle je Jahr gemeldet (Ammon und Bräunig 2002, S. 13). Studien zur tatsächlichen Krankheitslast liegen für Deutschland nicht vor (Werber et al. 2006), aufgrund verschiedener Faktoren ist aber von einer massiven Untererfassung auszugehen. Für das Meldesystem in Großbritannien publizierte Wheeler et al. 1999 Daten, dass auf 1 Meldung 136 tatsächlich aufgetretene Fälle kommen (Wheeler et al. 1999). Für die Situation in Deutschland werden ähnliche Verhältnisse angenommen.

### Handlungsfeld Gesundheit

Untersuchungen aus USA (Scallan et al. 2011b; Scallan et al. 2011a), Großbritannien (Tam et al. 2012) und Australien (Hall et al. 2006) legen nahe, dass ca. 25 % der Bevölkerung in entwickelten Ländern einmal pro Jahr an einer durch Lebensmittel übertragenen Infektion erkranken mit sehr unterschiedlich schwerem Erkrankungsverlauf (Mead et al. 1999; Flint et al. 2005; Kjellstrom und Weaver 2009). Die Erkrankungen werden entweder durch die Krankheitserreger selbst oder durch von ihnen gebildete Giftstoffe verursacht.

Ein besonderes Risiko tragen Säuglinge und Kleinkinder bis 5 Jahre, Senioren (insbesondere wenn ihre Abwehrkräfte geschwächt sind), Schwangere und Menschen, deren Abwehrkräfte durch Vorerkrankung oder Medikamenteneinnahme geschwächt sind (Bundesinstitut für Risikobewertung 2011). In industrialisierten Ländern zählt man ca. 20%-25% der Bevölkerung zu dieser Gruppe (Messens et al.; Gerba et al. 1996). Der demografische Wandel wird diese Gruppe weiter wachsen lassen.

Inwieweit ganz andere Faktoren als die Auswirkungen des Klimawandels in den nächsten 90 Jahren Einfluss auf die Lebensmittelhygiene nehmen werden, kann derzeit nicht abgeschätzt werden. Die Entwicklung der Nahrungsmittelherstellung in den letzten 50-60 Jahren (z.B. Technisierung der Produktion, überregionale Lebensmittelverarbeitung, komplexe Liefer- und Lagerungsketten) lässt erwarten, dass auch kurzfristig wirksame Einflüsse erheblichen Einfluss auf die Lebensmittelhygiene und Lebensmittelsicherheit nehmen werden.

Der Klimawandel wird zu verschiedenen Umweltveränderungen führen, die die Lebensmittelsicherheit vom Anbau der Lebensmittel bis zum Verzehr beeinflussen können (indirekte Auswirkung des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit).

Im Einzelnen können das die Anzahl der vorhandenen Krankheitserreger sein, z.B. durch einen veränderten Gebrauch von Bewässerungswasser oder schnelleres Wachstum der Krankheitserreger durch höhere Umgebungstemperaturen im häuslichen Bereich (das Vermögen, eine Krankheit auszulösen, hängt immer auch von der Menge der aufgenommenen Krankheitserreger bzw. ihrer Giftstoffe ab).

#### **Mehr lebensmittelbedingte Infektionen durch Erhöhung der Außentemperatur:**

Eis et. al. stellten 2010 fest: "Lebensmittelbedingte Infektionen durch Salmonellen, Campylobacter und andere enterale Erreger zählen zu den häufigsten Infektionskrankheiten und weisen einen ausgeprägten saisonalen Trend auf. Erhöhte Inzidenzen sind insbesondere in den Sommermonaten zu beobachten. Auch wenn diese in den Industrieländern beobachtete Saisonalität multifaktoriell bedingt ist, kann bei fortschreitender Erwärmung mit einer Zunahme der jährlichen Erkrankungsfälle beim Menschen gerechnet

**Handlungsfeld Gesundheit**

werden." (Eis et al. 2010, S. 234). In einer englischen Studie wird die Steigerung der Erkrankungszahlen bei Erhöhung der mittleren Jahrestemperatur abgeschätzt (Health Protection Agency 2008, S. 22) (Tab. 5-6).

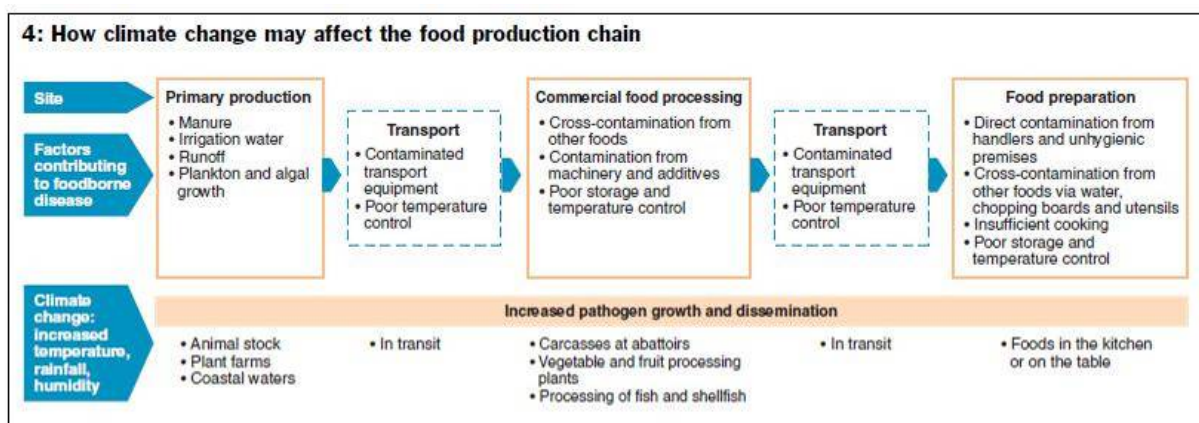
Für Salmonellen ergibt die Auswertung von Daten aus 10 europäischen Ländern sogar einen durchschnittliche Erhöhung der Fallzahlen um 8 % (Kovats et al. 2004). Da bei anderen Erregern die Temperaturabhängigkeit geringer ist, wird die durchschnittliche Zunahme von 4,5 % für 1 K als konservative Schätzung beibehalten.

**Tab. 5-6 Zusammenhang zwischen Temperaturerhöhung und lebensmittelbedingten Erkrankungsfällen**

Erhöhung der mittleren Jahrestemperatur [°C]	1	2	3
Zunahme der jährlichen Erkrankungsfälle [%]	4,5	9,5	14,8

**Globalisierte Lebensmittelproduktion und -verarbeitung:**

Die Einflüsse auf die Nahrungsmittel werden durch weltweite Verflechtungen bei den Zulieferern globalisiert. Ausbrüche von lebensmittelbedingten Erkrankungen sind nicht mehr regional begrenzt, weil Lebensmittel in großem Stil industriell hergestellt werden und der Vertrieb überregional, teilweise weltweit erfolgt (Hall et al. 2002; Robert Koch-Institut 2012b). Neue Risiken können auch durch Veränderungen in der landwirtschaftlichen Produktionsweise, beim Transport, der Lagerung und Verteilung der Lebensmittel auftreten (Abb. 5-20).



**Abb. 5-20 Mögliche Klimaeinflüsse auf Lebensmittel von der Produktion bis zum Verzehr (Hall et al. 2002)**

### **Handlungsfeld Gesundheit**

Auf der anderen Seite sind die Produktionsprozesse in der Lebensmittelindustrie durch das 2006 neu ausgerichtete EU-Lebensmittelhygienerecht auf einem sehr hohen Niveau. Insbesondere das Konzept der Risikoanalyse und Kritischen Kontrollpunkte (HACCP) erhöht die Lebensmittelsicherheit, das auf alle Stufen der Lebensmittelproduktions- und -verteilungskette angewendet wird (Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union 2004). Trotzdem muss die Wirksamkeit dieser Maßnahmen auch durch ein Monitoring der krankheitsverursachenden Agenzien überprüft werden. Dies ist besonders bei Importen aus nicht EU-Staaten wichtig, da dort die entsprechenden Regelungen nicht gelten.

#### **Veränderung des Freizeit- und Ernährungsverhaltens:**

Höhere Sommertemperaturen werden auch das Freizeitverhalten verändern und den Verzehr von Risikoprodukten (zum Beispiel Grillfleisch, Speiseeis, Frischeiprodukte) erhöhen (Eis et al. 2010, S. 220). Außerdem begünstigen wärmere Temperaturen die Vermehrung von Krankheitserregern in Lebensmitteln und erhöhen die Gefährdung der Lebensmittel durch Fliegen und anderes Ungeziefer (Vardoulakis und Heaviside 2012, S. 200). Zusammen mit unzureichenden Zubereitungsmethoden und falscher Lagerung wird dies zu einer Zunahme des Erkrankungsrisikos für lebensmittelübertragene Erkrankungen führen.

#### **Reiseassoziierte Erkrankungen:**

In anderen Teilen der Erde werden durch den Klimawandel neue Gesundheitsgefahren entstehen, die dann durch den zunehmenden Reiseverkehr immer leichter auch nach Baden-Württemberg eingeschleppt werden können. Um dem zu begegnen, ist eine kontinuierliche Beobachtung und ein Monitoring notwendig, um neue Gefahren rechtzeitig zu erkennen (s.a. Maßnahmen) (Vardoulakis und Heaviside 2012, S. 200).

#### **Exkurs Trinkwasser:**

Selbst wenn der Klimawandel in Baden-Württemberg entsprechende Ausmaße annehmen sollte, werden für das Trinkwasser keine grundsätzlich neuen Gefahren z.B. durch Krankheitserreger erwartet.

Die zu erwartenden Probleme betreffen in erster Linie:

- die Verfügbarkeit und Qualität der Trinkwasser-Ressourcen sowie
- den sicheren Betrieb der Versorgungsinfrastruktur.

Diese Fragestellungen sind für die Wasserwirtschaft nicht neu und es existieren dementsprechende Maßnahmenpläne. Schon heute ist die Überwachung und Aufbereitung potenziell gefährdeter Rohwässer für die Trinkwassergewinnung (Oberflächen- und

### **Handlungsfeld Gesundheit**

Quellwasser, oberflächennahes Grundwasser) in der Regel auf das Auftreten von Krankheitserregern durch entsprechende Verfahren und das Multi-Barrieren-Prinzip eingestellt (Petry 2009). Nachrüstungsbedarf könnte am ehesten bei kleinen Versorgern bzw. privaten Trinkwasserquellen geben sein.

#### **Vulnerabilität des Systems Trinkwasser durch Krankheitserreger:**

- Starkregen- und Hochwasserereignisse können zu einer Beeinträchtigung der Rohwasserqualität u.a. durch Eintrag von Mikroorganismen führen. Dies gilt besonders für Karst- und Kluftgrundwasserleiter, wie sie auch in Baden-Württemberg vorkommen.
- Klimabedingt steigende Wassertemperaturen im Verteilnetz können hygienische Probleme verursachen.
- Stagnationsprobleme im Leitungsnetz können durch den sich weiter auseinander entwickelnden Grund- und Spitzenbedarf in der Wasserversorgung entstehen, die dann ebenfalls hygienische Probleme im Leitungsnetz verursachen können (schrumpfende Abnehmerzahlen und technologische Entwicklungen lassen den mittleren Wasserbedarf weiter sinken, während in den zunehmenden Hitze- und Trockenperioden der Spitzenbedarf steigt) (DVGW 2010; Petry 2009).

Anpassungsmaßnahmen sind deshalb:

- Anpassung der Überwachungsnetze und Monitorprogramme in gefährdeten Gebieten, um mögliche Qualitätsänderungen frühzeitig abschätzen zu können und entsprechende Maßnahmen zu ergreifen.
- Anpassung der Wasseraufbereitungskapazitäten und ggf. -methoden an zu erwartende veränderte Rohwasserbeschaffenheiten sowie veränderte Belastungsspitzen.
- Schaffung von Möglichkeiten zur Nachdesinfektion in Speicheranlagen für Trinkwasser und dem Verteilnetz.
- Überprüfung der Wasserschutzzonen, ggf. Änderung der Ausweisung

#### **5.2.5 Kosten für Anpassungsmaßnahmen und mögliche Kosten bei ausbleibender Anpassung**

Zu den Kosten im Einzelnen können keine Angaben gemacht werden, da entsprechende Studien fehlen. Entsprechende Szenarioberechnungen für die Auswirkungen des Klimawandels müssten anhand von Modellen unter Einbeziehung betriebswirtschaftlicher und gesundheitsökonomischer Kompetenz erarbeitet werden.

### **Handlungsfeld Gesundheit**

Um die Bedeutung, der nicht unerheblich volkswirtschaftlichen Kosten für infektiöse Magen-Darm-Erkrankungen einschätzen zu können, sei an dieser Stelle Großbritannien als Beispiel dargestellt. Entsprechenden Untersuchungen für Deutschland wurden bisher nicht durchgeführt (Werber et al. 2006). Bei einer Bevölkerung von ca. 62 Mio. Einwohnern wurden dort ca. 17 Mio. Erkrankungsfällen/Jahr abgeschätzt. Viele Erkrankungen verlaufen leicht, aber ca. 1,1 Mio. Arztkontakte sind trotzdem notwendig geworden (Tam et al. 2012). Weitere volkswirtschaftliche Kosten werden durch die nicht unerheblichen beruflichen Ausfallzeiten, Hospitalisierungskosten (für Deutschland 1999 ca. 225 Mio. € Ammon und Bräunig 2002, S. 13) und Todesfälle verursacht.

Einschränkend muss erwähnt werden, dass die in den Studien erfassten Erreger zwar alle durch Lebensmittel übertragen werden können, aber auch andere Übertragungswege möglich sind. In einschlägigen US-amerikanischen Studien zur Abschätzung der Krankheitslast wird aber davon ausgegangen, dass ein sehr großer Anteil durch Lebensmittel übertragen wird (Scallan et al. 2011b).

#### **5.2.6 Anpassungsoptionen, die nicht berücksichtigt wurden**

Entfällt

#### **5.2.7 Kenntnisdefizite und Forschungsbedarf**

Im Bezug auf Krankheiten, die durch Lebensmittel übertragen werden, besteht folgender Forschungsbedarf:

- Entwicklung gezielter Surveillance-Systeme zur Überwachung und Erkennung von neuen Gefahren, die von biologischen und chemischen Agentien in der Lebensmittelproduktion ausgehen.

Nach einem Bericht des Robert Koch-Instituts zu Lebensmittelbedingten Erkrankungen in Deutschland werden 11 neue Erreger genannt, die im letzten Viertel des 20. Jahrhunderts neu aufgetreten sind (Ammon und Bräunig 2002, S. 4–5) . Diese Dynamik wird weiter anhalten und auch durch den Ferntourismus und die damit zusammenhängende Gefahr der Einschleppung exotischer Krankheitserreger verstärkt.

- Entwicklung von Vorhersagemodellen.
- Untersuchung und Modellierung von Expositionspfaden mit Prüfung der methodischen Grenzen.
- Untersuchungen zur Risikoverteilung innerhalb der besonders gefährdeten Bevölkerungsgruppen.

### Handlungsfeld Gesundheit

- Erforschung der Auswirkung von sozialen, technologischen und ökonomischen Veränderungen auf die Lebensmittelhygiene.
- Entwicklung neuer Diagnosemethoden mit Bereitstellung entsprechender Diagnosekapazitäten.

## 5.3 Allergene und Toxine

### 5.3.1 Anpassungswissen

Zunehmende Temperaturen und eine Verlängerung der Vegetationsperiode sowie Extremniederschläge mit Überschwemmungen begünstigen die Ausbreitung einiger wärmeliebender Pflanzen und Tiere, die allergische oder toxische Reaktionen bei Mensch und Tier hervorrufen. Vermehrte Freilandaktivitäten des Menschen können zudem eine erhöhte Exposition bedingen. Insgesamt ist das Ausmaß dieser Entwicklungen ungewiss, da es von vielen Faktoren bestimmt wird.

#### 5.3.1.1 Anpassungswissen zu Allergenen

Mögliche Auswirkungen auf die Allergieentwicklung im Zuge des Klimawandels werden im Folgenden am Beispiel der Beifußblättrigen Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*) erläutert. Andere Neophyten (d.h. neu eingewanderte Pflanzen) haben nach heutigem Kenntnisstand kein vergleichbares allergenes Potential, lediglich bei den Goldruten (*Solidago canadensis*, *S. gigantea*) besteht der Verdacht auf allergene Wirkung. Wegen der nahen Verwandtschaft (*Asteraceae*; Korbblütler) könnten homologe Proteine vorkommen, die eventuell zu Kreuzallergien führen.

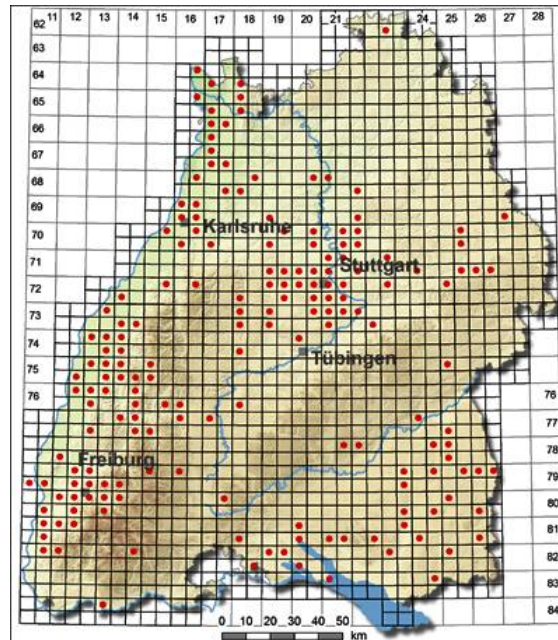
Durch die klimatischen Veränderungen könnte es unter bestimmten Voraussetzungen zu einer Etablierung und Ausbreitung von *Ambrosia artemisiifolia* in Baden-Württemberg kommen, was zu einer Erhöhung der Pollenkonzentration in der Luft während der Blühphase führt. Derartige Entwicklungen haben in den letzten 20 Jahren in Ungarn und Norditalien stattgefunden.

Die einjährige Pflanze wächst vorwiegend auf offenen Böden (z.B. auf landwirtschaftlichen Flächen) und Ruderalflächen. Sie manifestiert sich durch Samen (nicht durch Ausläufer und Rhizome). Die Mahd verhindert die Blütenbildung nicht, sondern kann sie verstärken, indem die Pflanze ein Vielfaches an Blüten auf durchwachsenden Seitenästen bildet.

Obwohl nur kleinere Bestände in Baden-Württemberg bekannt sind (Abb. 5-21), werden Ambrosia-Pollen im Spätsommer in Baden-Württemberg (BW) nachgewiesen, die durch

**Handlungsfeld Gesundheit**

Pollen-Ferntransport aus Frankreich über die Vogesen ins Oberrheintal eingetragen werden. Die einheimischen Bestände etablieren sich in der Regel durch Vogelfutter für Wildvögel, das Ambrosia-Samen als „Verunreinigung“ enthält. Die Bestände in BW tragen aber bisher offenbar nicht wesentlich zum Pollenflug in BW bei.



**Abb. 5-21 Nachweise für *Ambrosia artemisiifolia* in Baden-Württemberg (1986-2007)**  
(Grundlage TK 1:25.000, Quellen: Alberternst et al. 2007)  
Berücksichtigt wurden Nachweise in Gärten und Neubaugebieten, städtischen Grünanlagen, an Verkehrswegen (Straßen, Bahnlinien, Häfen) sowie in der freien Landschaft

Wirksame **Klimafaktoren** die einen direkten Einfluss auf die Allergenexposition haben sind:

- Die Erhöhung der Durchschnittstemperatur,
- die Verlängerung der Vegetationsperiode,
- die Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration

Die zunehmende Erwärmung (Erhöhung der Durchschnittstemperatur) führt zu einer Verlängerung der Vegetationsperiode und damit zu verlängerten Blühphasen. Somit ist mit einer stärkeren Exposition durch Ambrosia-Pollen zu rechnen.

Der sogenannte Düngeeffekt, der durch eine erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Luft erreicht wird, wirkt sich auf das Wachstum der Pflanze aus. In Gewächshäusern werden wachstumsfördernde Konzentrationen von 800 - 1 000 ppm CO<sub>2</sub> eingestellt (Außenluft zurzeit ca. 360 ppm). Die Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre wird in einigen Szenarien tatsächlich in einer Größenordnung von 560 (doppelte Konzentration der vorindustriellen Zeit 280 ppm) bis 970 ppm im Jahr 2100 gesehen. In diesem Fall würde das



### Handlungsfeld Gesundheit

Pflanzenwachstum tatsächlich erheblich gefördert. Zudem ist für Ambrosia bekannt, dass bei erhöhten CO<sub>2</sub>-Gehalten der Luft die Pollenbildung verstärkt wird.

Nach österreichischen Modellrechnungen ist bei einem Temperatur-Anstieg um durchschnittlich 2°C, wie er bis zum Jahre 2050 prognostiziert wird, mit einer Versechsfachung der Ambrosia-besiedelten Fläche zu rechnen (Eis et al. 2010).

Die im Folgenden genannten Klimafaktoren haben nur theoretisch einen Einfluss auf die Allergenexposition. Ihr Einfluss ist daher schwer zu quantifizieren:

- **Luftfeuchtigkeit:** Eine Erhöhung der Luftfeuchtigkeit begünstigt das Auskeimen von Samen und das Wachstum der Pflanze und kann damit Einfluss auf das Ausmaß der Pollenfreisetzung haben.
- **Extremniederschläge, Überschwemmungen:** Eine Zunahme dieser Ereignisse kann die Ausbreitung von Samen der Ambrosie aus bereits besiedelten Arealen in noch nicht besiedelte Bereiche fördern, so dass sich Bestände ausdehnen oder neu etablieren. Das Ausmaß ist schwer abzuschätzen.

Zu den **vulnerablen Personen** gehören die im Folgenden aufgeführten Gruppen:

1. Allergiker bzw. Personen mit erhöhter Allergiebereitschaft (Sensibilisierte) gegen Inhalationsallergene. Der Anteil von Personen, die gegen Inhalationsallergene sensibilisiert sind, liegt bei ca. 40 % der Bevölkerung in Baden-Württemberg. Durch eine erhöhte Exposition steigt die Gefahr einer Sensibilisierung ganz allgemein. Risikoabschätzungen zur Allergieentwicklung sind aber generell nur halbquantitativ möglich, da bisher keine validen Dosis-Wirkungs-Beziehungen beschrieben sind.
2. Spezifisch gegen Ambrosia-Proteine Sensibilisierte; der Anteil dieser Gruppe liegt in Baden-Württemberg bei 1-2 % bei Erwachsenen, bei Kindern bei 3 %. Bei Ausbreitung der Pflanze in Baden-Württemberg ist mit einer erheblichen Zunahme dieser spezifisch Sensibilisierten zu rechnen.

In Ungarn sind 15-20 Jahren nach Ambrosia-Etablierung in stark von *Ambrosia* besiedelten Gebieten ca. 70 % der Allergiker gegen *Ambrosia* sensibilisiert. In nicht betroffenen Gebieten liegt die Sensibilisierungsrate unter 20 %; in Budapest liegt die Rate der mittels *Skin-Prick*-Test untersuchten Personen bei *Ambrosia* bei 37 % und bei *Artemisia* (Beifuß) bei 23 % (pers. Komm. Prof. Nekán, 2011, *Ambrosia*-Workshop Budapest 2011). Hier übersteigt die Sensibilisierungsrate gegen *Ambrosia* die Rate für *Artemisia* (vgl. in Baden-Württemberg liegen die Anteile heute bei 1-2 % bzw. 13-15%).

3. Bereits gegen Beifuß (*Artemisia vulgare*) Sensibilisierte weisen die höchste Vulnerabilität auf, weil *Ambrosia*-Pollen homologe Proteine enthalten, die ebenso

**Handlungsfeld Gesundheit**

eine Allergie auslösen können (Kreuzallergie). Dies sind in Baden-Württemberg zur Zeit ca. 13 - 15 % der Bevölkerung (eigene Untersuchungen bei Erwachsenen, Gabrio et al. 2010); Kreuzallergien treten ebenfalls mit Birke und Lieschgras auf, die aber für eine Symptomatik im Frühjahr bzw. Sommer verantwortlich sind. Es ist zu berücksichtigen, dass diese Gruppe der sogenannten Polysensibilisierten im Spätsommer/Herbst bei Ambrosia-Pollenflug stärkere Beschwerden zeigen als die monosensibilisierten Personen (siehe 2.) (Behrendt et al. 2010).

**Dringlichkeit:** Sofern sich die Etablierung und Ausbreitung von Ambrosia in ähnlicher Weise vollzieht, wie in Ungarn, ist auch in Baden-Württemberg mit einer Sensibilisierungsrate von 70 % zu rechnen.

Heutige Situation: Heute sind ca. 15 % der Bevölkerung in Baden-Württemberg gegen *Ambrosia* sensibilisiert. Nach (Behrendt et al. 2010) haben 25 bis 33 % dieser Sensibilisierten auch allergische Beschwerden (klinische Relevanz). Der Anteil der Sensibilisierten würden sich demnach um fast das Fünffache erhöhen.

Maßnahmen: Durch konsequente Vermeidung von ausgedehnten Ruderalflächen in städtischen Bereichen (Einsatz von Konkurrenzpflanzen!) sowie Vermeidungs- und Bekämpfungsstrategien in der Landwirtschaft in Verbindung mit einem Meldewesen für *Ambrosia* ließe sich eine Entwicklung wie in Ungarn vermeiden.

**Risikoermittlung:** Zur Ermittlung des Risikos, inwieweit Sensibilisierungen gegen *Ambrosia* zunehmen, wäre es notwendig, die Sensibilisierungs-Schwelle zu kennen. Hierzu gibt es erste Erkenntnisse aus Australien. Dort wurden Maximalkonzentrationen von 483 Pollen/m<sup>3</sup> als Auslöser für Sensibilisierungen, Spätsommer-Heuschnupfen und Asthma angegeben (Bass et al. 2000). Dabei wird jedoch nicht zwischen Sensibilisierung und allergischer Manifestation (Heuschnupfen und Asthma) differenziert. Nach bisherigem Kenntnisstand geht man davon aus, dass für eine Sensibilisierung wesentlich höhere Expositionen notwendig sind als für die Entstehung einer Symptomatik nach erfolgter Sensibilisierung. Die im Folgenden genannten neueren Daten liefern hierzu einen Hinweis.

Eine Wirkschwelle für akute Rhinitis ist für das spezifische Majorallergen der Ambrosie bekannt; sie liegt bei **0,3 ng Amb a 1** (1 Pollen enthält ca. 0,03 ng Amb a 1). Nach Bergmann (zit. in Gabrio et al. 2009) können bereits bei **5 - 10** Pollen je Kubikmeter Luft bei sensibilisierten Personen allergische Reaktionen ausgelöst werden. Banken und Comptois (Banken und Comtois 1992) sprechen bei Konzentrationen ab **11** Pollen je m<sup>3</sup> von einer starken Belastung, und Solomon (Solomon 1984) geht erst ab **50** Pollen/m<sup>3</sup> Luft von einer

**Handlungsfeld Gesundheit**

Gefährdung aus. Es sollte berücksichtigt werden, dass zwischen der erst- und letztgenannten Studie 24 Jahre mit entsprechender wissenschaftlichen Entwicklung liegen. In Ungarn gelten derzeit 100 Pollen/m<sup>3</sup> als **sehr hohe Konzentration**, die **starke** Symptome verursachen.

In Ungarn werden in den letzten Jahren stetig zunehmende Konzentrationen für *Ambrosia*-Pollen gemessen, wobei sich der Mittelwert für das gesamte Land von 361 in 2008 auf 614 Pollen je m<sup>3</sup> in 2011 erhöhte. An einzelnen Stationen wurden auch Werte > 1.000 Pollen je m<sup>3</sup> gemessen.

Aus dieser sehr beschränkten Datenbasis lässt sich jedoch ableiten, dass offenbar eine Größenordnung von 10<sup>2</sup> Pollen je Kubikmeter Luft für eine Sensibilisierung notwendig ist. Die durchschnittlichen Pollenkonzentrationen in Baden-Württemberg lagen bisher unter 10 Pollen/m<sup>3</sup>.

Als sicher kann auch gelten, dass die Wirkschwelle zur Auslösung von Allergiesymptomen unterhalb bzw. im Bereich von 10<sup>1</sup> Pollen/m<sup>3</sup> liegt. Eine Zunahme des Anteils von Sensibilisierten in der Bevölkerung von Baden-Württemberg wird zwangsläufig auch eine Zunahme von manifesten Allergien mit sich bringen (heute 25 - 33% der Sensibilisierten).

In Ländern bzw. Gebieten, die von einer starken Ausbreitung der Ambrosie betroffen waren, lagen die Sensibilisierungsraten bei Allergikern bereits in den 90er Jahren bei 80% (Ungarn) bzw. 70% (Norditalien). Die Anzahl der Patienten mit manifester Allergie hat sich seitdem verdoppelt und die Anzahl der Asthmaanfälle ist in Südungarn um das vierfache angestiegen. In Norditalien ist die *Ambrosia*-Allergie die zweithäufigste Allergie (Asero 2007). Auch in Kroatien liegt die Allergierate auf einem hohen Niveau. Etwa die Hälfte der Patienten mit Rhinokonjunktivitis in Zagreb (n = 750) reagierte auf *Ambrosia* allergisch (Peternel et al. 2008), in Südkroatien war etwas die Hälfte der Patienten mit Rhinokonjunktivitis gegen *Ambrosia* sensibilisiert (Cvitanović et al. 2007).

**5.3.1.2 Anpassungswissen zu Toxinen**

Die Zusammenhänge zwischen Klimafaktoren und der Verbreitung sowie der Exposition gegenüber giftigen Pflanzen und Tieren sind nicht systematisch untersucht. Es kann deshalb hier nur eine beispielhafte Darstellung erfolgen.

Auch bei verschiedenen **Giftpflanzen** ist eine Arealausdehnung in Deutschland zu beobachten. Dies ist besonders auffällig bei einigen kälteempfindlichen immergrünen Arten wie Efeu (*Hedera helix*), Stechpalme (*Ilex aquifolium*) und Lorbeerkirsche (*Prunus laurocerasus*), deren Beeren und Blätter Brechdurchfall auslösen können. Sie werden in Mitteleuropa traditionell in Gärten und Parks kultiviert und finden sich zunehmend verwildert

**Handlungsfeld Gesundheit**

in der freien Natur. Ihre Ausbreitung korreliert mit höheren Wintertemperaturen und der Abnahme von Frosttagen. Die Grenze des geschlossenen Verbreitungsgebietes der Stechpalme folgt weitgehend der nordostwärts wandernden Januar-0°C-Isotherme (Walther et al. 2005; Berger et al. 2007). Sie hat stabile Bestände im Rheingraben aufgebaut und wird sich voraussichtlich bis über den Neckarraum ausbreiten (Lübbert 2007). Efeu nimmt in den Wäldern Baden-Württembergs seit den 1980er Jahren immer mehr zu (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU) 2005). Die in Südeuropa und Kleinasien beheimatete Lorbeer-Kirsche ist inzwischen in ganz Frankreich bis ins Saarland und das Schweizer Mittelland verbreitet. Es wird eine Arealverschiebung zunächst bis in den Rheingraben erwartet. Das potentielle Verbreitungsgebiet erstreckt sich über Baden-Württemberg, Franken, nahezu ganz West- und Nordwestdeutschland bis in Teile Mitteldeutschlands (Berger et al. 2007).

Ein anderer Neophyt, dessen Früchte und Rinde Übelkeit, Brechdurchfall, Koliken, Kopfschmerzen, Schwindelgefühl und Apathie auslösen können, ist die Robinie (*Robinia pseudoacacia*). Sie hat einen Schwerpunkt unter anderem in den Sandgebieten am Oberrhein. Sie gilt in trockenwarmen Regionen als besonders ausbreitungsstark und kann insofern ihre Bestände in heißeren und trockeneren Sommern verdichten (Ehrmann et al. 2009). Die Ausbreitung einiger invasiver Arten mit toxischen oder allergenen Eigenschaften beruht eher auf ihrer Konkurrenzstärke, als auf dem Klimawandel. Dies trifft zum Beispiel auf den stark hautreizenden Riesenbärenklau (*Heracleum mantegazzianum*) zu, für den nur eine geringe bis mäßige Zunahme geeigneter Habitats in Baden-Württemberg prognostiziert wird (Kleinbauer et al. 2010). Einige Giftpflanzen wie Berg-Hahnenfuß (*Ranunculus montanus*) sowie Roter Fingerhut (*Digitalis purpurea*) zählen zu den Verlierern des Klimawandels (Lübbert 2007; Pompe et al. 2011).

Ernsthaftere Probleme bereiten **Schmetterlingsraupen mit giftigen Brennhaaren** infolge der seit Mitte der 1990er Jahre beobachteten Massenvermehrungen von Eichenprozessionsspinner (*Thaumetopoea processioneae*), Schwammspinner (*Lymantria dispar*) und Goldafer (*Euproctis chrysorrhoea*). Vor allem die Eichenprozessionsspinner-Raupen verursachen bei Mensch und Tier heftige Entzündungen an Haut und Schleimhäuten, Augen und Atemwegen bis hin zum anaphylaktischen Schock.

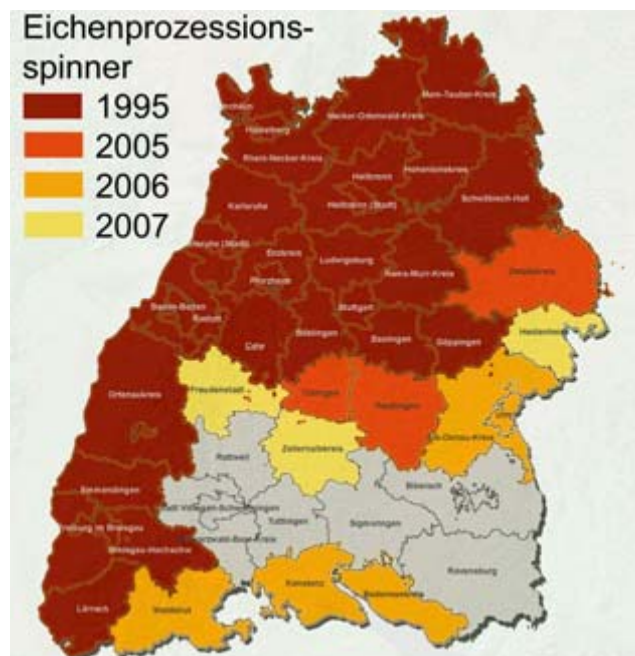
Der Eichenprozessionsspinner hat sukzessive den größten Teil Baden-Württembergs mit Ausnahme höher gelegener Regionen des Raums Schwarzwald-Baar-Heuberg / Alb / Oberschwaben / Westallgäu erfasst, was sich insofern weitgehend mit dem Verbreitungsgebiet der Eiche deckt (Abb. 5-22).

Dies stellt ein besonderes hygienisches Problem in dicht besiedelten urbanen Gebieten dar, weshalb wiederholt Bekämpfungsmaßnahmen erforderlich sind. Neues Konfliktpotential

**Handlungsfeld Gesundheit**

erwächst möglicherweise aus einer klimaassoziierten Erweiterung der Eichenbestände im Erholungsraum Schwarzwald, während im heute teilweise stärker befallenen Rheintal nach den Klimaprognosen ab 2050 gar keine Eichen mehr angebaut werden können (vgl. Gutachten Forst).

Nicht auszuschließen ist die Einschleppung oder mittelfristige Zuwanderung des ähnliche forstwirtschaftliche und gesundheitliche Probleme in Südeuropa bereitenden Pinienprozessionsspinners (*Thaumetopoea pityocampa*). Dessen geschlossenes Verbreitungsgebiet erreicht mittlerweile den Genfer See, Dijon und das Pariser Becken mit einem seit 2008 bekannten Pilotherd im elsässischen Obernai 21 km westlich der Landesgrenze bei Offenburg (Robinet et al. 2012).

