

# Brennpunkte des Klimawandels in Deutschland

---

Dr. Stefanie Groll

im Auftrag der Bundestagsfraktion von Bündnis 90/Die Grünen. (erstellt  
im August 2014, Wiederauflage im August 2015)

## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	3
<b>1 Einleitung: Wie der Klimawandel Deutschland betrifft .....</b>	<b>13</b>
<b>2 Vorgehen und Literaturbasis .....</b>	<b>17</b>
<b>3 Klimaveränderungen und Wetterereignisse bis 2040.....</b>	<b>18</b>
<b>4 Regionale Brennpunkte des Klimawandels .....</b>	<b>22</b>
4.1 Stress im Thüringer Wald.....	22
4.2 Abschied von „Schneebayern“ .....	26
4.3 Mittelmeerklima an Rhein und Neckar: Gefahr für Energieversorgung.....	29
4.4 Hitzekollaps in Großstädten.....	32
4.5 Hagelschäden im Hopfenfeld .....	35
4.6 Noch mehr Regen an Rhein und Ruhr .....	37
<b>Literatur und Quellenangaben .....</b>	<b>40</b>
<b>Über die Autorin .....</b>	<b>44</b>

## Zusammenfassung

Im Sommer 2015 ist ganz Europa von einer ungewöhnlichen Hitzewelle betroffen. In Spanien, Frankreich, Italien aber auch Deutschland wurden örtlich Temperaturen über 40 °Celsius gemessen- Rekordhitzen seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. In Deutschland stieg das Thermometer im Juli und August 2015 noch höher als im bis dato heißten Sommer 2003. Der Klimawandel ist auch in Deutschland spürbar, nicht nur, aber wohl zuvorderst durch hohe Temperaturen. Die vorliegende Arbeit illustriert entlang von regionalen und sektoralen Beispielen, welche Gefahren und Risiken dadurch entstehen.

Laut Fünftem Sachstandsbericht (AR5) des Weltklimarates (IPCC) ist es „sehr wahrscheinlich“, dass menschlicher Einfluss für die globale Erwärmung verantwortlich ist. Im Vergleich zum letzten Sachstandsbericht konnten mehr Nachweise für einen anthropogenen Klimawandel erbracht werden. Je nach zugrundeliegendem Emissionsszenario wird ein mittlerer globaler Temperaturanstieg von 0,9 bis 5,4°C bis Ende des Jahrhunderts projiziert. In einigen Regionen kann die Temperatur durchaus um bis zu 10°C steigen. Die Auswirkungen des globalen Klimawandels sind bereits in Deutschland zu spüren. Bis zur Mitte des Jahrhunderts rechnen Klimawissenschaftler/innen unter anderem mit diesen Trends und Ereignissen:

- Temperaturanstieg je nach Region und Saison um 1,5 bis 3,7°C
- weniger Frosttage, mehr heiße Tage und mehr Tropennächte
- klimatische Wasserbilanz nimmt flächendeckend ab
- mehr und heftigere Niederschläge im Sommer als derzeit im Sommer
- weniger Niederschläge im Winter als derzeit im Winter
- im Vergleich zum Sommer heizt der Winter mehr auf
- Meeresspiegelanstieg im Mittel um 30 Zentimeter, regional deutlich höher

Die berechnete Regionalisierung der Verwundbarkeit deutet an, dass fast der gesamte Osten Deutschlands stark bis moderat durch Negativwirkungen des Klimawandels

betroffen sein würde. Nach einer Studie des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (DIW) <sup>1</sup> würde Sachsen-Anhalt, gemessen an seiner Wirtschaftsleistung, am meisten für Klimaschäden zahlen müssen. Auch Thüringen und Brandenburg stünden schlecht dar: Gut 2,9% der Bruttowertschöpfung würden in Sachsen-Anhalt vernichtet, in Thüringen wären es 2,4%, in Brandenburg 2,2% bis zur Mitte des Jahrhunderts. Den kumulierten volkswirtschaftlichen Gesamtschaden bis 2050 beziffert das DIW auf 800 Milliarden Euro bundesweit. Das sind knapp 10.000 Euro Klimaschaden pro Kopf.

---

<sup>1</sup> DIW (2008): Kosten des Klimawandels ungleich verteilt: Wirtschaftsschwache Bundesländer trifft es am härtesten, Wochenbericht, 12–13/2008 (75) Jahrgang, 26. März 2008

[http://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw\\_01.c.80117.de/08-12-1.pdf](http://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.80117.de/08-12-1.pdf)

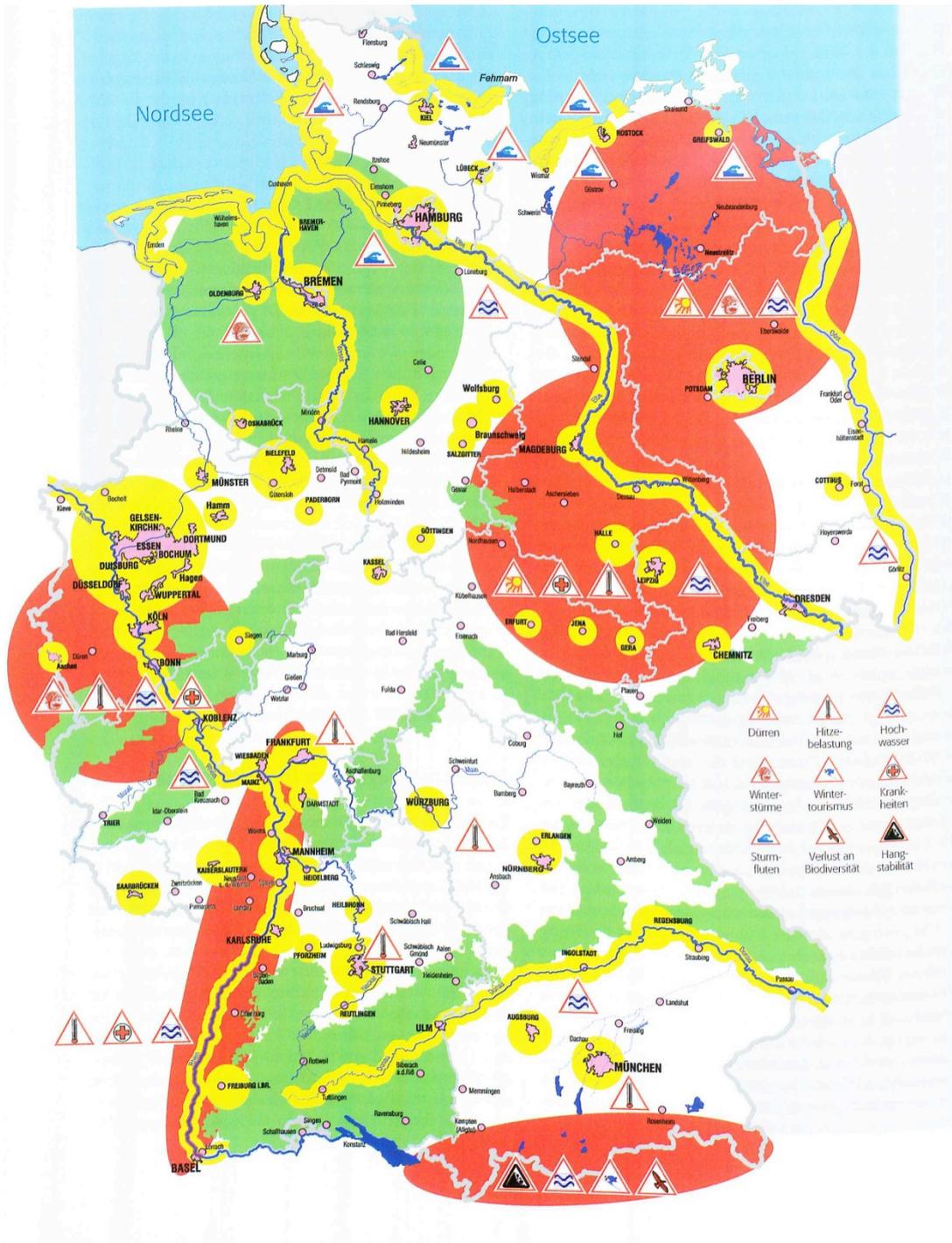


Abbildung 1: Karte angelehnt an K.D. Lickert, hier entnommen bei Glaser 2013:244

### **Schneefreie Alpen - Abschied vom Wintersport absehbar**

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass in den Alpen bis zur Mitte des Jahrhunderts eine Erwärmung von 2°C eintritt, bis 2080 ist ein Anstieg von 4°C möglich (jeweils gegenüber dem Referenzzeitraum 1961-1990). Für den Wintersport in den bayerischen Alpen hat dies erhebliche Konsequenzen. Die dortigen Skiregionen liegen vergleichsweise niedrig. Bei einem Temperaturanstieg um 2°C sind nur noch die höchst gelegenen Skigebiete Zugspitze und Nebelhorn natürlich schneesicher. Mit Hilfe von Beschneiungsanlagen, die ökonomisch wie ökologisch fragwürdig sind, kann künstliche Schneesicherheit geschaffen werden, aber auch nur in höheren Lagen: Für Pisten um Bad Tölz und Füssen beispielsweise würde auch das nicht mehr funktionieren. Wenn die Temperatur um 2°C steigt, würden Schneekanonen lediglich sechs Skigebiete bei Oberstdorf, Garmisch-Partenkirchen und Bayrisch Zell „schneesicher“ machen.

### **Hitzestress in Städten**

An heißen Sommertagen verwandeln sich Großstädte in Glutöfen. Selbst in der Nacht kühlt es sich nicht richtig ab. Die dichte Bebauung und das hohe Aufkommen am motorisierten Individualverkehr führen in den Innenstädten zu einer immensen Wärmeproduktion. Gebäude und Straßen speichern die Tageswärme. Die Städte bleiben heiß und im Vergleich zum Umland kann der Temperaturunterschied bis zu 10°C betragen. Ein so starker „Wärmeineleffekt“ wurde zum Beispiel für Kölner Innenstadt- und Außenbezirke nachgewiesen. Anhaltende Hitze führt gerade bei älteren und chronisch zu körperlichen Belastungen. Verschiedene Untersuchungen deuten darauf hin, dass steigende Temperaturen bis zum „Hitzetod“ führen können. Für Berlin konnte nachgewiesen werden, dass rund 5% aller Todesfälle in den Jahren von 2001 bis 2010 statistisch mit erhöhten Lufttemperaturen korreliert sind.

### **Stromnot im Schwabenland**

Baden-Württemberg, insbesondere der Oberrheingraben und städtische Ballungsgebiete wie Stuttgart und Karlsruhe, sind sehr anfällig für direkte und indirekte Folgen des Klimawandels. Wer schon mal im Hochsommer im Stuttgart weiß, dass dieser Kessel wirklich kocht. Hitze und Trockenheit im Sommer macht nicht nur den Stadtmenschen zu schaffen. Auch die Energieproduktion im Industrieland Baden-

Württemberg wird in Mitleidenschaft gezogen. Atom- und Steinkohlekraftwerke, die zentralen Erzeugungskapazitäten im Ländle, benötigen das Wasser der vorbeifließenden Flüsse als Kühlwasser. Sind die Flüsse zu stark erwärmt und führen sie zu wenig Wasser, müssen die Kraftwerke abgeregelt werden. Im Rekordsommer 2003 mussten die Atomkraftwerk Obrigheim und Neckarwestheim II aus diesem Grund gleich ganz abgeschaltet werden. Auch die in Baden-Württemberg traditionell starke Wasserkraft ist von Niedrigwasser negativ betroffen: Zu wenig Wasser in den Flüssen treibt die Turbinen nicht richtig an und so kommt es auch hier zu Einschränkungen. Die erwartete Zunahme von Niedrigwasserperioden ist nur eines von vielen Klimawandel-Phänomenen, die die Versorgungssicherheit in Baden-Württemberg gefährden können. Extremwetterereignisse wie Hagel und Orkane könnten die „Stromautobahnen“ zerstören, die mittelfristig erneuerbaren Strom aus dem Norden in den Süden bringen sollen.

### **Waldschäden in Thüringen**

Den Thüringer Wäldern und die Thüringer Forstwirtschaft gelten als mäßig bis stark durch den Klimawandel gefährdet. Die im Freistaat wichtige Holzindustrie muss sich dem anpassen. Der Thüringer Wald ist eine Fichten-Domäne und somit von einer Baumart geprägt, die relativ anfällig für Dürren, Hitzebelastungen und Schädlingsbefall ist. Ursprünglich war der Thüringer Wald ein Bergmischwald. Bereits vor einigen hundert Jahren wurde der natürliche Baumbestand abgebaut und durch Fichtenreinbestände ersetzt. Die Fichte ist aufgrund seiner Wuchs- und Verarbeitungseigenschaften nämlich sehr beliebt bei der Holzindustrie. Die Thüringer Wälder wurden gebietsweise zu „Holzplantagen“ gemacht. Hinzu kommt, dass die immergrüne Fichte auch bei den Waldbesucher/innen beliebt ist, auch im Winter können sie durch leuchtende Wälder spazieren. Das Land befindet sich nun in einer Zwickmühle. Es muss einen Mittelweg finden zwischen einem klimaangepassten Waldumbau und den Bedürfnissen der Holz- und Tourismuswirtschaft, die die Fichte lieben.

### **Hallertauer Hopfen verhagelt**

Im Hallertau, dem größten Hopfenanbaugebiet der Welt, registrieren die Landwirte vermehrt Ernteauffälle durch Extremwetterereignisse wie Hagel und Starkregen. Die Hallertau in der Mitte Bayerns ist das größte zusammenhängende Hopfenanbaugebiet der Welt. Gut die Hälfte des in Europa angebauten Hopfens und gut ein Drittel des weltweit angebauten Hopfens kommt von dort. Nicht nur dieser direkte Klimaschaden am hagel- und staunässeempfindlichen Hopfen macht den Bauern zu schaffen. Es sind auch die steigenden Versicherungsprämien, die in die Verkaufspreise einkalkuliert werden müssen. Für die globale Wettbewerbsfähigkeit des Hallertauer Hopfens könnte das ein Problem werden, obschon das Grüne Gold des Hallertaus wegen seiner hohen Qualität und Vielseitig für Brauereien von Nordamerika bis China sehr begehrt ist. Es wurde schon spekuliert, dass im Zuge der Hagelereignisse die Bierpreise in Deutschland gestiegen sind. Von Seiten der Brauereien wurde das dementiert.

### **Noch mehr Regen an Rhein und Ruhr**

Nordrhein-Westfalen ist schon jetzt Spitzenreiter in Sachen Niederschlag, in Folge des Klimawandels dürfte es noch nasser werden an Rhein und Ruhr. Die Hochwassergefahr nimmt zu, wenn sich in Süddeutschland und NRW selbst die Winterniederschläge intensivieren. Der Rheinpegel bei Köln und Düsseldorf dürfte auch in Folge der alpinen Gletscherschmelze steigen. Neben zunehmender Hochwassergefahr zeigt sich eine Tendenz der Zunahme von starken Winterstürmen und Tornados. Wann, wo und in welcher Intensität sie auftreten, vermögen Klimawissenschaftler/innen jedoch nicht zu sagen.

Wie in den Ballungsgebieten im Oberrheingraben besteht auch in der Metropolregion Ruhr und in den rheinischen Großstädten die Gefahr zunehmenden Hitzestresses.

Ein Andenken wird man in absehbarer Zeit dem Wintersport in NRW setzen müssen. Im Sauerland wird der meiste Niederschlag im Winter nur noch als Regen fallen. Steigende Temperaturen machen dann künstliche Beschneigung sinnlos.

### **Bayern: Abschied vom Wintersporttourismus in den Alpen**

- In der Alpenregion steigen die Temperaturen fast doppelt so stark wie im bundesweiten Durchschnitt
- Wintertourismus wird mittelfristig nur noch in einer Hand voll Hochlagen möglich sein, langfristig nur noch an der Zugspitze
- Künstliche Beschneigung ist nur eine mittelfristige Perspektive, wobei diese wirtschaftlich wie ökologisch umstritten ist

### **Thüringen: Wälder in Gefahr**

- Das Thüringer Becken und die Thüringer Wälder werden am stärksten vom Klimawandel betroffen sein
- Die genannten Regionen weisen eine hohe Verletzlichkeit in Folge von Dürren, Hitzebelastungen und Krankheiten auf
- Thüringer Wälder sind je nach Baumbestand und Lage stark durch erhöhten Schädlingsbefall und Stürme gefährdet

**Großstädte: Gesundheitsschäden bis hin zu erhöhter Mortalität**

- In Großstädten ist es schon heute bis zu 10°C wärmer als im Umland, Differenz kann sich im Zuge des Klimawandels noch erhöhen
- In allen deutschen Metropolen außer Hamburg ist mittelfristig mit mehr Gesundheitsbeeinträchtigung bis hin zu mehr Hitzetoten zu rechnen
- Für Berlin und Baden-Württemberg konnte nachgewiesen werden, dass extreme Hitze zu erhöhten Mortalitätsraten führt
- Ältere Menschen sind besonders gefährdet

**Baden-Württemberg: Hitze beeinträchtigt Energieversorgung**

- Oberrheingraben und Ballungsgebiete am Neckar heizen überdurchschnittlich auf
- Kühlwasserproblematik für Atom- und Steinkohlekraftwerke nimmt zu, Betrieb von Wasserkraftwerken wird eingeschränkt
- Kombination von Niedrigwasser und Extremwetterereignissen trifft Energieinfrastruktur und damit Industrie und Gewerbe empfindlich

### **Zentral-Bayern/Hallertau: Hopfen in Gefahr**

- In den letzten fünf Jahren hat es fünf schwere Hagel-Unwetter gegeben, normal wäre in diesem Zeitraum ein Unwetter gegeben
- Zunehmend extreme und unvorhersehbare Niederschläge sind für die sensitive Sonderkultur Hopfen ein hohes Risiko
- Hopfenwirte haben außergewöhnliche Kostenbelastungen durch steigende Versicherungsprämien
- Deutsche Bierproduktion ist nicht in Gefahr, aber Angebotsverknappung bei Hallertauer Hopfen ist möglich

### **Nordrhein-Westfalen: Noch mehr Regen an Rhein und Ruhr**

- Klimaveränderungen in NRW fallen vergleichsweise moderat aus
- zwischen 2031 und 2060 wird es im Schnitt voraussichtlich etwa 1,9 Grad Celsius wärmer sein als zwischen 1961 und 1990
- Niederschlagsmengen werden um ca. 5 %, eher im Winter als im Sommer
- Zahl der Schneetage hat sich seit 1955 um 21 Tage reduziert, Trend dürfte anhalten bzw. zunehmen, Skisport im Sauerland auf absehbare Zeit nicht mehr möglich
- Starkregenereignisse und Gefahr heftiger Stürme nehmen wahrscheinlich zu

### **Wissen und Unwissen über Klimawandel**

Unsicherheiten bilden ein zentrales Problem für die Klimaforschung. Es gibt physikalisch-natürliche Faktoren, die nicht berechnet werden können, wie etwa Veränderungen der zukünftigen Solarstrahlung. Ebenso ist es nicht möglich, vorherzusagen in welchem Maße und in welcher Qualität sich technischer Fortschritt vollzieht, der klimafreundliches Handeln vereinfacht. Aufgrund dieser Unsicherheiten sind sichere Prognosen für regionale Klimawandelfolgen schwierig. Die Klimafolgenforschung kann jedoch Tendenzen und wahrscheinliche zukünftige Entwicklungen aufzeigen. Einige Ergebnisse der regionalen Klimafolgenforschung, einige mögliche Brennpunkte des Klimawandels in Deutschland, werden in der vorliegenden Arbeit anschaulich dargestellt. Die Studie konzentriert sich auf die negativen Folgen des Klimawandels, sie erhebt damit keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie trägt lediglich Eindrücke und Geschichten vom Klimawandel vor Ort zusammen.