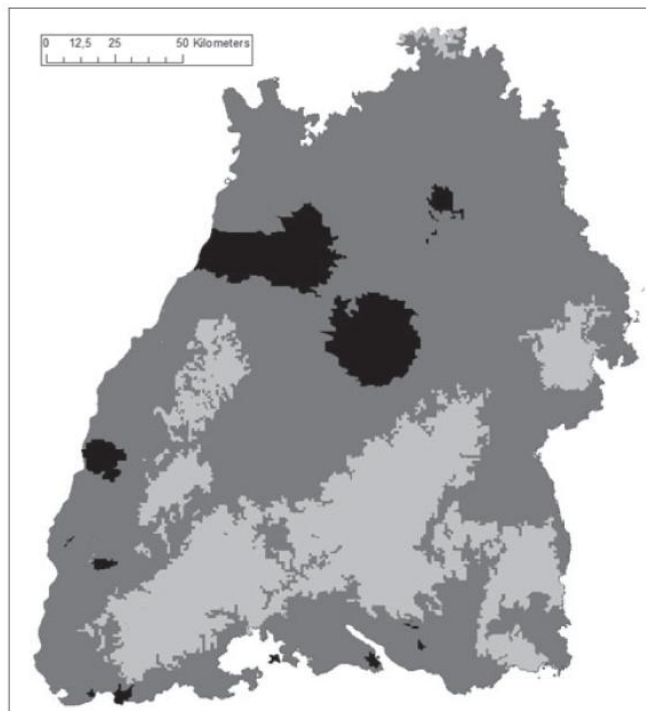
**Abb. 5-22 Ausbreitung des Eichenprozessionsspinners**

(nach Meldungen der Waldschutz-Dienststellen - Abb. aus Petercord et al. 2008)  
Seit 2007 hat sich das Verbreitungsgebiet nicht mehr wesentlich erweitert. Zusätzlich wurden 2005 einzelne Anfragen bei den Gesundheitsämtern Rottweil, Schwarzwald-Baar-Kreis und Biberach verzeichnet (unveröffentlichte Erhebung des Ministeriums für Arbeit und Soziales BW).

Wärme fördert die Aktivität und Entwicklung dieser Baumschädlinge, sommerlicher Trockenstress und häufigere Unwetter setzen zusätzlich die Widerstandsfähigkeit der befallenen Gehölze herab, während ein feuchteres Frühjahr die Larvenentwicklung ungünstig beeinflussen kann. Die Erhöhung der Wintertemperaturen wiederum verbessert die Überlebenschancen der Raupen (Petercord et al. 2008). Die Entwicklung der winteraktiven Raupen des Pinienprozessionsspinners ist neben einer durchschnittlichen

**Handlungsfeld Gesundheit**

Januarminimaltemperatur  $> -4\text{ °C}$  zusätzlich von ausreichender Wintersonnenstrahlung abhängig. Dies ist notwendig, um im Nest mindestens  $9\text{ °C}$  als Aktivierungstemperatur für einen Fressausflug in der folgenden Nacht zu erreichen, die wiederum frostfrei bleiben muss (Batisti et al. 2005). Unter diesen Gesichtspunkten sind etwa zwei Drittel der Fläche Baden-Württembergs, mit Ausnahme der Mittelgebirge, klimatisch als potentielles Verbreitungsgebiet anzusehen (Abb. 5-23). Besondere Risikogebiete für die Ausbildung von Piloherden und den mittelfristigen Übergang in Dauerschadgebiete sind Wärmeinseln der Rheinebene bis ins Kraichgau, der Agglomeration Stuttgart und der unteren Hohenloher Ebene (Halbig et al. 2011; Robinet et al. 2007; Robinet et al. 2012). Ob es aber zu anhaltend hohen Populationsdichten der genannten Schadinsekten kommt, ist wegen des komplizierten Gefüges von abiotischen und biotischen Einflussfaktoren (Klima, Parasitoide, Pathogene, Räuber, Konkurrenten, Nahrungsangebot) nicht sicher vorhersehbar (Feemers et al. 2003).



**Abb. 5-23** Mögliche Dauerschadgebiete des Pinienprozessionsspinners in Baden-Württemberg (**schwarze Signatur**) nach jährlicher Sonnenscheindauer und durchschnittlicher Januarminimaltemperatur.

In den grau unterlegten Gebieten ist das Risiko deutlich geringer, in den hell verbliebenen höheren Lagen besteht keine Gefahr. (Abb. aus Halbig et al. 2011)

Die burgundische Pforte und der Rheingraben sowie das Donautal sind ebenso Einfallstore für andere wärmeliebende **Insekten** und **Gliederfüßer**. Inwieweit sich auf diesem Wege südeuropäische Skorpione (*Euscorpius spp.*) nach Baden-Württemberg ausbreiten können, ist momentan ungewiss. Eine größere medizinische Bedeutung kommt ihnen nicht zu (etwa vergleichbar mit Wespenstichen).

**Handlungsfeld Gesundheit**

Bezüglich heimischer blutsaugender und stechender Insekten und Arthropoden wie Stechmücken, Wespen oder der ebenfalls toxisch-allergische Hautentzündungen hervorrufenden Herbstmilbe (*Neotrombicula autumnalis*) weitet sich mit Verlängerung der Sommer- und Herbstperiode die mögliche Expositionszeit aus. Gesicherte Erkenntnisse zu ökologisch-klimatischen Faktoren der stetigen Ausbreitung von Herbstmilben gibt es allerdings ebenso wenig, wie zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Exposition gegenüber Wespengift (Schöler 2003; Eis et al. 2010).

Die Ausweitung der Vegetationszeit kann sich auch bei **Pilzen** auswirken, womit zu bisher atypischen Zeiten am Jahresende zum Beispiel noch mit schweren Knollenblätterpilzvergiftungen zu rechnen ist (Thaler et al. 2007).

Seit den 1980er Jahren wurde in der Süddeutschen Presse öfter über juckende Hautausschläge nach dem Baden in Seen berichtet. Ursache dieser Badedermatitis sind **Zerkarien**, freischwimmende Larven von Saugwürmern (*Trichobilharzia* Arten), die in Wasservögeln (meist Enten) parasitieren. Steigende Gewässertemperaturen beschleunigen ihre Entwicklung in den als Zwischenwirte fungierenden Schlammschnecken, mehrtägige Schönwetterperioden triggern und synchronisieren schließlich die massenhafte Freisetzung. Dies kann zu regelrechten Badedermatitis-Ausbrüchen führen. Bei einem frühen Ausbruch verstärkt sich mit der sommerlichen Erwärmung die Tendenz zu einer zweiten Welle im Spätsommer. Höhere Temperaturen und Sonneneinstrahlung fördern eine Eutrophierung und damit das Nahrungsangebot für die Schnecken. Andauernde Hitzephasen mit Austrocknung von Gewässerflächen wirken sich wiederum ungünstig auf die für die Reproduktion der Trichobilharzien limitierende Schneckenpopulation aus (Fiedler et al. 2005).

Höhere Sommertemperaturen und Sonneneinstrahlung begünstigen auch das Wachstum von Algen und giftigen **Cyanobakterien** in nährstoffreichen Weihern und Seen. Die von ihnen produzierten Toxine können Fische, Zooplankton, Wasservögel, Weidetiere und die menschliche Gesundheit beim Baden sowie die Trinkwassernutzung gefährden (Umweltbundesamt 2003; Preußel et al. 2006).

Häufigerer warme Sommernächte führen zu unerwünschten Temperaturschichtungen mit Störung der laufenden Durchmischung normalerweise ungeschichteter Flachseen, während milde Winter die komplette Winterumwälzung geschichteter tiefer Seen stören, was sich ungünstig auf die Wasserqualität auswirken sowie das Wachstum von Algen und Cyanobakterien begünstigen kann. Zusätzlich ist die Etablierung tropischer Arten möglich, die Entwicklungsvorteile bei höheren Wassertemperaturen aufweisen, in nährstoffarmen Wässern gelösten Luft-Stickstoff nutzen und bisher unbekannte Toxine produzieren können, wie dies schon für verschiedene Seen in Norddeutschland mit dem Auftreten von

### Handlungsfeld Gesundheit

*Cylindrospermopsis raciborskii* beobachtet wurde (Fastner et al. 2003). Dies könnte im ungünstigen Fall die Bemühungen zur Reoligotrophierung von Seen konterkarieren und zusätzliche Aufbereitungsstufen bei der Gewinnung von Trinkwasser erforderlich machen (Grützmaker et al. 2007; Wiedner et al. 2008; Posch et al. 2012; Winder 2012).

**Vulnerabilität gegenüber Giftwirkungen:** Neben der spezifischen Giftigkeit eines Stoffes sind für das Zustandekommen einer Vergiftung individuelle Exposition beziehungsweise aufgenommene Giftmenge und Empfindlichkeit des Zielorganismus entscheidend. Eine höhere Gefährdung besteht etwa bei Vorerkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems, neurologischen und allergischen Erkrankungen, ebenso bei Klein- und Schulkindern, Schwangeren oder Senioren. Erhöhte Expositionsmöglichkeiten gegenüber giftigen Pflanzen und Tieren besteht allgemein bei Menschen mit Außenberufen, freiluftorientiertem Freizeitverhalten, Anwohnern von Parks, Alleen und Wäldern, Kindern und Beschäftigten in Waldkindergärten.

Es ist von Bedeutung, ob giftige Pflanzen, Tiere oder Pilze aktiv aufgesucht werden, zum Beispiel wenn Kinder mit giftigen Beeren spielen, giftige Pflanzen und Pilze versehentlich zu Nahrungszwecken gesammelt werden, oder ob Gifte unbemerkt beziehungsweise passiv aufgenommen werden können, etwa bei Verteilung in Luft, Boden und Wasser.

Nach den Erfahrungen der Giftinformationszentren sind Anfragen zu Vergiftungen mit **Pflanzen** vor allem bei Kindern relativ häufig. Dies betrifft hauptsächlich Kontakte in Haus und Garten. Die in freier Natur auftretenden Fälle sind bezüglich Häufigkeit, Giftigkeit und aufgenommener Menge weniger relevant. Schwere Pflanzenvergiftungen treten eher bei Verwechslungen und Missbrauch durch Jugendliche und Erwachsene auf. (Ritter-Franke und Bunjes 2003; Pietsch et al. 2008; Fuchs et al. 2011; Schweizerisches Toxikologisches Informationszentrum 2012).

Eine andere Situation kann entstehen, wenn als Zier- und Nutzpflanzen kultivierte Giftpflanzen infolge des Klimawandels weitere Verbreitung finden und zunehmend verwildert in der freien Natur anzutreffen sind. Zu nennen sind hier Stechpalme (*Ilex aquifolium*), Efeu (*Hedera helix*), Lorbeerkirsche (*Prunus laurocerasus*), aber auch Robinie (*Robinia pseudoacacia*) und Vielblättrige Lupine (*Lupinus polyphyllus*). Die bei Kindern übliche Aufnahme einiger Beeren beziehungsweise Früchte oder Samen dieser Pflanzen kann Brechdurchfall, bei größeren Mengen auch Kopfschmerzen, Schwindelgefühl, Apathie und Fieber auslösen. Der Pflanzensaft von Efeu wirkt hautreizend und allergen (Ritter-Franke und Bunjes 2003; Roth et al. 1994). Stechpalme, Efeu und Lorbeerkirsche sind in der offiziellen Liste giftiger Pflanzen des Bundesamtes für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit vom 17. April 2000 mit der Kennzeichnung „verursacht bei Aufnahme



**Handlungsfeld Gesundheit**

geringer Mengen mittelschwere Vergiftungen“ enthalten (Bundesamtes für Umwelt 2000). Durch entsprechende Aufklärung im Umgang mit Pflanzen, Tieren und Pilzen ist eine Expositionsvermeidung möglich. Dies trifft viel weniger auf luft- und wassergetragene Schadstoffe zu, die bei Auftreten von Prozessionsspinner-Raupen und Cyanobakterien ohne Vorwarnung unbemerkt einwirken können. Ähnliches gilt, wenn Parasiten mit bloßem Auge kaum erkennbar sind und ein Befall nicht sofort bemerkt wird wie bei Zerkarien und Herbstmilben. Falls die Risiken rechtzeitig bekannt sind, kann schädlichen Expositionen wiederum durch persönliche Schutzmaßnahmen, Absperrung oder die Beseitigung der Giftquellen vorgebeugt werden.

Die **Zerkarien** als Larven der meist in Enten parasitierenden Saugwürmer (*Trichobilharzia spp.*) schwärmen bei Wassertemperaturen über 20 °C etwa ab Ende April. Endwirt ist Wassergeflügel; doch die Haut von badenden Menschen oder Fischern wird ebenfalls durchbohrt. In der menschlichen Haut sterben die Zerkarien aber nach kurzer Zeit ab. Bei Zweitkontakt ist die Symptomatik (Badedermatitis) stärker ausgeprägt und kann bis zu drei Wochen anhalten. Die Hauptschwärmzeit liegt Ende Juni bis Anfang Juli, gerade zu Beginn der Hauptbadesaison, kann aber auch abhängig von der Wetterlage mehrere Wochen abweichen. Neben Versuchen zur Wurmsanierung der Wasservögel oder (biologischen) Kontrolle der Schneckenpopulation ist es möglich, die Exposition mit Hautschutzlotionen zu begrenzen (Allgöwer 1990; Fiedler et al. 2005; Haas 2005; Fischer und Reimann 2006).

**Cyanobakterien** beziehungsweise ihre Toxine können beim Baden in stehenden Gewässern Haut, Schleimhäute, Magen und Darm reizen, Allergien auslösen, die Leber schädigen oder neurotoxisch und tumorfördernd wirken. Der oralen Aufnahme kommt aus Sicht des Gesundheitsschutzes die größte Bedeutung zu. Im Uferbereich spielende Kleinkinder oder im Wasser tobende Schulkinder sind dabei eine besondere Risikogruppe. Bei der regelmäßigen Kontrolle von Badestellen wird anhand eines Stufenschemas das Vorhandensein giftiger Cyanobakterien geprüft (Leitwert Microcystin) (Umweltbundesamt 2003). In einer Feldstudie zur Verbreitung von Cyanobakterien in den etwa 2000 stehenden Gewässern Baden-Württembergs wurden 155 Gewässer ausgewählt, die auf Grund ihres Phosphat- und Chlorophyllgehaltes der Warnstufe 2 nach den Empfehlungen des Bundesgesundheitsamtes entsprachen (Bundesgesundheitsamt 1997) oder schon unterhalb dieses Kriteriums durch Algenblüten auffielen. In 55 % der untersuchten Gewässer spielten Cyanobakterien eine bedeutende Rolle. In einigen Gewässern war ihr Auftreten nicht an die Jahreszeit gebunden, in den meisten aber erst von Juli bis September zur Hauptbadesaison dominant. In 6 Gewässern fanden sich Werte um oder über dem Grenzwert von 100 µg/l Microcystin, ab dem vom Baden abgeraten oder ein Badeverbot ausgesprochen wird. 16 Gewässer lagen im Warnbereich zwischen 20 und 100 µg/l. Die in Norddeutschland

**Handlungsfeld Gesundheit**

zugewanderte tropische Art *Cylindrospermopsis raciborskii* konnte dabei noch nicht gefunden werden (Wolf et al. 2002). Es wurden inzwischen große Anstrengungen zur Sanierung betroffener Weiher und Seen unternommen, die aber noch nicht abgeschlossen sind (etwa das „Aktionsprogramm zur Sanierung oberschwäbischer Seen“). Allerdings gefährdet die starke Nachfrage nach Acker- und Grünflächen zunehmend die zur Begrenzung des Nährstoffeintrages sehr erfolgreichen Flächenextensivierungsverträge (Strehle und Westermayer 2011).

Die **Herbstmilbe** (*Neotrombicula autumnalis*) kommt in den Sommermonaten in niedriger Vegetation (Gras- und Krautschicht) vor. Sie verursacht beim Menschen eine juckende und pustulöse, bei empfindlichen Personen gelegentlich auch fieberhafte Hautentzündung (Erntekrätze) (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft 2004; Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg 2010). Bei verlängerter Vegetationsperiode ist mit einer längeren Kontaktphase zu rechnen (Schöler 2003). Zudem breitet sich *Neotrombicula autumnalis* derzeit vielerorts im städtischen Grün aus und erfasst so zunehmende Teile der Bevölkerung. Eine nachhaltige Bekämpfung ist gemäß derzeitigem Wissenstand kaum möglich. Besonders vulnerabel sind Garten-, Straßen- und Bahnarbeiter, Kleingärtner und Forstleute, Garten- und Parkbesucher, im Gras spielende Kinder, Camper, Soldaten. Wenn keine komplette Meidung bekannter Befallsgebiete möglich ist, bieten dicht schließende Bekleidung, Stiefel, Insektenabwehrsprays und -lotionen zum Auftragen auf die Haut oder insektizidimpregnierte Gamaschen und Hosen einen guten Schutz. (Kampen 2002; Faulde und Mross 2008). Hinsichtlich einer möglichen Vektorrolle von *Neotrombicula autumnalis* als Überträger von Borreliose-Erregern gibt es derzeit keine ausreichenden Daten. (Kampen 2010)

Bezüglich des **Eichenprozessionsspinners** (*Thaumetopoea processionae*) ergibt sich anhand seiner Verbreitung in den dichter besiedelten tieferen Lagen (siehe Abb. 5-23) prinzipiell eine Vulnerabilität größerer Teile der Bevölkerung. Besondere Risikogebiete für die Etablierung des Pinienprozessionsspinners (*Thaumetopoea pityocampa*) sind ebenfalls dicht besiedelte urbane Wärmeinseln der Rheinebene sowie um Stuttgart und Karlsruhe bis ins Kraichgau und der untere Teil der Hohenloher Ebene (s. Abb. 5-23). Nach Massenvermehrungen des Schwammspinners (*Lymantria dispar*) 1993-1994 und 2005 fluktuiert dessen Population derzeit auf niedrigem bis mittlerem Niveau mit einigen lokalen Herden, häufig vergesellschaftet mit Eichenprozessionsspinner (Schröter et al. 2010; Schröter et al. 2012; Schröter et al. 2011). Im Rahmen der Klimaszenarien verstärken sich die Voraussetzungen für erneute Massenvermehrungen in Laubwäldern und Obstanlagen der trocken-warmen tieferen Lagen. Goldafter (*Euproctis chrysorrhoea*) kann sich ebenfalls siedlungsnah an Obstbäumen in Gärten und Streuobstwiesen, aber auch an Weißdorn,

**Handlungsfeld Gesundheit**

Ahorn und Eichen entlang von Verkehrswegen ausbreiten. Qualitativ ähneln sich die gesundheitsschädlichen Wirkungen der Raupen dieser genannten Schmetterlinge. Besonders intensiv aber wirken die Brennhaare von Eichen- und Pinienprozessionsspinner-Raupen. Es kommt zu stark juckenden Hautentzündungen, Reizungen der Augenbindehaut, Schleimhäute und Atemwege, in schwereren Fällen zu allgemeinem Unwohlsein, Fieber, Lungenfunktionsstörungen und anaphylaktischem Schock. Vorrangig betroffen sind Forstpersonal, Landwirte, Gärtner, Straßen- und Bahnarbeiter, Spaziergänger, Jogger, Radfahrer, Anwohner von Parks, Wäldern und Allees, Kinder und Beschäftigte in Waldkindergärten. Eine besondere Sensitivität besteht bei Asthmatikern und Allergikern (Diaz 2005; Maier 2013, 2012; Utikal et al. 2009; Hossler 2010a, 2010b; Burri und Schniepper 2006; Bédry und Gromb 2009; Vega et al. 2004; Olivieri et al. 2012). Nach kürzlich veröffentlichten Erhebungen zu Erkrankungen durch Eichenprozessionsspinner-Raupen in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern ist dies bei 10 bis 33 % der Fälle mit Arbeits- und Kita- beziehungsweise Schulunfähigkeit sowie bis zu etwa einem Prozent mit Krankenhauseinweisung verbunden (2012er Daten von 3673 Patienten im Land Brandenburg und 109 im Landkreis Ludwigslust/Parchim, Mecklenburg-Vorpommern) (Baeker und Korn 2013; Gloya 2013). Eine Befragung im 500-m-Umkreis von drei befallenen Einzelbäumen einer Vorstadtregion ergab bei etwa 6 Prozent der Anwohner ein oder mehrere typische Symptome (Maier et al. 2003). In einem nordwestspanischen Befallsgebiet des Pinienprozessionsspinners fand sich eine Prävalenz von Hautreaktionen um 9 % (von etwa 4 % in städtischer bis 12 % in ländlicher Umgebung) (Vega et al. 2003; Vega et al. 2011). Für eine wirtschaftliche Bewertung von Maßnahmen gegen den Pinienprozessionsspinner in Portugal wurde für ein Prozent der Besucher eines Befallsgebietes mit eintägigen Krankenhausaufenthalten gerechnet (Gatto et al. 2009). Die Kontrolle der Schmetterlingspopulation erfolgt unter forstlichen und hygienischen Aspekten mit integrierten Ansätzen zur Erhöhung der Schadresistenz von Gehölzen, chemischen, biologische und mechanischen Bekämpfungsmethoden (Berendes und Bräsicke 2013; Heesche-Wagner 2013). Neben Meidung bekannter Befallsgebiete ist eine ausreichende Expositionsminderung nur mit komplett geschlossener Schutzkleidung (Einwegschutzanzüge) inklusive FFP2-Maske und Handschuhen möglich.

**Dringlichkeit:** Zur Verminderung der Vulnerabilität gegenüber klimabedingten Veränderungen in der Auseinandersetzung mit tierischen und pflanzlichen Toxinen ist der Schutz von Beschäftigten im Außenbereich von mittlerer Priorität. Hier besteht noch Entwicklungsbedarf zum Einsatz Insekten abwehrender Schutzbekleidung (Roßbach 2011), zur Bekämpfung von Zerkarien und zu integrierten Stufenschemata für die selektive Bekämpfung gesundheitsschädlicher Schmetterlingsraupen. Teilweise trifft dies auch auf den

### Handlungsfeld Gesundheit

Freizeitbereich zu. Ansonsten ist mittelfristig die Aufklärung der Bevölkerung über verstärkt auftretende Gefahren durch giftige Pflanzen und Tiere auszubauen (siehe auch Maßnahmenblatt 5).

#### 5.3.2 Kosten für Anpassungsmaßnahmen bzw. mögliche Kosten bei ausbleibender Anpassung

Quantitative Angaben zu den Kosten der Anpassungsmaßnahmen sind nicht möglich.

Generell sind folgende Kosten zu berücksichtigen:

- individuelle und berufliche Kosten für Schutzausrüstung,
- Kosten für veränderte Verhaltens- und Ablauforganisation
- Investitionen in Forschung und Informationsdienste
- Kosten für Bekämpfung toxischer/allergener Pflanzen und Tiere
- Kosten für die Begrenzung eutrophierender Einträge in Gewässer
- Kosten für die Bereitstellung von Arzneimitteln / Antidota

Von Born et al. (Born et al. 2012) wurde eine Abschätzung der Gesundheitskosten durch *Ambrosia* vorgenommen. Nach dieser Abschätzung betragen die Kosten für einen Pollenallergiker pro Jahr zwischen 1 161 und 1 683 €. Unter der Annahme, dass sich die Beschwerdezeit bei diesen Patienten aufgrund der Ausbreitung der *Ambrosia* um 3 Monate verlängert, erhöhen sich die Kosten für diese Patienten um 290 - 421 €. Geht man davon aus, dass 12 % aller Pollenallergiker (bei einer Gesamtzahl von 17 Mio. Pollenallergikern) gegenüber *Ambrosia* sensibilisiert sind, würden sich dadurch Zusatzkosten in Höhe von 600-860 Mio. €/Jahr ergeben.

Bei ausbleibender Anpassung ist mit folgenden Kosten zu rechnen:

- längere Krankheitsdauer bei Allergikern durch Ausbreitung der allergenen Pflanzen einerseits und Verlängerung der Vegetationsperiode andererseits;
- Arbeitsausfall; Erhöhung der Kosten für Diagnostik und Therapie.

#### 5.3.3 Anpassungsoptionen, die nicht berücksichtigt wurden

Einfluss auf die Ausbreitung und Etablierung von *Ambrosia* kann die landwirtschaftliche Praxis haben. *Ambrosia* hat sich in Ungarn bisher vor allem im Mais- und Sonnenblumenanbau etabliert. Im Maisanbau (Einkeimblättrige) kann *Ambrosia* als dikotyle Pflanze (Zweikeimblättrige) effektiv über Herbizide eradiziert werden. Vermehrter Herbizideinsatz wäre die Folge. Auf Sonnenblumenfeldern ist ein Herbizideinsatz in der Fläche nicht möglich, weil auch die Sonnenblumen Schaden nehmen. In Ungarn wurden

### Handlungsfeld Gesundheit

erfolgreiche Strategien zur punktuellen Applikation zwischen den Kulturpflanzen mit Erfolg etabliert.

In Deutschland sind Zuckerrübenfelder für eine Etablierung der Ambrosie prädestiniert - auch hier ergibt sich das Problem, dass Herbizide auch die Kulturpflanze schädigen würden.

Die Landwirtschaft kann durch die Art der landwirtschaftlichen Praxis erheblichen Einfluss auf die Etablierung der Ambrosie in Baden-Württemberg haben. Daher sollte hier Handlungsfeld-übergreifend gehandelt werden.

#### 5.3.4 Kenntnisdefizite und Forschungsbedarf

Kenntnisdefizite bzw. Forschungsbedarf bestehen zu folgenden Aspekten:

- Ausmaß der allergenen Potenz von *Ambrosia* bei Nichtallergikern zur Abschätzung der Vulnerabilität der Gesamtbevölkerung.
- Ausmaß der Zunahme der manifesten Allergien gegen *Ambrosia*.
- Weitere Aufklärung der Ausbreitungsbedingungen für *Ambrosia*.
- Die Frage, inwieweit eine Ausbreitung der Pflanze auf landwirtschaftlichen Flächen in Baden-Württemberg möglich ist.
- Die Frage nach dem Einfluss der Anbau-Art und des Fruchtwechsels. In Ungarn etablierte sich *Ambrosia artemisiifolia* insbesondere auf Sonnenblumenfeldern, wo der Herbizid-Einsatz problematisch ist (dikotyles "Unkraut"), und auf Maisfeldern, wo ein Herbizideinsatz möglich ist.
- Die Frage, ob sich *Ambrosia* im Zuckerrüben-Anbau etablieren kann.
- Weiterentwicklung spezifischer, gesundheits- und umweltverträglicher Bekämpfungsstrategien gegen Prozessionsspinner.
- Aufklärung der Ausbreitungsbedingungen von Herbstmilben (*Neotrombicula autumnalis*).
- Aufklärung der Vektorkompetenz von *Neotrombicula autumnalis*.
- Entwicklung spezifischer Bekämpfungsstrategien gegen *Neotrombicula autumnalis*.
- Weiterentwicklung und Klärung der Einsatzbedingungen von Insekten abwehrender Schutzbekleidung.
- Weiterentwicklung von Maßnahmen zur Verminderung der Badedermatitis-Belastung und von Schutzmitteln gegen Zerkarien.

## 5.4 Luftschadstoffe

### 5.4.1 Anpassungswissen

#### 5.4.1.1 Abschätzung der Exposition

Bei der Einwirkung von kurzwelliger Sonnenstrahlung (Wellenlänge  $< 410$  nm) auf Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) wird atomarer Sauerstoff abgespalten, der mit den Luftsauerstoffmolekülen zu Ozon ( $\text{O}_3$ ) reagiert. Stickstoffmonoxid, das in diesem Prozess gebildet wird, aber auch aus dem Straßenverkehr stammt, kann mit Ozon wieder zu Stickstoffdioxid und Sauerstoff zurückreagieren, bis sich ein Gleichgewicht eingestellt hat. Die schnelle Reaktion zwischen  $\text{NO}$  und  $\text{O}_3$  ist im Übrigen dafür verantwortlich, dass in der Nähe kräftiger Emissionsquellen wie z. B. Hauptverkehrsstraßen niedrigere Ozonkonzentrationen gemessen werden. Diese gehen, vor allem nachts, stark zurück. Im Gegensatz dazu verbleiben in ländlichen Gebieten, die durch  $\text{NO}$  weniger belastet sind, höhere Ozonkonzentrationen.

Hohe Ozonkonzentrationen treten vor allem dann auf, wenn in den bodennahen Luftschichten Peroxyd-Radikale ( $\text{RO}_2$ ) vorhanden sind, die  $\text{NO}$  zu  $\text{NO}_2$  oxidieren können, ohne dass hierfür Ozon verbraucht wird. Aus diesem  $\text{NO}_2$  wird aber unter Sonneneinstrahlung zusätzliches Ozon gebildet - die Ozonkonzentration nimmt weiter zu. Peroxyd-Radikale entstehen unter anderem als photochemische Abbauprodukte flüchtiger Kohlenwasserstoffe. Diese flüchtigen Kohlenwasserstoffe (englisch: *volatile organic compounds* = VOC) können sowohl aus biogenen Quellen wie z. B. Wäldern oder aus Kulturpflanzen (nachwachsenden Rohstoffen) stammen als auch anthropogener Herkunft sein, z. B. aus dem Straßenverkehr, der Kraftstoffgewinnung oder aus Lösemitteln (Abb. 5-24). Die bedeutende Rolle von biogenen Emissionen bei der sommerlichen Ozonentstehung ist erst in den letzten Jahren durch Forschungsarbeiten neu bewertet worden und wurde bisher weitgehend unterschätzt (LUBW-*website*: Entstehung von bodennahem Ozon. März 2009).

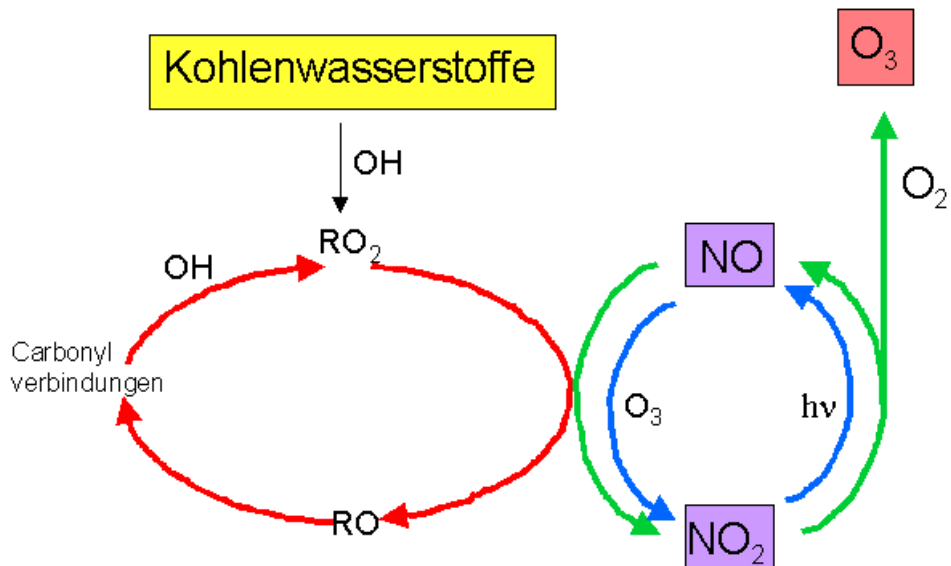
Für hohe Ozonkonzentrationen müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- Stickstoffoxiden und VOC müssen in genügenden Konzentrationen vorhanden sein
- Die Sonne muss intensiv einstrahlen
- Eine sommerliche windschwache Wetterlage muss mehrere Tage andauern

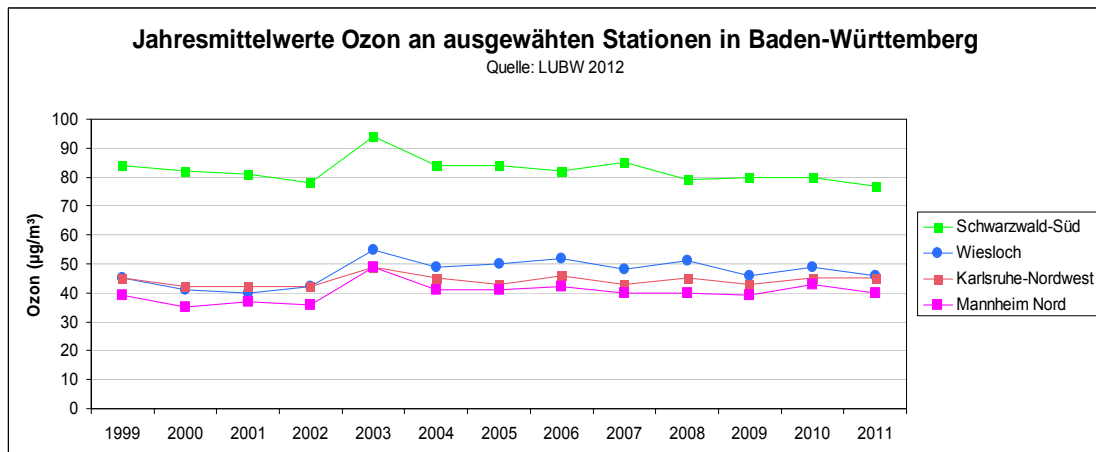
Die höchsten Jahresmittelwerte für Ozon (ermittelt aus den kontinuierlich gemessenen 1-h-Werten) werden in Baden-Württemberg an der Station Schwarzwald-Kälbelescheuer gemessen (Abb. 5-25 bis 5-27). Hier sanken die Jahresdurchschnittskonzentrationen im letzten Jahrzehnt von Werten zwischen  $80$  und  $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$  auf Werte knapp unter  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; eine Ausnahme stellte das Jahr 2003 mit einem Jahresmittelwert von  $94 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dar. Im

**Handlungsfeld Gesundheit**

städtischen Hintergrund lagen die Jahresmittelwerte überwiegend im Bereich zwischen 35 und 55  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; auch hier traten die höchsten Konzentrationen im Jahr 2003 auf. Im städtischen Hintergrund ist ebenfalls in den letzten Jahren ein leichter Rückgang zu erkennen.



**Abb. 5-24 Bildungsmechanismen von Ozon in der Troposphäre**  
(nach <http://www.espere.net/Germany/ozone/Ozoesmog/ozoneformation.html>)

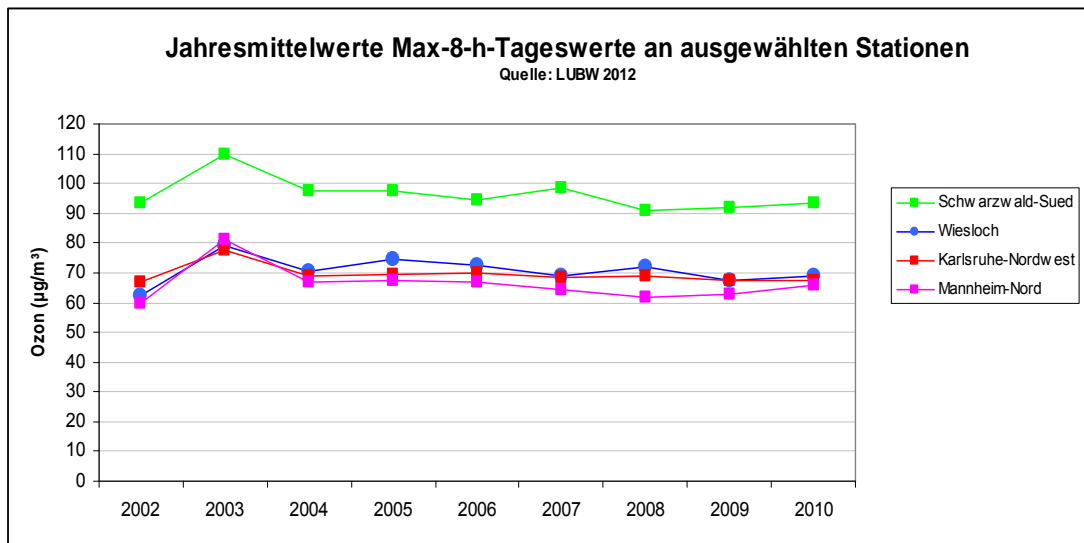


**Abb. 5-25 Jahresmittelwerte von Ozon an ausgewählten Stationen in Baden-Württemberg**

Neben den 1-h-Werten werden an den Messstellen auch über gleitende Messungen die maximalen-8-h-Tagesmittelwerte erfasst (Abb. 5-26). Aus diesen Messwerten können ebenfalls Jahresmittelwerte gebildet werden, die insgesamt um 15 - 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  über den

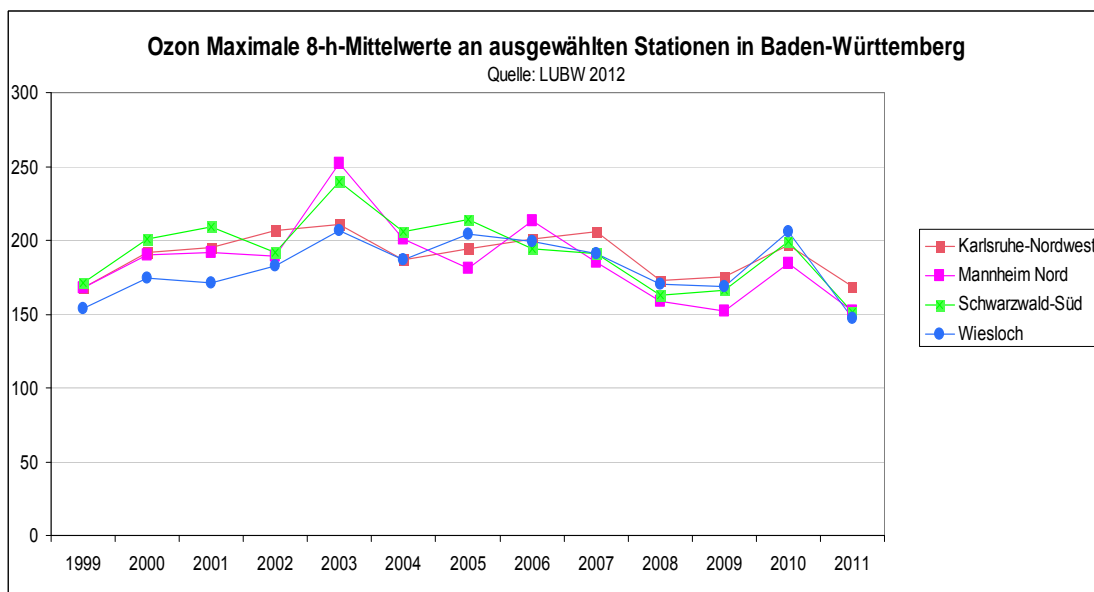
**Handlungsfeld Gesundheit**

Jahresmittelwerten der 1-h-Messungen liegen, da hierbei die niedrigen Ozonwerte während der Nacht nicht berücksichtigt werden.



**Abb. 5-26 Jahresmittelwerte der maximalen 8-h-Tageswerte an ausgewählten Stationen in Baden-Württemberg**

Bei der Ozonbelastung sind aus lufthygienischer Sicht die kurzfristigen maximalen Spitzenkonzentrationen (maximale 8-h-Mittelwerte) von größerer Bedeutung als die Jahresmittelwerte. Der Trend der letzten Jahre zeigt, dass auch die kurzfristig erhöhten Ozonbelastungen in Baden-Württemberg insgesamt abnehmen (Abb. 5-27).



**Abb. 5-27 Maximale 8-h-Mittelwerte an ausgewählten Stationen in Baden-Württemberg**



**Handlungsfeld Gesundheit**

Sowohl die Spitzenkonzentrationen als auch die Anzahl der Überschreitungstage der Informationsschwelle von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Ozon gingen in den vergangenen Jahren zurück. Die Alarmschwelle von  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Ozon wurde seit dem Jahr 2008 nicht mehr überschritten. (LUBW 2009, 2012). Am häufigsten traten die Ozon-Spitzenkonzentrationen im nördlichen Rheintal (Mannheim, Karlsruhe, Eggenstein) auf. (LUBW 2011).

Auch im bundesdeutschen Durchschnitt haben die Ozonspitzenkonzentrationen in den letzten Jahren leicht abgenommen. Dieser Rückgang ist im Wesentlichen auf die drastische Emissionsminderung der Ozonvorläuferstoffe sowohl in Deutschland (zwischen 1990 und 2003 bei  $\text{NO}_x$  um 50 % und NMVOC um 59 %) als auch in den europäischen Nachbarstaaten zurückzuführen und weniger auf meteorologische Einflüsse (Umweltbundesamt 2005, S. 7)<sup>71</sup>.

Da die Entstehung von Ozon durch eine kräftige Sonneneinstrahlung unterstützt wird, ist ein Zusammenhang zwischen der Ozonkonzentration und hohen Temperaturen naheliegend. Für den Industriestandort Duisburg-Walsum wurden für die Zeit zwischen 1984 und 2007 die Zusammenhänge zwischen dem Maximum der Tagestemperatur und dem Maximum der Ozonkonzentration untersucht (Kuttler 2011). Dabei wird deutlich, dass die Ozonkonzentrationen oberhalb von  $20^\circ\text{C}$  sehr stark mit zunehmender Lufttemperatur ansteigen. Neben der Sonneneinstrahlung spielt dabei wohl auch die verstärkte Freisetzung von biogenen VOC bei erhöhten Temperaturen eine wichtige Rolle.

Bei den partikulären Luftbelastungen ( $\text{PM}_{10}$ ) ist in Baden-Württemberg im letzten Jahrzehnt sowohl an verkehrsreichen Straßen als auch im städtischen und ländlichen Hintergrund eine leichte Abnahme der Immissionsbelastung beim Jahresmittelwert von  $\text{PM}_{10}$  zu erkennen. Hier traten die höchsten Konzentrationen jeweils in den Wintermonaten auf; während der warmen Jahreszeit waren die  $\text{PM}_{10}$ -Konzentrationen vergleichsweise niedrig (Abb. 5-28).

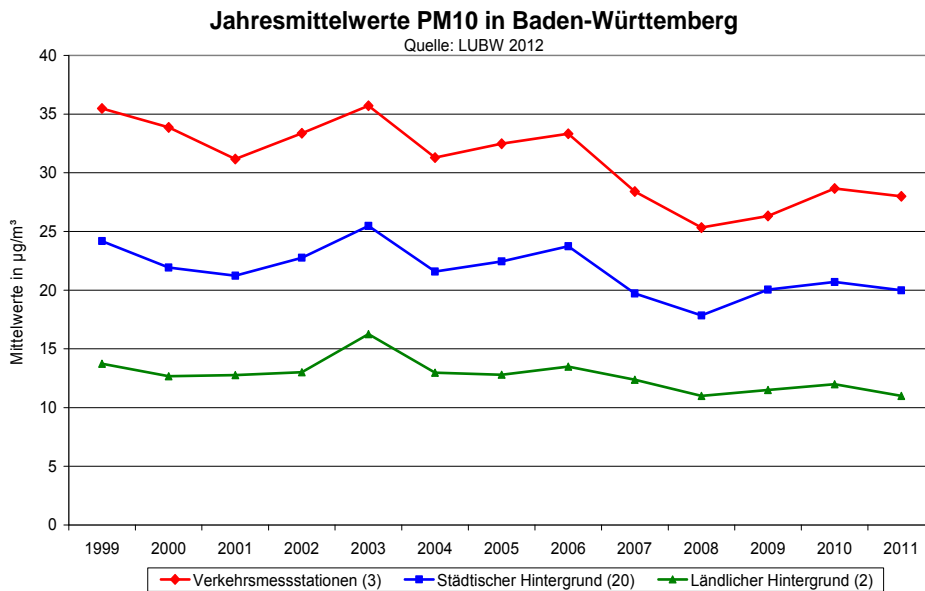
An einzelnen Messstellen wurde der Anteil verschiedener Quellen für die Immissionsbelastung von  $\text{PM}_{10}$  über zusätzliche Messungen abgeschätzt; danach lag der Anteil der Holzfeuerungen an der straßennahen Messstelle in Unterjesingen bei bis zu 30 % (LUBW 2010). Abhängig von der Region, der Jahreszeit und den Witterungsbedingungen (z.B. Inversionswetterlagen in Tälern) kann die mit Holzfeuerungen verbundene Immissionsbelastung teilweise beträchtliche Ausmaße annehmen (Prévôt 2006). Für 2007 wurden die Gesamt- $\text{PM}_{10}$ -Emissionen in Baden-Württemberg auf 17 kt geschätzt, wobei der Anteil des Straßenverkehrs 21 % (3,5 kt) und der Anteil der privaten Haushalte 24 % (4,2 kt) betrug. Dabei sind etwa zwei Drittel (ca. 2,8 kt) den Feinstaub-Emissionen aus den privaten Haushalten der Holzverbrennung zuzuordnen (Schmauz 2009a). Insgesamt kann davon

---

<sup>71</sup> NMVOC sind flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (non-methane volatile organic compounds)

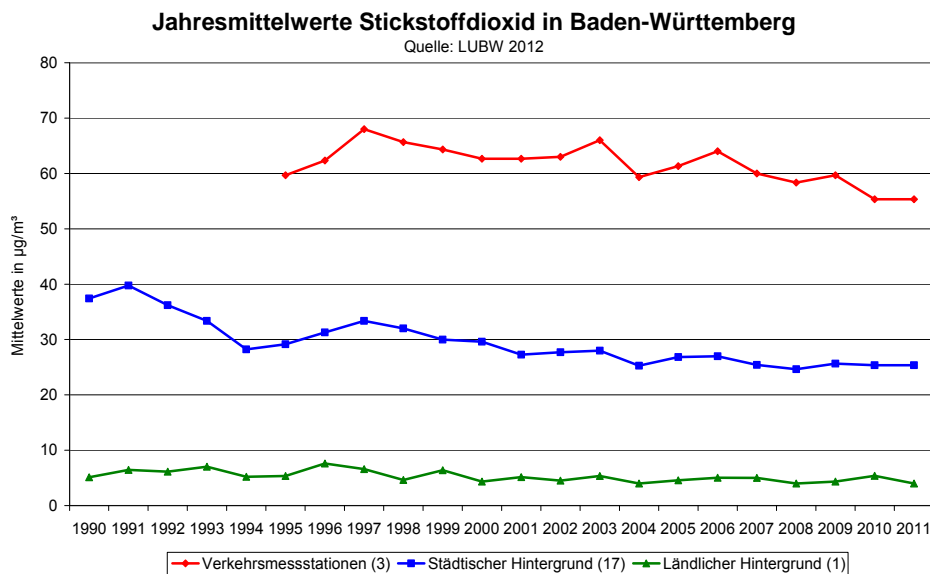
**Handlungsfeld Gesundheit**

ausgegangen werden, dass ca. 3 Mio. m<sup>3</sup> Brennholz pro Jahr in Kleinf Feuerungsanlagen in Baden-Württemberg verbrannt werden (Redmann 2010); pro m<sup>3</sup> Brennholz werden demnach durchschnittlich knapp 1 kg Feinstaub emittiert.



**Abb. 5-28 Jahresmittelwerte von PM<sub>10</sub> in Baden-Württemberg**

Auch die Stickstoffdioxid-Belastung der Luft ist leicht rückläufig. Ebenso wie bei den partikulären Luftbelastungen wurden die höchsten Stickstoffdioxid-Belastungen in den Wintermonaten gemessen (Abb. 5-29).



**Abb. 5-29 Jahresmittelwerte von Stickstoffdioxid in Baden-Württemberg**

Für die flüchtigen Kohlenwasserstoffe, die als Ozonvorläuferstoffen in Frage kommen, liegen für Baden-Württemberg Messungen des Umweltbundesamtes auf dem Schauinsland für die Jahre 2005 bis 2009 vor. Hier wurden im Jahresmittel Werte im Bereich von 5 ppb gemessen (persönliche Mitteilung der LUBW); ein zeitlicher Trend war während dieses Messzeitraums nicht erkennbar.

#### **5.4.1.2 Einflussfaktoren für die Entstehung der Luftschadstoffe**

##### **Ozon**

Generell wird davon ausgegangen, dass höhere Lufttemperaturen im Zuge des Klimawandels die chemischen Bedingungen zur Bildung von Ozon begünstigen. Mit einer Temperaturerhöhung ist aber auch eine höhere spezifische Luftfeuchtigkeit verbunden, die den Zerfall von Ozon begünstigt (WHO Regional Office for Europe 2008). Neben der Temperatur haben besonders stagnierende Wetterlagen – stabile windschwache Hochdruckgebiete – einen großen Einfluss. Dabei muss mit starken regionalen Unterschieden gerechnet werden (Noyes et al. 2009). Die Bildung von Ozon ist dabei jedoch wesentlich von den zukünftigen Einträgen an Ozonvorläuferstoffen abhängig. Geht man von gleichbleibenden Emissionen der Vorläuferstoffe aus, so ist mit dem Klimawandel auch eine Erhöhung der Ozonkonzentration zu erwarten (Ebi und McGregor 2008). Sofern die Emissionen anthropogener Einträge aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe und Biomasse und aus landwirtschaftlichen Aktivitäten zunehmen, ist auch mit einer Zunahme von Ozon in den Belastungsgebieten zu rechnen (Tang et al. 2011).

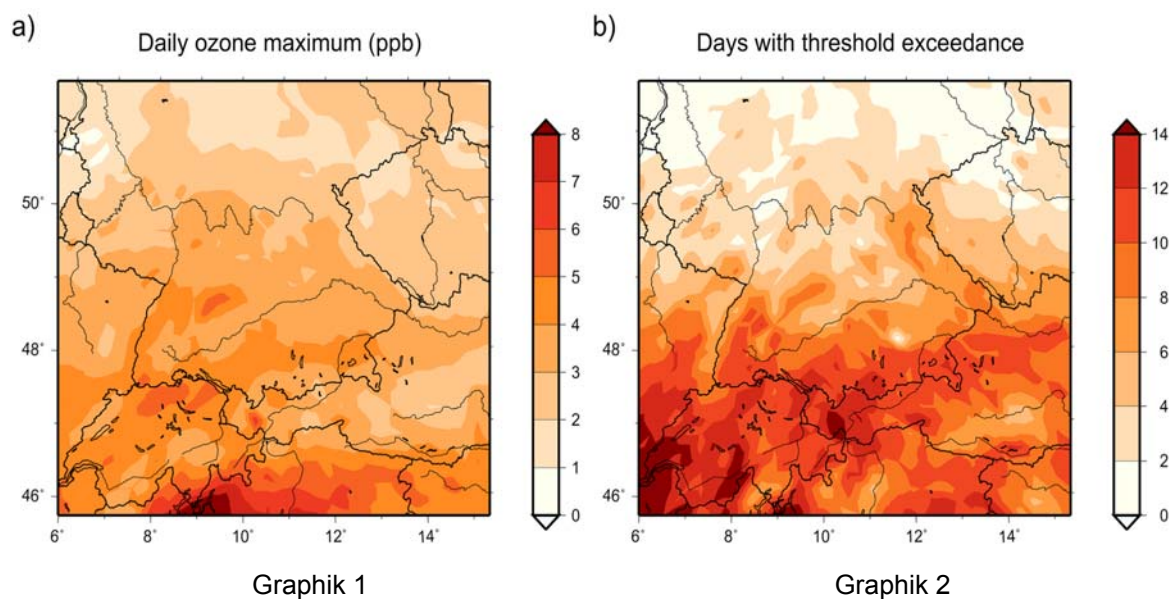
Allerdings sind die emissionsbedingten Änderungen der Luftqualität wesentlich unsicherer vorhersehbar als die klimabedingten Änderungen (Fiore et al. 2012; Tang et al. 2011). Je nach Entwicklung der Ozonvorläuferstoffe wird für das Vereinigte Königreich für die nahe Zukunft (2030) bei einem Temperaturanstieg von 0,7 °C von einer Abnahme der Ozonkonzentration um 5 % bis zu einer Zunahme um 15 % ausgegangen (Stevenson et al. 2006).

Innerhalb von Europa werden für die Zukunft regional unterschiedliche Entwicklungen hinsichtlich der Ozonkonzentration erwartet. So gehen Modellrechnungen für den Zeitraum von 2021 bis 2050 davon aus, dass der Klimawandel nur geringe Auswirkung auf die Ozonkonzentration in Nordeuropa hat, aber in Südeuropa zu einer deutlichen Erhöhung der Ozonkonzentration führt (Engardt et al. 2009). Die Modellierungen für den Ozonanstieg (als Jahresmittelwert) liegen je nach Szenario und Studie für die nahe Zukunft (2030) bei 5 - 7 ppb (10 - 14 µg/m<sup>3</sup>) und für die ferne Zukunft zwischen 0 und 18 ppb (0 - 36 µg/m<sup>3</sup>).

**Handlungsfeld Gesundheit**

Unsicherheiten in der Abschätzung ergeben sich dabei insbesondere im Hinblick auf die biogenen Isopren-Emissionen, die von der Entwicklung der Landnutzung und der Landwirtschaft beeinflusst werden, als auch im Hinblick auf den zukünftigen Verlauf der anthropogenen VOC-Emissionen. Bei den biogenen VOC-Emissionen ist ein Anstieg mit zunehmenden Temperaturen zu erwarten. Insofern könnte der vermehrte Anbau nachwachsender Rohstoffe eine Erhöhung der Ozonkonzentration zur Folge haben (Jacob und Winner 2009).

Die WHO (Regionalbüro Europa) geht in ihrer Einschätzung zu Ozon davon aus, dass die regionalen Unterschiede der Ozonkonzentrationen in Europa in der nächsten Dekade zurückgehen. Für Norditalien, Deutschland, Südfrankreich und die Schweiz wird dabei eine Abnahme um 20 - 30 % prognostiziert, während in den skandinavischen Länder und auf den Britischen Inseln die Ozonkonzentration ansteigen soll (WHO Regional Office for Europe 2008).



**Abb. 5-30** Differenz (Graphik 1) der Mittelwerte des täglichen Ozon-Maximums und (Graphik 2) der Anzahl der Tage mit Überschreitungen des Schwellenwertes von  $120\mu\text{g}/\text{m}^3$  für die 8-h-Mittelwerte von 2031-2039 und 1991-2000 für die Monate Juni bis August (Forkel und Knoche 2006)

Speziell für Süddeutschland gibt es eine Modellierung der zukünftigen Ozonkonzentration für ein Emissionsszenario zwischen A2 und B2 (was dem Szenario A1B wohl relativ nahe kommt) mit einem prognostizierten mittleren Temperaturanstieg um  $2^\circ\text{C}$  zwischen 1990 und 2030 (Forkel und Knoche 2006) (Abb. 5-30-1). Bei gleichbleibenden VOC-Emissionen wird dabei eine Erhöhung der täglichen Ozon-Maximalwerte zwischen Juni und August erwartet, am stärksten in der Region um Stuttgart (ca. 10 bis  $12\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und im Rheintal bzw. in

**Handlungsfeld Gesundheit**

Oberschwaben (ca. 8 bis 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Entsprechend ist mit einer Zunahme der Tage mit Überschreitungen von 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (8h-MW) im Süden von Baden-Württemberg um 10-12 Tage, im Norden um 2-4 Tage zu rechnen, bei Überschreitungen von 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  um den Faktor 4. Dabei wird angenommen, dass der höchste Temperaturanstieg im Rheintal erfolgt (Abb. 5-30-2). Hinsichtlich der biogenen VOC-Emissionen wird darauf hingewiesen, dass Isopren von Nadelwäldern in geringerem Maß emittiert wird als von Mischwäldern bzw. von reinen Buchenwäldern. Insofern könnte der geplante Umbau der Wälder mit einer stärkeren Förderung des Buchenanbaus eine Erhöhung der Ozonkonzentration zur Folge haben.

**Feinstaub**

Stationäre, austauscharme Hochdruckwetterlagen (sog. Inversionswetterlagen) sind die Basis für Episoden mit erhöhten Feinstaubkonzentrationen ( $\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2.5}$ ). Die Feinstaubkonzentrationen können besonders ansteigen, wenn diese Phasen länger anhalten und niederschlagsarm sind. Im Winter wird das Problem dadurch verschärft, dass es während dieser austauscharmen Wetterlagen häufig sehr kalt ist und daher durch Kleinf Feuerungsanlagen von privaten Haushalten die Feinstaubemissionen erhöht werden. (Bundesumweltministerium et al. 2011, S. 20). Bei der Konzentration der partikulären Luftschadstoffe besteht kein direkter Zusammenhang mit dem Temperaturanstieg durch den Klimawandel. Die möglichen Auswirkungen veränderter klimatischer Bedingungen sind wesentlich komplizierter und unsicherer. Je nach deren konkreter Ausprägung ist eine Erhöhung oder eine Verringerung möglich. Eine Korrelation zwischen der Feinstaubkonzentration und der Temperatur, wie sie beim Ozon zu erkennen ist, tritt hier nicht in Erscheinung (Kuttler 2011). Eine Zunahme der Windgeschwindigkeiten und der Emission von VOC aus Pflanzen erhöhen die Partikelkonzentration – ebenso stagnierende Wetterlagen. Auswaschung durch Regen hingegen verringert die Konzentrationen, besonders im Winter, wo einerseits die Partikelbelastung besonders hoch ist, andererseits aber auch eine Zunahme des Niederschlags erwartet wird. Bei höheren Lufttemperaturen ist wegen des geringeren Heizungsbedarfs eine Abnahme der Feinstaubemissionen aus privaten Haushalten zu erwarten, eine Zunahme der Holzverbrennung in privaten Haushalten könnte diesem Trend entgegenwirken. In der Summe könnte sich durch diese teilweise gegenläufigen Effekte sowohl eine Senkung als auch eine Erhöhung der Partikelkonzentration ergeben (Hessisches Ministerium für Umwelt 2012, S. 29). Zunehmende Waldbrände könnten dagegen zu einem Anstieg der Partikelkonzentrationen führen. (Jacob und Winner 2009).

**Stickoxide**

Als reaktive Stoffe spielen Stickoxide eine wichtige Rolle in der Luftchemie der unteren Atmosphäre – unter anderem bei der Ozon- und Partikelbildung. Diese Reaktionen sind

**Handlungsfeld Gesundheit**

temperaturabhängig und werden daher durch den Klimawandel beeinflusst. Auf Grund der Komplexität des Stickstoffkreislaufs kann jedoch nicht im Einzelnen angegeben werden, ob sich in Abhängigkeit von der Temperaturzunahme eine Steigerung oder Reduktion der NO<sub>x</sub>-Konzentration ergibt (Hessisches Ministerium für Umwelt 2012, S. 30).

Die im Rahmen der EU-Richtlinie zu den Luftschadstoffen vorgesehenen Maßnahmen der Luftreinhaltung, insbesondere die Vorgaben der EU-Norm 6 für die Emissionen von Kraftfahrzeugen lassen einen Rückgang der NO<sub>x</sub>-Konzentrationen in der Zukunft erwarten.

**5.4.1.3 Wirkung der Luftschadstoffe auf die Gesundheit des Menschen**

Erhöhte Ozonkonzentrationen führen zu entzündlichen Reaktionen an den Atemwegen, wobei neben akuten Einflüssen möglicherweise auch chronische Belastungen eine Rolle spielen. Es kommt zu Reizungen der Schleimhäute (Atemwege und Augen), einer Verschlechterung der Lungenfunktion und einer Beeinträchtigung der physischen Leistungsfähigkeit. Episoden erhöhter Ozonkonzentrationen stellen bei Personen mit erhöhter bronchialer Reaktivität (z. B. Asthmakranke, Pollenallergiker) ein besonderes Problem dar, da in solchen Phasen auch die Sensitivität gegenüber Allergenen erhöht ist. (Bundesumweltministerium et al. 2011, S. 21). Verschiedene Studien zeigen nicht nur bei Kindern, sondern auch bei Erwachsenen negative Auswirkungen auf Asthmasymptome bei Patienten mit überempfindlichen Bronchialsystemen und Asthma (Just et al. 2002; McConnell et al. 2002; Mortimer et al. 2002; Sunyer et al. 2002). Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass Ozon an Pflanzenpollen zu einem veränderten Allergenmuster und einer Verstärkung der allergenen Wirkung der Pollen führen kann (Bundesumweltministerium et al. 2011, S. 21). Ca. 10 - 20 % der Bevölkerung reagieren besonders empfindlich auf Ozon, ohne dass hierfür ein spezieller Grund angegeben werden kann.

Während in kontrollierten Kammerversuchen unter körperlicher Aktivität eine Einschränkung der Lungenfunktion ab 160 µ/m<sup>3</sup> gemessen wurde, waren in epidemiologischen Untersuchungen (bei Anwesenheit von anderen Schadstoffen) bereits ab 100 µg/m<sup>3</sup> vorübergehende Einschränkung der Lungenfunktion festzustellen (Umweltbundesamt 2005). Sowohl bei erhöhten Ozonbelastungen wie bei erhöhten Feinstaubkonzentrationen ist eine Häufung von Krankenhauseinweisungen wegen Atemwegs- und Herz-Kreislaufproblemen festzustellen, wobei besonders Kinder und ältere Personen betroffen sind. Die erhöhten Schadstoffbelastungen bewirken neben der Erhöhung der Morbidität auch eine Zunahme der Mortalität. Dies betrifft bei Ozon einerseits eine Erhöhung der Todesfälle durch respiratorische Erkrankungen, die Mortalität bei kardiovaskulären Erkrankungen ist jedoch ebenfalls erhöht.

**Handlungsfeld Gesundheit**

Kinder gelten als Risikogruppe gegenüber Ozon, da bei ihnen die subjektiven Symptome weniger ausgeprägt sind und sie sich in den Sommermonaten häufiger aktiv im Freien aufhalten. Personen mit Atemwegserkrankungen und allergischer Disposition sind ebenfalls als Risikogruppe einzustufen, da bei einer bestehenden Entzündung der Schleimhaut auch die Empfindlichkeit gegenüber Ozon erhöht ist (Schierhorn et al. 2000). Auch gibt es Hinweise dafür, dass Asthmatiker nach einer Ozonexposition empfindlicher gegenüber Allergenen und gegenüber Schwefeldioxid reagieren (Bayram et al. 2002; Knight 2002; Koenig et al. 1990)). Zu den vulnerablen Personen zählen wegen des erhöhten Morbiditäts- und Mortalitätsrisikos neben Kindern auch ältere Personen, insbesondere bei kardiopulmonalen Vorerkrankungen. Personen aus einkommensschwachen Familien sind dabei verstärkt betroffen (Cooley et al. 2012). Als weitere Risikogruppen sind Personen einzustufen, die während der Schönwetterperioden schwere körperliche Arbeit im Freien verrichten (beispielsweise Forstarbeiter, Bauarbeiter, Sportler) (McConnell et al. 2002). Bei einem Anstieg der Ozonkonzentration um  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird eine Zunahme des relativen Risikos der respiratorischen Mortalität von der WHO um 0,23 bis 6,6 % geschätzt (WHO Regional Office for Europe 2006a). Eine Auswertung europäischer Zeitreihen-Studien ergab einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der Höhe der Ozon-Konzentration (8-Stunden-Mittelwert) und der täglichen Gesamt-Mortalität mit einem Anstieg um 0,3 % und bei der kardiovaskulären Mortalität um 0,4 % pro  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Ozon (Umweltbundesamt 2005). Auch von der gemeinsamen WHO/Convention Task Force wurde auf ihrem 7. Meeting im Mai 2004 ein lineares relatives Risiko von 1,003 für eine Zunahme um  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Ozon als maximaler täglicher 8-h-Mittelwert (95% CI 1,001–1,004) aus einer Metaanalyse der WHO abgeleitet. Unklarheiten bestehen nach wie vor über die Höhe einer Wirkungsschwelle bei Ozon. Je nachdem, wo im Modell die Wirkungsschwelle angesetzt wird, ergeben sich unterschiedliche Abschätzungen hinsichtlich der gesundheitlichen Effekte (Vardoulakis und Heaviside 2012). Die WHO schlägt vor, hinsichtlich der Mortalität von Ozon von einer Wirkungsschwelle von  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (maximaler täglicher 8-h-Mittelwert) auszugehen (WHO Regional Office for Europe 2008).

In Abhängigkeit von der angenommenen Erhöhung der Ozonkonzentration und dem gewählten Mortalitätsrisiko kommen die Abschätzungen für die klimabedingten Gesundheitseffekte durch Ozon zu deutlich unterschiedlichen Ergebnissen. Für die USA reicht die Spannbreite der Abschätzung der Ozon-bedingten Todesfälle für das Jahr 2050 im Vergleich zum Jahr 2000 je nach Wahl der Modellparameter von einer Vermeidung von 600 vorzeitiger Todesfälle bis zu einer Zunahme von 2 500 Todesfällen (Post et al. 2012). Unter der Annahme, dass sich die Temperatur im Vereinigten Königreich bis 2080 um 1,1 bis 3,5 °C erhöht, wird mit einer Erhöhung der ozonbedingten Mortalität um 40 % gerechnet, wobei

**Handlungsfeld Gesundheit**

bei dieser Berechnung kein Schwellenwert für die Ozonwirkung angenommen wird. Bis zum Jahr 2020 würde die Mortalität um 10 % (Temperaturerhöhung um 0,6 - 1,4 °C) und bis zum Jahr 2050 um 20 % (Temperaturerhöhung um 0,9 - 2,4 °C) steigen (Ebi und McGregor 2008). Unter dem Emissionsszenario A2 wird für die Perioden 2021-2050 und 2041-2060 für Belgien, Frankreich, Spanien und Portugal eine Zunahme der Ozon-bedingten Mortalität vorhergesagt, während für die nordischen und baltischen Länder ein Rückgang der Ozon-bedingten Mortalität in gleicher Größenordnung errechnet wird (Orru et al. 2012).

Beim Vergleich verschiedener Emissionsszenarien für Europa wird unter dem Szenario A2 eine Zunahme der mittleren Ozonkonzentration (Jahresmittelwert des täglichen maximalen 8-h-Wertes) von 40 ppb (80 µg/m<sup>3</sup>) auf 45 ppb (90 µg/m<sup>3</sup>) bis zum Jahre 2030 prognostiziert, während unter dem Szenario CLE (Beibehaltung der gegenwärtigen gesetzlichen Regelungen) die Ozonkonzentration auf 42 ppb (84 µg/m<sup>3</sup>) steigen und beim Emissionsszenario MFR (maximal mögliche Emissionsminderung) auf 37,3 ppb (74,6 µg/m<sup>3</sup>) fallen soll. Unter der Annahme eines Schwellenwertes von 25 ppb (50 µg/m<sup>3</sup>) für die Ozonmortalität führt damit das Emissionsszenario CLE zu einer jährlichen Reduktion von 12 Todesfällen/1 Mio. Einwohner gegenüber dem Emissionsszenario A2, das Emissionsszenario MFR zu einer jährlichen Reduktion von 18 Todesfällen/1 Mio. gegenüber dem Szenario CLE. Bei Annahme eines höherem Schwellenwertes (50 ppb = 100 µg/m<sup>3</sup>) wird der Unterschied zwischen den Szenarien deutlich kleiner (West et al. 2007).

Für Deutschland wurden für das Jahr 2000 von der WHO 4 150 vorzeitige Todesfälle durch erhöhte Ozonbelastungen abgeschätzt. Unter Annahme des Emissionsszenario CLE (Beibehaltung der gegenwärtigen gesetzlichen Regelung) ist nach der Prognose der WHO bis 2020 mit einem leichten Rückgang der Ozonkonzentration, verbunden mit 3 790 vorzeitigen Todesfällen, zu rechnen. Werden die maximal technisch erreichbaren Maßnahmen zur Ozonminderung angewandt (MTFR-Szenario), wird ein Rückgang auf 2 535 Ozon-bedingte vorzeitige Todesfälle vorausgesagt (WHO Regional Office for Europe 2008). Bei dieser Berechnung wurde ein Schwellenwert von 70 µg/m<sup>3</sup> für die Ozonmortalität zugrunde gelegt.

Legt man die Abschätzung von Forkel et al. für die Ozonkonzentration in den Jahren 2031 bis 2039 zugrunde (Forkel und Knoche 2006), wäre in Baden-Württemberg im Rheintal (zwischen dem Bodensee und Karlsruhe), in Oberschwaben und in der Umgebung von Stuttgart mit einer Erhöhung des täglichen maximalen 8-h-Mittelwertes um 8 - 12 µg/m<sup>3</sup> zu rechnen (siehe dort *Figure 7*). Das Rheintal und der mittlere Neckarraum sind gleichzeitig die am dichtesten besiedelten Gebiete Baden-Württembergs, so dass von einer bevölkerungsgewichteten mittleren Ozon-Zunahme von etwa 10 µg/m<sup>3</sup> ausgegangen werden kann. Die mittlere Sterblichkeit in Baden-Württemberg liegt gegenwärtig bei etwa 600



**Handlungsfeld Gesundheit**

Personen/Jahr, bezogen auf 100 000 Einwohner. Eine Steigerung der Sterblichkeit um 0,3 % durch die Erhöhung der Ozonkonzentration um  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (ohne Berücksichtigung eines Schwellenwertes) hätte damit eine Zunahme von 2 ozonbedingten Todesfällen pro 100 000 Einwohner zur Folge, für die Gesamtbevölkerung von Baden-Württemberg (ca. 10 Mio. Einwohner) wäre damit mit 200 zusätzlichen Todesfällen pro Jahr zu rechnen. Da hierbei kein Schwellenwert für die Ozonmortalität berücksichtigt wurde, ist bei dieser Angabe von einer starken Überschätzung der ozonbedingten Todesfälle auszugehen, insofern können die Angaben eher als Abschätzung für eine maximale Obergrenze angesehen werden.

Feinstäube können ähnlich wie Ozon entzündliche Prozesse an den Atemwegen mit akuten und chronischen Atemwegserkrankungen auslösen; dabei zeigt sich stärker als bei Ozon auch ein Einfluss auf das Herz-Kreislauf-System. In Städten kommt es zu vermehrtem Auftreten von allergischem Schnupfen und Asthma bei Kindern, die an verkehrsreichen Straßen wohnen (Bundesumweltministerium et al. 2011, S. 20). Erhöhte

Feinstaubkonzentrationen ( $\text{PM}_{10}$  bzw.  $\text{PM}_{2,5}$ ) sind ebenfalls mit einer Erhöhung respiratorisch wie kardiovaskulär bedingter Todesfälle verbunden; dabei wird bei einem Anstieg der  $\text{PM}_{10}$ -Konzentration um  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eine Zunahme des relativen Risikos für die Mortalität von 0,6 % prognostiziert (WHO Regional Office for Europe 2006a). Auch hier ist unklar, ab welcher Konzentration eine Wirkungsschwelle auftritt. Wegen der ungewissen Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Feinstaubkonzentration sind quantitative Abschätzungen zur gesundheitlichen Wirkung in diesem Zusammenhang nicht sinnvoll.