Wenn über Verletzlichkeit deutscher Regionen im Klimawandel gesprochen wird, so muss auch immer erwähnt werden, dass hierzulande bereits Anpassungsmaßnahmen getroffen werden. Je heftiger und unberechenbarer die Klimaveränderungen, desto teurerer werden die Anpassungsmaßnahmen. Insbesondere die Landwirtschaft und Forstwirtschaft muss sich umstellen. Volkswirtschaft und betriebswirtschaftlich gesehen wird der Klimawandel auf jeden Fall zu Buche schlagen. Dramatische Katastrophen wie beispielsweise der Untergang Hamburgs und die Überflutung der schleswig-holsteinischen Küsten durch steigende Meeresspiegel könnten wohl abgewehrt werden.

## 1 Einleitung: Wie der Klimawandel Deutschland betrifft

Laut Fünftem Sachstandsbericht (AR5) des Weltklimarates (IPCC) ist es „sehr wahrscheinlich“, dass menschlicher Einfluss verantwortlich für die globale Erwärmung ist. Im Vergleich zum letzten Sachstandsbericht konnten mehr Nachweise für einen anthropogenen Klimawandel erbracht werden. Je nach zugrundeliegendem Emissionsszenario wird ein mittlerer globaler Temperaturanstieg von 0,9 bis 5,4°C bis Ende des Jahrhunderts projiziert. In einigen Regionen kann die Temperatur durchaus um bis zu 10°C steigen.

### Verletzlichkeit gegenüber Klimawandelereignissen

Im Vergleich zu den südlichen Regionen in Südamerika, zu den meisten afrikanischen Staaten und Asien weisen Mitteleuropa und damit Deutschland eine geringe Verletzlichkeit (Vulnerabilität) gegenüber Klimawandelereignissen auf. Der Grad der Vulnerabilität ergibt aus den Faktoren Exposition und Anpassungsfähigkeit gegenüber Klimawandelereignissen wie Hitze, Dürre oder extreme Niederschläge.

#### **Exposition und Anpassungsfähigkeit**

Mit dem Begriff „Exposition“ wird angezeigt, inwiefern Subjekte, Objekte und Systeme den Einwirkungen des Klimawandels und seinen Folgen räumlich und zeitlich ausgesetzt sind.

Mit dem Begriff „Anpassungsfähigkeit“ wird angezeigt, inwiefern Individuen sowie natürliche und gesellschaftliche Systeme fähig sind, die Nachteile von tatsächlichen oder erwarteten Klimaveränderungen mit deren Folgen zu mindern und Vorteile zu nutzen.

(Glossar-Einträge auf <http://www.klima-und-raum.org/>, letzter Zugriff am 09.07.2014)

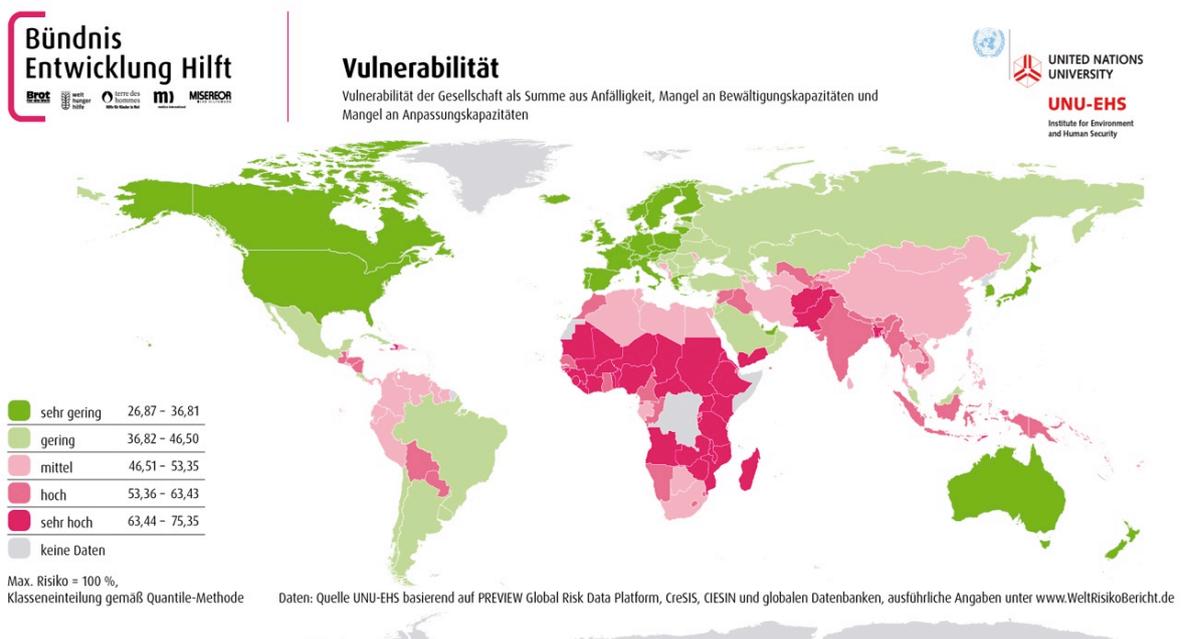


Abbildung 2: Verletzlichkeit im globalen Vergleich, Grafik der Universität der Vereinten Nationen, Download von [http://www.welttrisikobericht.de/uploads/media/WRB\\_2012\\_WK\\_Vulnerabilit%C3%A4t\\_RGB.jpg](http://www.welttrisikobericht.de/uploads/media/WRB_2012_WK_Vulnerabilit%C3%A4t_RGB.jpg) am 07.07.2014

## Brennpunkte des Klimawandels in Deutschland

Mitteleuropa und Deutschland werden nach heutigen Klimaprojektionen im globalen Maßstab durchschnittlich moderate Klimaveränderungen erleben. Gleichzeitig weisen die Gesellschaften in diesen Regionen dank ihrer ökonomischen Ressourcen, ihrer technischen Infrastruktur, ihren institutionellen und wissenschaftlichen Kapazitäten eine hohe Anpassungskapazität auf. Sie können kurzfristig auf Krisenereignisse reagieren und sich langfristig auf langsame Veränderungen einstellen. Nichtsdestotrotz kann auch für Deutschland keine Entwarnung gegeben werden. Die überwiegende Zahl von Klima- und Sozialwissenschaftlern ist sich darüber einig, dass der Klimawandel auch hierzulande gravierende Folgen haben wird.<sup>2</sup> Zudem kann ein ungebremster

<sup>2</sup> Für dieses Risikobewusstsein auch von offizieller Seite kann ein Zitat aus einer Publikation des LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg angeführt werden: „Die Ergebnisse der Untersuchung von 29 Klimaprojektionen für die **nahe** und ferne **Zukunft** untermauern die **Besorgnis über den Klimawandel** und die **Notwendigkeit**, sich mit dem Thema Klimawandel und seinen Folgen in Baden-Württemberg in vielen gesellschaftlichen Bereichen **intensiv zu beschäftigen.**“ (Wagner/Landesanstalt für Umwelt 2013, 28) (Hervorh. von mir, S.G.)

Klimawandel dazu führen, dass die Anpassungskapazität der sozialen (und natürlich der natürlichen) Systeme hierzulande überschritten wird. Eben auch aus diesem Grund ist es richtig, dass Klimapolitik auf zwei Säulen basiert: Anpassungsmaßnahmen und Klimaschutzmaßnahmen.

### **Klimaveränderungen in Deutschland auf einen Blick**

- Temperaturanstieg je nach Region und Saison um 1,5 bis 3,7°C bis Mitte des Jahrhunderts
- weniger Frosttage, mehr heiße Tage und mehr Tropennächte
- klimatische Wasserbilanz nimmt flächendeckend ab
- mehr und heftigere Niederschläge im Sommer als derzeit im Sommer
- weniger Niederschläge im Winter als derzeit im Winter
- im Vergleich zum Sommer heizt der Winter mehr auf
- Meeresspiegelanstieg im Mittel um 30 Zentimeter, regional deutlich höher

### **Betroffene Regionen und Sektoren**

Die Klimafolgenforschung befasst sich u.a. mit der Frage, welche Regionen und welche Sektoren inwiefern vom Klimawandel betroffen sein werden und welche Anpassungsmaßnahmen Sinn machen. Auf Basis von Emissionsszenarien und (regionalen) Klimamodellen erstellen sie Klimaprojektionen. Der Begriff „Klimaprognose“ wird von Klimawissenschaftler/innen ungern verwendet, weil er einen einzigen Entwicklungspfad suggeriert. Klimaprojektionen weisen hingegen auf mögliche unterschiedliche Pfade in die Zukunft hin, die von zukünftigen sozioökonomischen und technologischen Entwicklungen sowie von gegenwärtigen Weichenstellungen abhängen.<sup>3</sup>

Nach dem heutigen Stand der Klimaforschung zeigen in Deutschland Südwestdeutschland (Oberrheingraben), die zentralen Teile Ostdeutschlands (nordostdeutsches Tiefland, südostdeutsche Becken und Hügel) und die Alpen die höchste Anfälligkeit gegenüber Klimaänderungen auf. (Schuchardt u. a. 2008, 7)

---

<sup>3</sup> Eintrag „Klimaprojektionen“ im Glossar auf [www.klima-und-raum.org/glossary/124/letterk](http://www.klima-und-raum.org/glossary/124/letterk), letzter Zugriff am 09.07.2014.