Die quantitativen Angaben zum Anstieg des Mortalitätsrisikos bei erhöhten  $\text{PM}_{10}$ -Konzentrationen können zudem nicht ohne Weiteres auf die Feinstaubbelastungen bei der Holzverbrennung übertragen werden, da die Toxizität von Feinstaub aus der Holzverbrennung in starkem Maße von den Ausbrandbedingungen abhängt. Eine unvollständige Verbrennung ist mit einer Zunahme der CO-Emission verbunden und erhöht den Anteil an PAK im Feinstaub. Solche Feinstäube können trotz geringer Zytotoxizität eine höhere Rate an DNA-Strangbrüchen und oxidierten Guaninen erzeugen als gleiche Mengen an Feinstäuben aus Dieselmotoren (Forchhammer et al. 2012). Insgesamt können Partikel aus der Holzverbrennung, bezogen auf die Masse, mehr DNA-Schäden in menschlichen Zelllinien auslösen als Partikel aus dem Straßenverkehr; vermutlich aufgrund der höheren Gehalte an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen. Insofern könnte Feinstaub aus der Holzverbrennung auch in Bezug auf die Auslösung von Lungenkrebs eine größere Bedeutung haben als verkehrsbedingter Feinstaub (Danielsen et al. 2009). Hinsichtlich der Verursachung von oxidativem Stress, von Entzündungsreaktionen und genotoxischen Effekten zeigte sich Feinstaub, der bei der Verbrennung von Holz unter Sauerstoffmangel entstanden war, im Tierversuch als besonders wirksam (Danielsen et al. 2010). Insgesamt

**Handlungsfeld Gesundheit**

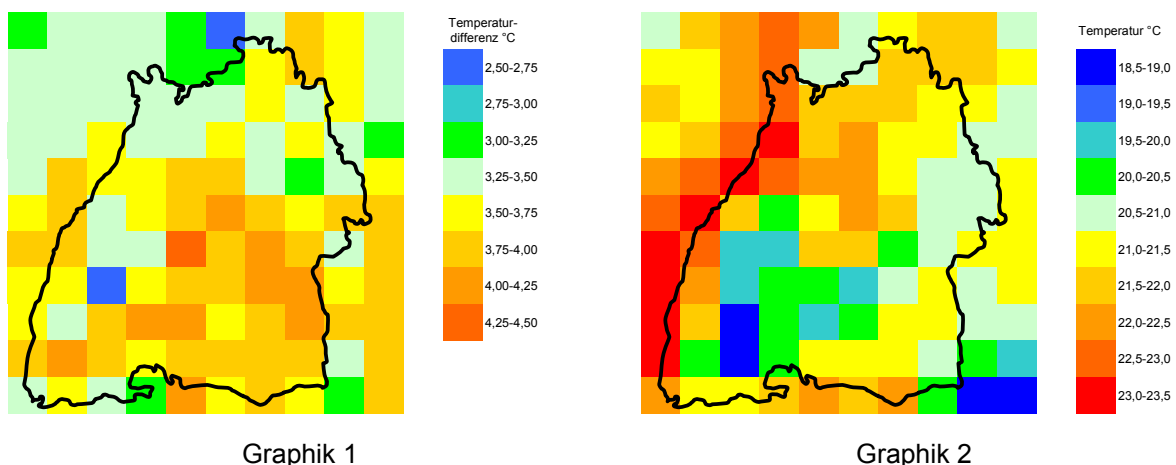
weisen die Partikel aus der Holzverbrennung eine geringere Partikelgröße auf als der übliche Feinstaub in der Außenluft, was in Bezug auf ihre Toxizität ebenfalls von Bedeutung sein könnte (Danielsen et al. 2011). In Zelltests wiesen Dieselrußpartikel eine höhere biologische Schädigung hervor als reine Salzpartikel aus einer guten kontrollierten Verbrennung in automatischen Holzfeuerungen. Stäube, die unter sehr schlechten Verbrennungsbedingungen gesammelt wurden, waren in den Zelltests etwa zehn Mal toxischer als Dieselrußpartikel und zwar sowohl in Bezug auf direkte Zellschädigung als auch hinsichtlich der Mutagenität. Die viel höhere Toxizität korrelierte dabei mit dem Anteil an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH) (Klippel 2006).

Die Verbrennung von gegenwärtig 3 Mio. m<sup>3</sup> Waldholz in Baden-Württemberg entspricht etwa 2,4 kt PM<sub>10</sub> pro Jahr bzw. 14 % der gesamten PM<sub>10</sub>-Emissionen in Baden-Württemberg (siehe oben). Bei einer Hintergrundkonzentration von ca. 12 µg PM<sub>10</sub>/m<sup>3</sup> in Baden-Württemberg wären dann ca. 1,7 µg/m<sup>3</sup> der PM<sub>10</sub>-Immissionsbelastung der Verbrennung von Holz zuzuschreiben, sofern ein Ferntransport von PM<sub>10</sub> aus anderen Regionen als vernachlässigbar angesehen werden kann. Wird fiktiv eine Steigerung der Holzverbrennung in naher Zukunft (2050) um 50 % unterstellt, so wäre damit eine Erhöhung der PM<sub>10</sub>-Hintergrundbelastung, über das gesamte Jahr gesehen, um 0,9 µg/m<sup>3</sup> verbunden. Sofern für diese durch die Holzverbrennung verursachten Feinstäube eine vergleichbare Toxizität wie für die allgemeine PM<sub>10</sub>-Immission zugrunde gelegt wird, wäre auf der Basis der WHO-Abschätzung damit eine Erhöhung der Mortalität um etwa das 1,0005-fache (bzw. um 0,05 %) verbunden. Für Baden-Württemberg wird die mittlere Mortalitätsrate mit jährlich 600 Sterbefälle/100.000 Einwohner angegeben (Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg 2006). Unter der Annahme einer Gesamtbevölkerung von 9,6 Mio. Einwohner in Baden-Württemberg im Jahr 2050 wäre dann von etwa 30 zusätzlichen Todesfällen/Jahr auszugehen, die der zusätzlichen Verbrennung von Holz zuzuschreiben wären. Bei dieser Abschätzung wird davon ausgegangen, dass hinsichtlich der Wirkung von Feinstaub keine Schwellenkonzentration besteht, unterhalb der keine gesundheitlichen Effekte mehr auftreten.

Durch die Verwendung emissionsarmer Pelletöfen bzw. besonders konstruierter Kaminöfen lassen sich die Feinstaubkonzentrationen deutlich reduzieren. Unter Zugrundelegung einer Emission von 20 kg PM<sub>10</sub>/TJ könnten die Emissionen aus der Holzverbrennung in privaten Haushalten um etwa 2 kt PM<sub>10</sub>/Jahr (ca. 83 %) reduziert werden, was etwa 12 % der gesamten PM<sub>10</sub>-Emissionen entspricht. Bei einer linearen Übertragung der Emissionen auf die Immissionskonzentration könnte damit eine Senkung der PM<sub>10</sub>-Konzentration um 1,4 µg/m<sup>3</sup> erreicht werden, was einer Minderung der Mortalität um ca. 50 Todesfälle/Jahr für Baden-Württemberg bedeuten würde.

**Handlungsfeld Gesundheit**

Generell muss davon ausgegangen werden, dass Ozon und Feinstaub auch als Confounder bzw. Modifier bei den hitzebedingten Gesundheitseinflüssen wirken (Doherty et al. 2009). Dabei ist insbesondere zu berücksichtigen, dass hohe Ozonkonzentrationen und Hitzewellen oft gleichzeitig auftreten (Abb. 5-31). Aus Untersuchungen in Australien und China geht hervor, dass sich die Wirkung von Feinstaub (PM<sub>10</sub>) im Bezug auf die Mortalität bei erhöhten Temperaturen verstärkt (Li et al. 2012). Als besonders vulnerable Gruppen sind Personen mit niedrigem sozioökonomischen Status, ältere Personen und Kleinkinder anzusehen, die auch im Hinblick auf die Hitzewirkung einem erhöhten Risiko ausgesetzt sind (Basu 2009). Für die im Zusammenhang der Hitzewelle von 2003 vorzeitig verstorbenen Personen wird der Anteil der Ozon-bedingten Todesfälle je nach Region sehr unterschiedlich eingeschätzt; die Zahlen schwanken von 2,5 % in Bordeaux bis zu 85 % Ozon-bedingter Todesfälle in Toulouse (Filleul et al. 2006). Für England und Wales wird abgeschätzt, dass während der Sommermonate 2003, 2005 und 2006 über 6000 Todesfälle auf erhöhte Ozonkonzentrationen zurückzuführen waren und ca. 5000 Todesfälle als hitzebedingt anzusehen sind (Doherty et al. 2009).



**Abb. 5-31 Projektion der Temperaturzunahme (Graphik 1) zwischen aktuellem Wert und der fernen Zukunft für den Median der Temperatur im Juli  
Median der Temperaturprojektion (Graphik 2) im Juli für die ferne Zukunft**

In Abb. 5-31 links sind die Modellannahmen (Median) für die Temperaturerhöhung zwischen dem aktuellen Wert und der fernen Zukunft für den Monat Juli in der regionalen Verteilung aufgetragen. Vergleicht man diese Abbildung mit Abb. 5-30, so wird deutlich, dass eine Erhöhung der Ozonwerte in der Tendenz gerade dort auftritt, wo auch der Temperaturanstieg am deutlichsten in Erscheinung tritt; sowohl für die Ozonkonzentration und den Temperaturanstieg ist ein zunehmender Trend von Norden nach Süden erkennbar. Diese Koinzidenz macht ebenfalls deutlich, dass Belastungen durch Ozon und Hitze stärker

### **Handlungsfeld Gesundheit**

im Zusammenhang gesehen werden müssen. Im Gegensatz dazu ist die Übereinstimmung des regionalen Musters der Ozonkonzentration (Abb. 5-30) mit dem Muster der prognostizierten mittleren Temperatur im Juli (Abb. 5-31 Graphik 2) weniger deutlich ausgeprägt; d.h. die Ozonkonzentration (und auch die Temperaturzunahme) ist nicht unbedingt dort am größten, wo die höchsten Temperaturen zu erwarten sind.

Aufgrund des demographischen Wandels (Zunahme des Anteils älterer Personen) muss auch mit einer Zunahme der Vulnerabilität der Bevölkerung gegenüber Ozon gerechnet werden. Quantitative Aussagen hierzu sind derzeit aber nicht möglich.

#### **5.4.2 Kosten für Anpassungsmaßnahmen und mögliche Kosten bei ausbleibender Anpassung**

Zu den Kosten für Anpassungsmaßnahmen bestehen keine validen Abschätzungen

#### **5.4.3 Kenntnisdefizite und Forschungsbedarf**

Forschungsbedarf besteht hinsichtlich der Verbesserung der Vorhersagemodelle für die Luftschadstoffe, insbesondere hinsichtlich Entwicklung und Einfluss von Vorläufersubstanzen und der Abschätzung regionaler Einflüsse (Vardoulakis und Heaviside 2012).

Nicht ausreichend erforscht ist der Einfluss von Ozon auf das Allergenmuster und die allergene Wirkung von Pflanzenpollen (Bundesumweltministerium et al. 2011, S. 21)

Im Hinblick auf die Holzverbrennung sollten folgende Faktoren näher untersucht werden:

- Einflussfaktoren für die Entstehung von Feinstaub bei der Verbrennung von Holz/Biomasse.
- Ermittlung der Toxizität von Feinstaub in Abhängigkeit von unterschiedlichen Verbrennungsbedingungen, mit der quantitative Aussagen zu den Gesundheitsrisiken im Vergleich zu anderen Feinstäuben möglich sind.
- Entwicklung von Biomarkern zur Ermittlung der Exposition der Bevölkerung gegenüber Emissionen aus der Verbrennung von Holz/Biomasse.

#### **5.4.4 Sonstige Anregungen/ Hinweise**

entfällt

## 5.5 UV-Strahlung

### 5.5.1 Anpassungswissen

Die Frequenzen der UV-Strahlung liegen im Wellenlängenbereich zwischen 10 und 400 nm. Es wird unterschieden zwischen UVC im Bereich von 100 - 280 nm, UVB im Bereich von 280 - 320 nm, UVA im Bereich von 320 - 400 nm und der „Vakuum-UV-Strahlung“ im Bereich 10-100 nm, die in Luft vollständig absorbiert wird. Aufgrund der geringen Eindringtiefe der UV-Strahlung sind biologische Effekte in erster Linie auf der Haut und am Auge zu beobachten (United Nations Environment Programme 2010).

Der Schwellenwert für die minimale erythemwirksame Hautrötung (MED) beträgt ca. 250 J/m<sup>2</sup> für den Hauttyp II (siehe Tab. 3-3). Bei einer Wellenlänge von 310 nm ist die erythemwirksame spektrale Bestrahlungsstärke am höchsten. Hohe UV-Belastungen treten im Frühsommer und im Herbst mit Tagesspitzenwerten von über 5 000 J/m<sup>2</sup> (dem 20fachen der minimalen erythemwirksamen Schwellendosis für den Hauttyp II) auf (BfS 2002-2009).

Biologisch wirksam in der Haut sind vor allem die im Vergleich zu den UV-A-Strahlen kurzwelligeren UV-B-Strahlen. Sie verursachen den Sonnenbrand (Erythem) und Hautkrebs. UVA dringt tiefer in die Haut ein und schädigt dort das Kollagen der Dermis, was zur Abnahme der Hautelastizität (aktinische Elastose) und vorzeitigen Hautalterung führt. In sehr hoher Dosis verursacht aber auch UV-A sowohl Sonnenbrand als auch DNA-Schäden (Mutationen) und damit Hautkrebs (UMID-Redaktion 2012).

Die UV-Strahlung vermindert auch die Abwehrkräfte des Immunsystems, was sich z.B. in einer Zunahme von Herpes-Infektionen im Sommer und nach hoher UV-Bestrahlung bei Bergtouren und beim Skifahren äußert. Darüber hinaus können auch Teile des Auges wie die Hornhaut und die Bindehaut akut geschädigt werden (z.B. Schneeblindheit). Eine chronische Schädigung der Linse führt zum grauen Star (Katarakt) (Schwarz 2005).

Es kann allgemein zwischen direkten und indirekten Wirkungen unterschieden werden:

- Zu den direkten Wirkungen auf die Gesundheit zählen neben dem Sonnenbrand, der Konjunktivitis und der Keratitis, auch phototoxische Hautreaktionen, Photoallergien und Lichtdermatosen. Die Sonnenallergie (polymorphe Lichtdermatose) tritt mit großer Häufigkeit auf: 10 bis 20 Prozent der Deutschen haben eine Sonnenallergie, darunter vor allem Kinder und junge Erwachsene. Frauen sind öfter betroffen als Männer. In Deutschland tritt die polymorphe Lichtdermatose klimabedingt überwiegend von März bis Juni auf; bei Reisen in sonnenreiche Regionen kann sich die polymorphe Photodermatose jederzeit entwickeln. In etwa 75 Prozent der Fälle hat eine Sonnenallergie ihre Ursachen in der Einwirkung von UV-A-Strahlung, weitere 10 Prozent

### Handlungsfeld Gesundheit

entstehen durch UV-B-Strahlung. In den restlichen 15 Prozent ist eine Kombination aus UV-A- und UV-B-Strahlen für die polymorphe Lichtdermatose verantwortlich.

- Durch UVB-Strahlung wird auch die körpereigene Bildung von T-Zellen beeinträchtigt. T-Zellen sind vor allem an der Auslösung von Immun-Abwehrreaktionen beteiligt. Schon bevor ein Sonnenbrand entsteht, zeigen sich immunsuppressive Wirkungen, die sowohl positive als auch negative biologische Effekte an der Haut hervorrufen. So kann Neurodermitis und Schuppenflechte durch UV-Licht wirksam behandelt werden. Die systemische Unterdrückung der Immunabwehr führt aber auch zu vermehrten Infektionen. Das beste Beispiel ist der Ausbruch von Herpes-Virus-Infektionen, z.B. nach längeren Sonnenexpositionen im Sommer oder im Hochgebirge. Forschungsergebnisse deuten darauf hin, dass ein geschwächtes Immunsystem auch die Entstehung von Hautkrebs beim Menschen begünstigt.

Als positive Wirkung ist die Bildung von Vitamin D durch Sonnenbestrahlung im Wellenlängenbereich von 280-320 nm zu sehen. Vitamin D fördert die Aufnahme von Calcium aus dem Magen-Darm-Trakt und die Mineralisierung bzw. den Aufbau des Knochens, nimmt Einfluss auf die Kalziumhomöostase und den Phosphatstoffwechsel und ist auch an weiteren Stoffwechselfvorgängen, wie zum Beispiel an der Aktivierung von Zellen des Immunsystems im Körper beteiligt.

Neben dieser positiven und notwendigen UV-B-Exposition steht aber das Risiko einer Hautkrebserkrankung durch die UV-Strahlung im Vordergrund. Dabei kann der Sonnenbrand als geeigneter Indikator für die gesundheitliche Bewertung herangezogen werden, da die drei Wirkungsspektren für das Erythem, für die frühzeitige Hautalterung und für den Hautkrebs einen ähnlichen Verlauf aufzeigen.

Da eine genetische Anpassung an die durch den Klimawandel möglicherweise erhöhte UV-Strahlung in den nächsten 50 bis 100 Jahren nicht zu erwarten ist, wird die ethnische Zugehörigkeit (in unseren Breiten überwiegend hellhäutige Populationen, Hauttyp I und II) auch in Zukunft die individuelle UV-Verträglichkeit bestimmen.

#### **5.5.2 Kosten für Anpassungsmaßnahmen bzw. mögliche Kosten bei ausbleibender Anpassung**

Die Krankheitskosten beliefen sich für das Jahr 2008 auf ca. 2 Mrd. € (siehe Abb. 5-32; aus der Gesundheitsberichtserstattung des Bundes (Statistisches Bundesamt 2010)).

### Handlungsfeld Gesundheit

#### Krankheitskosten in Mio. € für Deutschland.

Gliederungsmerkmale: Jahre, Alter, Geschlecht, ICD10  
ohne Dermatitis und Ekzem und ohne Psoriasis

Alter: Alle Altersgruppen, Geschlecht: Beide Geschlechter

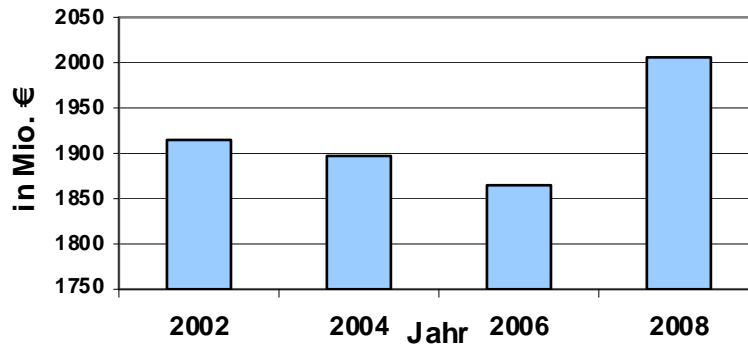


Abb. 5-32 Krankheitskosten für Hautkrankheiten

#### 5.5.3 Anpassungsoptionen, die nicht berücksichtigt wurden

Entfällt

#### 5.5.4 Kenntnisdefizite und Forschungsbedarf

Die Vorhersagen zum Klimawandel sind nur bedeutsam, wenn sich zugrundeliegende Annahmen als richtig erweisen. Die vorhandenen Unsicherheiten sollten durch fortlaufende Erhebung und Auswertung aktueller Daten verringert werden.

Dabei geht es um eine weitere Untersuchung des Zusammenhangs zwischen dem Klimawandel und der UV-Bestrahlungsstärke. Das Bundesamt für Strahlenschutz kann bislang aus den erhobenen Messdaten keinen gesicherten Trend hin zu vermehrter UV-Strahlung erkennen (UMID-Redaktion 2009). Unter der Annahme, dass die Prävalenz des Hautkrebses mit dem Klimawandel zunimmt, muss zum einen die Frage beantwortet werden, welche Maßnahmen zur Prävention sinnvoll sind und zum anderen, welche Auswirkungen die Zunahme nach sich zieht. Diesen Fragestellungen wird im nationalen Forschungsprojekt "Climaderm - Klimawandel und Hautkrebs" nachgegangen (Augustin und Kappas 2007). Kenntnisdefizite bestehen hinsichtlich der Rolle von Vitamin D und der genauen Ursachen für die Entstehung des malignen Melanoms.

#### 5.5.5 Sonstige Anregungen/ Hinweise

Unsinnigen Kampagnen, die zur Solariennutzung gegen Vitamin-D-Mangel aufrufen, sollte energisch entgegengetreten werden. Die Bräunung sollte als Hilferuf der Haut, sich vor der

## **Handlungsfeld Gesundheit**

schädlichen UV-Strahlung zu schützen, verstanden werden. Langfristig sollte auf ein Verbot des Betriebes von Sonnenstudios hingearbeitet werden.

Eine Früherkennung von Hautkrebs und damit wirkungsvolle Bekämpfung ist durch eine regelmäßige Kontrolle der so genannten „Leberflecken“ (Naevi) möglich. Die Naevi-Begutachtung sollte durch Beteiligung ausgebildeter medizinischer Fachkräfte gefördert werden. Es sollten Berufsgruppen beteiligt werden, die Menschen mit unbedeckter Haut sehen (z.B. Haus- und Hautärzte, Physiotherapeuten, Masseur, Bademeister).

## **5.6 Innenraumklima**

### **5.6.1 Anpassungswissen**

Das Klima in Innenräumen wird wesentlich durch die Raumlufttemperatur, die Luftfeuchtigkeit und den Luftwechsel charakterisiert. Die bauliche Hülle schützt den Innenraum gegenüber den äußeren Witterungseinflüssen; daher sind Temperatur und Luftfeuchtigkeit in den Räumen nicht mehr unmittelbar von der Temperatur und Luftfeuchtigkeit der Außenluft abhängig, sondern werden wesentlich über die Gebäudeheizung, die Gebäudeisolierung und die Lüftungsverhältnisse beeinflusst. Insofern sind die baulichen Verhältnisse von entscheidender Bedeutung.

Eine Beschädigung der Gebäude, z. B. durch Hochwasser oder Starkregen, kann das Innenraumklima nachhaltig negativ beeinflussen. Als Folge einer Durchfeuchtung der Bauwerkshülle und nachfolgend in Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Baumaterials kommt es zu einem Bewuchs mit Schimmelpilzen.

#### **5.6.1.1 Wohnsituation und Wohnungsentwicklung in Baden-Württemberg**

Zur Beschreibung der baulichen Verhältnisse muss die Wohnsituation und Wohnungsentwicklung berücksichtigt werden. In Baden-Württemberg gab es 2010 insgesamt gut 5 Mio. Wohnungen, von denen 4,48 Mio. bewohnt waren. Die mittlere Wohnfläche betrug 97,5 m<sup>2</sup>, pro Person standen dabei 45,3 m<sup>2</sup> zur Verfügung; dabei war die durchschnittliche Größe der Wohnungen, die pro Person zur Verfügung stehende Fläche und die Wohnungsbelegung in ganz Baden-Württemberg sehr homogen (Abb. 5-33; Ausnahme Stadtkreis Stuttgart). Knapp die Hälfte der Wohnungen (47 %) waren vermietet, die andere Hälfte (53 %) wurde von den Eigentümern bewohnt.



Handlungsfeld Gesundheit

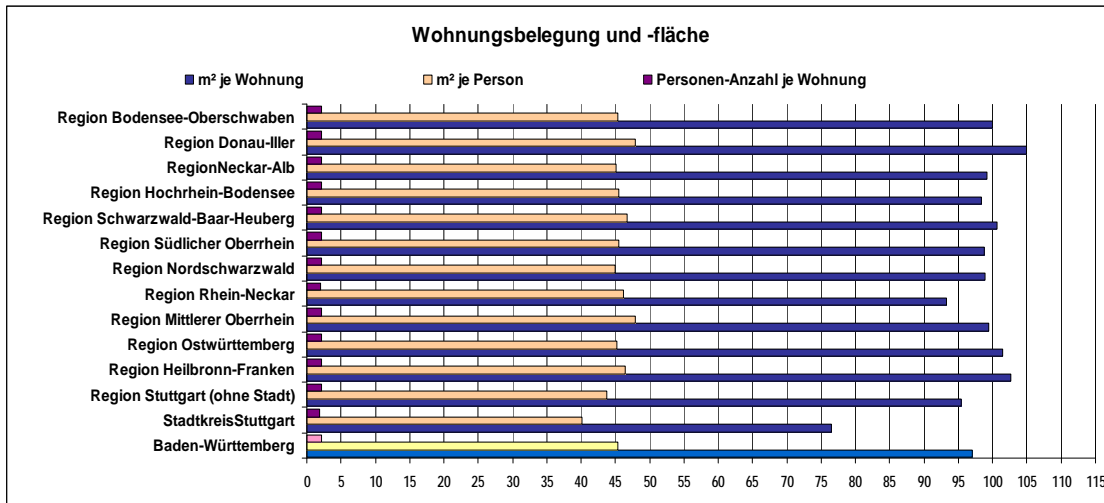
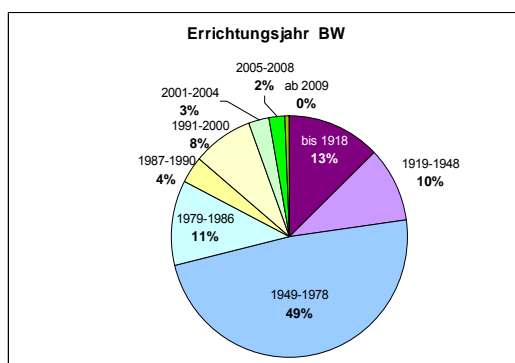
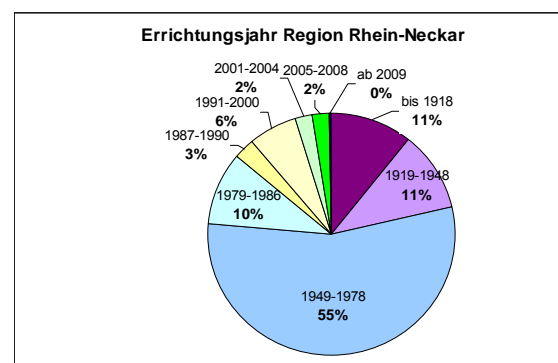


Abb. 5-33 Wohnungsbelegung und Wohnungsfläche in Baden-Württemberg (unten) und in den Regionen (Daten: Statistisches Landesamt BW)

Bis zum Jahr 1948 waren 1 Mio. (22 %) Wohnungen errichtet worden, 2,2 Mio. (49 %) in den Jahren 1949-1978, und 1,3 Mio. (29 %) in der Zeit von 1979 bis 2010; die regionalen Unterschiede sind dabei relativ gering (siehe Abb. 5-34). In den letzten 10 Jahren (2001-2010) wurden nur 5,6 % der Wohnungen errichtet. Ca. 88 % der Wohnungen sind mit Block- bzw. Zentralheizung ausgestattet oder an eine Fernheizung angeschlossen; lediglich 12 % können nur mit Einzel- oder Mehrraumöfen beheizt werden (Krentz 2012). Im Jahr 2002 lag dabei der Anteil der Einzel- bzw. Mehrraumöfen bei den Wohnungen, die bis 1948 errichtet wurden, bei 30 % im Vergleich zu auf 6 % bei den Wohnungen, die zwischen 1979 und 2002 errichtet wurden (Abb. 5-34) (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2003).



Graphik 1



Graphik 2

Abb. 5-34 Baujahr der Errichtung von Wohngebäuden in Baden-Württemberg insgesamt und in der Region Rhein-Neckar (Daten: Statistisches Landesamt BW)

### Handlungsfeld Gesundheit

Nach dem Erneuerbare-Wärme-Gesetz (EWärmeG) von 2008 müssen neue Wohngebäude mindestens 20 % des jährlichen Energiebedarfs mit erneuerbaren Energien decken; Wohngebäude im Bestand müssen beim Austausch der Heizungsanlagen 10 % der Energie durch erneuerbare Energien decken. Alternativ können die Gebäude auch in bestimmtem Umfang besser gedämmt werden, als nach den Vorgaben der Energieeinsparverordnung (EnEV) gefordert wird.

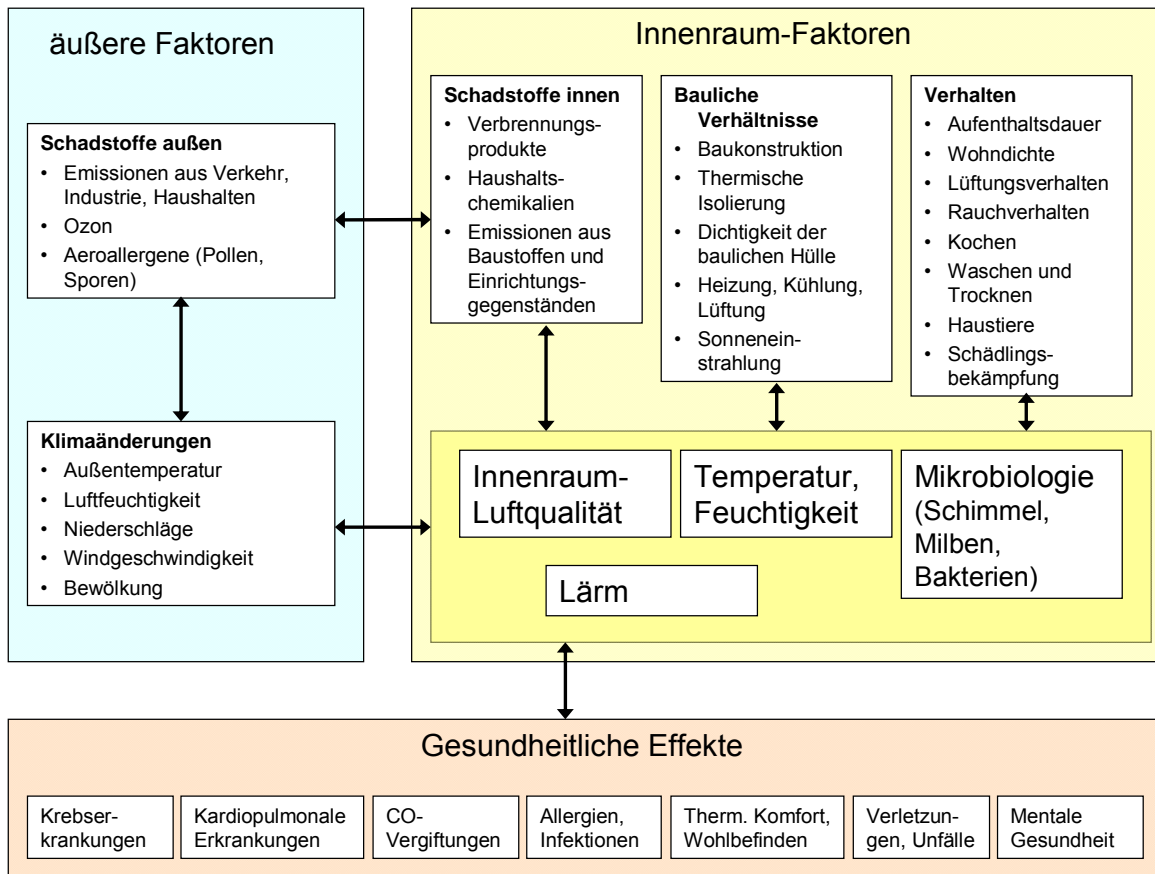
Im Jahr 2010 waren in Baden-Württemberg die privaten Haushalte und sonstigen Verbraucher mit ca. 18 Mio. Tonnen an den CO<sub>2</sub>-Emissionen (nach Quellenbilanz) beteiligt; dies entspricht etwa 27 % der gesamten energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Baden-Württemberg (67,4 Mio. Tonnen nach Quellenbilanz) (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg und Ministerium für Umwelt 2012). Durchschnittlich rund zwei Drittel der direkt von den privaten Haushalten verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen entstehen durch den Energiebedarf für Raumheizung und Warmwassererzeugung (Schmauz 2009b); Raumheizung und Warmwassererzeugung sind daher derzeit für ca. 20 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Baden-Württemberg verantwortlich. Pro 100 m<sup>2</sup> Wohnfläche wurden im Jahr 2010 dabei 56,9 GJ für Heizenergie aufgewandt (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg und Ministerium für Umwelt 2012).

Dem Wohnungssektor wird aus diesem Grund ein großes Einsparpotential hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Emissionen eingeräumt. So nennt ein Gutachten des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg als Ziel bis zum Jahr 2050, die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus den Haushalten um 98 % zu reduzieren (Schmidt et al. 2011). Neben dem verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien soll dies insbesondere durch eine energetische Sanierung der Gebäude erreicht werden, mit der der Energiebedarf im Wohnsektor auf mehr als die Hälfte reduziert werden müsste. Als bauliche Maßnahmen für dieses Ziel müssen insbesondere die Wärmeverluste in den Gebäuden vermindert werden. Dies ist durch eine bessere thermische Isolierung der Wände und Decken und eine Abdichtung der Gebäudehülle (dicht schließende Fenster und Türen) zur Senkung des Luftaustausches mit der Umgebung möglich.

Diese Maßnahmen haben allerdings auch deutliche Auswirkungen auf das Innenraumklima (Raumtemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftwechsel). In deren Folge kann es zu Veränderungen der Luftqualität in Innenräumen und zu Veränderungen des Spektrums von Mikroorganismen in der Wohnung (Schimmelpilze, Milben etc.) kommen, die sich auf die Gesundheit der Bewohner auswirken können. Die energetische Sanierung der Gebäude kann außerdem dazu führen, dass die Wohnungen anders genutzt werden und sich dadurch auch andere Expositionsbedingungen und Veränderungen hinsichtlich der Zusammensetzung der Bewohner ergeben (z. B. soziale Änderungen). Aus diesem Grund müssen die Maßnahmen

**Handlungsfeld Gesundheit**

zur Erhöhung der Energieeffizienz von Gebäuden mit in die Betrachtungen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf das Innenraumklima einbezogen werden. Mögliche Zusammenhänge zwischen Klimaänderungen, dem Innenraumklima und gesundheitlichen Effekten sind in schematisch dargestellt (Abb. 5-35).



**Abb. 5-35 Zusammenhänge zwischen Klimawandel, Innenraumklima und Gesundheit** (in Anlehnung an Vardoulakis und Heaviside 2012)

### 5.6.1.2 Wirksame Klimafaktoren (Exposition)

**a) Änderung der Raumlufttemperatur:** Eine Erhöhung der Temperatur in der Außenluft kann nicht linear auf die Temperatur in den Innenräumen von Gebäuden übertragen werden. Während der kalten Jahreszeit wird die Raumtemperatur durch die Heizung gesteuert; steigen die Durchschnittstemperaturen außen im Winter an, verkürzt sich die Heizperiode entsprechend, ohne dass sich die Raumtemperatur deshalb ändern muss. Für die nahe Zukunft ist für den Median in Baden-Württemberg eine Abnahme der Heiztage von 288 auf 271 Tage prognostiziert (-16 Tage), für die ferne Zukunft sollen die Heiztage auf 243 Tage (-47 Tage) sinken. Die Heizgradtage, die ein Maß für die notwendige Heizenergie darstellen, sinken im Landesdurchschnitt beim Median von gegenwärtig 4088 Heizgradtagen für die

### Handlungsfeld Gesundheit

nahe Zukunft auf 3660 Heizgradtage (-9%), für die ferne Zukunft auf 3022 Heizgradtage (-25%) (Leitplanken LUBW 2012). Insofern ist damit zu rechnen, dass sich auch Schadstoffbelastungen in der Außen- und Innenraumluft, die mit der Gebäudeheizung verbunden sind, entsprechend reduzieren. Dies dürfte insbesondere bei der Heizung mit Einzelöfen bzw. Kaminöfen (Holzverbrennung) zu geringeren Raumluftbelastungen führen (siehe Abschnitt Luftqualität).

Sofern bei einkommensschwachen Personen wegen hoher Heizkosten nicht ausreichend geheizt wird („*fuel poverty*“), kann eine Erhöhung der Außentemperatur in diesen Fällen zu einer Verbesserung des Wohnkomforts führen. Nach Angaben der WHO können in Deutschland ca. 16 % der Personen, die unterhalb der relativen Armutsgrenze leben, die Wohnung nicht ausreichend heizen (WHO Regional Office for Europe 2012).