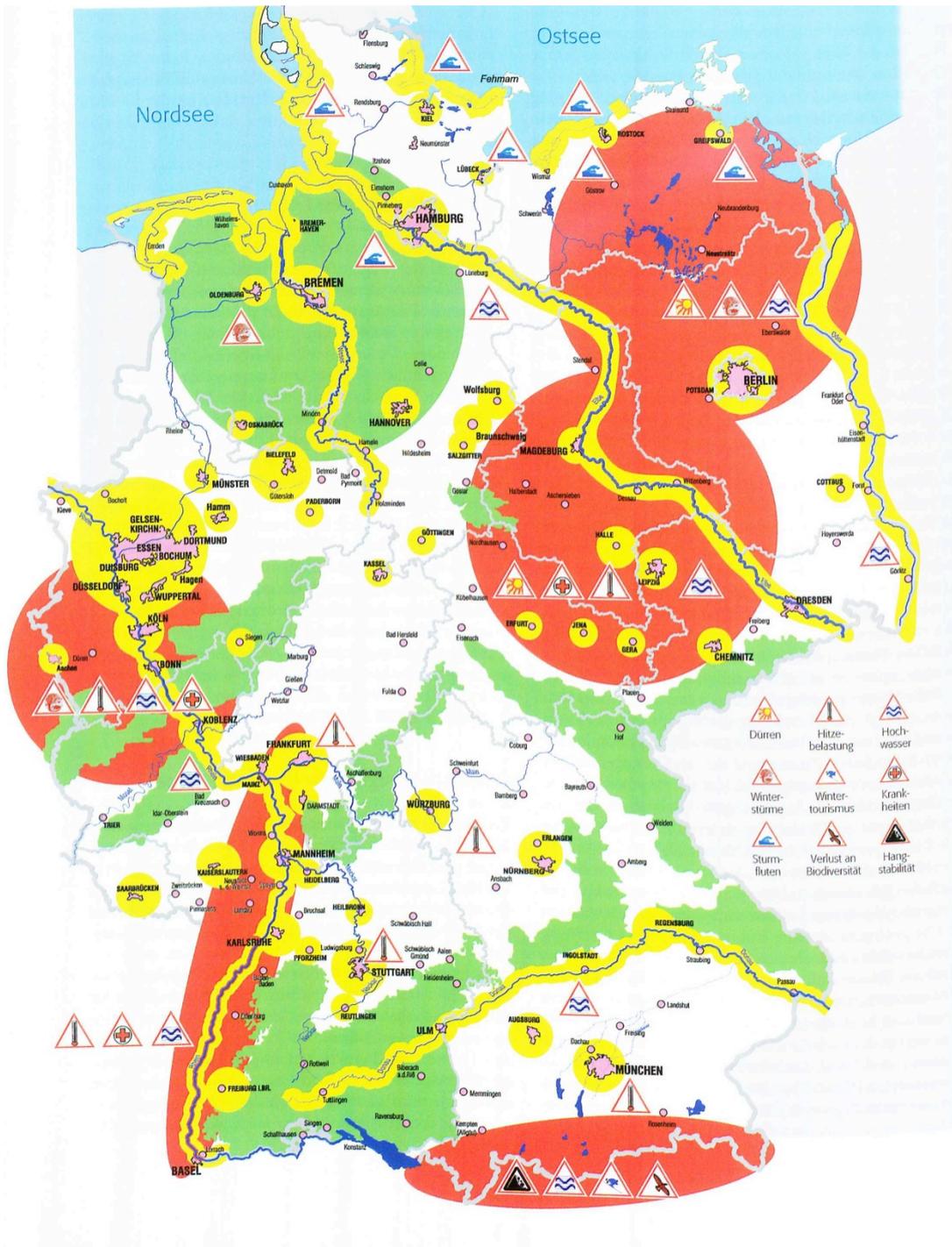


Abbildung 3: Karte in Anlehnung an K.-D. Lickert, hier entnommen bei Glaser 2013:244

Bereits heute sind Phänomene des Klimawandels in sozialen Sektoren und der Umwelt sichtbar. Die Abbildung ordnet negative Wirkungen des Klimawandels in Kategorien wie sie standardmäßig von Klimapolitik und Klimawissenschaft verwendet werden:

Auswahl möglicher Wirkungen des Klimawandels in ausgewählten Bereichen	
Handlungsfeld/Sektor	Beispiele für mögliche Wirkungen des Klimawandels
Gesundheit	durch Hitzewellen, Stürme, Überschwemmungen, Lawinen oder Erdbeben verursachte Erkrankungen und Verletzungen sowie veränderte Verbreitungsgebiete vektorübertragener Krankheiten; in den Städten besonders starke Hitzebelastung, die zu mehr Herz-Kreislauf-Problemen bis hin zu Todesfällen führen können.
Landwirtschaft	Beeinträchtigung der Erträge, besonders in zukünftig trockeneren Gebieten, sowie abnehmende Ertragsicherheit wegen erhöhter Klimavariabilität; Erhöhung der Bodenerosion (Sommer: Winderosion, Winter: Erosion durch Wasser); steigende Gefahr für Staunässe, Überflutung oder Trockenstress; veränderte Austragsverhältnisse von Nähr- und Schadstoffen in das Grund- und Oberflächenwasser
Forstwirtschaft	erhöhte Anfälligkeit nicht standortgerechter Wälder sowie erhöhte Waldbrandgefahr und zunehmender Druck durch Schädlinge und Wetterextreme.
Wasserwirtschaft	vermehrte Starkniederschläge, steigende Hochwassergefahr im Winter und Frühjahr sowie häufigeres Niedrigwasser im Sommer und veränderte Grundwasserspiegel mit möglichen Folgen für die Trinkwasserversorgung; in Städten zu gering bemessene Regenwasserableitung
Naturschutz und Biodiversität	Gefährdung der Artenvielfalt, besonders in Feuchtgebieten und Gebirgsregionen, mit Konsequenzen für die Naturschutzziele
Verkehr	Beeinträchtigung der Binnenschifffahrt durch häufigere Hoch- und Niedrigwässer; Zerstörung der Infrastruktur durch Extremereignisse
Tourismus	Abnahme der Schneesicherheit in den Gebirgsregionen sowie verbesserte wirtschaftliche Erfolgsaussichten für die Touristenziele an den Küsten; möglicherweise negative Folgen für Touristen wegen des vermehrten Auftretens von Quallen und toxischen Algen an den Küsten
Hochwasser- und Küstenschutz	Häufigere und intensivere Hochwasserereignisse fordern die Hochwasser- und Küstenschutzanlagen. Versagen die Schutzanlagen drohen Schäden.
Raum- u. Siedlungsentwicklung	Gefährdung der Baugebiete und baulichen Anlagen wegen zunehmender Hochwasserereignisse, Verstärkung des Wärmeinseleffekts in den Innenstädten, Verschärfung der Konflikte zwischen dem Schutz wertvoller Flächen und unterschiedlicher menschlicher Nutzungsansprüche

Abbildung 4: Mögliche Auswirkungen auf Sektoren, Tabelle von Schuchardt u. a. 2008, 7

## Kosten des Klimawandels in der EU

Der wissenschaftliche Dienst der EU-Kommission hat im Juni 2014 Berechnungen zu den Kosten des Klimawandels in Europa vorgelegt und ist auch auf ihre sektorale Verteilung eingegangen. Bei einer Temperaturerhöhung um 3,5°C zwischen 2071 und 2100 (gegenüber 1961 bis 1990) könnten Schäden in Höhe von 190 Milliarden Euro bis zum Jahr 2080 entstehen. Die größten ökonomischen Schäden würden für die menschliche Gesundheit entstehen (122 Milliarden Euro), gefolgt von Küstenregionen (42 Milliarden Euro) und der Landwirtschaft (18 Milliarden Euro) in Europa. (Ciscar u. a. 2014, 108)

## 2 Vorgehen und Literaturbasis

Die vorliegende Studie ist eine kompakte Darstellung über mögliche negative Auswirkungen des Klimawandels auf Regionen und Sektoren in Deutschland bis zur Mitte bzw. bis zum Ende des Jahrhunderts. Die Einschätzungen über die negativen Auswirkungen stammen aus frei zugänglichen Studien zu Klimawirkungen und Vulnerabilität.

Die Übersicht fokussiert die negativen Folgen des Klimawandels. Vom Ansatz her ist diese Übersicht also selektiv, sie bildet nicht die möglichen Chancen des Klimawandels für Regionen und Sektoren ab. Die Auswahl der Regionen erfolgte nach dem Kriterium ihres Vulnerabilitätsgrades, wie er bei Glaser (2013) dargestellt ist (siehe Karte S.16): Es wurden Regionen ausgewählt, denen eine mittlere bis hohe Verletzlichkeit diagnostiziert wird. Die Auswahl der Sektoren erfolgte nach einem Literatur-Review: Wenn in Publikationen über Klimawandel in der jeweiligen Region oder zusammengefasst im „Klimastudien-Katalog“ des Netzwerkes Vulnerabilität<sup>4</sup> ein bestimmter Sektor als besonders verletzlich ermittelt wird, dann wurde dieser Sektor auch in der vorliegenden Studie beleuchtet.

Die rezipierte Literatur stellt ihre Projektionen unter Verwendung der neuen und alten IPCC-Emissionsszenarien<sup>5</sup> und der vier in Deutschland relevanten regionalen Klimamodelle<sup>6</sup> auf.

### 3 Klimaveränderungen und Wetterereignisse bis 2040

Dieser Abschnitt gibt einen Überblick zu Klimaveränderungen in Deutschland bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts. Die Grundlage für diesen Abschnitt bilden Berechnungen von Gerstengarbe/Welzer (2013). Die Autoren arbeiten mit dem regionalen Klimamodell STARS und legen das IPCC-Emissionsszenario RCP8.5 zugrunde. Das RCP8.5-Szenario entspricht einer Welt, in der keinerlei Maßnahmen zum Klimaschutz unternommen werden und das Wirtschaftswachstum wie bisher auf der Verbrennung fossiler Energieträger beruht. Die aktuellen Entwicklungen in der Klima- und

---

<sup>4</sup> Interaktiver Klimastudienkatalog auf dieser Website: <http://netzwerk-vulnerabilitaet.de/klimastudienkatalog/>, letzter Zugriff 09.07.2014.

<sup>5</sup> Überblick und Erklärung zu den RCP-Szenarios bei Vuuren u.a. (2011). Zu den früheren IPCC-Emissionsszenarien siehe: <http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Klimaszenarien#Klimamodelle>, letzter Zugriff am 28.04.2014.

<sup>6</sup> Dies sind die beiden dynamischen Regionalmodelle REMO vom Max-Planck-Institut für Meteorologie (MPI-M) und COSMO-CLM (früher CLM = Climate Local Model) sowie die beiden statistischen Regionalmodelle WETTREG der Firma Climate & Environment Consulting (CEC) und STAR vom Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK).

Energiepolitik sowie die globalen THG-Emissionen und Konzentrationen deuten auf ein Hochemissionsszenario wie dem RCP8.5 hin. Im RCP8.5-Szenario steigt die globale Durchschnittstemperatur bis zum Jahr 2100 um 4,1 bis 4,8 °C gegenüber dem Referenzzeitraum 1850 bis 1900.<sup>7</sup>

Gerstengarbe/Welzer errechnen einen **mittleren Temperaturanstieg** von 1901 bis 2040 von 2°C in Deutschland, wobei der Anstieg bis 2011 schon 1,2°C betragen hat. Zwischen 2011 bis 2040 ist mit etwa noch 0,9°C mehr zu rechnen. In den Küstenregionen fällt der Anstieg bis 2011 mit 0,9°C geringer aus als in großen Teilen des Binnentieflandes, den Mittelgebirgsregionen sowie Süddeutschland, wo ein Temperaturanstieg von 1,3 °C bis 1,5°C verzeichnet wird. (ebd., 55ff.) Bis 2040 wird eine Verschiebung von temperaturbezogenen Ereignistagen (Eistage, Frosttage, Sommertag, heiße Tage) erwartet. Demnach wird es weniger Eistage und Frosttage geben, dafür mehr Sommertage und heiße Tage. Die räumliche Verteilung der temperaturbezogenen Ereignistage bleibt ungefähr gleich, allerdings erhöhen bzw. verringern sich die Temperaturen unterschiedlich stark an den jeweiligen Orten. So wird es in den Hochlagen der Mittelgebirge und in den Alpen die stärkste Reduktion von Eistagen geben. Mit der Änderung der Anzahl der Ereignistage verschieben sich auch deren Eintrittsdaten. Im Mittel werden eine Verlängerung von „warmen“ Perioden und eine Verkürzung von „kalten“ Perioden erwartet. (Gerstengarbe/Werner 2013, 60ff.)

Es wird eine **geringfügige Abnahme (4% bzw. 36 mm) der Niederschlagsmenge** bezogen auf ganz Deutschland und das Jahresmittel projiziert, die räumliche Zweiteilung, ein niederschlagsreicherer Westen, ein niederschlagsärmerer Osten bleibt

---

<sup>7</sup> „Bei verstärkten globalen Klimaschutzanstrengungen kann im optimistischsten Fall das Szenario RCP2.6 eintreten, die Chancen darauf schwinden jedoch rapide. Selbst für eine Umsetzung des RCP6.0, das eine mittlere globale Erwärmung von ca. 3,2°C über dem vorindustriellen Niveau erwarten lässt, sind noch bedeutend mehr Anstrengungen notwendig. Die aktuellen Entwicklungen der globalen THG-Emissionen und Konzentrationen deuten derzeit jedoch eher auf ein Hochemissionsszenario wie RCP8.5 hin.“

<http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/klima/klimawandel/klimaszenarien/>, letzter Zugriff am 28.04.2014.

erhalten<sup>8</sup>. Eine markante Änderung ist die gegensätzliche Niederschlagsentwicklung in Sommer und Winter: Im Sommer wird es überall viel weniger Niederschlag geben, im Winter dafür umso mehr (bis auf wenige Regionen im Süden)<sup>9</sup>.

Die **klimatechnische Wasserbilanz** nimmt flächendeckend ab. Dies ist auf höhere Temperaturen und entsprechend erhöhte Verdunstung im Sommer zurückzuführen. Durch die negative Niederschlagsentwicklung während der Sommermonate steigt in diesen Zeiten die Dürregefahr. In Niedrigwasserperioden kann es zu Wassernutzungskonflikten kommen, die durch ordnungsrechtliche Maßnahmen zu lösen wären: So könnte es passieren, dass thermische Kraftwerke und Trinkwasseranlagen Wasser entnehmen dürfen, während Landwirte auf die Bewässerung verzichten oder diese reduzieren müssten (Hattermann, u. a. 2013, 98f.).

**In Bezug auf Schneefall** wird mit zwei regional unterschiedlichen Entwicklungen gerechnet, was den Wintersporttourismus tangieren wird: Für die östlichen Mittelgebirge wird ein Anstieg und eine Andauer von Schneedeckentage projiziert, in den westlichen Mittelgebirgen, im Schwarzwald und dem westlichen/mittleren Teil der Alpen ist mit Abstieg und Abnahme von Schneedeckentagen zu rechnen. (Gerstengarbe/Werner 2013, 67ff.)

---

<sup>8</sup> Gerstengarbe/Werner merken an, dass das verwendete regionale Klimamodell tendenziell etwas zu trocken ist, es unterschätzt die Niederschlagsmenge um 4 bis 5 (Gerstengarbe/Werner 2013, 38)

<sup>9</sup> Die Ergebnisse aller vier regionalen Klimamodelle (STARS, WETTREG, CCLM, REMO) im Emissionsszenario A1B lassen darauf schließen, dass es im Sommer bundesweit bis zu 40% weniger Niederschläge geben könnte. Für den Winter liegen die Ergebnisse weiter auseinander, es werden Zunahmen zwischen 0% bis 40% errechnet. (Bundesregierung 2008, 11)

#### **Klimaveränderungen in Deutschland**

- Temperaturanstieg je nach Region und Saison um 1,5 bis 3,7°C bis Mitte des Jahrhunderts
- weniger Frosttage, mehr heiße Tage und mehr Tropennächte
- klimatische Wasserbilanz nimmt flächendeckend ab
- mehr und heftigere Niederschläge im Sommer als derzeit im Sommer
- weniger Niederschläge im Winter als derzeit im Winter
- im Vergleich zum Sommer heizt der Winter mehr auf
- Meeresspiegelanstieg im Mittel um 30 Zentimeter, in einigen Regionen deutlich höher

## 4 Regionale Brennpunkte des Klimawandels

In diesem Abschnitt werden Regionen beleuchtet, für die eine hohe Verletzlichkeit durch mehrere und komplexe Aspekte des Klimawandels angenommen wird (Glaser, Karte). Die Auswahl ist nicht repräsentativ, sie folgt keinen objektiven Kriterien, sondern soll lediglich pointiert veranschaulichen, was regionaler Klimawandel bedeutet, welche Risiken für Mensch und Natur in diesen „Hot Spots“ bestehen, welche Schäden auftreten könnten.

### 4.1 Stress im Thüringer Wald

„Weißt Du was ein Wald ist? Ist ein Wald etwa nur zehntausend Klafter Holz?  
Oder ist er eine grüne Menschenfreude?  
(Aus „Herr Puntila und sein Knecht Matti“ von Bertold Brecht)

Wald und Forst fungieren in Thüringen als wichtige Ökosystemdienstleister: Holzhandel, die Holzindustrie und das Holzhandwerk nutzen Wald und Forst, Menschen gehen in den Wald, um sich zu erholen. Thüringen ist zu gut einem Drittel (rund 520.000 Hektar) mit Wald bedeckt. Im Vergleich mit den anderen Bundesländern steht Thüringen damit an siebter Stelle.<sup>10</sup>

Die Zahlen der Waldschadenserhebung von 2012 erscheinen beunruhigend: 32% der Waldfläche gelten als „deutlich geschädigt“, 45% als schwach geschädigt, weniger als ein Viertel, nämlich nur 23% der Waldfläche, weisen keine Schadensmerkmale auf. Immerhin ging der Flächenanteil deutlicher Schäden um 4% gegenüber der Erhebung von 2011 zurück. (Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz 2012, 35f.).

Das Waldland Thüringen ist vielfältig, wobei in den Nadelholzwäldern in den höheren Lagen von Harz, Thüringer Wald und Schiefergebirge die Fichte dominiert, in den niedrig gelegeneren Laubholzwäldern die Buche. Die Fichte ist auch insgesamt die dominierende Baumart, sie hat einen Flächenanteil von 43% und ist holzwirtschaftlich gesehen die wichtigste Baumart. Gleichzeitig ist die Fichte auch jener Baum, der von

---

<sup>10</sup> Website von Thüringen Forst: „Waldland Thüringen“ <http://www.waldwandel-gegen-klimawandel.de/waldumbauportal/wissen/waldland/>, letzter Abruf am 26.06.2014.

den projizierten Klimawandelfolgen (Trockenheit, Hitze, Schädlingsbefall) am meisten betroffen sein wird.