Im Sommer kann die Raumtemperatur über die Lüftung angepasst werden, so dass hierdurch meist angenehme Innenraumtemperaturen eingestellt werden können. Erst an sehr heißen Tagen (Hitzephase) können erträgliche Temperaturen nicht mehr durch Lüftungsmaßnahmen allein gewährleistet werden.

Eine Aufheizung der Gebäude und höhere Innenraumtemperaturen im Sommer können dazu führen, dass flüchtige Stoffe aus Baustoffen und Einrichtungsgegenständen verstärkt in die Raumluft abgegeben werden. Insbesondere bei schwer flüchtigen Verbindungen wie einigen Holzschutzmitteln, Weichmachern oder Flammschutzmitteln können aus diesem Grund bei unzureichender Lüftung in den Sommermonaten höhere Innenraumkonzentrationen auftreten als im Winter.

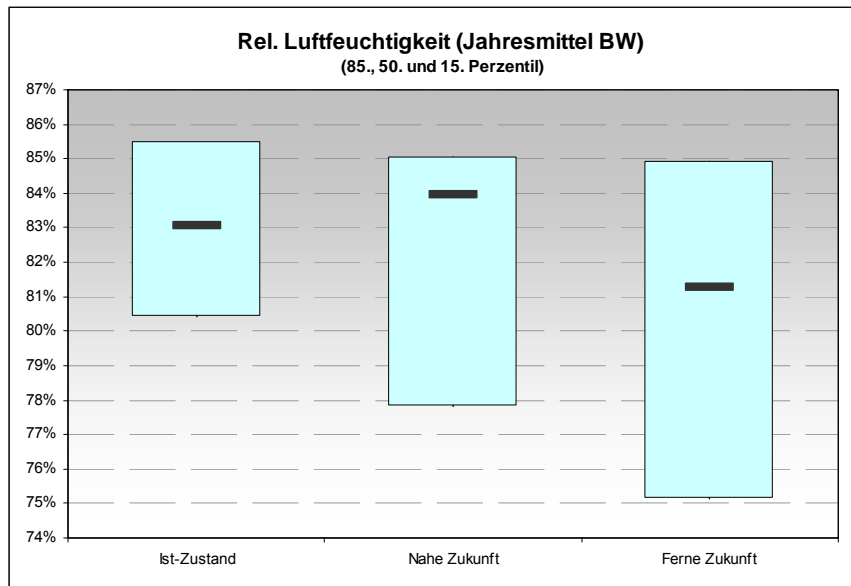
Eine energetische Sanierung von Gebäuden führt durch die Verbesserung der Wärmedämmung in der Regel wegen der geringeren Wärmeverluste zu einer Erhöhung der Raumtemperatur während der kalten Jahreszeit. In einer in Frankfurt durchgeführten Interventionsstudie in Mehrfamilienhäusern, bei der die Fassaden und Decken der Gebäude isoliert und neue Fenster und Türen eingebaut wurden, stieg die durchschnittliche Raumtemperatur im nachfolgenden Jahr im Vergleich zu den Kontrollwohnungen um ca. 0,6 °C an. Von den Bewohnern wurden die Wohnungen insgesamt auch als weniger kalt empfunden im Vergleich zur Situation vor der Sanierung. Innerhalb der Wohnungen konnte durch die Sanierung der Unterschied zwischen der Oberflächentemperatur an den außen- und innen liegenden Wänden von zuvor 2-3 °C auf etwa die Hälfte reduziert werden. (Braubach et al. 2008).

Umgekehrt sollte durch eine verbesserte Wärmedämmung auch die Aufheizung von Gebäuden während der Sommermonate vermindert sein, was geringere Raumlufttemperaturen im Vergleich zu schlecht gedämmten Häusern erwarten ließe. Dies gilt primär nur für eine Außendämmung der Wohnung; bei einer Innendämmung kann sich

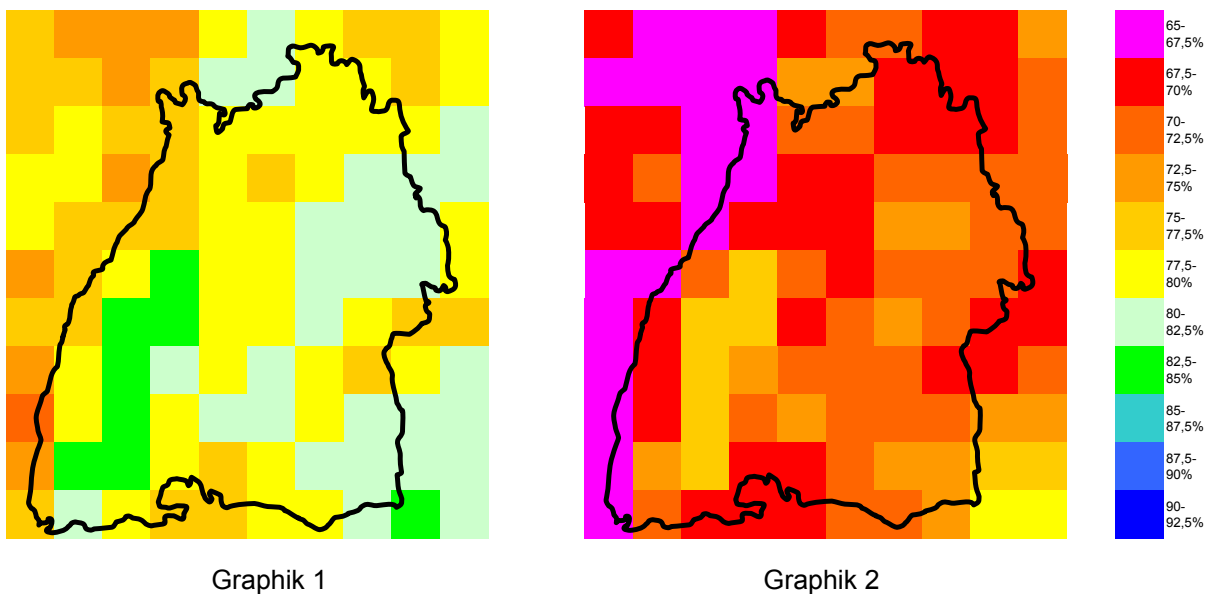
**Handlungsfeld Gesundheit**

die Wohnung möglicherweise noch stärker aufheizen (Mavrogianni et al, 2012, zitiert in Vardoulakis und Heaviside 2012).

**b) Änderung der Luftfeuchtigkeit:** Für Baden-Württemberg ergibt die Modellierung der relativen Luftfeuchtigkeit in der Außenluft für den Jahresmittelwert die in Abb. 5-36 gezeigten Werte. Für die ferne Zukunft ist die relative Luftfeuchtigkeit im Jahresdurchschnitt um etwa 2 % niedriger (Median); das 15. Perzentil ergibt für die ferne Zukunft etwa um 4 % niedrigere



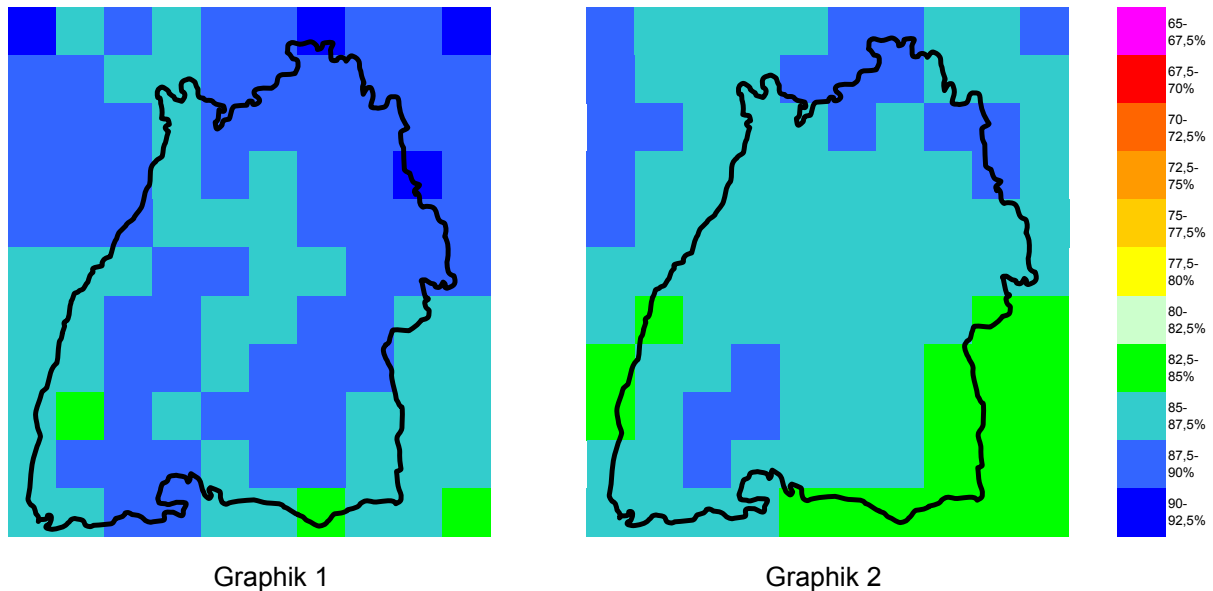
**Abb. 5-36 Relative Luftfeuchtigkeit: Box-Plot für die Jahresmittelwerte aus den Modellberechnungen**



**Abb. 5-37 Regionale Verteilung der relativen Luftfeuchtigkeit im Juli (50. Perzentil); Projektion aktuell (Graphik 1); Projektion ferne Zukunft (Graphik 2)**

**Handlungsfeld Gesundheit**

Werte, das 85. Perzentil ist nahezu unverändert. Generell weist die Luft in den Sommermonaten eine deutlich geringere relative Feuchtigkeit auf als im Winter. Die zu erwartende Abnahme der relativen Luftfeuchtigkeit betrifft in erster Linie die Sommermonate (Abnahme beim Median um bis zu 9 %), während in den Wintermonaten keine so großen Änderungen erwartet werden (Daten LUBW; Abb. 5-37 und 5-38).



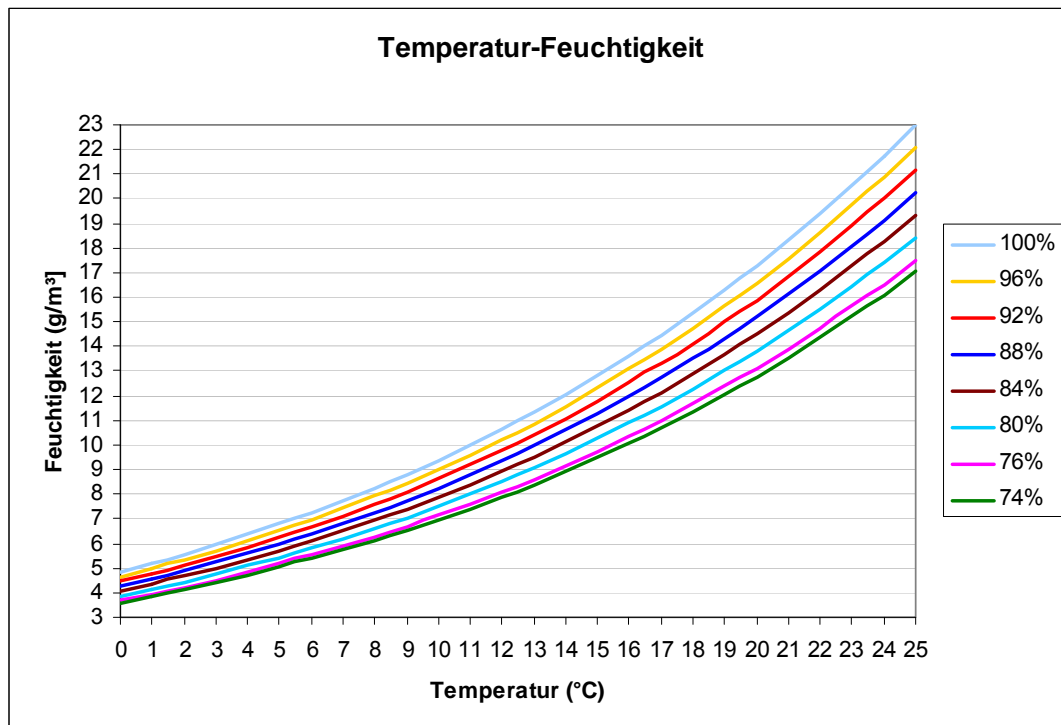
**Abb. 5-38 Regionale Verteilung der relative Luftfeuchtigkeit im Januar (50. Perzentil); Projektion aktuell (Graphik 1); Projektion ferne Zukunft (Graphik 2)**

Im Hinblick auf den absoluten Wassergehalt der Luft muss aber auch die Lufttemperatur berücksichtigt werden, da warme Luft mehr Feuchtigkeit aufnehmen kann als kalte (Abb. 5-39). Bei einer mittleren Erwärmung von 8,5 auf 9,6 °C (nahe Zukunft) und einem Anstieg der relativen Luftfeuchtigkeit von 83,0 auf 83,9 % steigt der absolute Wassergehalt der Luft von 7,1 auf 7,7 g/m<sup>3</sup> (+ 0,6 g/m<sup>3</sup>), bei einer mittleren Erwärmung auf 11,5 °C (ferne Zukunft) und einer Abnahme der relativen Feuchtigkeit auf 81,3 % steigt der Wassergehalt auf 8,4 g/m<sup>3</sup> (+ 1,3 g/m<sup>3</sup>). Insofern ist davon auszugehen, dass - zumindest im Winterhalbjahr - die Außenluft zukünftig etwas mehr Wasser enthalten wird. Aus diesem Grund könnte auch der absolute Wassergehalt in der Innenraumlufte um 0,6 bzw. 1,3 g/m<sup>3</sup> ansteigen; ebenso ist davon auszugehen, dass die Effektivität von Lüftungsmaßnahmen zur Senkung der Luftfeuchtigkeit in Innenräumen entsprechend etwas abnimmt.

Da in energieeffizienten Gebäuden während der Heizperiode die Raumlufttemperatur eher höher sein dürfte als in nicht gedämmten Gebäuden (s. oben), ist damit eine höhere Wasseraufnahmefähigkeit der Raumluft verbunden. In wärmegeprägten Wohnungen mit

**Handlungsfeld Gesundheit**

einer höheren Raumtemperatur ist daher bei gleichem Feuchtigkeitseintrag und bei gleichen Lüftungsbedingungen eine geringere relative Luftfeuchtigkeit zu erwarten.



**Abb. 5-39** Abhängigkeit der Luftfeuchtigkeit von der Temperatur

Da in wärmegeämmten Wohnungen im Winter die außen liegenden Wände eine höhere Oberflächentemperatur aufweisen als in ungedämmten Wohnungen, kommt es dort auch erst bei einer höheren Luftfeuchtigkeit zu Kondensationserscheinungen an den Wänden. Trifft wärmere Luft mit höherer Luftfeuchtigkeit jedoch auf kalte Flächen, z. B. Wärmebrücken in Gebäuden, kann es dort zur Kondensation von Wasser kommen.

In der Frankfurter Interventionsstudie konnte gezeigt werden, dass die Wände in den sanierten Wohnungen insgesamt trockener waren als in den nicht sanierten Wohnungen. Insgesamt gaben die Bewohner in den sanierten Wohnungen auch seltener Probleme mit Feuchtigkeit oder Kondensationswasser an. Hinsichtlich der in den Wohnungen gemessenen Luftfeuchtigkeit waren in der Studie jedoch keine großen Unterschiede erkennbar; insgesamt war eine leichte Tendenz zu einer geringeren Luftfeuchtigkeit nach der Sanierung vorhanden (Braubach et al. 2008).

Wenn in der warmen Jahreszeit die Außentemperaturen über den Raumlufttemperaturen liegen; kann der über die Lüftung eingebrachte Wasserdampf aus der Außenluft an kälteren Wänden im Innenraum kondensieren (feuchte Wände bei Lüftung von Kellern im Sommer). Eine Erhöhung der Außenlufttemperatur in Folge des Klimawandels könnte dieses Problem

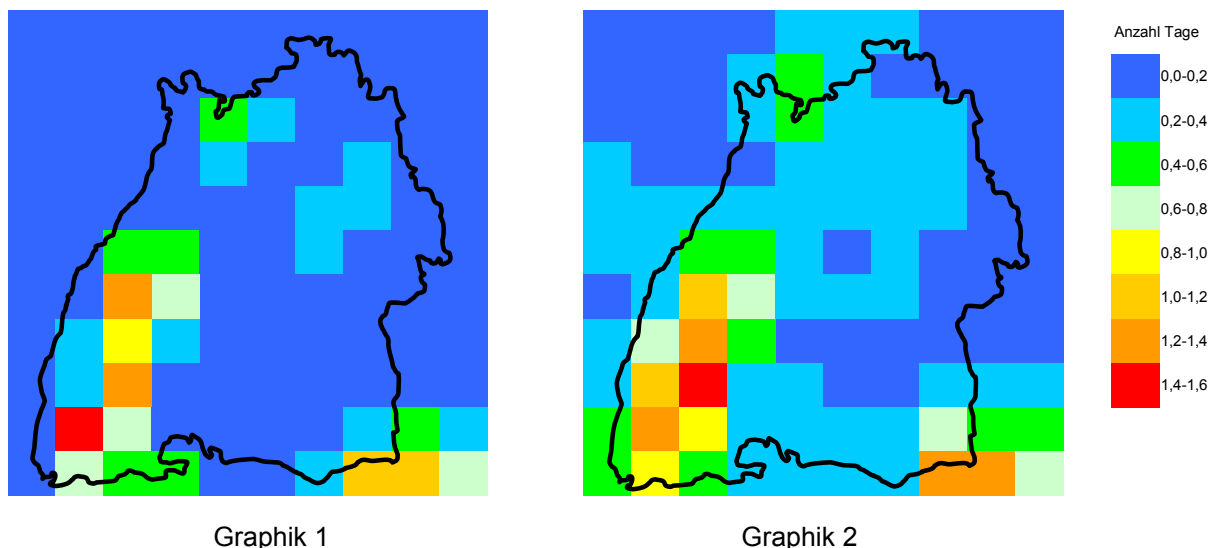
**Handlungsfeld Gesundheit**

verstärkten; auf der anderen Seite könnte die erwartete Abnahme der relativen Luftfeuchtigkeit gerade in den Sommermonaten eine Verminderung dieses Effekts bewirken.

**c) Gebäudeschäden durch Hochwasser, Starkregen etc.**

Als Folge von Überschwemmungen in Gebäuden kommt es zur Durchfeuchtung der Bauwerkshülle (Mauerwerks, Fundament) und nachfolgend in Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Baumaterials (anorganisch, organisch) zu einem mehr oder weniger starken Bewuchs mit Schimmelpilzen.

In den Klimamodellen zur Anzahl der Starkniederschlagstage wird beim Median von einer leichten Zunahme von 3,5 Tage/Jahr (aktuell) auf 4,0 Tage/Jahr (nahe Zukunft) bzw. auf 4,4 Tage/Jahr (ferne Zukunft) ausgegangen. Die Abschätzungen sind allerdings nicht sehr zuverlässig; die Bandbreite reicht vom 15. bis zum 85. Perzentil von einer Abnahme von 0,6 Tagen/Jahr (nahe und ferne Zukunft) bis zu einer Zunahme um 1,7 Tage/Jahr (nahe Zukunft) bzw. um 2,5 Tage/Jahr (ferne Zukunft). Regional sind die Starkniederschlagstage vor allem auf die Bereiche des Schwarzwaldes und am Alpenrand konzentriert; in den übrigen Landesteilen sind Starkregenereignisse eher selten (Abb. 5-40). Die Abbildung zeigt die Projektionen für den Median im Dezember (Graphik 1: aktuell; Graphik 2: ferne Zukunft). Für den Juni ergeben sich ähnliche Verteilungsmuster, wobei die Häufigkeit der Starkniederschlagstage im Schwarzwald und am Alpenrand in der fernen Zukunft eher etwas zurückgeht.



**Abb. 5-40 Median für die Anzahl der Starkniederschlagstage im Dezember (Tage/Monat). Projektion aktuelle Situation (Graphik 1); Projektion ferne Zukunft (Graphik 2)**



**Handlungsfeld Gesundheit**

Bei Überschwemmungen sind lokale Gegebenheiten ausschlaggebend, so z.B. die Lage des Gebäudes zu einem Gewässer und die Topographie der Umgebung. Um die Folgen derartiger Ereignisse einschätzen zu können, ist eine enge Abstimmung mit dem Handlungsfeld Wasserwirtschaft/Hochwasserschutz notwendig. Weitergehende Analysen können erst nach Vorliegen von Basis-Daten aus diese Bereichen in Abstimmung durchgeführt werden.

**d) Änderung der Lüftungsrate:** Eine Zunahme der Außentemperatur könnte dazu führen, dass sich das Lüftungsverhalten der Bewohner ändert. Da bei höheren Außentemperaturen die Wärmeverluste durch das Lüften geringer sind, könnte dadurch die Akzeptanz von Lüftungsmaßnahme während der Heizperiode bei den Bewohnern steigen. Bei sehr hohen Außentemperaturen im Sommer könnte dagegen die Bereitschaft zum Lüften abnehmen. Quantitative Abschätzungen zu diesen Einflüssen liegen uns bisher nicht vor.

Eine Verbesserung der Wärmedämmung und der Einbau von dicht schließenden Fenstern und Türen führt zu einer Verminderung des natürlichen Luftaustausches in Wohnungen. Während in älteren Gebäuden die Luftwechselrate häufig über einem Wert von 1/h liegt, ist der natürliche Luftwechsel in Neubauten, die entsprechend den Anforderungen der Energieeinsparverordnung gebaut werden, in der Praxis nicht selten im Bereich von ca. 0,2/h bis 0,3/h oder sogar darunter. Eine solche Verminderung der Luftwechselzahl kann dazu führen, dass Feuchtigkeit und Luftverunreinigungen, die in der Wohnung selbst entstehen, nicht mehr in ausreichendem Maß aus dem Innenraum ausgetragen werden.

**5.6.1.3 Auswirkungen auf die Luftqualität (Exposition)**

Für die Konzentration von Luftverunreinigungen, die nur aus Quellen in Innenräumen freigesetzt werden, gilt folgende Beziehung:

$$C = \frac{E}{n * V}$$

Danach ist die Raumlufkonzentration C im quasi-stationären Gleichgewicht proportional zur Emissionsrate E [ $\mu\text{g}/\text{h}$ ] eines Stoffes, aber umgekehrt proportional zur Luftwechselrate n [ $\text{h}^{-1}$ ] im betrachteten Raum und zum Raumvolumen V [ $\text{m}^3$ ]. Die Raumtemperatur kann für die Schadstoffkonzentration in der Innenraumluf dann eine Rolle spielen, wenn die Emissionsrate temperaturabhängig ist, was z. B. bei flüchtigen Stoffen, die aus Baumaterialien emittiert werden, der Fall ist. Ebenfalls kann die Luftfeuchtigkeit die Emission von Schadstoffen aus Baumaterial oder Einrichtungsgegenständen beeinflussen (z. B. verstärkte Emission von Formaldehyd aus Spanplatten bei höherer Luftfeuchtigkeit).

**Handlungsfeld Gesundheit**

Eine relevante Quelle von Luftverunreinigungen in Innenräumen sind die Bewohner selbst, da mit der Atemluft Wasserdampf, Kohlendioxid und andere organische Stoffe ausgeatmet werden. Unter Ruhebedingungen beträgt die Wasserabgabe einer Person ca. 60 g/h, die Kohlendioxidabgabe etwa 10 - 13 l/h (20 - 26 g/h). In einem 4-Personenhaushalt ist damit zu rechnen, dass durch die Aktivitäten der Bewohner (Atmung, Duschen, Kochen, Wischen etc.) täglich ca. 10 - 15 l Wasser in die Luft abgegeben werden, die durch die Lüftung aus der Wohnung entfernt werden müssen. Bei einer Luftwechselrate von 0,5/h stellt sich in einem Schlafzimmer mit 34 m<sup>3</sup> Raumvolumen bei 2 Personen eine CO<sub>2</sub>-Konzentration von etwa 1 800 ppm ein; bei geringeren Luftwechselraten, die in energetisch sanierten Gebäuden bei geschlossenen Fenstern im Bereich zwischen 0,01/h und 0,5/h lagen, konnten dagegen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen bis zu 4 500 ppm gemessen werden (Fehlmann und Wanner 1993). Durch eine Verminderung der Luftwechselrate kann es neben der Erhöhung der Wasserdampf- und CO<sub>2</sub>-Konzentration zu einer Erhöhung folgender Stoffe in der Raumluft kommen:

- Emissionen aus **Verbrennungsprozessen** (Rauchen in der Wohnung, Kochen mit Gas, offene Kamine, Kaminöfen in der Wohnung, Abbrennen von Kerzen oder Öllampen):
  - Feinstaub
  - Stickstoffdioxid
  - Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)
  - Kohlenmonoxid
  - Formaldehyd und andere Aldehyde

Erhöhte Konzentrationen von Schadstoffen aus Verbrennungsprozessen in Innenräumen sind auch bei der verstärkten Nutzung von Holz in Kaminöfen zu erwarten. Dabei sind die technischen Bedingungen während der Verbrennung von großer Bedeutung. So konnte in einer amerikanischen Studie gezeigt werden, dass durch den Austausch alter Öfen gegen emissionsarme neue Öfen zur Holzverbrennung die mittlere PM<sub>2,5</sub>-Belastung in der Raumluft von 51 µg/m<sup>3</sup> auf 15 µg/m<sup>3</sup> gesenkt werden konnte (Ward et al. 2008). Bei der Nutzung von Gas zum Kochen und Backen bzw. zur Warmwassererzeugung (Gasthermen) können erhöhte Konzentrationen an Stickstoffdioxid in der Raumluft entstehen.

Aufgrund der zu erwartenden Temperaturzunahme in der Außenluft ist eine Abnahme der Heiztage bzw. der Heizgradtage zu erwarten. Auf der Grundlage der prognostizierten Reduktion der Heizgradtage um 9 % (Median nahe Zukunft) bzw. 25 % (Median ferne Zukunft) ist auch eine entsprechende Reduktion der Heizenergie und der damit

### Handlungsfeld Gesundheit

verbundenen Schadstoffemissionen um ähnliche Prozentsätze anzunehmen, was sich positiv auf die Raumluftqualität auswirken sollte.

Begünstigt durch die hohe Oberfläche können bei der Lagerung von Holzpellets verschiedene gasförmige Stoffe aus dem Holz freigesetzt werden. Dazu zählen Aldehyde (Hexanal, Pentanal), Aceton, Methanol und Kohlenmonoxid (Svedberg et al. 2004). Bei den chemischen Reaktionen, die für die Entstehung von Kohlenmonoxid verantwortlich sind, handelt es sich wohl um Autooxidationsprozesse, insbesondere um die Oxidation von Fettsäuren im Holz (Kuang et al., 2008; Svedberg et al., 2008). Da verschiedene Holzsorten unterschiedliche Anteile an Fettsäuren aufweisen, ist die CO-Freisetzung aus Pellets auch von der Holzsorte abhängig. Pinienholz weist einen höheren Anteil ungesättigter Fettsäuren auf als Fichtenholz, daher sind hier auch höhere CO-Emissionen zu erwarten (Emhofer and Pointner, 2009), (Gauthier et al. 2012). In Lagerräumen von Pellets mit einer Kapazität bis zu 155 Tonnen konnten in Einzelfällen Konzentrationen im Bereich von 7500 ppm CO (ca. 8600 mg/m<sup>3</sup> CO) gemessen werden (Gauthier et al. 2012). Andere Untersuchungen kamen zu CO-Konzentrationen in Pellet-Lagerräumen im Bereich um 123 mg/m<sup>3</sup> (Svedberg et al. 2004).

Erhöhte CO-Konzentrationen entstehen auch bei einer Verbrennung unter Sauerstoffmangel bei hohen Temperaturen, z. B. bei der Nutzung von Camping-Gas-Kochern oder von Holzkohlegrills in Innenräumen.

- Emissionen **flüchtiger Stoffe aus Baustoffen** und Einrichtungsgegenständen (Lösemittel aus Farben, Lacken und Reinigungsmitteln, Klebstoffen, Beschichtungen, flüchtige Holzinhaltstoffe, Weichmacher, Flammschutzmittel etc.)
  - Aliphatische Kohlenwasserstoffe
  - Aromatische Kohlenwasserstoffe
  - Alkohole, Ester, Carbonsäuren, Glykole
  - Aldehyde, Ketone
  - Phthalate
  - Polybromierte Diphenylether (PBDE)

Dabei ist zu beachten, dass die Freisetzung von flüchtigen Verbindungen auch durch erhöhte Gebäude- und Raumtemperaturen im Sommer begünstigt sein kann. Die Freisetzung von Formaldehyd aus Baustoffen und Möbeln (Formaldehyd-haltige Verleimungen von Spanplatten, Harnstoff-Formaldehyd-Ortschaum) wird sowohl durch höhere Temperaturen als auch durch eine erhöhte Luftfeuchtigkeit begünstigt.

- **Radon**, das beim radioaktiven Zerfall von Uran und Thorium im Untergrund entsteht, kann über Risse im Fundament oder über gestampfte Keller in die Gebäude eindringen

### **Handlungsfeld Gesundheit**

und sich vor allem in den unteren Stockwerken bei mangelnder Lüftung in der Raumluft anreichern.

#### **Biologische Schadstoffe:**

Eine Erhöhung der Luftfeuchtigkeit und der Raumtemperatur begünstigt in den Wohnräumen das Wachstum von Hausstaubmilben. Die Exkremente der Hausstaubmilben gehören zu den wichtigsten Allergenen in Innenräumen.

Eine Reduktion der Luftwechselrate kann in Verbindung mit einer erhöhter Luftfeuchtigkeit zu verstärktem Wachstum von Schimmel in den Wohnungen führen. Insbesondere auf feuchten Wänden (Kondensation von Wasser an Wärmebrücken, undichte Wasserleitungen) können bei Anwesenheit von organischem Material Schimmelpilze wachsen.

Eine energetische Sanierung von Wohnungen führt nicht grundsätzlich zu einem verstärkten Schimmelpilzwachstum. In der Frankfurter Interventionsstudie (Braubach et al. 2008) war die energetische Sanierung in den meisten Fällen mit einer Verminderung der Probleme durch Schimmelpilzbefall verbunden; die Häufigkeit von sichtbarem Schimmel in der Wohnung nahm in den sanierten Wohnungen insgesamt ab. In einigen Fällen traten jedoch nach der Sanierung mehr Schimmelpilzprobleme auf als davor. Verstärktes Schimmelpilzwachstum kann insbesondere dann auftreten, wenn in alten Gebäuden durch den Einbau von dicht schließenden Fenstern und Türen die Luftzirkulation eingeschränkt wird, ohne dass eine ausreichende thermische Isolierung der Wände erfolgt (Kondensation von Wasser an den kalten Wänden anstatt an den Fenstern).

Auch als Folge von Starkregenereignissen und Überschwemmungen in Gebäuden kann es zur Durchfeuchtung der Bauwerkshülle (Mauerwerks, Fundament) und nachfolgend in Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Baumaterials (anorganisch, organisch) zu einem mehr oder weniger starken Bewuchs mit Schimmelpilzen kommen. Dabei sind in erster Linie die unteren Stockwerke betroffen.

Neben einem Befall mit Schimmelpilzen können in feuchten Wohnungen auch andere biologischen Schadstoffe (Aktinomyceten, Bakterien) auftreten. Je nach Art der Belastung können dabei erhöhte Konzentrationen von Endotoxinen, Glucanen, Mycotoxinen, Allergenen und spezifischen flüchtigen Verbindungen (MVOC) auftreten.

#### **Lärm:**

Eine energetische Sanierung (Wärmedämmung, Einbau von neuen Fenstern) kann sich positiv auf den Schallschutz auswirken. In der Frankfurter Interventionsstudie nahm die Lärmbelastung in den Wohnungen als Folge der Sanierungsmaßnahmen ab (Braubach et al. 2008).

#### 5.6.1.4 Gesundheitliche Auswirkungen

##### **Raumtemperatur:**

Eine Erhöhung der Raumtemperatur während der kalten Jahreszeit führt zu einer Erhöhung des Wohnkomforts. Für Wohninnenräume werden Raumtemperaturen von 20 -22 °C empfohlen. Kalte Wohnungen erhöhen das Krankheitsrisiko der Bewohner. Nach einer Abschätzung der WHO treten in 11 europäischen Ländern jedes Jahr etwa 13 zusätzliche Todesfälle (kardiovaskuläre und respiratorische Ursachen) pro 100.000 Einwohner als Folge einer zu niedrigen Raumtemperatur auf. Eine Erhöhung der Raumtemperatur um 1 °C ist dabei mit einer Verminderung der Mortalität um 0,15 % verbunden (Braubach et al. 2011).

In der Frankfurter Interventionsstudie führte die Wohnungssanierung bei den Bewohnern zu einer Abnahme von Erkältungen, Asthma und Bronchitis im Vergleich zu den Bewohnern von nicht sanierter Vergleichswohnungen.

##### **Luftfeuchtigkeit:**

Die Änderung der Luftfeuchtigkeit in den Innenräumen hat in dem zu erwartenden Maß nur eine geringe direkte Auswirkung auf die Gesundheit der Bewohner. Indirekt hat sie jedoch einen Einfluss auf die Innenraumluftqualität (s. unten).

##### **Innenraumluftqualität:**

Eine erhöhte Konzentration von Luftverunreinigungen in Innenräumen kann in Abhängigkeit von den vorhandenen Schadstoffen zu vielfältigen Beschwerden und Krankheitssymptomen führen. Der **Kohlendioxidgehalt** der Luft kann als Indikator für die Luftqualität in Räumen angesehen werden. Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden hat aus der Bewertung aktueller Interventionsstudien gesundheitlich-hygienisch begründete Leitwerte für Kohlendioxid in der Raumluft abgeleitet. Danach gelten Konzentrationen unter 1000 ppm Kohlendioxid in der Raumluft als unbedenklich, Konzentrationen zwischen 1000 und 2000 ppm als auffällig und Konzentrationen über 2000 ppm als inakzeptabel (Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte 2008).

**Kohlenmonoxid** bindet mit einer ca. 250mal höheren Affinität an Hämoglobin (Hb) als Sauerstoff und blockiert dadurch den Sauerstofftransport im Organismus. Erste negative Wirkungen am Herz-Kreislaufsystem können bei vorgeschädigten Personen bei einem Blutspiegel von etwa 3 % COHb auftreten. Dieser COHb-Spiegel stellt sich bei einer Konzentration von 15 mg CO/m<sup>3</sup> in der Luft je nach Atemaktivität innerhalb von 8 bis 24 Stunden ein (Englert 1997). Tödliche Vergiftungen sind bei mehrstündiger Exposition ab

**Handlungsfeld Gesundheit**

einer Konzentration von etwa 1000 mg CO/m<sup>3</sup> möglich. Zwei Fälle einer tödlichen Kohlenmonoxid-Vergiftungen sind bei Personen berichtet worden, die sich in Lagerräumen für Holzpellets aufgehalten hatten; die CO-Konzentrationen lagen dabei bei 7500 ppm bzw. >500 ppm (Gauthier et al. 2012). Darüber hinaus sind weitere tödliche CO-Vergiftungen bekannt, bei denen in erster Linie Personen betroffen waren, die in Pellet-Silos bzw. Frachträumen von Schiffen arbeiteten (Gauthier et al. 2012). Diese Einzelfälle zeigen, dass die Lagerung von Pellets mit einem relevanten Gesundheitsrisiko verbunden sein kann; quantitative Abschätzungen sind aus diesen Daten jedoch nicht möglich.

**Stickstoffdioxid, Feinstaub und verschiedene flüchtige Kohlenwasserstoffe** führen zu Entzündungsprozessen an den Atemwegen; Feinstäube können außerdem kardiovaskuläre Schädigungen hervorrufen. Bei Personen mit einer chronisch-obstruktiven Lungenerkrankung (COPD) können diese Schadstoffe zu einer Verstärkung des Beschwerdebildes führen. Erhöhte **Radonkonzentrationen** sind mit einem erhöhten Lungenkrebsrisiko verbunden; dabei sind besonders Personen im Untergeschoss oder Erdgeschoss gefährdet.

Eine Reihe flüchtiger Verbindungen, die als Lösemittel verwendet werden, wirken sich negativ auf das zentrale Nervensystem aus, häufig werden bei diesen Stoffen auch Reizwirkungen auf die Schleimhäute und eine Verstärkung von Atemwegsbeschwerden und Beschwerden des atopischen Formenkreises beschrieben (Mendell 2007). Zur Beurteilung der Luftqualität von flüchtigen organischen Verbindungen in der Innenraumluft hat die Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK/AOLG Konzentrationsbereiche für die Summe der gemessenen Verbindungen (TVOC) angegeben. Danach sind Konzentrationen unterhalb von 0,3 mg/m<sup>3</sup> hygienisch unbedenklich, zwischen 0,3 und 1 mg/m<sup>3</sup> hygienisch noch unbedenklich, zwischen 1 und 3 mg/m<sup>3</sup> hygienisch auffällig, zwischen 3 und 10 mg/m<sup>3</sup> hygienisch bedenklich und bei Konzentrationen über 10 mg/m<sup>3</sup> hygienisch inakzeptabel.

Aus verschiedenen Studien geht hervor, dass die Luftwechselrate Einfluss auf die Häufigkeit von übertragbaren Atemwegserkrankungen, von Allergien und Asthma, dem Auftreten des *Sick-Building*-Syndroms und auf das Leistungsvermögen der Bewohner hat (Seppanen und Fisk 2004). In einer schwedischen Studie konnte gezeigt werden, dass die Senkung der Luftwechselrate unter 0,5/h bei den Bewohnern zu einer verstärkten Wahrnehmung einer unzureichenden Luftqualität („schlechte Luft“) führt (Engvall et al. 2005).

**Hausstaubmilben:** Nach Untersuchungen des Landesgesundheitsamtes im Winter 2000/2001 sind etwa 20 % der 10-jährigen Kinder in Baden-Württemberg gegen Allergene aus dem Hausstaub sensibilisiert (Belastungs- und Wirkungsmonitoring, Untersuchung 2000/01; LGA 2002). Wieweit ein direkter Zusammenhang der Häufigkeit einer Sensibilisierung bzw. einer Hausstauballergie mit der Exposition gegenüber

### Handlungsfeld Gesundheit

Hausstaubmilben besteht, ist bisher nicht vollständig geklärt. Bei einer bestehenden Hausstauballergie kann eine Reduktion der Allergen-Exposition zu einer Milderung der Symptome führen.

**Schimmel:** Feuchtigkeit und Schimmelbefall werden von der WHO als bedeutende und konsistente Indikatoren für das Risiko von Asthma und Erkrankungen der Atmungsorgane angesehen. Auf einer WHO-Arbeitsgruppentagung im Jahr 2007 kamen die Experten dabei zu folgenden Schlüssen:

- Eine hinreichende Zahl epidemiologischer Studien, die in unterschiedlichen Ländern und unter verschiedenen klimatischen Bedingungen durchgeführt wurden, belegt, dass die Nutzer feuchter und von Schimmel befallener Gebäude einem erhöhten Risiko einer Erkrankung der Atmungsorgane, einer Atemwegsinfektion und der Verstärkung einer vorhandenen Asthmaerkrankung ausgesetzt sind. Es gibt auch einige Anzeichen dafür, dass ein erhöhtes Risiko besteht, an allergischer Rhinitis und Asthma zu erkranken. Zwar gibt es nur wenige Interventionsstudien, doch zeigen deren Ergebnisse, dass eine Feuchtigkeitssanierung negative gesundheitliche Folgen mindern kann.
- Toxikologische Befunde in vivo und in vitro stützen diese Erkenntnisse und zeigen das Auftreten verschiedener Entzündungs- und Toxizitätsreaktionen nach einer Exposition gegenüber Mikroorganismen (bzw. deren Sporen, Metabolite und Bestandteile), die aus feuchten Gebäuden isoliert wurden.
- Atopische und allergische Menschen sind besonders empfänglich für biologische und chemische Wirkstoffe in feuchten Innenräumen, die negativen gesundheitlichen Auswirkungen wurden jedoch auch in nicht atopischen Bevölkerungsgruppen nachgewiesen.
- Durch die in vielen Ländern steigende Prävalenz von Asthma und Allergien erhöht sich auch die Zahl der Menschen, die für die Auswirkungen von Feuchtigkeit und Schimmel in Gebäuden empfänglich sind.

Nach Veröffentlichungen der Weltgesundheitsorganisation wird geschätzt, dass der Feuchtigkeit und dem Schimmelpilzbefall in Wohnungen in Europa jährlich etwa 100 krankheitsbehafte Lebensjahre (DALYs) pro 100 000 Einwohner zuzuschreiben sind („*Environmental burden of disease associated with inadequate housing*“, WHO 2011). Dabei wird davon ausgegangen, dass etwa 10 % aller Wohnungen mit Schimmelpilz belastet sind. In den Untersuchungen des LGA im Projekt „Beobachtungsgesundheitsämter“ war nach Elternangaben in etwa 20 % der Wohnungen von Viertklässlern in Baden-Württemberg Schimmel oder Feuchtigkeitsflecken beobachtet worden.

### Handlungsfeld Gesundheit

**Lärm:** Eine Verminderung der Lärmbelastung in Wohnungen durch eine verbesserte Gebäudedämmung ist mit positiven gesundheitlichen Wirkungen verbunden. In der Frankfurter Interventionsstudie konnte gezeigt werden, dass sich als Folge der Sanierungsmaßnahmen die Schlafstörungen bei den Bewohnern verminderten (Braubach et al. 2008). Generell ist davon auszugehen, dass eine Lärmreduktion das Risiko für Herz-Kreislaufkrankungen (Bluthochdruck, Herzinfarkt) senkt.

**Risikogruppen** im Hinblick auf Innenraumschadstoffe und Schimmelpilzbelastungen sind in erster Linie Kinder und ältere Personen, die sich in der Regel die überwiegende Zeit in den Wohnräumen aufhalten. Kinder sind außerdem aufgrund ihrer höheren gewichtsbezogenen Atemrate, ihrer in der Regel geringeren Entgiftungskapazität gegenüber Schadstoffen und ihrem noch nicht voll entwickelten Immunsystem stärker gefährdet als Erwachsene. Personen mit einer Vorschädigung der Atemwege haben ebenfalls ein erhöhtes Risiko.

Besonders betroffen sind auch sozial benachteiligte Personen, da sie in der Regel in älteren Wohnungen mit schlechterer Bausubstanz wohnen. Wegen der hohen Heizkosten sind die Wohnungen bei diesen Personen häufig weniger gut geheizt; die Wohndichte ist in der Regel höher, was sich negativ auf die Luftfeuchtigkeit und die Raumluftqualität auswirkt.

Überbelegung und unzureichende Lüftung können Infektionen begünstigen, die über die Luft übertragen werden.

**Vulnerabilität bei Überschwemmungen:** Betroffen sind Wohngebäude in überschwemmungsgefährdeten Lagen, in erster Linie also Siedlungen nahe Fließgewässern. Wichtig wäre hier zu prüfen, inwieweit auch bei kleineren Fließgewässern Überschwemmungsgefahr besteht. In der Vergangenheit traten ja gerade auch bei kleineren Bächen weitreichende Überflutungen auf.

Vulnerabilitätsfaktoren sind:

- **Wohnstandort:** Die Lage zum Fließgewässer bestimmt die Häufigkeit, mit der Überflutungen eintreten können. Hier ist Abstimmungsbedarf mit dem Handlungsfeld Wasserwirtschaft/Hochwasserschutz gegeben.
- **Niedriger sozialer Status:** Nach einem Wasserschaden müssen um mikrobiellen Kontaminationen vorzubeugen sehr schnell fach- und sachgerechte Sanierungen durchgeführt werden, die sehr kostenintensiv sind. Hier besteht die Gefahr, dass einerseits aus finanziellen Gründen nicht sachgerecht gearbeitet wird oder aufgrund von Kenntnisdefiziten nicht fachgerecht saniert wird.
- **Vorbestehende chronische Krankheiten:** Vorerkrankungen erhöhen das Risiko einer Erkrankung durch mikrobielle Kontaminationen im Innenraum. Hier sind vor allem



### **Handlungsfeld Gesundheit**

allergische Erkrankungen von Bedeutung, da sich das Risiko einer Allergieentwicklung erhöht. Auch wenn potentiell infektiöse Schimmelpilze durch die Umweltbedingungen bei Feuchteschäden nicht gefördert werden, ist mit einer leichten Erhöhung der Konzentration opportunistischer Pilze zu rechnen. Damit könnte sich die Infektionsgefahr für immunsupprimierte Menschen zumindest theoretisch erhöhen. Hier liegen allerdings keine Erkenntnisse über Dosis-Wirkungs-Beziehungen aus epidemiologischen Studien vor, so dass eine Risikoerhöhung nicht abzuleiten ist.

Neben der Belastungen durch Schimmelpilzwachstum kann eine gesundheitliche Beeinträchtigung der Bewohner nach Hochwasserereignissen auch durch psychische Belastungen verursacht werden. Dabei sind folgende Stressoren von Bedeutung:

- Posttraumatische Belastungsstörungen (PTSD) mit Schlafstörungen, erhöhter Reizbarkeit, Konzentrationsstörungen, Vermeidungsverhalten, emotionale Taubheit;
- Ökonomische Belastungen
- Familiäre Belastungen, fehlende Erholung

Weitere gesundheitliche Risiken im Zusammenhang mit Hochwasserereignissen sind Gebäudebelastungen durch beschädigte Heizöltank und Kontaminationen durch Mineralöl und Benzin aus Kraftfahrzeugen. Als Folge davon können erhöhte Raumluftbelastungen von flüchtigen Kohlenwasserstoffen auftreten, die neben der Geruchsbelastung häufig auch zu gesundheitlichen Beschwerden der Bewohner führen können. Dabei kann auch eine gesteigerte Angst vor chemischen Belastungen zu gesundheitlichen Problemen führen.

#### **5.6.2 Kosten für Anpassungsmaßnahmen bzw. mögliche Kosten bei ausbleibender Anpassung**

Entfällt

#### **5.6.3 Anpassungsoptionen, die nicht berücksichtigt wurden**

Entfällt

#### **5.6.4 Kenntnisdefizite und Forschungsbedarf**

Zu den Auswirkungen der Klimaänderungen auf das Innenraumklima bestehen noch große Kenntnislücken. Dabei stellt sich insbesondere die Frage, ob sich aus Änderungen der Raumtemperatur, der Raumfeuchte und der Luftwechselrate andere Innenraummilieus ergeben, bei denen andere Wachstumsbedingungen für Mikroorganismen bestehen. Andere

**Handlungsfeld Gesundheit**

Klimabedingungen könnten sich auch hinsichtlich des Auftretens/Befalls von Schädlingen in Innenräumen auswirken. Vorgeschlagen werden:

- Etablierung eines Monitoring-Programms zur Charakterisierung der Schimmelpilzbelastungen in Wohnungen und möglicher Änderungen des Schimmelpilzspektrums im Lauf der Jahre;
- Etablierung eines Monitoring-Programms zur Sensibilisierung der Bevölkerung / Kinder in Baden-Württemberg gegenüber innenraum-relevanten Schimmelpilzen;
- Untersuchung des Einflusses von Lüftung und Feuchtigkeit auf des Schimmelpilzspektrum in Wohnungen;
- Weitere Untersuchungen zum Zusammenhang von Feuchtigkeit/Schimmelpilzbefall und den gesundheitlichen Wirkungen (Höhe des Krankheitsrisikos).

**5.6.5 Sonstige Anregungen/Hinweise**

Entfällt

## 5.7 Literaturverzeichnis

- Adhami, J.; Reiter, P. (1998): Introduction and establishment of *Aedes (Stegomyia) albopictus* skuse (Diptera: Culicidae) in Albania. In: *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 14 (3), S. 340–343.
- Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte (2008): Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft. In: *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* 51 (11), S. 1358–1369.
- Alberternst, B.; Nawrath S.; Breunig, Th; Heuer, H. (2007): Nachweise für *Ambrosia artemisiifolia* in Baden-Württemberg. Hg. v. LUBW. Online verfügbar unter <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/26315/>
- Allgöwer, Rainer (1990): Die Zerkarien- oder Badedermatitis. In: *Biologie in unserer Zeit* 20 (3), S. 144–148.
- Alves, M.J.; Fernandes, P.L.; Amaro, F.; Osório, H.; Luz, T.; Parreira, P. et al. (1999): Clinical presentation and laboratory findings for the first autochthonous cases of dengue fever in Madeira island, Portugal, October 2012 (9186).
- Ammon, Andrea; Bräunig, Juliane (2002): Lebensmittelbedingte Erkrankungen in Deutschland. Berlin: Robert Koch-Institut. Online verfügbar unter [http://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsT/lebensmittelbedingte\\_erkrankungen.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsT/lebensmittelbedingte_erkrankungen.pdf?__blob=publicationFile).
- Andréasson, Johan; Bergström, Sten; Carlsson, Bengt; Graham, L. Phil; Lindström, Göran (2004): Hydrological Change – Climate Change Impact Simulations for Sweden. In: *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 33 (4), S. 228–234.
- Angelini, R.; Finarelli, A. C.; Angelini, Paola; Po, C.; Petropulacos, K.; Macini, P. et al. (2007): An outbreak of chikungunya fever in the province of Ravenna, Italy. In: *Euro Surveill.* 12 (9), S. E070906.1.
- Aranda, C.; Eritja, R.; Roiz, D. (2006): First record and establishment of the mosquito *Aedes albopictus* in Spain. In: *Med. Vet. Entomol.* 20 (1), S. 150–152.
- Asero, R. (2007): The changing pattern of ragweed allergy in the area of Milan, Italy. In: *Allergy* 62 (9), S. 1097–1099.
- Aspöck, Horst (2007): Postglacial formation and fluctuations of the biodiversity of Central Europe in the light of climate change. Hg. v. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter [http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit-e/veranstaltungen/vector-borne-diseases/03\\_Aspoeck.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit-e/veranstaltungen/vector-borne-diseases/03_Aspoeck.pdf), zuletzt aktualisiert am 25.09.2007, zuletzt geprüft am 25.02.2013.
- Aspöck, Horst (Hg.) (2010): Krank durch Arthropoden. Oberösterreichische Landesmuseen (Denisia, 30).
- Aspöck, Horst; Gerersdorfer, Thomas; Formayer, Herbert; Walochnik, Julia (2008): Sandflies and sandfly-borne infections of humans in Central Europe in the light of climate change. In: *Wien. Klin. Wochenschr.* 120 (19-20 Suppl 4), S. 24–29.

**Handlungsfeld Gesundheit**

Augustin, Matthias; Kappas, Martin (Hg.) (2007): Climaderm. Der Einfluss des Klimawandels auf die Prävalenz und den Versorgungsbedarf von Hautkrebskrankungen in Deutschland. Nationales Forschungsprojekt. Hamburg; Göttingen.

Baeker, Regine; Korn, Martina (2013): EPS-assoziierte Symptome - Datenerhebung 2012 bei niedergelassenen Ärzten im Land Brandenburg - Präsentation vom 12. Dezember 2012. Statusseminar Prozeptionspinner 18.02.2013. Online verfügbar unter <http://www.bfr.bund.de/cm/343/eps-assoziierte-symptome-datenerhebung-2012-bei-niedergelassenen-aerzten-im-land-brandenburg.pdf>

Bakonyi T, Ivanics E.; Erdélyi K; Ursu K; Ferenczi E; Weissenböck H; Novotny N (2006): Lineage 1 and 2 Strains of Encephalitic West Nile Virus, Central Europe. In: *Emerging Infectious Diseases* 12 (4), S. 618–623.

Banken, R.; Comtois, P. (1992): Concentration du pollen de l'herbe à poux et prévalence de la rhinite allergique dans deux municipalités des Laurentides. In: *Allerg Immunol (Paris)* 24 (3), S. 91–94.

Bass, D. J.; Delpech, V.; Beard, J.; Bass, P.; Walls, R. S. (2000): Late summer and fall (March-May) pollen allergy and respiratory disease in Northern New South Wales, Australia. In: *Annals of allergy, asthma & immunology : official publication of the American College of Allergy, Asthma, & Immunology* 85 (5).

Basu, Rupa (2009): High ambient temperature and mortality: a review of epidemiologic studies from 2001 to 2008. In: *Environ Health* 8 (1), S. 40–52.

Batisti, Andrea; Stastny, Michael; Netherer, Sigrid; Robinnet, Christelle; Schopf, Axel; Roques, Alain; Larsson, Stig (2005): Expansion of geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures. In: *Ecological Applications* 15 (6), S. 2084–2096.

Baumann, Lothar (2005): Die "Hitzetoten" des Jahres 2003. In: *Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg* (4), S. 23–27.

Baumüller, Jürgen; Reuter, U.: Klimaatlas Region Stuttgart. Hg. v. Verband Region Stuttgart. Stuttgart.

Bayram, H.; Rusznak, C.; Khair, O. A.; Sapsford, R. J.; Abdelaziz, M. M. (2002): Effect of ozone and nitrogen dioxide on the permeability of bronchial epithelial cell cultures of non-asthmatic and asthmatic subjects. In: *Clin. Exp. Allergy* 32 (9), S. 1285–1292.

BBK; RKI (2007): Tularämie. In: BBK und RKI (Hg.): Biologische Gefahren 2. Entscheidungshilfen zu medizinisch angemessenen Vorgehensweisen in einer B-Gefahrenlage. 1. Aufl., S. 154–158.

Becker, N.; Huber, Katrin; Pluskota, B.; Kaiser, Andreas (2011): Ochlerotatus japonicus japonicus – a newly established neozoon in Germany and a revised list of the German mosquito fauna. In: *European Mosquito Bulletin* 29, S. 88–102.

Becker, Norbert (2008): Influence of climate change on mosquito development and mosquito-borne diseases in Europe. In: *Parasitol Res* 103 (S1), S. 19–28

Becker, Norbert; Geier, Martin; Balczun, Carsten; Bradersen, Udo; Huber, Katrin; Kiel, Ellen et al. (2013): Repeated introduction of Aedes albopictus into Germany, July to October 2012. In: *Parasitology research* (4), S. 1787–1790.

**Handlungsfeld Gesundheit**

- Bédry, R.; Gromb, S. (2009): Les intoxications particulières de la région aquitaine. In: *Rev Med Interne* 30 (7), S. 640–645.
- Behrendt, H.; Gabrio, Th; Alberternst, B.; Kaminski, U.; St. Nawrath; Böhme, M. (2010): Gesundheitliche Bewertung der Verbreitung von *Ambrosia artemisiifolia* in Baden-Württemberg: Risiko oder Überschätzung? In: *Umweltmedizin in Forschung und Praxis* 15 (1).
- Bellmann, Heiko; Jacobs, Werner; Honomichl, Klaus (2007): Biologie und Ökologie der Insekten. Ein Taschenlexikon. 4. Aufl. München: Elsevier, Spektrum Akad. Verl.
- Berendes, Karl-heinz; Bräsicke, Nadine (2013): Überlegungen zur Risiko-Nutzen-Abwägung am Beispiel der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Forst - Präsentation vom 18. Februar 2013. Statusseminar Prozessionsspinner 18.02.2013. Online verfügbar unter <http://www.bfr.bund.de/cm/343/ueberlegungen-zur-risiko-nutzen-abwaegung-am-beispiel-der-anwendung-von-pflanzenschutzmitteln-im-forst.pdf>
- Berger, Silje; Söhlke, Gunnar; Walther, Gian-Reto; Pott, Richard (2007): Bioclimatic limits and range shifts of cold-hardy evergreen broad-leaved species at their northern distributional limit in Europe. In: *Phytocoenologia* 37 (3), S. 523–539.
- Berrahal, F.; Mary, C.; Roze, M.; Berenger, A.; Escoffier, K.; Lamouroux, D.; Dunan, S. (1996): Canine leishmaniasis: identification of asymptomatic carriers by polymerase chain reaction and immunoblotting. In: *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 55 (3), S. 273–277.
- BfS (Hg.) (2002-2009): UV-Jahresbericht. Solare bodennahe UV-Strahlung in Deutschland Jahresberichte über das solare UV-MESSNETZ in Deutschland (sUV-Mo-Net). Online verfügbar unter [http://www.bfs.de/de/uv/uv2/uv\\_messnetz/UV\\_jb.html](http://www.bfs.de/de/uv/uv2/uv_messnetz/UV_jb.html).
- Bormane, Antra; Lucenko, Irina; Duks, Arnis; Mavtchoutko, Violeta; Ranka, Renate; Salmina, Kristine; Baumanis, Viesturs (2004): Vectors of tick-borne diseases and epidemiological situation in Latvia in 1993-2002. In: *Int. J. Med. Microbiol.* 293 Suppl 37, S. 36–47.
- Born, Wanda; Gebhardt, Oliver; Gmeiner, Jennifer; Ruëff, Franziska (2012): Gesundheitskosten der Beifuß-Ambrosie in Deutschland. In: *Umweltmedizin in Forschung und Praxis* 17 (2), S. 71–80.
- Braubach, Matthias; Heinen, Dorothee; Dame, Juliane (2008): Preliminary results of the WHO Frankfurt housing intervention project. Hg. v. WHO Regional Office for Europe
- Braubach, Matthias; Jacobs, David; Ormandy, David (2011): Environmental burden of disease associated with inadequate housing. Summary report. Hg. v. WHO Regional Office for Europe. Copenhagen, Denmark.
- Brault, Aaron C.; Huang, Claire Y-H; Langevin, Stanley A.; Kinney, Richard M.; Bowen, Richard A.; Ramey, Wanichaya N. et al. (2007): A single positively selected West Nile viral mutation confers increased virogenesis in American crows. In: *Nat. Genet.* 39 (9), S. 1162–1166.
- Brockmann, Stefan; Piechotowski, Isolde; Bock-Hensley, Oswinde; Winter, Christian; Oehme, Rainer; Zimmermann, Stefan et al. (2010): Outbreak of leptospirosis among triathlon participants in Germany, 2006. In: *BMC Infect. Dis.* 10, S. 91.
- Bundesamtes für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2000): Liste giftiger Pflanzen. vom 17. April 2000. In: *Bundesanzeiger* 52 (86), S. 8517.

**Handlungsfeld Gesundheit**

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2012): Empfehlungen für heiße Sommertage in Arbeitsstätten. Online verfügbar unter <http://www.baua.de/de/Informationen-fuer-die-Praxis/Handlungshilfen-und-Praxisbeispiele/Klima/Sommertipps.html>

Bundesgesundheitsamt (1997): Empfehlung zum Schutz von Badenden vor Cyanobakterien-Toxinen. In: *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* 40 (7).

Bundesinstitut für Risikobewertung (2011): Sicher gepflegt. Besonders empfindliche Personengruppen in Gemeinschaftseinrichtungen. Hg. v. BfR. Online verfügbar unter <http://www.bfr.bund.de/cm/350/sicher-verpflegt-besonders-empfindliche-personengruppen-in-gemeinschaftseinrichtungen.pdf>

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2012): Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2011. Online verfügbar unter [http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Wald-Jagd/ErgebnisseWaldzustandserhebung2011.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Wald-Jagd/ErgebnisseWaldzustandserhebung2011.pdf?__blob=publicationFile)

Bundesumweltministerium (2009): Tiere als Krankheitsüberträger. Online verfügbar unter <http://www.bmu.de/themen/gesundheit-chemikalien/gesundheit-und-umwelt/klimawandel/tiere-als-vektoren-und-wirtstiere-fuer-krankheitserreger/?type=98>

Bundesumweltministerium; WHO Regional Office for Europe; DWD; Umweltbundesamt (Hg.) (2011): Internationale Fachkonferenz: Klimawandel, Extremwetterereignisse und Gesundheit. Konferenzbericht. Bonn, 29. und 30. November 2010. Online verfügbar unter [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/konferenzbericht\\_bf.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/konferenzbericht_bf.pdf)

Burri, M.; Schniepper, M. (2006): Schmetterlingsraupen mit Brennhaaren. Merkblatt zu Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz in den Strassenunterhaltungsdiensten. Hg. v. Koordinationsgruppe Arbeitssicherheit im Strassenunterhalt (KGr AS SUD). Online verfügbar unter [http://www.waldwissen.net/technik/holzernte/arbeit/wsl\\_schmetterlingsraupen\\_brennhaare/wsl\\_schmetterlingsraupen\\_brennhaare\\_merkblatt\\_schmetterlingsraupen.pdf](http://www.waldwissen.net/technik/holzernte/arbeit/wsl_schmetterlingsraupen_brennhaare/wsl_schmetterlingsraupen_brennhaare_merkblatt_schmetterlingsraupen.pdf)

Bux, Kersten (2006): Klima am Arbeitsplatz: Stand arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse - Bedarfsanalyse für weitere Forschungen. Hg. v. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Dortmund; Dresden

Cavrini, Francesca; Gaibani, Paolo; Pierro, Anna Maria; Rossini, Giada; Maria Paola Landini, Maria Paola; Sambri, Vittorio (2009): Chikungunya: an emerging and spreading arthropod-borne viral disease. In: *J Infect Dev Ctries* 3 (10), S. 744–752

Chitimia, L.; Muñoz-García, C. I.; Sánchez-Velasco, D.; Lizana, V.; Del Río, L.; Murcia, L. et al. (2011): Cryptic Leishmaniosis by *Leishmania infantum*, a feature of canines only? A study of natural infection in wild rabbits, humans and dogs in southeastern Spain. In: *Vet. Parasitol.* 181 (1), S. 12–16.

Confalonieri, U. E.C.; Marinho, D. P.; Rodriguez, R. E. (2009): Public health vulnerability to climate change in Brazil. In: *Clim. Res.* 40, S. 175–186.

Cooley, Heather; Moore, Eli; Heberger, Matthew; Allen, Lucy (2012): Social vulnerability to climate change in California. A White Paper from the California Energy Commission's California Climate Change Center. Hg. v. California Energy Commission. Pacific institute (CEC - 500 - 2012 - 013).

**Handlungsfeld Gesundheit**

Cvitanović, Slavica; Znaor, Ljubo; Kanceljak-Macan, Bozica; Macan, Jelena; Gudelj, Ivan; Grbić, Dragica (2007): Allergic rhinitis and asthma in southern Croatia: impact of sensitization to *Ambrosia elatior*. In: *Croat. Med. J.* 48 (1), S. 68–75.

Dalitz, Margot Kathrin (2005): Autochthone Malaria im mitteldeutschen Raum. Dissertation. Martin-Luther-Universität, Halle-Wittenberg. Online verfügbar unter <http://sundoc.bibliothek.uni-halle.de/diss-online/05/05H123/prom.pdf>

Dalla Pozza, G.; Majori, G. (1992): First record of *Aedes albopictus* establishment in Italy. In: *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 8 (3), S. 318–320.

Daniel, M.; Danielová, V.; Kriz, Bohumír; Jirsa, A.; Nozicka, J. (2003): Shift of the tick *Ixodes ricinus* and tick-borne encephalitis to higher altitudes in central Europe. In: *Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis.* 22 (5), S. 327–328.

Daniel, M.; Kriz, Bohumír; Danielová, V.; Valter, J.; Kott, I. (2008): Correlation between meteorological factors and tick-borne encephalitis incidence in the Czech Republic. In: *Parasitol. Res.* 103 Suppl 1, S. S97-107.

Daniel, Milan; Danielová, Vlasta; Kriz, Bohumír; Kott, Ivan (2004): An attempt to elucidate the increased incidence of tick-borne encephalitis and its spread to higher altitudes in the Czech Republic. In: *Int. J. Med. Microbiol.* 293 Suppl 37, S. 55–62.

Danielsen, Pernille Høgh; Loft, Steffen; Jacobsen, Nicklas Raun; Jensen, Keld Alstrup; Autrup, Herman; Ravanat, Jean-Luc et al. (2010): Oxidative stress, inflammation, and DNA damage in rats after intratracheal instillation or oral exposure to ambient air and wood smoke particulate matter. In: *Toxicol. Sci.* 118 (2), S. 574–585.

Danielsen, Pernille Høgh; Loft, Steffen; Kocbach, Anette; Schwarze, Per E.; Møller, Peter (2009): Oxidative damage to DNA and repair induced by Norwegian wood smoke particles in human A549 and THP-1 cell lines. In: *Mutat. Res.* 674 (1-2), S. 116–122.

Danielsen, Pernille Høgh; Møller, Peter; Jensen, Keld Alstrup; Sharma, Anoop Kumar; Wallin, Håkan; Bossi, Rossana et al. (2011): Oxidative stress, DNA damage, and inflammation induced by ambient air and wood smoke particulate matter in human A549 and THP-1 cell lines. In: *Chem. Res. Toxicol.* 24 (2), S. 168–184.

Danis, Kostas; Papa, Anna; Theocharopoulos, George; Dougas, Georgios; Athanasiou, Maria; Detsis, Marios et al. (2011): Outbreak of West Nile virus infection in Greece, 2010. In: *Emerging Infect. Dis.* 17 (10), S. 1868–1872.

Dautel, Hans; Dippel, Cornelia; Kämmer, Daniel; Werkhausen, Anita; Kahl, Olaf (2008): Winter activity of *Ixodes ricinus* in a Berlin forest. In: *International Journal of Medical Microbiology* 298, S. 50–54.

Desai, Sarika; van Treeck, Ulrich; Lierz, Michael; Espelage, Werner; Zota, Lavinia; Sarbu, Anca et al. (2009): Resurgence of field fever in a temperate country: an epidemic of leptospirosis among seasonal strawberry harvesters in Germany in 2007. In: *Clin. Infect. Dis.* 48 (6), S. 691–697.

Diallo, M.; Thonnon, J.; Traore-Lamizana, M.; Fontenille, Didier (1999): Vectors of Chikungunya virus in Senegal: current data and transmission cycles. In: *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 60 (2), S. 281–286.

**Handlungsfeld Gesundheit**

Diaz, James H. (2005): The evolving global epidemiology, syndromic classification, management, and prevention of caterpillar envenoming. In: *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 72 (3), S. 347–357.

Diniz, S. A.; Melo, M. S.; Borges, A. M.; Bueno, R.; Reis, B. P.; Tafuri, W. L. et al. (2005): Genital lesions associated with visceral leishmaniasis and shedding of *Leishmania* sp. in the semen of naturally infected dogs. In: *Vet. Pathol.* 42 (5), S. 650–658.

Doherty, Ruth M.; Heal, Mathew R.; Wilkinson, Paul; Pattenden, Sam; Vieno, Massimo; Armstrong, Ben G. et al. (2009): Current and future climate- and air pollution-mediated impacts on human health. In: *Environ Health* 8 (Suppl 1), S. S8.

DVGW (2010): Auswirkungen des Klimawandels und mögliche Anpassungsstrategien. In: *DVGW Energie Wasserpraxis* 61 (3), S. 20–23.

Ebi, Kristie L.; McGregor, Glenn (2008): Climate change, tropospheric ozone and particulate matter, and health impacts. In: *Environ. Health Perspect.* 116 (11), S. 1449–1455.

Edelman, Robert (2007): Dengue vaccines approach the finish line. In: *Clin. Infect. Dis.* 45 Suppl 1, S. S56-60.

Ehrmann, Otto; Konold, Werner; Niederberger, Jörg; Wattendorf, Peter (2009): Auswirkungen des Klimawandels auf Biotope Baden-Württembergs (KLIBB). Institut für Landespflege Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Online verfügbar unter [http://www.herausforderung-klimawandel-bw.de/downloads/KLIBB\\_Schlussbericht\\_Herausforderung\\_Klimawandel.pdf](http://www.herausforderung-klimawandel-bw.de/downloads/KLIBB_Schlussbericht_Herausforderung_Klimawandel.pdf)

Eis, Dieter; Helm, Dieter; Laußmann, Detlef; Stark, Klaus (2010): Klimawandel und Gesundheit. Ein Sachstandsbericht. 1 Band. Berlin: Robert Koch-Institut.

Engardt, Magnuz; Bergström, Robert; Andersson, Camilla (2009): Climate and emission changes contributing to changes in near-surface ozone in Europe over the coming decades: results from model studies. In: *Ambio* 38 (8), S. 452–458.

Englert, N. (1997): Richtwerte für die Innenraumluft: Kohlenmonoxid. In: *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* 40 (11), S. 425–428.

Engvall, K.; Wickman, P.; Norback, D. (2005): Sick building syndrome and perceived indoor environment in relation to energy saving by reduced ventilation flow during heating season: a 1 year intervention study in dwellings. In: *Indoor Air* 15 (2), S. 120–126.

Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (29.04.2004): Verordnung (EG) Nr. 853/2004 über Lebensmittelhygiene. Fundstelle: L 139/1. In: *Amtsblatt der Europäischen Union* L 139/1.

European Centre for Disease Prevention and Control: Annual Epidemiological Report on Communicable Diseases in Europe 2009. Stockholm. Online verfügbar unter [http://ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/0910\\_SUR\\_Annual\\_Epidemiological\\_Report\\_on\\_Communicable\\_Diseases\\_in\\_Europe.pdf](http://ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/0910_SUR_Annual_Epidemiological_Report_on_Communicable_Diseases_in_Europe.pdf).

Fastner, J.; Heinze, R.; Humpage, A.R.; Mischke, U.; Eaglesham, G.K.; Chorus, I. (2003): Cylindrospermopsis occurrence in two German lakes and preliminary assessment of toxicity and toxin production of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanobacteria) isolates. In: *Toxicon* 42 (3), S. 313–321.