### **Wie ändert sich das Klima in Thüringen?**

Insbesondere für die östlichen Regionen des Freistaats Thüringen wird eine hohe Verletzlichkeit durch mehrere und meist komplexe Aspekte des Klimawandels vorausgesagt, eine Steigerung von Dürre-, Hitze- und Krankheitsrisiko wird angenommen. Das Thüringer Becken im zentralen und nördlichen Teil des Freistaates zählt bereits heute zu den trockensten Gebieten Deutschlands, es liegt im Regenschatten von Thüringer Wald und Harz. Für die Periode zwischen 2021 und 2050 wird für Thüringen mit einem Anstieg der Jahresmitteltemperatur um 1,5°C gegenüber dem Zeitraum 1071 bis 2000 gerechnet, wobei insbesondere die Winter wärmer werden (Zunahme um 3,4°C). In Bezug auf Niederschläge wird eine ungleichförmige Entwicklung über Regionen und Dekaden erwartet, wobei sich jedoch abzeichnet, dass in den Wintermonaten die Niederschlagsmengen signifikant um knapp 23% zunehmen (gegenüber der Periode 1981-2000).

### **Auswirkungen des Klimawandels auf den Wald**

Auf ganz Thüringen bezogen wird mit einer Steigerung von Windbruchgefahr und Schädlingsbefall gerechnet. Zudem deutet sich eine erhöhte Waldbrandgefahr an. Die Forst- und Landwirtschaft in der Becken- und Hügellandschaft wird als besonders vulnerabel eingestuft, der Thüringer Wald dagegen nur als mäßig verwundbar (Frischbier 2011, 42).

### **Steigerung der Windbruchgefahr**

Das Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz geht davon aus, dass die Auftrittshäufigkeit von schweren Stürmen<sup>11</sup> zwischen 2041 und 2070 von 2,6 Ereignistagen auf 3,7 zunehmen könnte, zwischen 2071 und 2100 sogar auf 4,3 Tage.

---

<sup>11</sup> Gemeint sind hiermit Stürme mit einer Stärke von 10 auf der Beaufort-Skala: Dabei werden Bäume entwurzelt, Baumstämme brechen, Gartenmöbel werden weggeweht und Häuser nehmen größere Schäden.

Im Verlauf des 20. Jahrhunderts zeigt sich eine Tendenz zu verheerenden Sturmereignissen wie dem Orkan „Kyrill“. Durch „Kyrill“ entstanden landesweit rund 2,4 Millionen Festmeter Schadholz, rund 6.300 ha Kahlflächen und zusätzliche 4.700 ha verlichtete Kahlflächen von über 4.500 ha. Die Schäden durch Hiebunreifeverluste werden auf 11,25 Millionen Euro beziffert, die Wegeschäden auf ca. 47,5 Millionen. Hinzu kommen Kosten für die Wiederaufforstung der Sturmflächen in Höhe von ca. 33,7 Millionen Euro.<sup>12</sup> Eine eindeutige Tendenz zu intensiveren Sturmereignissen zeige sich „insbesondere in den hochrelevanten Wuchsbezirken des Thüringer Waldes und des Vogtlandes“. (Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz (TMLFUN) 2013, 78)

### **Gefahr durch Schädlinge**

Geschädigte Wälder bieten gute Populationsbedingungen für Schädlinge wie Borkenkäfer, Eichenprozessionsspinner, Fichtengespinstblattwespe, Eichenwickler und Nonnenspinner. Die Landesforstanstalt ThüringenForst berichtete Anfang des Jahres 2014, dass die vom Borkenkäfer befallenden Holzmengen in den Fichtenwäldern des Freistaats dramatisch angestiegen seien. Bis Dezember 2013 lag die Befallsmenge bei 97.868 Festmetern Holz (Fm) und damit dreimal so hoch wie im Vergleichszeitraum vor einem Jahr (2012: 32.215 Fm). Außergewöhnlich hoch ist mit 23.354 Fm (2012: 4.433 Fm) der Zugang allein im Dezember. Zusätzliche Sorge bereitete die hohe Anzahl der örtlichen Befallsstellen, die sich von 3.849 im Vorjahr auf 7.018 Stellen im laufenden Käferjahr erhöht hat. Im Juli 2014 teilte ThüringenForst mit, dass sich die teils dramatisch zuspitzende Gefahr einer Borkenkäfervermehrung in den Fichtenbeständen zumindest nicht weiter kritisch entwickelt habe (ähnlich der Situation in Nordbayern). Die Forstschutzsituation sei nicht eskaliert, weil viele

---

<sup>12</sup> Pressemitteilung vom Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz „ThüringenForst reagiert auf Waldschadenssituation“ vom 25.07.2007, <http://www.thueringen.de/th8/tmlfun/aktuell/presse/28177/>, letzter Zugriff 01.07.2014.

Waldbesitzer auch aufgrund der Medieninformationen Schutzmaßnahmen ergriffen hätten.<sup>13</sup>

### **Steigende, aber weiterhin moderate Waldbrandgefahr**

Für den Großteil der nördlichen Regionen des Freistaats wird derzeit an 7 bis 11 Tagen eine hohe oder sehr hohe Waldbrandgefahr vermeldet, zwischen 2071 und 2100 könnte dies an 30 Tagen geschehen. Die Landesregierung Thüringen geht davon aus, dass das „Waldbrandgefahrenniveau im Vergleich zu anderen Bundesländern (z.B. Brandenburg) auch unter dem Einfluss des Klimawandels noch als vergleichsweise moderat bezeichnet werden [kann]“ (Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz (TMLFUN) 2013, 76). Es könne mit erhöhten, aber bewährten Mitteln, z.B. Intensivierung der Bereitschaftsdiensten bei der Feuerwehr, verstärkten Kontrollgängen und Waldsperrungen bewältigt werden (ebd. 2013, 77)

#### **Brennpunkte in Thüringen**

- Das Thüringer Becken und die Thüringer Wälder werden am stärksten vom Klimawandel betroffen sein
- Die genannten Regionen weisen eine hohe Verletzlichkeit in Folge von Dürren, Hitzebelastungen und Krankheiten auf
- Thüringer Wälder sind je nach Baumbestand und Lage stark durch erhöhten Schädlingsbefall und Stürme gefährdet

---

<sup>13</sup> E-Mail-Kommunikation mit der Autorin (S.G.) im Juli 2014.

## 4.2 Abschied von „Schneebayern“

In Deutschland werden wir uns weitgehend vom Wintersport verabschieden müssen.<sup>14</sup>

Die Jahre 1994, 2000, 2002 und 2003 waren die heißesten Jahre in den Alpen seit 500 Jahren. Während in Deutschland die Jahresmitteltemperatur seit 1901 um rund 0,9 °C stieg, lag die Erwärmung in den Alpen mit 1,5 °C fast doppelt so hoch. Bis zum Ende des Jahrhunderts sind in den Alpen Temperaturanstiege um bis 4,5 °C gegenüber dem vorindustriellen Zeitalter wahrscheinlich. Erwartet wird: ein fortschreitender Rückgang der Eis- und Frosttage, weniger Niederschlag im Sommer, mehr Niederschlag im Winter (wobei dieser nun häufiger als Regen denn als Schnee fällt) sowie prinzipiell zunehmende Variabilität bei Temperaturen und Niederschlägen und infolgedessen ein steigendes Risiko von Extremwetterereignissen.

### Ökosystem Alpen in Gefahr

Flora und Fauna sind an ein Leben in der Kühle der Alpen angepasst. Alpine Pflanzen und Tierarten können 1 bis 2 °C mehr tolerieren. Wenn die Temperaturen sich darüber hinaus verändern, müssten sie sich anpassen oder migrieren, was für viele der endemischen Tier- und Pflanzenarten aber nicht möglich ist. Wenn weder Persistenz im veränderten Klima noch Migration in passende Umgebungen möglich ist, werden diese Tier- und Pflanzenarten aussterben. (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) 2011, 32ff.).

### Konflikte zwischen Wintertourismus und Natur nehmen zu

Der Wintertourismus und insbesondere der Skitourismus ist für Alpenregionen des Freistaates ein bedeutender Wirtschaftsfaktor. Für kleinere Gemeinden ist er wirtschaftlich prägend und existentiell wichtig. Laut Bayern Tourismus Marketing GmbH kommen im Sommer (62%) mehr Touristen als im Winter (38%), jedoch ist der Wintertourismus und insbesondere der Skitourismus ertragreicher, weil die Ausgaben

---

<sup>14</sup> Der Wirtschaftsgeograf und Tourismusforscher Jürgen Schmude im Interview „Der Schnee von morgen“ vom 17.01.2014, [http://www.uni-muenchen.de/aktuelles/spotlight/2014\\_meldungen/schmude\\_klimawandel\\_skiport.html](http://www.uni-muenchen.de/aktuelles/spotlight/2014_meldungen/schmude_klimawandel_skiport.html), letzter Zugriff am 01.07.2014.

pro Person deutlich höher liegen als im Sommertourismus (Mayer/Steiger 165). Der Skitourismus reagiert offensichtlich besonders verletzlich auf die o.g. Folgen globaler und regionaler Erwärmung. Die bayerischen Alpen-Skigebiete liegen im Vergleich zu den Konkurrenz-Regionen Österreich, Schweiz und Frankreich relativ niedrig (außer den Skigebieten rund um die Zugspitze). Das Verschwinden quasi sämtlicher Skigebiete in den bayerischen Alpen in den nächsten 50 Jahren gilt als realistische Aussicht. Als wissenschaftlicher Beweis wird oftmals eine OECD- Studie (OECD 2007) angeführt, wonach heute 27 (69%) von insgesamt 39 (100%) der Skigebiete schneesicher sind. Bei einer Erwärmung um 1°C würden es nur 11 sein (25%), bei einer Erwärmung um 2 °C wären es nur noch 5 (13%) Skigebiete. Bei + 4°C würde nur noch die Zugspitze als schneesicher gelten (Mayer/Steiger 2013, 166).<sup>15</sup>

### **Sinn und Unsinn von künstlicher Beschneigung**

Inwiefern Lift- und Kunstschneeanlagen eine nachhaltige Lösung darstellen ist, wie schon angedeutet, zwischen Wissenschaftlern, Politikern und Unternehmern umstritten. Die Aussagen dazu variieren, weil unterschiedliche ökonomische Daten und klimatische Szenarien zugrunde gelegt werden. Zudem werden die Aussagen im Lichte unterschiedlicher Zielvorstellungen für Wintertourismus getroffen.