**Handlungsfeld Gesundheit**

- Faulde, Michael K.; Mross, G. (2008): Bekleidungsimprägnierung mit Akariziden: Effektive und anwendersichere Methode zur Prävention vor Zeckenbefall und zeckenübertragenen Infektionserkrankungen. Fabric impregnation using acaricides: effective and safe method for the prevention of tick-infestation and tickborne diseases 33 (4), S. 135–141.
- Feemers, Margarete; Blaschke, Markus; Skatulla, Ulrich; Gulder, Hans-Jürgen (2003): Klimaveränderungen und biotische Schäden im Wald. In: *LWFaktuell* (37), S. 19–22.
- Fehlmann, J.; Wanner, H. U. (1993): Indoor Climate and Indoor Air Quality in Residential Buildings. In: *Indoor Air* 3 (1), S. 41–50.
- Fezer, Fritz (1995): Das Klima der Städte. 54 Tabellen. 1. Aufl. Gotha: Perthes (Perthes GeographieKolleg).
- Fiedler, Wolfgang; Güde, Hans; Haas, Wilfried; Hertel, Jan; Hess, Michael; Kimmig, Peter et al. (2005): Entwicklung von Maßnahmen zur Verminderung der Badedermatitis-Belastung am Bodensee. Förderkennzeichen L53 24001. Hg. v. Arbeitsgruppe Badedermatitis Bodensee. Online verfügbar unter [http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/90752/L5324001\\_Schlussbericht\\_neuesDeckblatt.pdf?command=downloadContent&filename=L5324001\\_Schlussbericht\\_neuesDeckblatt.pdf&FIS=203](http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/90752/L5324001_Schlussbericht_neuesDeckblatt.pdf?command=downloadContent&filename=L5324001_Schlussbericht_neuesDeckblatt.pdf&FIS=203)
- Filleul, Laurent; Cassadou, Sylvie; Médina, Sylvia; Fabres, Pascal; Lefranc, Agnés; Eilstein, Daniel et al. (2006): The Relation Between Temperature, Ozone, and Mortality in Nine French Cities During the Heat Wave of 2003. In: *Environ Health Perspect* 114 (9), S. 1344–1347.
- Fiore, Arlene M.; Naik, Vaishali; Spracklen, Dominick V.; Steiner, Allison; Unger, Nadine; Prather, Michael et al. (2012): Global air quality and climate. In: *Chem Soc Rev* 41 (19), S. 6663–6683.
- Fischer, S.F., Sting, R.; Bürstel, D. (2010): Leitlinien zum Q-Fieber - Maßnahmen im Falle des Auftretens von Q-Fieber. In: *Amtstierärztlicher Dienst und Lebensmittelkontrolle* 17 (2), S. 116–118.
- Fischer, Heike; Reimann, Holger (2006): Niclosamid-Creme: Rezeptur gegen Badedermatitis. In: *Pharmazeutische Zeitung* (26). Online verfügbar unter <http://www.pharmazeutische-zeitung.de/index.php?id=1481&type=4>.
- Flint, James A.; van Duynhoven, Yvonne T.; Angulo, Fredrick J.; DeLong, Stephanie M.; Braun, Peggy; Kirk, Martyn et al. (2005): Estimating the burden of acute gastroenteritis, foodborne disease, and pathogens commonly transmitted by food: an international review. In: *Clin. Infect. Dis.* 41 (5), S. 698–704.
- Focks, D. A.; Daniels, E.; Haile, D. G.; Keesling, J. E. (1995): A simulation model of the epidemiology of urban dengue fever: literature analysis, model development, preliminary validation, and samples of simulation results. In: *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 53 (5), S. 489–506.
- Forchhammer, Lykke; Loft, Steffen; Roursgaard, Martin; Cao, Yi; Riddervold, Ingunn Skogstad; Sigsgaard, Torben; Møller, Peter (2012): Expression of adhesion molecules, monocyte interactions and oxidative stress in human endothelial cells exposed to wood smoke and diesel exhaust particulate matter. In: *Toxicol. Lett.* 209 (2), S. 121–128.
- Forkel, Renate; Knoche, Richard (2006): Regional climate change and its impact on photooxidant concentrations in southern Germany: Simulations with a coupled regional climate-chemistry model. In: *J. Geophys. Res.* 111 (D12).

**Handlungsfeld Gesundheit**

- Fuchs, Joan; Rauber-Lüthy, Christine; Kupferschmidt, Hugo; Kupper, Jacqueline; Kullak-Ublick, Gerd-Achim; Ceschi, Alessandro (2011): Acute plant poisoning: Analysis of clinical features and circumstances of exposure. In: *Clinical Toxicology* 49 (7), S. 671–680.
- Gabrio, T.; Behrendt, H.; Alberternst, B.; Kaminski, U. (2009): Verbundprojekt Ambrosia-Pollen - Abschlussbericht. Einfluss klimatischer Faktoren und ihrer bisherigen sowie erwarteten Änderung bezüglich der Zunahme von Sensibilisierungen am Beispiel von Ambrosia-pollen. Hg. v. LGA. Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg. Stuttgart. Online verfügbar unter [www.gesundheitsamt-bw.de](http://www.gesundheitsamt-bw.de).
- Gabrio, Th; Alberternst, B.; Böhme, M.; Kaminski, U.; St. Nawrath; Behrendt, H. (2010): Sensibilisierung gegenüber Allergenen von Ambrosia artemisiifolia-Pollen und weiteren Allergenen bei 10-jährigen Kindern und Erwachsenen in Baden-Württemberg. In: *Umweltmedizin in Forschung und Praxis* 15 (1).
- Gatto, Paola; Zocca, Alessia; Battisti, Andrea; Barrento, Maria João; Branco, Manuela; Paiva, Maria Rosa (2009): Economic assessment of managing processionary moth in pine forests: A case-study in Portugal. In: *Journal of Environmental Management* 90 (2), S. 683–691.
- Gauthier, Saskia; Grass, Hildegard; Lory, Martin; Krämer, Thomas; Thali, Michael; Bartsch, Christine (2012): Lethal carbon monoxide poisoning in wood pellet storerooms--two cases and a review of the literature. In: *Ann Occup Hyg* 56 (7), S. 755–763.
- Gehring, Heike; Schacht, Erik; Maylaender, Nicole; Zeman, Ella; Kaysser, Philipp; Oehme, Rainer et al. (2013): Presence of an emerging subclone of Francisella tularensis holarctica in Ixodes ricinus ticks from south-western Germany. In: *Ticks Tick Borne Dis* 4 (1-2), S. 93–100.
- Gerba, C. P.; Rose, J. B.; Haas, C. N. (1996): Sensitive populations: who is at the greatest risk? In: *Int. J. Food Microbiol.* 30 (1-2), S. 113–123.
- Gerstengarbe, Friedrich-Wilhelm; Werner, Peter C.; Österle, Hermann; Wodinski, Martin (Juli, 2005): KLimawandel - Auswirkungen, Risiken, Anpassung (KLARA). Hg. v. M. Stock. Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e. V. Potsdam (PIK Report, 99). Online verfügbar unter <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/14503/>
- Gething, Peter W.; Smith, David L.; Patil, Anand P.; Tatem, Andrew J.; Snow, Robert W.; Hay, Simon I. (2010): Climate change and the global malaria recession. In: *Nature* 465 (7296), S. 342–345.
- Gloya, K. (2013): Gesundheitsgefahren durch den Eichenprozessionsspinner. Statusseminar Prozessionsspinner 18.02.2013. Landesamt für Gesundheit und Soziales Mecklenburg-Vorpommern (LAGuS). Online verfügbar unter <http://www.bfr.bund.de/cm/343/gesundheitsgefahren-durch-den-eichenprozessionsspinner.pdf>
- Gray, J. S.; Dautel, H.; Estrada-Peña, A.; Kahl, Olaf; Lindgren, E. (2009): Effects of climate change on ticks and tick-borne diseases in Europe. In: *Interdiscip Perspect Infect Dis* 2009, S. 593232.
- Grützmaier, G.; Bartel, H.; Chorus, I. (2007): Cyanobakterientoxine bei der Uferfiltration. In: *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* 50 (3), S. 345–353.

**Handlungsfeld Gesundheit**

Gubler, D. J.; Reiter, P.; Ebi, K. L.; Yap, W.; Nasci, R.; Patz, J. A. (2001): Climate variability and change in the United States: potential impacts on vector- and rodent-borne diseases. In: *Environ. Health Perspect.* 109 Suppl 2, S. 223–233.

Haas, W. (2005): Entwicklung einer Schutzcreme gegen Cercariendermatitis (Badedermatitis). Online verfügbar unter <http://www.biologie.uni-erlangen.de/parasit/contents/research/Schutzcreme.pdf>

Halbig, Paula; Delb, Horst; Henke, Lars; Wagenhoff, Eiko; Klimetzek, Dietrich (2011): Monitoring und Gefahrenanalyse des Pinienprozessionsspinners, *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff. 1775) (Lep. Notodontidae), für die Oberrheinebene. In: *Mitt. Dtsch. Ges. allg. angew. Ent.* 18, S. 405–408.

Hall, Gillian; D'Souza, R. M.; Kirk, M. D. (2002): Foodborne disease in the new millennium: Out of the frying pan and into the fire? In: *Med. J. Aust.* 177 (11-12), S. 614–618.

Hall, Gillian; Kirk, M. D.; Ashbolt, R.; Stafford, R.; Lalor, Karin (2006): Frequency of infectious gastrointestinal illness in Australia, 2002: regional, seasonal and demographic variation. In: *Epidemiol. Infect.* 134 (1), S. 111–118.

Halstead, S. B.; Papaevangelou, G. (1980): Transmission of dengue 1 and 2 viruses in Greece in 1928. In: *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 29 (4), S. 635–637.

Hamer, Gabriel L.; Kitron, Uriel D.; Brawn, Jeffrey D.; Loss, Scott R.; Ruiz, Marilyn O.; Goldberg, Tony L.; Walker, Edward D. (2008): *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae): a bridge vector of West Nile virus to humans. In: *J. Med. Entomol.* 45 (1), S. 125–128.

Hawley, W. A. (1988): The biology of *Aedes albopictus*. In: *J Am Mosq Control Assoc Suppl* 1, S. 1–39.

Hay, Lauren E.; Wilby, Robert L.; Leavesley, George H. (2000): A comparison of delta change and downscaled GCM scenarios for three mountainous basins in the United States. In: *Journal of the American Water Resources Association* 36 (2), S. 387–398.

Health Protection Agency (2008): Health Effects of Climate - Change in the UK 2008. An update of the Department of Health Report 2001/2002. Hg. v. Sari Kovats. Online verfügbar unter [http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20130107105354/http://www.dh.gov.uk/prod\\_consum\\_dh/groups/dh\\_digitalassets/@dh/@en/documents/digitalasset/dh\\_082836.pdf](http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20130107105354/http://www.dh.gov.uk/prod_consum_dh/groups/dh_digitalassets/@dh/@en/documents/digitalasset/dh_082836.pdf).

Heesche-Wagner, Kerstin (2013): Statuspapier: Information an die Länder zur Bekämpfung des Eichenprozessionsspinners zum Schutz der menschlichen Gesundheit - Präsentation vom 18. Februar 2013. Statusseminar Prozessionsspinner 18.02.2013. BAuA. Online verfügbar unter <http://www.bfr.bund.de/cm/343/statuspapier-information-an-die-laender-zur-bekaempfung-des-eichenprozessionsspinners-zum-schutz-der-menschlichen-gesundheit.pdf>.

Hellenbrand, W.; Poggensee, G. (2007): Zecken auf dem Vormarsch: Borreliose und FSME im Gepäck. In: *Berliner Ärzte* (5), S. 15–21

Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2012): Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Hessen (Hessische Anpassungsstrategie). Hg. v. Energie Landwirtschaft und Verbraucherschutz Hessisches Ministerium für Umwelt. Wiesbaden

**Handlungsfeld Gesundheit**

Holzmann, Heidemarie; Aberle, Stephan W.; Stiasny, Karin; Werner, Philipp; Mischak, Andreas; Zainer, Bernhard et al. (2009): Tick-borne Encephalitis from Eating Goat Cheese in a Mountain Region of Austria. In: *Emerg. Infect. Dis.* 15 (10), S. 1671–1673.

Hossler, Eric W. (2010a): Caterpillars and moths: Part I. Dermatologic manifestations of encounters with Lepidoptera. In: *J. Am. Acad. Dermatol.* 62 (1), S. 1-10; quiz 11-2.

Hossler, Eric W. (2010b): Caterpillars and moths: Part II. Dermatologic manifestations of encounters with Lepidoptera. In: *J. Am. Acad. Dermatol.* 62 (1), S. 13-28; quiz 29-30.

Jääskeläinen, Anu E.; Tikkakoski, Tapani; Uzcátegui, Nathalie Y.; Alekseev, Andrey N.; Vaheri, Antti; Vapalahti, Olli (2006): Siberian subtype tickborne encephalitis virus, Finland. In: *Emerging Infect. Dis.* 12 (10), S. 1568–1571.

Jacob, Daniel J.; Winner, Darrell A. (2009): Effect of climate change on air quality. In: *Atmospheric Environment* 43 (1), S. 51–63.

Jaenson, Thomas G. T.; Jaenson, David G. E.; Eisen, Lars; Petersson, Erik; Lindgren, Elisabet (2012): Changes in the geographical distribution and abundance of the tick *Ixodes ricinus* during the past 30 years in Sweden. In: *Parasit Vectors* 5, S. 8.

Jendritzky, Gerd; Graetz, A. (1999): Das Bioklima des Menschen in der Stadt. In: Alfred Helbig, Jürgen Baumüller und Michael J. Kerschgens (Hg.): *Stadtklima und Luftreinhaltung*. 2. Aufl. Berlin [u.a.]: Springer.

Jendritzky, Gerd; Fiala, D.; Havenith, G.; Koppe, C.; Laschewski, G.; Staiger, H.; Tinz, Birger (2007): Thermische Umweltbedingungen. In: *promet* 33 (3/4), S. 83–94.

Jetten, Theo H.; Focks, D. A. (1997): Potential changes in the distribution of dengue transmission under climate warming. In: *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 57 (3), S. 285–297.

Jetten, Theo H.; Takken, Willem (1994): Anophelism without malaria in Europe. A review of the ecology and distribution of the genus *Anopheles* in Europe. Wageningen (Wageningen Agricultural University papers, 94,5).

Just, J.; Ségala, C.; Sahraoui, F.; Priol, G.; Grimfeld, A.; Neukirch, F. (2002): Short-term health effects of particulate and photochemical air pollution in asthmatic children. In: *Eur. Respir. J.* 20 (4), S. 899–906.

Kampen, Helge (2002): Die Herbstmilbe *Neotrombicula autumnalis* und andere parasitische Laufmilben (Acaria, Trombiculidae) als Verursacher von Hauterkrankungen in Mitteleuropa. In: Horst Aspöck (Hg.): *Amöben, Bandwürmer, Zecken... Parasiten und parasitäre Erkrankungen des Menschen in Mitteleuropa*. (Denisia, 6), S. 461–476.

Kampen, Helge (2010): Laufmilben (Acari, Trombiculidae) als Krankheitserreger und -überträger. In: Horst Aspöck (Hg.): *Krank durch Arthropoden* (Denisia, 30), S. 137–146.

Kilpatrick, A. Marm; Meola, Mark A.; Moudy, Robin M.; Kramer, Laura D.; Buchmeier, Michael J. (2008): Temperature, Viral Genetics, and the Transmission of West Nile Virus by *Culex pipiens* Mosquitoes. In: *PLoS Pathogens* 4 (6), S. e1000092. Online verfügbar unter <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2430533/pdf/ppat.1000092.pdf>.

Kjellstrom, Tord; Weaver, Haylee J. (2009): Climate change and health: impacts, vulnerability, adaptation and mitigation. In: *NSW Public Health Bulletin* 20 (1-2), S. 5–9.

**Handlungsfeld Gesundheit**

- Kleinbauer, Ingrid; Dullinger, Stefan; Klingenstein, Frank; May, Rudolf; Nehring, Stefan; Essl, Franz (2010): Ausbreitungspotenzial ausgewählter neophytischer Gefäßpflanzen unter Klimawandel in Deutschland und Österreich. Ergebnisse aus dem F+E-Vorhaben FKZ 806 82 330. Bonn (BfN-Scripten).
- Klenk, J.; Becker, C.; Rapp, K. (2010): Heat-related mortality in residents of nursing homes. In: *Age and Ageing* 39 (2), S. 245–252.
- Klippel, Norbert (2006): Gesundheitswirkung von Feinstäuben aus Holzverbrennung und Dieselmotoren im Vergleich. Diplomarbeit im Masterstudium Medizinphysik ETH Zürich. Zürich.
- Klobucar, Ana; Merdić, Enrih; Benić, Nikola; Baklaić, Zeljko; Krcmar, Stjepan (2006): First record of *Aedes albopictus* in Croatia. In: *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 22 (1), S. 147–148.
- Knight, Darryl (2002): Increased permeability of asthmatic epithelial cells to pollutants. Does this mean that they are intrinsically abnormal? In: *Clin. Exp. Allergy* 32 (9), S. 1263–1265.
- Kobayashi, Y. (2005): Human leptospirosis: management and prognosis. In: *J Postgrad Med* 51 (3), S. 201–204.
- Koenig, J. Q.; Covert, D. S.; Hanley, Q. S.; van Belle, G.; Pierson, W. E. (1990): Prior exposure to ozone potentiates subsequent response to sulfur dioxide in adolescent asthmatic subjects. In: *Am. Rev. Respir. Dis.* 141 (2), S. 377–380.
- Koppe, Christina (2005): Gesundheitsrelevante Bewertung von thermischer Belastung unter Berücksichtigung der kurzfristigen Anpassung der Bevölkerung an die lokalen Witterungsverhältnisse. Dissertation. Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg i. Br. Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:25-opus-18020>.
- Koppe, Christina; Kovats, R. Sari; Jendritzky, Gerd; Menne, Bettina (2004): Heat-waves: risks and responses. Unter Mitarbeit von Jürgen Baumüller, Paola Michelozzi und Andreas Matzarakis. Hg. v. WHO Regional Office for Europe. World Health Organization (Health and Global Environmental Change SERIES, No. 2). Online verfügbar unter [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0008/96965/E82629.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/96965/E82629.pdf).
- Korenberg, E. I. (2009): Chapter 4. Recent epidemiology of tick-borne encephalitis an effect of climate change? In: *Adv. Virus Res.* 74, S. 123–144.
- Kotter H (2005): Bionomie und Verbreitung der autochthonen Fiebermücke *Anopheles plumbeus* (Culicidae) und ihrer Vektorkompetenz für *Plasmodium falciparum*, Erreger der Malaria tropica. Dissertation. Ruprecht-Karls-Universität, Heidelberg. Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn:nbn:de:bsz:16-opus-61042>.
- Kovats, R. S.; Edwards, S. J.; Hajat, S.; Armstrong, Ben G.; Ebi, K. L.; Menne, B. et al. (2004): The effect of temperature on food poisoning: A time-series analysis of salmonellosis in ten European countries. In: *Epidemiol. Infect.* 132 (3), S. 443–453.
- Krentz, Ariane (2012): Wohnsituation in Baden-Württemberg. Ergebnisse der Mikrozensus-Zusatzerhebung 2010. In: *Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg* (6), S. 11–17.
- Kriz, Bohumír; Benes, C.; Danielová, V.; Daniel, M. (2004): Socio-economic conditions and other anthropogenic factors influencing tick-borne encephalitis incidence in the Czech Republic. In: *Int. J. Med. Microbiol.* 293 Suppl 37, S. 63–68.

**Handlungsfeld Gesundheit**

- Krüger, Andreas; Rech, A.; Su, X. Z.; Tannich, E. (2001): Two cases of autochthonous *Plasmodium falciparum* malaria in Germany with evidence for local transmission by indigenous *Anopheles plumbeus*. In: *Trop. Med. Int. Health* 6 (12), S. 983–985.
- Kuttler, Wilhelm (2011): Klimawandel im urbanen Bereich, Teil 1, Wirkungen Climate change in urban areas, Part 1, Effects. In: *Environ Sci Eur* 23 (1), S. 11.
- Lamballerie, Xavier de; Leroy, Eric; Charrel, Rémi N.; Ttsetsarkin, Konstantin; Higgs, Stephen; Gould, Ernest A. (2008): Chikungunya virus adapts to tiger mosquito via evolutionary convergence: a sign of things to come? In: *Virology* 5, S. 33.
- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU) (2005): Signale aus der Natur. 20 Jahre biologische Umweltbeobachtung. 1. Aufl. Karlsruhe: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg. Online verfügbar unter <http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91692/U92-M3-J05.pdf?command=downloadContent&filename=U92-M3-J05.pdf&FIS=91063>.
- Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg (2006): Lebenserwartung & Sterblichkeit in Baden-Württemberg (GBE-Kurzinfo, 3). Online verfügbar unter [http://www.gesundheitsamt-bw.de/SiteCollectionDocuments/40\\_Service\\_Publikationen/Lebenserwartung\\_und\\_Sterblichkeit.pdf](http://www.gesundheitsamt-bw.de/SiteCollectionDocuments/40_Service_Publikationen/Lebenserwartung_und_Sterblichkeit.pdf).
- Landsberg, Helmut Erich (1981): The urban climate. New York: Academic Press (International geophysics series, 28).
- Lauterbach, Ralf; Wells, Konstans; O'Hara, Robert B.; Kalko, Elisabeth K. V.; Renner, Swen C. (2013): Variable Strength of Forest Stand Attributes and Weather Conditions on the Questing Activity of *Ixodes ricinus* Ticks over Years in Managed Forests. In: *PLoS ONE* 8 (1), S. e55365.
- Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg (Hg.) (2010): Herbstmilben-Information. Online verfügbar unter [http://www.gesundheitsamt-bw.de/SiteCollectionDocuments/30\\_Gesundheitsth\\_Hygiene/Herbstmilben\\_Information.pdf](http://www.gesundheitsamt-bw.de/SiteCollectionDocuments/30_Gesundheitsth_Hygiene/Herbstmilben_Information.pdf).
- Li, Guoxing; Sun, Jing; Jayasinghe, Rohan; Pan, Xiaochuan; Zhou, Maigeng; Wang, Xuying et al. (2012): Temperature Modifies the Effects of Particulate Matter on Non-Accidental Mortality: A Comparative Study of Beijing, China and Brisbane, Australia. In: *PHR* 2 (2), S. 21–27.
- Lindgren, E.; Tälleklint, L.; Polfeldt, T. (2000): Impact of climatic change on the northern latitude limit and population density of the disease-transmitting European tick *Ixodes ricinus*. In: *Environ. Health Perspect.* 108 (2), S. 119–123.
- Lindquist, Lars; Vapalahti, Olli (2008): Tick-borne encephalitis. In: *Lancet* 371 (9627), S. 1861–1871.
- Linke, Sonja; Niedrig, Matthias; Kaiser, Andreas; Ellerbrok, Heinz; Müller, Kerstin; Müller, Thomas et al. (2007): Serologic evidence of West Nile virus infections in wild birds captured in Germany. In: *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 77 (2), S. 358–364.
- Lowry, W. P. (1977): Empirical estimation of urban effects on climate. In: *Journal of Applied Meteorology* 16, S. 129–135.
- Lübbert, Jana (2007): Auswirkungen des Klimawandels auf die Flora Deutschlands. In: Bundesamt für Naturschutz (Hg.): Treffpunkt Biologische Vielfalt VII. Aktuelle Forschung im

**Handlungsfeld Gesundheit**

Rahmen des Übereinkommens über die biologische Vielfalt vorgestellt auf einer wissenschaftlichen Expertentagung an der Internationalen Naturschutzakademie Insel Vilm vom 21. – 25. August 2006. aktuelle Forschung im Rahmen des Übereinkommens über die Biologische Vielfalt vorgestellt auf einer wissenschaftlichen Expertentagung an der Internationalen Naturschutzakademie Insel Vilm vom 21. – 25. August 2006 (BfN-Scripten, 207), S. 63–70.

LUBW (2009): Ozon. Tendenzen der Ozonbelastung. Online verfügbar unter <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/18809/?print=true>, zuletzt aktualisiert am 24.09.2012, zuletzt geprüft am 24.09.2012.

LUBW (2010): Bestimmung des Beitrags der Holzfeuerung zum PM10-Feinstaub. an zwei Messstationen in Baden-Württemberg von Oktober 2008 bis Dezember 2009. Online verfügbar unter [http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/72944/bestimmung\\_des\\_beitrags\\_der\\_holzfeuerung\\_zum\\_pm10\\_feinstaub.pdf?command=downloadContent&filename=bestimmung\\_des\\_beitrags\\_der\\_holzfeuerung\\_zum\\_pm10\\_feinstaub.pdf](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/72944/bestimmung_des_beitrags_der_holzfeuerung_zum_pm10_feinstaub.pdf?command=downloadContent&filename=bestimmung_des_beitrags_der_holzfeuerung_zum_pm10_feinstaub.pdf).

LUBW (2011): Ozonentwicklung in Baden-Württemberg. Online verfügbar unter [http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/207065/PM\\_Ozon\\_2011\\_Anlage\\_Ozonentwicklung.pdf?command=downloadContent&filename=PM\\_Ozon\\_2011\\_Anlage\\_Ozonentwicklung.pdf](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/207065/PM_Ozon_2011_Anlage_Ozonentwicklung.pdf?command=downloadContent&filename=PM_Ozon_2011_Anlage_Ozonentwicklung.pdf).

LUBW (2012): Hohe Ozonwerte in Baden-Württemberg. Erstmals in diesem Jahr Informationsschwelle überschritten. Pressemitteilung vom 26.07.2012

Maevsky, AS (1963): On the hibernation of *Anopheles maculipennis* Mg (Diptera, Culicidae) in North Belorussia. In: *Ent. Rev.* (42), S. 400–406.

Maier, H.; Spiegel, W.; Kinaciyan, T.; Krehan, H.; Cabaj, A.; Schopf, A.; Hönigsmann, H. (2003): The oak processionary caterpillar as the cause of an epidemic airborne disease: survey and analysis. In: *Br. J. Dermatol.* 149 (5), S. 990–997.

Maier, Harald (2012): The Pussy Caterpillar- Gesundheitliche Gefahren verursacht durch die Brennhaare des EPS. BfR-JKI-Fachgespräch Prozessionsspinner, 21.03.2012. Online verfügbar unter [http://www.jki.bund.de/fileadmin/dam\\_uploads/\\_GF/FG\\_EPS/6\\_Gesundheitliche%20Gefahren%20der%20Brennhaare%20des%20EPSV.pdf](http://www.jki.bund.de/fileadmin/dam_uploads/_GF/FG_EPS/6_Gesundheitliche%20Gefahren%20der%20Brennhaare%20des%20EPSV.pdf).

Maier, Harald (2013): The Pussy Caterpillar- Gesundheitliche Gefahren verursacht durch die Brennhaare des EPS. BfR-JKI-Fachgespräch Prozessionsspinner. In: *Ökologische Schäden, gesundheitliche Gefahren und Maßnahmen zur Eindämmung des Eichenprozessionsspinners im Forst und im urbanen Grün. Quedlinburg (Julius-Kühn-Archiv)*, S. 33–36.

Maier, Walter A. (2002): Umweltveränderungen und deren Einflüsse auf krankheitsübertragende Arthropoden in Mitteleuropa am Beispiel der Stechmücken. In: Horst Aspöck (Hg.): *Amöben, Bandwürmer, Zecken... Parasiten und parasitäre Erkrankungen des Menschen in Mitteleuropa.* (Denisia, 6), S. 535–547.

Maier, Walter A. (2003): Mögliche Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die Ausbreitung von primär humanmedizinisch relevanten Krankheitserregern über tierische Vektoren sowie auf die wichtigen Humanparasiten in Deutschland. Unter Mitarbeit von Jörg

**Handlungsfeld Gesundheit**

Grunewald, Birgit Habedank, Kathrin Hartelt, Peter Kimmig, Torsten Naucke, Rainer Oehme et al. Hg. v. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2291.pdf>.

Marchant, P.; Eling, W.; van Gemert, G. J.; Leake, C. J.; Curtis, C. F. (1998): Could british mosquitoes transmit falciparum malaria? In: *Parasitol. Today (Regul. Ed.)* 14 (9), S. 344–345.

Materna, J.; Daniel, M.; Danielová, V.: Altitudinal distribution limit of the tick *Ixodes ricinus* shifted considerably towards higher altitudes in central Europe: results of three years monitoring in the Krkonose Mts. (Czech Republic). In: *Cent. Eur. J. Public Health* 13 (1), S. 24–28.

Materna, Jan; Daniel, Milan; Metelka, Ladislav; Harčarik, Josef (2008): The vertical distribution, density and the development of the tick *Ixodes ricinus* in mountain areas influenced by climate changes (The Krkonoše Mts., Czech Republic). In: *International Journal of Medical Microbiology* 298, S. 25–37.

McConnell, Rob; Berhane, Kiros; Gilliland, Frank; London, Stephanie J.; Islam, Talat; Gauderman, W. James et al. (2002): Asthma in exercising children exposed to ozone: a cohort study. In: *Lancet* 359 (9304), S. 386–391.

Mead, Paul S.; Slutsker, Laurence; Dietz, Vance; McCaig, Linda F.; Bresee, Joseph S.; Shapiro, Craig et al. (1999): Food-Related Illness and Death in the United States. In: *Emerging Infectious Diseases* 5 (5), S. 607–625.

Medlock, Jolyon M.; Hansford, Kayleigh M.; Schaffner, Francis; Versteirt, Veerle; Hendrickx, Guy; Zeller, Herve; van Bortel, Wim (2012): A review of the invasive mosquitoes in Europe: ecology, public health risks, and control options. In: *Vector Borne Zoonotic Dis.* 12 (6), S. 435–447.

Mehlhorn, Heinz; Piekarski, Gerhard; Mehlhorn-Piekarski (1995): Grundriß der Parasitenkunde. Parasiten des Menschen und der Nutztiere ; 19 Tabellen. 4. Aufl. Stuttgart: Fischer (UTB für Wissenschaft Uni-Taschenbücher, 1075).

Mencke, Norbert (2011): The importance of canine leishmaniosis in non-endemic areas, with special emphasis on the situation in Germany. In: *Berl. Munch. Tierarztl. Wochenschr.* 124 (11-12), S. 434–442.

Mendell, M. J. (2007): Indoor residential chemical emissions as risk factors for respiratory and allergic effects in children: a review. In: *Indoor Air* 17 (4), S. 259–277.

Messens, Winy; Bollaerts, Kaatje; Delhalle, Laurent; Aerts, Marc; van der Stede, Yves; Quoilin, Sophie et al.: Development of a Quantitative Microbial Risk Assessment to Evaluate Zoonotic Risks in Belgium: Human Salmonellosis through Household Consumption of Minced Pork Meat. In: F. Boyen und F. Pasmans (Hg.): First Belgian Symposium on Salmonella Research and Control in Pigs. Gent (Belgium), 23.05.2008. Online verfügbar unter [http://www.metzoon.net/docs/34\\_proceeding\\_winy\\_salmonella\\_gent.pdf](http://www.metzoon.net/docs/34_proceeding_winy_salmonella_gent.pdf)

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2011): Klimaschutzkonzept 2020PLUS Baden-Württemberg. Online verfügbar unter [http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/103570/Klimaschutzkonzept\\_2020PLUS.pdf](http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/103570/Klimaschutzkonzept_2020PLUS.pdf)



**Handlungsfeld Gesundheit**

- Minor, Kyle; Mohan, Arun (2012): Severe leptospirosis: case report of treatment with intravenous corticosteroids and supportive care. In: *Am J Emerg Med* 31 (2), S. 449.e1-2.
- Mitchell, C.J. (1995): Geographic distribution of *Aedes albopictus* and potential for involvement of arbovirus cycles in the mediterranean basin. In: *Journal of Vector Ecology* (20), S. 44–58.
- Mitchell, C. J. (1995): The role of *Aedes albopictus* as an arbovirus vector. In: *Parassitologia* 37 (2-3), S. 109–113.
- Mortimer, K. M.; Neas, L. M.; Dockery, D. W.; Redline, S.; Tager, I. B. (2002): The effect of air pollution on inner-city children with asthma. In: *Eur. Respir. J.* 19 (4), S. 699–705.
- Moshammer, Hanns; Gerersdorfer, Thomas; Hutter, Hans-Peter; Formayer, Herbert; Kromp-Kolb, Helga; Schwarzl, Ingeborg (2007): Abschätzung der Auswirkungen von Hitze auf die Sterblichkeit in Oberösterreich. Institut für Meteorologie (BOKU-Met), Dep. Wasser - Atmosphäre - Umwelt, Universität für Bodenkultur Wien. Wien (Auswirkungen des Klimawandels auf Oberösterreich, Band 3). Online verfügbar unter [http://www.boku.ac.at/met/report/BOKU-Met\\_Report\\_13\\_online.pdf](http://www.boku.ac.at/met/report/BOKU-Met_Report_13_online.pdf)
- Nasci, R. S.; Moore, C. G. (1998): Vector-borne disease surveillance and natural disasters. In: *Emerging Infect. Dis.* 4 (2), S. 333–334.
- Naucke, T. J.; Pesson, B. (2000): Presence of *Phlebotomus (Transphlebotomus) mascittii* Grassi, 1908 (Diptera. Psychodidae) in Germany. In: *Parasitol. Res.* 86 (4), S. 335–336.
- Naucke, T. J.; Schmitt, C. (2004): Is leishmaniasis becoming endemic in Germany? In: *Int. J. Med. Microbiol.* 293 Suppl 37, S. 179–181.
- Naucke, T. J.; Menn, B.; Massberg, D.; Lorentz, S. (2008): Sandflies and leishmaniasis in Germany. In: *Parasitol Res* 103 Suppl 1, S. S65-8.
- Naucke, Torsten J.; Lorentz, Susanne (2012): First report of venereal and vertical transmission of canine leishmaniasis from naturally infected dogs in Germany. In: *Parasit Vectors* 5, S. 67.
- Noyes, Pamela D.; McElwee, Matthew K.; Miller, Hilary D.; Clark, Bryan W.; van Tiem, Lindsey A.; Walcott, Kia C. et al. (2009): The toxicology of climatechange: Environmental contaminants in a warming world. In: *Environment International* 35 (6), S. 971–986.
- Oke, T.R (1973): City size and the urban heat island. In: *Atmospheric Environment (1967)* 7 (8), S. 769–779.
- Olivieri, M.; Lazzarini, G. L.; Goio, I.; Schinella, S.; Romeo, L.; Perbellini, L. (2012): Occupational risk by the pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* in the forestry workers of Verona. In: *G Ital Med Lav Ergon* 34 (3 Suppl), S. 420–422.
- Orru, Hans; Andersson, Camilla; Ebi, Kristie L.; Langner, Joakim; Aström, Christofer; Forsberg, Bertil (2012): Impact of climate change on ozone related mortality and morbidity in Europe. In: *Eur. Respir. J.*
- Patz, J. A.; Reisen, W. K. (2001): Immunology, climate change and vector-borne diseases. In: *Trends Immunol.* 22 (4), S. 171–172.
- Patz, J. A.; Graczyk, T. K.; Geller, N.; Vittor, A. Y. (2000): Effects of environmental change on emerging parasitic diseases. In: *Int. J. Parasitol.* 30 (12-13), S. 1395–1405.