Auf der einen Seite wird argumentiert, dass sich der Zu- und Neubau von Lift- und Beschneiungsanlagen an manchen Orten in einem Planungshorizont bis etwa 2040 noch rentieren würde, unter anderem auch, weil die Anlagen bis dahin auch abgeschrieben wären. Auf der anderen Seite wird argumentiert, dass sich die Investitionen nicht mehr lohnen, weil die klimatischen Veränderungen so gravierend sein werden, dass es selbst für technische Beschneigung zu warm ist. Auch könnten die Energie- und Wasserkosten für künstliche Beschneiungsanlagen so hoch steigen, dass der Betrieb unrentabel wird. In ökologischer Perspektive ist der hohe und steigende

---

<sup>15</sup> Steiger/Mayer (ebd.) kritisieren zwar, dass in dieser OECD-Studie nur die klimatische Schneedeckung berücksichtigt wurde und nicht einkalkuliert wurde, dass künstliche Beschneigung zumindest noch einige Jahrzehnte die natürlichen Schneeverluste auffangen könnte. Ihre eigenen Berechnungen zur Kompensation natürlichen Schnees von Kunstschnee zeigen dann aber auf, dass – vereinfacht gesagt – Kunstschnee keine langfristige und nachhaltige Kompensation darstellt.

Energie- und Wasserbedarf ein Argument gegen Ausbau. Zudem ist der Zubau von Beschneiungsanlagen und Beförderungsanlagen mit deutlichen Eingriffen in Natur und Landschaft verbunden. (ebd.; Beierkuhn u. a. 2007, 27)

Im Lichte ihrer Modellierungsergebnisse resümieren Steiger/Mayer für die von ihnen untersuchten Skigebiete<sup>16</sup>:

Aufgrund der zu erwartenden steigenden Beschneungskosten und der damit auch verbundenen Dimensionierung der Beschneiungsanlage ist jedoch eine Berücksichtigung der klimatischen Erwärmung in den Investitionsplänen anzuraten. Ab Mitte des 21. Jahrhunderts ist aus heutiger Sicht große Skepsis angebracht, was die klimatische Eignung der Bayerischen Alpen mit Ausnahme der Zugspitze und der Gipfelregionen der anderen Skigebiete anbelangt. (ebd. 2013, 204)

In der „Beschneigungsstudie“ (Steiger 2013), die der Autor Steiger für den Deutschen Alpenverein erstellt hat, fasst er eindeutiger zusammen, dass künstliche „Beschneigung langfristig gesehen in kaum einem bayerischen Skigebiet eine Versicherung gegen den Klimawandel darstellen kann“ (ebd., 31).

Mittelfristig werden niedrig gelegene Skigebiete schließen, wovon hoch gelegene Skigebiete profitieren könnten. Durch die Verknappung des Angebots in den bayerischen Alpen und damit steigenden Preisen könnten Skitouristen aber auch abwandern, etwa in die benachbarten, aber höhere gelegenen Destinationen in Westösterreich.

Investitionen in Wintersportinfrastruktur (etwa in komfortablere Liftanlagen und Beschneigung) werden sich für Kommunen und Privatbetriebe nicht mehr lohnen. Langfristig müssen sich alle bayerischen Wintersportgebiete umstellen, auf Sommertourismus, auf sanfteren Tourismus und ressourcenschonende Freizeitangebote. Sowohl im Winter als auch im Sommer muss die Tourismuswirtschaft in Bayern damit rechnen, dass Extremwetterereignisse die Erreichbarkeit von

---

<sup>16</sup>Steiger/Mayer untersuchten Zukunfts- und Entwicklungsperspektiven im Fellhorn-Skigebiet (920–1.967m) in Oberstdorf, im Classic Gebiet in Garmisch-Partenkirchen (740–2.050m), auf der Zugspitze (2.057–2.720m) in Garmisch-Partenkirchen bzw. Grainau und im Sudelfeld-Skigebiet (800–1.563 m) in Bayrischzell. (ebd., 171)

Urlaubsdestinationen und Ausflugszielen beeinträchtigen und wirtschaftliche Schäden nach sich ziehen. (Prasch u. a. 2012, 30ff.; Beierkuhn u. a. 2007, 26f.)

#### **Brennpunkt bayerische Alpen**

- In der Alpenregion steigen die Temperaturen fast doppelt so stark wie im bundesweiten Durchschnitt
- Wintertourismus wird mittelfristig nur noch in einer Hand voll Hochlagen möglich sein, langfristig nur noch an der Zugspitze
- Künstliche Beschneigung ist nur eine mittelfristige Perspektive, wobei diese wirtschaftlich wie ökologisch umstritten ist

### **4.3 Mittelmeerklima an Rhein und Neckar: Gefahr für Energieversorgung**

Baden-Württemberg gehört zu den Bundesländern für die gravierende Klimaveränderungen projiziert werden. Unter anderem wird die Durchschnittstemperatur in Baden-Württemberg höher steigen als in anderen Regionen Deutschlands. Die Rheinebene und Städte entlang des Neckars werden besonders betroffen sein. In Karlsruhe wird zum Beispiel die Anzahl der Sommertage von derzeit knapp 60 Tagen bis Mitte des Jahrhunderts auf über 80 Tage ansteigen. Die Niederschläge im Winter werden je nach Region um bis zu 35% zunehmen. Damit einher geht eine größere Hochwassergefahr im Winter. Hingegen werden die Sommer niederschlagsärmer, die Wahrscheinlichkeit einer ausgeprägt trockenen Vegetationsperiode hat sich seit 1985 bereits versechsfacht. (Gebhardt 2012, 5ff.).

#### **Probleme für die Energieversorgung aus Atom und Steinkohle**

In Baden-Württemberg sind noch zwei Atomkraftwerke sowie zehn Steinkohle-Kraftwerke am Netz. Die Kraftwerke nutzen das Wasser der vorbeifließenden Flüsse zur Kühlung. Im Zuge der Klimaerwärmung werden Niedrigwasserverhältnisse an diesen Flüssen im Sommer voraussichtlich häufiger und heftiger auftreten. Das verfügbare Flusswasser ist dann wärmer und eignet sich schlechter als Kühlwasser.

Zudem enthält wärmeres Flusswasser weniger Sauerstoff. Wenn es durch das warme Wasser aus den Kraftwerken noch weiter erwärmt wird, wird das Ökosystem der Flüsse empfindlich gestört. Die Ableitung erwärmten Kühlwassers unterliegt gesetzlichen Beschränkungen, es darf in der Regel nicht wärmer als 25 bis 28 °C sein.

Nach Nordrhein-Westfalen und Bayern produziert und verbraucht Baden-Württemberg bundesweit den meisten Strom. Der Energiemix wird von Atom und Steinkohle (jeweils rund ein Drittel an der Bruttostromerzeugung) dominiert, erneuerbare Energien haben einen Anteil von rund 25%. Wasserkraft ist mit rund 9% Anteil an der gesamten Bruttostromerzeugung und mit über 35% Anteil an den erneuerbaren Energien, die größte Quelle für regenerativen Strom.<sup>17</sup>

Im Hitzesommer 2003 wurden für baden-württembergischen Kraftwerken Ausnahmenregelungen erteilt, so dass bis zu 30°C warmes Kühlwasser in Rhein und Neckar floss.<sup>18</sup> Die nachfolgende Tabelle zeigt an, wie weit einige Kohle- und Atomkraftwerke im Hitzesommer 2003 ihre Leistung drosseln mussten. Man sieht, dass zwei baden-württembergische Kraftwerke, Obrigheim und Neckarwestheim II, ganz abgeschaltet werden mussten

---

<sup>17</sup> Zusammengefasste Angaben des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg. „Während die Stromerzeugung aus Kernenergie um 8% auf 20,1 Mrd. kWh zurückging, stieg die Erzeugung aus Steinkohle gegenüber dem Vorjahr um 20% auf insgesamt 19,9 Mrd kWh an. Damit lag die Stromerzeugung aus Kernenergie und Steinkohle in Baden-Württemberg etwa auf demselben Niveau. Aus Erdgas wurden im Jahr 2013 rund 1,4 Mrd. kWh erzeugt (+4%). Die Stromerzeugung aus der regenerativen Wasserkraft lag mit 4,7 Mrd. kWh leicht über dem Vorjahresniveau (+1 %). Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, „Stromerzeugung aus Kernenergie und Steinkohle 2013 gleich hoch – Verstromung von Steinkohle legt 2013 um 20% zu“, Pressemitteilung vom 16. Mai 2014, „<http://www.statistik-bw.de/pressemit/2014171.asp>.“

<sup>18</sup> Siehe dazu Presseberichte auf der Website des Solarenergie-Fördervereins Deutschlands, <http://www.sfv.de/lokal/mails/phj/hitzewel.htm#ausnahme>, letzter Zugriff am 07.07.2014.