**Handlungsfeld Gesundheit**

- Paul, H.; Gerth, H. J.; Ackermann, R. (1987): Infectiousness for humans of *Ixodes ricinus* containing *Borrelia burgdorferi*. In: *Zentralbl Bakteriol Mikrobiol Hyg A* 263 (3), S. 473–476.
- Petercord, Ralf; Veit, Holger; Delb, Horst; Schröter, Hansjochen (2008): Forstinsekten im Klimawandel – alte Bekannte mit neuem Potenzial? In: Konstantin Frhr von Teuffel (Hg.): Wald und Klima. FVA BW (FVA-einblick, 1/2008), S. 36–39.
- Peternel, Renata; Music Milanovic, Sanja; Srnec, Lidija (2008): Airborne ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) pollen content in the city of Zagreb and implications on pollen allergy. In: *Ann Agric Environ Med* 15 (1), S. 125–130.
- Petersen, Lyle R.; Fischer, Marc (2012): Unpredictable and difficult to control--the adolescence of West Nile virus. In: *N. Engl. J. Med.* 367 (14), S. 1281–1284.
- Petry, Daniel (2009): Klimawandel und Trinkwasserversorgung: Auswirkungen, Handlungsbedarf, Anpassungsmöglichkeiten. In: *DVGW Energie Wasserpraxis* 60 (10), S. 48–54.
- Pietsch, Jörg; Koch, Ingrid; Hermanns-Clausen, Maren; Hüller, Georg; Wagner, Rafael; Dressler, Jan (2008): Pediatric plant exposures in Germany, 1998-2004. In: *Clin Toxicol (Phila)* 46 (7), S. 686–691.
- Pluskota, B.; Storch, V.; Braunbeck, Th.; Becker, N. (im Druck): *Aedes* (*Stegomyia*) *albopictus*—appearance and potential distribution in the view of climate conditions in Germany. In: *European Mosquito Bulletin*.
- Pluskota, Björn (2008): First record of *Stegomyia albopicta* (Skuse) (Diptera: Culicidae) in Germany. *European Mosquito Bulletin*, 26 (2008), 1-5.
- Pompe, Sven; Berger, Silje; Bergmann, Jessica; Badeck, Franz; Lübbert, Jana; Klotz, Stefan et al. (2011): Modellierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Flora und Vegetation in Deutschland. Ergebnisse aus dem F+E-Vorhaben FKZ 805 81 001. Bonn (BfN-Scripten, 304).
- Porsch-Ozcürümez, Mustafa; Kischel, Nele; Priebe, Heidi; Splettstösser, Wolf; Finke, Ernst-Jürgen; Grunow, Roland (2004): Comparison of enzyme-linked immunosorbent assay, Western blotting, microagglutination, indirect immunofluorescence assay, and flow cytometry for serological diagnosis of tularemia. In: *Clin. Diagn. Lab. Immunol.* 11 (6), S. 1008–1015.
- Posch, Thomas; Köster, Oliver; Salcher, Michaela M.; Pernthaler, Jakob (2012): Harmful filamentous cyanobacteria favoured by reduced water turnover with lake warming. In: *Nature Climate change* 2 (11), S. 809–813.
- Post, Ellen S.; Grambsch, Anne; Weaver, Chris; Morefield, Philip; Huang, Jin; Leung, Lai-Yung et al. (2012): Variation in Estimated Ozone-Related Health Impacts of Climate Change due to Modeling Choices and Assumptions. In: *Environmental Health Perspectives* 120 (11), S. 1559–1564.
- Preußel, Karina; Stüken, Anke; Wiedner, Claudia; Chorus, Ingrid; Fastner, Jutta (2006): First report on cylindrospermopsin producing *Aphanizomenon flos-aquae* (Cyanobacteria) isolated from two German lakes. In: *Toxicon* 47 (2), S. 156–162.
- Prévôt, André et al (2006): Aerosole von Holzverbrennung und Verkehr im Misox und in der Leventina (AEROWOOD-Projekt). Paul Scherrer Institut, Vortrag 06.03.2006

**Handlungsfeld Gesundheit**

- Przybilla, B.; Ruëff, F. (2012): Insect stings: clinical features and management. In: *Deutsches Ärzteblatt Int* 109 (13), S. 238–248.
- Ramsdale, C.; Snow, K. (2000): Distribution of the genus *Anopheles* in Europe. In: *European Mosquito Bulletin* (7), S. 1–26.
- Randolph, Sarah E. (2004): Evidence that climate change has caused 'emergence' of tick-borne diseases in Europe? In: *Int. J. Med. Microbiol.* 293 Suppl 37, S. 5–15.
- Randolph, Sarah E. (2008): Dynamics of tick-borne disease systems: minor role of recent climate change. In: *Rev. - Off. Int. Epizoot.* 27 (2), S. 367–381. Online verfügbar unter <http://www.oie.int/doc/ged/D5490.PDF>.
- Rauter, Carolin; Oehme, Rainer; Diterich, Isabel; Engele, Matthias; Hartung, Thomas (2002): Distribution of clinically relevant *Borrelia* genospecies in ticks assessed by a novel, single-run, real-time PCR. In: *J. Clin. Microbiol.* 40 (1), S. 36–43.
- Raviprakash, Kanakatte; Defang, Gabriel; Burgess, Timothy; Porter, Kevin (2009): Advances in dengue vaccine development. In: *Hum Vaccin* 5 (8), S. 520–528.
- Redmann, Martin (2010): Clusterstudie Forst und Holz Baden-Württemberg. Analyse der spezifischen Wettbewerbssituation des Clusters Forst und Holz und Ableitung von Handlungsempfehlungen. Hg. v. Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg. Stuttgart. Online verfügbar unter [http://www.cluster-forstholz-bw.de/fileadmin/cluster/cluster\\_pdf/Clusterstudie\\_Forst\\_und\\_Holz\\_BW.pdf](http://www.cluster-forstholz-bw.de/fileadmin/cluster/cluster_pdf/Clusterstudie_Forst_und_Holz_BW.pdf).
- Reiter, P. (1998): *Aedes albopictus* and the world trade in used tires, 1988-1995: the shape of things to come? In: *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 14 (1), S. 83–94.
- Reuter, U. (2012): Städtebauliche Klimafibel. Hinweise für die Bauleitplanung. Hg. v. MVI. Stuttgart, zuletzt geprüft am 28.02.2013.
- Ritter-Franke, S.; Bunjes, R. (2003): Vergiftungsunfälle mit Pflanzen. In: Karl Ernst von Mühlendahl, U. Oberdisse, R. Bunjes und M. Brockstedt (Hg.): *Vergiftungen im Kindesalter*. 40 Tabellen. 4. Aufl. Stuttgart [u.a.]: Thieme.
- Robert Koch-Institut: Gelbfieber. Ratgeber für Ärzte. Robert Koch-Institut. Online verfügbar unter [http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber\\_Gelbfieber.html;jsessionid=6A8FC5F70F6B0302105BB5158A28BEA6.2\\_cid298#doc2397758bodyText10](http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber_Gelbfieber.html;jsessionid=6A8FC5F70F6B0302105BB5158A28BEA6.2_cid298#doc2397758bodyText10)
- Robert Koch-Institut: Hantavirus-Erkrankungen. Ratgeber für Ärzte. Robert Koch-Institut. Online verfügbar unter [http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber\\_Hantaviren.html?nn=2374512#doc2397634bodyText8](http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber_Hantaviren.html?nn=2374512#doc2397634bodyText8).
- Robert Koch-Institut (1999): Zur Airport-Malaria und Baggage-Malaria. In: *Epidemiologisches Bulletin* (37), S. 274.
- Robert Koch-Institut (2001): *Epidemiologisches Bulletin* 16/2001, zuletzt aktualisiert am 20.04.2001, zuletzt geprüft am 18.11.2012.
- Robert Koch-Institut (2006): Chikungunya-Fieber. Eine Übersicht. In: *Epidemiologisches Bulletin* (10), S. 75–76.

**Handlungsfeld Gesundheit**

- Robert Koch-Institut (2007): Tularämie - Zum Vorkommen in Deutschland. Analyse auf der Basis der Meldedaten von 1949 bis 2006. In: *Epidemiologisches Bulletin* (7), S. 51–56.
- Robert Koch-Institut (2008): Q-Fieber: Vermehrtes Auftreten im Frühjahr 2008. In: *Epidemiologisches Bulletin* (25), S. 199–203.
- Robert Koch-Institut (2011): Infektionsepidemiologisches Jahrbuch meldepflichtiger Krankheiten für 2010. Online verfügbar unter [http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Jahrbuch/Jahrbuch\\_2010.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Jahrbuch/Jahrbuch_2010.pdf?__blob=publicationFile), zuletzt aktualisiert am 04.07.2011.
- Robert Koch-Institut (2012a): FSME: Risikogebiete in Deutschland. In: *Epidemiologisches Bulletin* (21), S. 189–200.
- Robert Koch-Institut (2012b): Großer Gastroenteritis-Ausbruch durch eine Charge mit Noroviren kontaminierter Tiefkühlerdbeeren in Kinderbetreuungseinrichtungen und Schulen in Ostdeutschland, 09 – 10/2012. Norovirus-Infektionen. In: *Epidemiologisches Bulletin* (41), S. 414–417.
- Robert Koch-Institut (2012c): Hantavirus-Erkrankungen: Hinweise auf Anstieg der Fallzahlen in 2012. In: *Epidemiologisches Bulletin* (10), S. 79–81, zuletzt geprüft am 14.01.2013.
- Robert Koch-Institut (2012d): Molekulare Unterscheidbarkeit der zirkulierenden Hantavirus-Stämme in den verschiedenen Ausbruchsregionen Deutschlands. In: *Epidemiologisches Bulletin* (25), S. 228–231.
- Robert Koch-Institut (2012e): Reiseassoziierte Infektionskrankheiten 2011. In: *Epidemiologisches Bulletin* (43), S. 429–437.
- Robert Koch-Institut (2012f): Tularämie, Hasenpest (*Francisella tularensis*). Online verfügbar unter [http://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/T/Tularaemie/MBL\\_Tularaemie.html;jsessionid=28CDD0E751408948F90CAF889E124C1B.2\\_cid298](http://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/T/Tularaemie/MBL_Tularaemie.html;jsessionid=28CDD0E751408948F90CAF889E124C1B.2_cid298).
- Robert Koch-Institut (2013): Hohe Denguefieber-Fallzahlen unter deutschen Reisenden. In: *Epidemiologisches Bulletin* (6), S. 54.
- Robinet, Christelle; Baier, Peter; Pennerstorfer, Josef; Schopf, Axel; Roques, Alain (2007): Modelling the effects of climate change on the potential feeding activity of *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lep., Notodontidae) in France. In: *Global Ecol Biogeography* 16 (4), S. 460–471.
- Robinet, Christelle; Imbert, Charles-Edouard; Rousselet, Jérôme; Sauvard, Daniel; Garcia, Jacques; Goussard, Francis; Roques, Alain (2012): Human-mediated long-distance jumps of the pine processionary moth in Europe. In: *Biol Invasions* 14 (8), S. 1557–1569.
- Roßbach, Bernd (2011): Nutzen und Risiken von permethrinbehandelter Schutzbekleidung (Zwischen)-Ergebnisse einer Feldstudie. SiGe Fachveranstaltung Moderne Waldarbeit - sicher und gesund. Dresden, 10.10.2011. Online verfügbar unter [http://dguv.de/inhalt/praevention/fachbereiche/forsten/info\\_wald/fachtagung\\_2009/facht\\_2011/16\\_Rossbach\\_Permethrinbehandelte-Schutzkleidungx.pdf](http://dguv.de/inhalt/praevention/fachbereiche/forsten/info_wald/fachtagung_2009/facht_2011/16_Rossbach_Permethrinbehandelte-Schutzkleidungx.pdf).
- Rosypal, Alexa C.; Lindsay, David S. (2005): Non-sand fly transmission of a North American isolate of *Leishmania infantum* in experimentally infected BALB/c mice. In: *J. Parasitol.* 91 (5), S. 1113–1115.

**Handlungsfeld Gesundheit**

- Roth, Lutz; Kormann, Kurt; Dauderer, Max (1994): Giftpflanzen - Pflanzengifte. Giftpflanzen von A - Z, Notfallhilfe, Vorkommen, Wirkung, Therapie, allergische und phototoxische Reaktionen. 4. Aufl. Hamburg: Nikol Verlagsgesellschaft.
- Sabatini, A.; Raineri, V.; Trovato, G.; Coluzzi, M. (1990): *Aedes albopictus* in Italia e possibile diffusione della specie nell'area mediterranea. In: *Parassitologia* 32 (3), S. 301–304.
- Scallan, Elaine; Griffin, Patricia M.; Angulo, Frederick J.; Tauxe, Robert V.; Hoekstra, Robert M. (2011a): Foodborne illness acquired in the United States--unspecified agents. In: *Emerging Infect. Dis.* 17 (1), S. 16–22.
- Scallan, Elaine; Hoekstra, Robert M.; Angulo, Frederick J.; Tauxe, Robert V.; Widdowson, Marc-Alain; Roy, Sharon L. et al. (2011b): Foodborne illness acquired in the United States--major pathogens. In: *Emerging Infect. Dis.* 17 (1), S. 7–15.
- Schaffner, F.; Karch, S. (2000): Première observation d'*Aedes albopictus* (Skuse, 1894) en France métropolitaine. In: *C. R. Acad. Sci. III, Sci. Vie* 323 (4), S. 373–375.
- Schaffner, Francis; van Bortel, Wim; Coosemans, Marc (2004): First record of *Aedes* (*Stegomyia*) *albopictus* in Belgium. In: *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 20 (2), S. 201–203.
- Schick, V. (2009): Geographische Analyse der räumlichen Verteilung des FSME--Risikos in Baden-Württemberg unter Berücksichtigung verschiedener Umweltfaktoren. Diplomarbeit. Universität Stuttgart, Stuttgart. Geografie.
- Schierhorn, K.; Olowson-Saviolaki, E.; Büttner, C.; Jurgovsky, K.; Pfeiffer, C.; Connor, A.O.; Kunkel, G. (2000): Untersuchungen zur Wechselwirkung von Ozon und Allergenen, sowie die Beeinflussung athophysiological bedeutsamer Faktoren wie aucher-Nichtraucher, Regulation antioxidativer Enzyme, Neuropeptide und Adhäsionsmoleküle in menschlicher Nasenschleimhaut in Organkultur. Forschungsbericht FZKA-BWPLUS. Abt. für Klinische Immunologie und Asthma-Poliklinik, Virchow-Klinikum, Charité, Humboldt-Universität zu Berlin. Online verfügbar unter <http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/40063/PUGL97002Sber.pdf?command=downloadContent&filenamen=PUGL97002Sber.pdf&FIS=203>.
- Schmauz, Sabine (2009a): Feinstaubemissionen in Baden-Württemberg. Quellen, Entwicklung, regionale Unterschiede. In: *Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg* (5), S. 33–37.
- Schmauz, Sabine (2009b): Private Haushalte als Verursacher von Treibhausgasemissionen. Baden-Württemberg im Bundesländervergleich. In: *Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg* (1), S. 45–49.
- Schmidt, Maike; Staiß, Fridhjo; Salzer, Johannes; Nitsch, Joachim (2011): Gutachten zur Vorbereitung eines Klimaschutzgesetzes für Baden-Württemberg. im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klimaschutz und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. Hg. v. Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW). Stuttgart.
- Schmidt-Chanasit, J.; Haditsch, M.; Schoneberg, I.; Gunther, S.; Stark, K.; Frank, C. (2010): Dengue virus infection in a traveller returning from Croatia to Germany. In: *Euro Surveill.* 15 (40).
- Schmidt-Nielsen, Knut (1999): Physiologie der Tiere. Heidelberg, Berlin: Spektrum, Akad. Verl. (Spektrum-Lehrbuch).

**Handlungsfeld Gesundheit**

- Scholander, P.F.; Hock, R.; Walters, V.; Johnson, F.; Irving, L. (1950): Heat regulation in some arctic and tropical mammals and birds. In: *Biol. Bull.* 99 (2), S. 237–258.
- Schöler, Arne (2003): Untersuchungen zur Biologie und Ökologie der Herbstmilbe *Neotrombicula autumnalis* (Acari: Trombiculidae) im Hinblick auf Bekämpfungsmöglichkeiten sowie zu ihrer Bedeutung als Vektor der Borreliose, 2003. Dissertation. Universität, Bonn. Online verfügbar unter <http://hss.ulb.uni-bonn.de/2003/0208/0208.htm>.
- Scholte, E.J.; Den Hartog, W.; Dik, M.; Schoelitsz, B.; Brooks, M.; Schaffner, F. et al. (2010): Introduction and control of three invasive mosquito species in the Netherlands, July-October 2010. In: *Euro Surveill.* 15 ((45)), S. pii=19710. Online verfügbar unter <http://www.eurosurveillance.org/images/dynamic/EE/V15N45/art19710.pdf>.
- Scholte, E-J; Jacobs, F.; Linton, Y-M; Dijkstra, E.; Fransen, J.; Takken, W. (2007): First record of *Aedes* (*Stegomyia*) *albopictus* in the Netherlands. In: *European Mosquito Bulletin* 22, S. 5–9.
- Schröter, Hansjochen; Delb, Horst; John, Reinhold; Metzler, Berthold (2010): Waldschutzsituation 2009/2010 (Waldschutz-Info, 2). Online verfügbar unter [http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2010\\_02.pdf](http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2010_02.pdf).
- Schröter, Hansjochen; Delb, Horst; John, Reinhold; Metzler, Berthold; Mösch, Stefanie (2012): Waldschutzsituation 2011/2012 (Waldschutz-Info, 1). Online verfügbar unter <http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/201201wsinfo.pdf>.
- Schröter, Hansjochen; Delb, Horst; John, Reinhold; Metzler, Berthold; Schumacher, Jörg (2011): Waldschutzsituation 2010/2011. Hg. v. FVA BW (Waldschutz-Info, 1). Online verfügbar unter [http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2011\\_01.pdf](http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2011_01.pdf).
- Schwarz, Thomas (2005): Mechanisms of UV-induced immunosuppression. In: *Keio J Med* 54 (4), S. 165–171.
- Schweizerisches Toxikologisches Informationszentrum (Hg.) (2012): Jahresbericht 2011. Zürich.
- Seppanen, O. A.; Fisk, W. J. (2004): Summary of human responses to ventilation. In: *Indoor Air* 14 (s7), S. 102–118.
- Shroyer, D. A. (1986): *Aedes albopictus* and arboviruses: a concise review of the literature. In: *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 2 (4), S. 424–428.
- Silva, Fabiana L.; Oliveira, Raquel G.; Silva, Teane M. A.; Xavier, Mariana N.; Nascimento, Ernane F.; Santos, Renato L. (2009): Venereal transmission of canine visceral leishmaniasis. In: *Vet. Parasitol.* 160 (1-2), S. 55–59.
- Skarpaas, Tone; Ljøstad, Unn; Sundøy, Anders (2004): First Human Cases of Tickborne Encephalitis, Norway. In: *Emerg. Infect. Dis.* 10 (12), S. 2241–2243.
- Snow, Keith R.; Ramsdale, Clement D. (2012): Fauna Europaea: Culicidae. In: Beuk, Paul; Pape, Thomas; de Jong, Y.S.D.M (2012): Diptera. Fauna Europaea version 2.5.
- Solomon, W. R. (1984): Uncovering the "fine details" of pollen allergen transport. In: *J. Allergy Clin. Immunol.* 74 (5), S. 674–677.
- Stanek, Gerold; Wormser, Gary P.; Gray, Jeremy; Strle, Franc (2012): Lyme borreliosis. In: *Lancet* 379 (9814), S. 461–473.

**Handlungsfeld Gesundheit**

- Stark, K.; Niedrig, M.; Biederbick, W.; Merkert, H.; Hacker, J. (2009): Die Auswirkungen des Klimawandels. In: *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* 52 (7), S. 699–714.
- Statistisches Bundesamt, Zweigstelle Bonn (Hg.) (2010): Krankheitskostenrechnung. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Online verfügbar unter [www.gbe-bund.de/gbe10/F?F=256D](http://www.gbe-bund.de/gbe10/F?F=256D)
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2003): Wohnsituation in Baden-Württemberg, zuletzt geprüft am 28.11.2012.
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg; Ministerium für Umwelt, klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2012): Energiebericht 2012
- Steinhausen, Irmgard (2009): Untersuchung zur Verbreitung von Sandmücken (Phlebotomen) in Deutschland mit Hilfe geographischer Informationssysteme (GIS). Online verfügbar unter [http://www.parasitosen.de/downloads/diplomarbeit\\_irmgard\\_steinhausen.pdf](http://www.parasitosen.de/downloads/diplomarbeit_irmgard_steinhausen.pdf).
- Stevenson, D. S.; Dentener, F. J.; Schultz, M. G.; Ellingsen, K.; van Noije, T. P. C.; Wild, O. et al. (2006): Multimodel ensemble simulations of present-day and near-future tropospheric ozone. In: *J. Geophys. Res.* 111 (D8).
- Stock, Manfred; Kropp, Jürgen P.; Walkenhorst, Oliver (2009): Risiken, Vulnerabilität und Anpassungserfordernisse für klimaverletzliche Regionen. In: *Raumforschung und Raumordnung* 67 (2), S. 97–113.
- Strehle, Heinz M.; Westermayer, Rainer (2011): Das Aktionsprogramm zur Sanierung oberschwäbischer Seen. Regierungspräsidium Tübingen Abteilung Umwelt Referat 52. Online verfügbar unter [http://www.seenprogramm.de/fileadmin/Abbildungen/publ\\_eigene/Aufsatz\\_Seenprogramm.pdf](http://www.seenprogramm.de/fileadmin/Abbildungen/publ_eigene/Aufsatz_Seenprogramm.pdf).
- Suender, U. (2003): Zu Vorkommen und Verbreitung von *Borrelia burgdorferi* in ausgewählten Naturherden Thüringens unter besonderer Berücksichtigung der Rolle des Hauptvektors *Ixodes ricinus* L. 1758. Online verfügbar unter <http://www.db-thueringen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-2243/Suender.pdf>.
- Suk, J. E.; Semenza, J. C. (2011): Future infectious disease threats to Europe. In: *Am. J. Public Health* 101 (11), S. 2068–2079.
- Sumilo, Dana; Asokliene, Loreta; Bormane, Antra; Vasilenko, Veera; Golovljova, Irina; Randolph, Sarah E.; Sutherland, Colin (2007): Climate Change Cannot Explain the Upsurge of Tick-Borne Encephalitis in the Baltics. In: *PLoS ONE* 2 (6), S. e500: 1-11. Online verfügbar unter <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1876807/pdf/pone.0000500.pdf>.
- Sunyer, J.; Basagaña, X.; Belmonte, J.; Antó, J. M. (2002): Effect of nitrogen dioxide and ozone on the risk of dying in patients with severe asthma. In: *Thorax* 57 (8), S. 687–693.
- Svedberg, Urban R. A.; Högberg, Hans-Erik; Högberg, Johan; Galle, Bo (2004): Emission of hexanal and carbon monoxide from storage of wood pellets, a potential occupational and domestic health hazard. In: *Ann Occup Hyg* 48 (4), S. 339–349.

**Handlungsfeld Gesundheit**

Tälleklint, L.; Jaenson, Thomas G. T. (1998): Increasing geographical distribution and density of *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae) in central and northern Sweden. In: *J. Med. Entomol.* 35 (4), S. 521–526.

Tam, Clarence C.; Rodrigues, Laura C.; Viviani, Laura; Dodds, Julie P.; Evans, Meirion R.; Hunter, Paul R. et al. (2012): Longitudinal study of infectious intestinal disease in the UK (IID2 study): incidence in the community and presenting to general practice. In: *Gut* 61 (1), S. 69–77.

Tang, Wenbo; Knutson, Brent; Mahalov, Alex; Dimitrova, Reneta (2012): The geometry of inertial particle mixing in urban flows, from deterministic and random displacement models. In: *Phys. Fluids* 24 (6), S. 63302.

Tang, X.; Wilson, S. R.; Solomon, K. R.; Shao, M.; Madronich, S. (2011): Changes in air quality and tropospheric composition due to depletion of stratospheric ozone and interactions with climate. In: *Photochem. Photobiol. Sci.* 10 (2), S. 280–291.

Thaler, T; Aceto, L; Egloff, M.; Müllhaupt, B.; Kupferschmidt, H. (2007.): Die globale Erwärmung treibt ihre Blüten – oder Pilze. SGIM | 75. JAHRESVERSAMMLUNG. In: *Swiss Medical Forum* 7 (Suppl. 35), S. 55S.

Thommen Dombois, Oliver; Braun-Fahrlander, Charlotte (2004): Gesundheitliche Auswirkungen der Klimaänderung mit Relevanz für die Schweiz. Literaturstudie im Auftrag der Bundesämter für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) und für Gesundheit (BAG). Institut für Sozial- und Präventivmedizin der Universität Basel - Abteilung Umwelt und Gesundheit. Basel. Online verfügbar unter [http://www.aefu.ch/typo3/fileadmin/user\\_upload/aefu-data/b\\_documents/themen/klima/ISPM\\_BS\\_Ges\\_Auswirkungen\\_Klimaaenderung\\_CH.pdf](http://www.aefu.ch/typo3/fileadmin/user_upload/aefu-data/b_documents/themen/klima/ISPM_BS_Ges_Auswirkungen_Klimaaenderung_CH.pdf).

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (Hg.) (2004): Herbstmilbe - Erreger der Trombidiose. Merkblatt. Online verfügbar unter <http://www.tll.de/ainfo/pdf/milb1004.pdf>.

Tsetsarkin, Konstantin A.; Vanlandingham, Dana L.; McGee, Charles E.; Higgs, Stephen (2007): A single mutation in chikungunya virus affects vector specificity and epidemic potential. In: *PLoS Pathog.* 3 (12), S. e201.

Turell, Michael J.; Dohm, David J.; Sardelis, Michael R.; Oguinn, Monica L.; Andreadis, Theodore G.; Blow, Jamie A. (2005): An update on the potential of north American mosquitoes (Diptera: Culicidae) to transmit West Nile Virus. In: *J. Med. Entomol.* 42 (1), S. 57–62.

UMID-Redaktion (2009): UMID-ausgabe 3/2009 - Themenheft "Klimawandel und Gesundheit". Hg. v. BfR, BfS, Robert Koch-Institut und Umweltbundesamt. Umweltbundesamt. Oberschleißheim; Berlin (UMID, 3/2009).

UMID-Redaktion (2012): UMID 02/2012. Themenheft UV-Strahlung. Hg. v. BfS, BfR, Robert Koch-Institut und Umweltbundesamt. Oberschleißheim; Berlin (UMID, 2/2012).

Umweltbundesamt (2003): Empfehlung zum Schutz von Badenden vor Cyanobakterien-Toxinen. In: *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* 46 (6), S. 530–538.

Umweltbundesamt (2005): Hintergrundinformation: Sommersmog. Hg. v. Umweltbundesamt. Berlin.



**Handlungsfeld Gesundheit**

Umweltbundesamt; Deutscher Wetterdienst (2006): Ratgeber: Klimawandel und Gesundheit. Informationen zu gesundheitlichen Auswirkungen sommerlicher Hitze und Hitzewellen und Tipps zum vorbeugenden Gesundheitsschutz. Hg. v. Umweltbundesamt. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau; Offenbach am Main. Online verfügbar unter <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/3519.html>.

Umweltministerium Baden-Württemberg (2007): Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg. Hg. v. Umweltministerium Baden-Württemberg. Online verfügbar unter <http://www.hydrology.uni-freiburg.de/forsch/waboa/>.

United Nations Environment Programme (2010): Environmental effects of ozone depletion and its interactions with climate change: 2010 assessment. Nairobi, Kenya: UNEP.

Uphoff, H.; Hauri, A.M (2005): Auswirkungen einer prognostizierten Klimaänderung auf Belange des Gesundheitsschutzes in Hessen. Online verfügbar unter <http://klimawandel.hlug.de/fileadmin/dokumente/klima/inklim/endberichte/gesundheit.pdf>.

Utikal, J.; Booken, N.; Peitsch, W. K.; Kemmler, N.; Goebeler, M.; Goerdts, S. (2009): Lepidopterismus. Ein zunehmendes Hautproblem in klimatisch wärmeren Regionen Deutschlands. Caterpillar dermatitis. An increasing dermatologic problem in warmer regions of Germany. In: *Hautarzt* 60 (1), S. 48–50.

Valerio, Laura; Marini, Francesca; Bongiorno, Gioia; Facchinelli, Luca; Pombi, Marco; Caputo, Beniamino et al. (2010): Host-feeding patterns of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in urban and rural contexts within Rome province, Italy. In: *Vector Borne Zoonotic Dis.* 10 (3), S. 291–294.

Vardoulakis, Sotiris; Heaviside, Clare (Hg.) (2012): Health Effects of Climate Change in the UK 2012. Online verfügbar unter [http://www.hpa.org.uk/webc/HPAwebFile/HPAweb\\_C/1317135969235](http://www.hpa.org.uk/webc/HPAwebFile/HPAweb_C/1317135969235)

VDI - Kommission Reinhaltung der Luft (Hg.) (1988): Stadtklima und Luftreinhaltung. Ein wissenschaftliches Handbuch für die Praxis in der Umweltplanung; mit 47 Tabellen. Berlin, Heidelberg [u.a.]: Springer.

Vega, Jesús; Vega, Jose María; Moneo, Ignacio; Armentia, Alicia; Caballero, Maria Luisa; Miranda, Alberto (2004): Occupational immunologic contact urticaria from pine processionary caterpillar (*Thaumetopoea pityocampa*): experience in 30 cases. In: *Contact Derm.* 50 (2), S. 60–64.

Vega, José María; Moneo, Ignacio; Ortiz, José Carlos García; Palla, Pilar Sánchez; Sanchís, María Eugenia; Vega, Jesús et al. (2011): Prevalence of cutaneous reactions to the pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa*) in an adult population. In: *Contact Derm.* 64 (4), S. 220–228.

Vega, M. L.; Vega, J.; Vega, J. M.; Moneo, I.; Sanchez, E.; Miranda, A. (2003): Cutaneous reactions to pine processionary caterpillar (*Thaumetopoea pityocampa*) in pediatric population. In: *Pediatr Allergy Immunol* 14 (6), S. 482–486.

Wagner, Andreas; Höpker, Kai-Achim; Gerlinger, Kai (2012): Vergleich regionaler Klimaprojektionen für Baden-Württemberg. Kurzfassung. Kurzfassung. Hg. v. LUBW. Karlsruhe.

**Handlungsfeld Gesundheit**

- Walther, G.-R; Berger, S.; Sykes, M. T. (2005): An ecological 'footprint' of climate change. In: *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 272 (1571), S. 1427–1432, zuletzt geprüft am 26.02.2013.
- Ward, T.; Palmer, C.; Bergauff, M.; Hooper, K.; Noonan, C. (2008): Results of a residential indoor PM2.5 sampling program before and after a woodstove changeout. In: *Indoor Air* 18 (5), S. 408–415.
- Watson, John T.; Gayer, Michelle; Connolly, Maire A. (2007): Epidemics after natural disasters. In: *Emerging Infect. Dis.* 13 (1), S. 1–5.
- Watts, D. M.; Burke, D. S.; Harrison, B. A.; Whitmire, R. E.; Nisalak, A. (1987): Effect of temperature on the vector efficiency of *Aedes aegypti* for dengue 2 virus. In: *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 36 (1), S. 143–152.
- Weaver, Scott C.; Reisen, William K. (2010): Present and future arboviral threats. In: *Antiviral Res.* 85 (2), S. 328–345.
- Werber, D.; Kramer, M. H.; Buchholz, U.; Koch, J.; Weise, E.; Bockemühl, J. et al. (2006): Surveillance Lebensmittel-übertragener Infektionserkrankungen durch das Infektionsschutzgesetz. In: *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* 49 (10), S. 1020–1026.
- Werner, D.; Kronefeld, M.; Schaffner, F.; Kampen, Helge (2012): Two invasive mosquito species, *Aedes albopictus* and *Aedes japonicus japonicus*, trapped in south-west Germany, July to August 2011. In: *Euro Surveill.* 17 (4), S. 14–17.
- Wessel, M. (2010): Vergleichende epidemiologische Untersuchungen zur FSME, zuletzt aktualisiert am 22.01.2010, zuletzt geprüft am 20.11.2012.
- West, J. J.; Szopa, S.; Hauglustaine, D. A. (2007): Human mortality effects of future concentration of tropospheric ozone. In: *Comptes Rendus Geoscience* 339, S. 775–783.
- Wheeler, J. G.; Sethi, D.; Cowden, J. M.; Wall, P. G.; Rodrigues, L. C.; Tompkins, D. S. et al. (1999): Study of infectious intestinal disease in England: rates in the community, presenting to general practice, and reported to national surveillance. The Infectious Intestinal Disease Study Executive. In: *BMJ* 318 (7190), S. 1046–1050.
- WHO Regional Office for Europe (2006a): Air quality guidelines. Global update 2005. particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide. Copenhagen, Denmark: World Health Organization. Online verfügbar unter [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0005/78638/E90038.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf).
- WHO Regional Office for Europe (2006b): Lyme borreliosis in Europe: influences of climate and climate change, epidemiology, ecology and adaptation measures. Hg. v. World Health Organization. Bonn.
- WHO Regional Office for Europe (2008): Health risks of ozone from long-range transboundary air pollution. Online verfügbar unter [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0005/78647/E91843.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78647/E91843.pdf)
- WHO Regional Office for Europe (2012): Environmental health inequalities in Europe. Assessment report. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe. Online verfügbar unter [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0010/157969/e96194.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/157969/e96194.pdf)

**Handlungsfeld Gesundheit**

Wiedner, Claudia; Rücker, Jaqueline; Nixdorf, Brigitte; Chorus, Ingrid (2008): Tropische Cyanobakterien in deutschen Gewässern: Ursachen und Konsequenzen. In: José L. Lozán, Hartmut Graßl, Gerd Jendritzky, Ludwig Karbe und Karsten Reise (Hg.): Warnsignal Klima: Gesundheitsrisiken. Gefahren für Menschen, Tiere und Pflanzen ; wissenschaftliche Fakten ; mit 37 Tabellen. Unter Mitarbeit von Walter A. Maier. Hamburg: Wiss. Auswertungen, S. 253–256.

Wikipedia (2012): Rötelmaus. Hg. v. Wikipedia. Online verfügbar unter <http://de.wikipedia.org/wiki/R%C3%B6telmaus>, zuletzt aktualisiert am 27.12.2012

Wikipedia (2013a): Nagetiere. Hg. v. Wikipedia. Online verfügbar unter <http://de.wikipedia.org/wiki/Nagetiere>, zuletzt aktualisiert am 06.01.2013

Wikipedia (2013b): Hasenartige. Hg. v. Wikipedia. Online verfügbar unter <http://de.wikipedia.org/wiki/Hasenartige>, zuletzt aktualisiert am 08.01.2013

Wikipedia (Hg.) (2013c): Stechmücken. Online verfügbar unter <http://de.wikipedia.org/wiki/Stechm%C3%BCcken>, zuletzt aktualisiert am 20.01.2013

Wilson, Don E.; Reeder, DeeAnn M. (Hg.) (2005): Wilson and Reeder's Mammal species of the world. 3. Aufl. 1 online database: Johns Hopkins University Press.

Winder, Monika (2012): Limnology: Lake warming mimics fertilization. In: *Nature Climate change* 2 (11), S. 771–772.

Wolf, HU; Frank, C. (2002): Häufigkeit, Ursachen, toxikologische Relevanz sowie Maßnahmen zur Abwehr und Reduzierung von Massenentwicklungen toxischer Cyanobakterien (Blaualgen) in Badegewässern zum Schutz von Badenden. Forschungsbericht FZKA-BWPLUS. Universitätsklinikum Ulm.

World Health Organization (2007): Cutaneous leishmaniasis. Online verfügbar unter [http://whqlibdoc.who.int/hq/2007/WHO\\_CDS\\_NTD\\_IDM\\_2007.3\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/2007/WHO_CDS_NTD_IDM_2007.3_eng.pdf).

World Health Organization (2009): DENGUE, Guidelines for diagnosis, treatment, prevention and control. Online verfügbar unter [http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241547871\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241547871_eng.pdf)

World Health Organization (2011a): Yellow fever. World Health Organization. Online verfügbar unter <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs100/en/>

World Health Organization (2011b): Control of the leishmaniasis. Report of a meeting of the WHO Expert Committee on the Control of Leishmaniasis, Geneva, 22–26 March 2010

World Health Organization (2011c): World Malaria Report 2011. Fact Sheet. Online verfügbar unter [http://www.who.int/malaria/world\\_malaria\\_report\\_2011/WMR2011\\_factsheet.pdf](http://www.who.int/malaria/world_malaria_report_2011/WMR2011_factsheet.pdf)

World Health Organization (2012): Dengue and severe dengue. Online verfügbar unter <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/en/>.

World Meteorological Organization (1983): Abridged final report of the eighth session, Washington, 19-30 April 1982. Geneva: Secretariat of the World Meteorological Organization (WMO, 600). Online verfügbar unter [http://ac.ciifen-int.org/omm-biblioteca/CCI\\_REP/WMO-600.pdf](http://ac.ciifen-int.org/omm-biblioteca/CCI_REP/WMO-600.pdf).

**Handlungsfeld Gesundheit**

Záková, A.; Netušil, J.; Martiníková, H. (2007): Influence of environmental factors on the occurrence of *Ixodes ricinus* ticks in the urban locality of Brno - Pisárky, Czech Republic. In: *J. Vector Ecol.* 32 (1), S. 29–33.

Zoller, Thomas; Naucke, Torsten J.; May, Jürgen; Hoffmeister, Bodo; Flick, Holger; Williams, Christopher J. et al. (2009): Malaria transmission in non-endemic areas: case report, review of the literature and implications for public health management. In: *Malar J* 8, S. 71.