Atom- und Kohlekraftwerke	Leistung gedrosselt in Prozent
Brunsbüttel	-15
Unterweser	-70
Stade	-30
Brokdorf	-3
Krümmel	-40
Voerde	-50
Walsum	-50
Lünen	-50
Obrigheim	-100
Philippsburg I und II	-20
Neckarwestheim Block I	-20
Neckarwestheim Block II	-100
Isar	-50

Abbildung 5: Drosselung von Atom- und Kohlekraftwerken im Sommer 2003, entnommen von: <http://www.sueddeutsches-klimabuero.de/533.php> (letzter Zugriff 07.06.2014)

Ein der Kühlwasser-Problematik nachgelagertes Problem dürfte sein, dass ein niedriger Flusspegel dazu führt, dass der Brennstoff Steinkohle (und andere Betriebsstoffe) nicht reibungslos angeliefert werden kann. Bei zu niedrigem Wasser können große und schwer beladene Frachtschiffe unter Umständen nicht mehr fahren. Alternative Transportmöglichkeiten wie zum Beispiel mehrere „leichte“ Schiffe hintereinander fahren zu lassen, ist ein höherer logistischer (und damit kostspieliger) Aufwand. Nach Berechnungen von Infrac und Ecologic führt die Kühlwasserproblematik bundesweit zu einem 10%-igen Rückgang der Stromerzeugungskapazität.

### **Niedrigwasser trifft auch Wasserkraftwerke**

Niedrigwasserpegel sind nicht nur für Atom- und Steinkohlekraftwerke ein Problem. Auch die gerade für Baden-Württembergs Energiezufuhr wichtigen Wasserkraftwerke können bei Niedrigwasser nicht optimal betrieben werden.

### **Extremwetter schädigen Stromleitungen**

Wenn die Energiewende in Deutschland wie geplant vollzogen wird, wird sich die Stromproduktion mittelfristig vom Süden in den Norden verlagern; Atomkraftwerke im Süden werden vom Netz genommen, Erneuerbare-Kapazitäten, insbesondere auch

Offshore-Windanlagen, im Norden werden angeschlossen. Im Netzentwicklungsplan Strom (NEP) ist ein Ausbau entsprechender Übertragungsleitungen vorgesehen, die meisten davon oberirdisch. Baden-Württemberg wird mittelfristig abhängiger von Energieimporten über diese „Stromautobahnen“. Infolge der projizierten zunehmenden Extremwetterereignisse wie starken Stürmen oder Hagel sind diese Energieinfrastrukturen erhöhten Schadensrisiken ausgesetzt (Dunkelberg u. a. 2011, 4ff.). Auch dieser Faktor muss in die Vulnerabilität der Energieversorgung eingerechnet werden.

#### Risiko für die Energieversorgung an Rhein und Neckar

- Oberrheingraben und Ballungsgebiete am Neckar heizen überdurchschnittlich auf
- Kühlwasserproblematik für Atom- und Steinkohlekraftwerke nimmt zu, Betrieb von Wasserkraftwerken wird eingeschränkt
- Kombination von Niedrigwasser und Extremwetterereignissen trifft Energieinfrastruktur und damit Industrie und Gewerbe empfindlich

#### 4.4 Hitzekollaps in Großstädten

"Der [...] Bericht des Weltklimarats zeigt, dass die bereits stattgefundenene Erwärmung schon zu einer Zunahme der hitzebedingten Sterblichkeit geführt hat"<sup>19</sup>

In der Periode 2031 bis 2050 steigt die Zahl der Hitzetage deutlich, vor allem in den bereits heute wärmsten Städten entlang des Rheins und im Ruhrgebiet, von Freiburg, über Stuttgart, Karlsruhe, Mannheim, Frankfurt am Main, Köln, Düsseldorf bis Dortmund nehmen Hitzetage um fünf bis zehn Tage zu. Im Osten müssen Berlin, Dresden, Halle und Leipzig mit bis zu fünf Hitzetagen mehr rechnen. (Grossmann-Clarke/Schubert 2013, 192ff.) Mit Gesundheitsbeeinträchtigungen bis hin zu erhöhten Mortalitätsraten durch extreme Hitze ist in Zukunft insbesondere im Oberrheingraben, in städtischen Ballungsräumen sowie in Kessel- und Tallagen zu rechnen.

---

<sup>19</sup> Christina Koppe, Deutscher Wetterdienst, bei der Vorstellung des 5. IPCC Sachstandsberichtes. Zitat gelesen auf der Website des Deutschen Wetterdienstes <http://tinyurl.com/cq5qd94>, letzter Abruf am 05.06.2014.

Der Hitzestress in den Städten ist Folge des „Wärmeinseleffektes“. Damit wird ein für das Stadtklima typisches Phänomen bezeichnet: der Temperaturunterschied zwischen warmer Innenstadt und kühlerem Umland. Tagsüber heizt die Stadt auf, der Erhitzungsgrad variiert je nach Versiegelungsgrad, Verkehrsaufkommen, Bebauungsdichte und Industriebetrieb. In der Nacht kühlt die Stadt nicht mehr ab, es kommt zu „Tropennächten“, was einen erholsamen Schlaf verhindern kann. Kreislaufbeschwerden, Dehydrierung, Hitzekrämpfe und eine Verschlimmerung von Vorerkrankungen können insbesondere bei älteren Menschen und Menschen mit gesundheitlich eingeschränkter Anpassungsfähigkeit auftreten. (Mücke u. a. 2009, 2ff.)

Messungen aus den Jahren 2011 und 2012 in Köln für die Innenstadt und die dicht bebauten Stadtteile zeigen einen deutlichen Wärmeinseleffekt, bis zu 10 °C an einem heißen Sommertag. Die Forscher/innen rechnen zukünftig häufiger mit einer starken Wärmebelastung (Sommertage (< 25°C) und heißen Tagen (< 30°C)) im Stadtgebiet: Sommertage könnten um 30 bis 70% zunehmen, heiße Tage könnten sich verdoppeln. (Grothues u. a. 2013, 48ff.)

### **Nachgewiesener und projizierter Hitzestress bis Hitzetod**

Laut Umweltbundesamt wird für die EU-Staaten von einer Zunahme der Mortalität um 1-4% für jedes Grad Temperaturanstieg ausgegangen (Mücke u. a. 2009, 3). Die Bundesregierung geht davon aus, dass der Hitzewelle im Sommer 2003 bundesweit rund 7000 Menschen zum Opfer fielen.<sup>20</sup> Für Baden-Württemberg, einem Bundesland das besonders stark von der Sommerhitze betroffen war, liegt hingegen eine fokussierte Studie vor, in der 900 bis 1300 zusätzliche Todesfälle allein im August 2003 registriert werden. (Bundesregierung 2014, 11)

Für Berlin konnte nachgewiesen werden, dass ca. 5% aller Todesfälle in den Jahren von 2001 bis 2010 statistisch mit erhöhten Lufttemperaturen korreliert sind. Die betroffenen Personen waren meist 65 Jahre oder älter. Bei jüngeren Menschen war der statistische Zusammenhang zwischen Temperatur und Mortalitätsrate nicht so stark ausgeprägt. (Scherer u. a. 2014)

---

<sup>20</sup> Dies ist eine Schätzung, da keinen genauen Zahlen erhoben wurden.

### Weitere Gesundheitsbeeinträchtigungen durch Klimawandelereignisse

Thermophysiologische Wärmebelastungen infolge von Hitzewellen sind jedoch nicht das einzige Gesundheitsproblem, welches sich durch Klimawandel verschärfen kann. In Studien und der Ratgeberliteratur werden auch diese Phänomene diskutiert:

- Effekte von Extremwetterereignissen: körperliche Schäden bis hin zu Todesfällen und psychische Schäden bis hin zu Depressionen durch Hochwasser, Überschwemmungen, Stürme (Mücke u. a. 2009, 6)
- Entwicklung von vektorvermittelten Infektionskrankheiten: Erwärmung kann dazu führen, dass sich Krankheitserreger durch tierische Überträger (Vektoren) wie Stechmücken, Zecken und Wanzen eher verbreiten (Mücke u. a. 2009, 7)
- Ausbreitung von Allergenen durch Erwärmung: Die Pollenflugsaison hat sich in den letzten 30 Jahren um 10 bis 12 Tage verlängert, was Allergiker/innen zu schaffen machen dürfte. Hinzu kommt, dass bisher nicht heimische Pflanzen einwandern. Diese Neophyten wie die aus Nordamerika stammende Beifuß-Ambrosie haben ein hohes allergenes Potenzial (Mücke u. a. 2009, 10)
- Risiken durch erhöhte UV-Strahlung bzw. UV-Strahlen-Exposition: Die Anzahl an Hautkrebserkrankungen hat in den letzten Jahrzehnten stetig zugenommen, sie verdoppelt sich alle 10 bis 15 Jahre. Jedoch liegt das nicht nur an einer intensiven UV-Strahlung, sondern auch einem veränderten Freizeitverhalten

Für Klimatologen, Stadtgeografen, Hydrologen und Mediziner ist es grundsätzlich schwierig, Kausalzusammenhänge zwischen Klimamodifikationen und Gesundheitsbeeinträchtigungen exakt nachzuweisen, jedoch verbessert sich die Methodik und Datenlage, insbesondere für kleinere Untersuchungsräume (Bezirke, Quartiere).

**Hitzestress in Großstädten**

- In Großstädten ist es schon heute bis zu 10°C wärmer als im Umland, Differenz kann sich im Zuge des Klimawandels noch erhöhen
- In allen deutschen Metropolen außer Hamburg ist mittelfristig mit mehr Gesundheitsbeeinträchtigungen bis hin zu mehr Hitzetoten zu rechnen
- Für Berlin und Baden-Württemberg konnte nachgewiesen werden, dass extreme Hitze zu erhöhten Mortalitätsraten führt
- Ältere Menschen sind besonders gefährdet

**4.5 Hagelschäden im Hopfenfeld**

Die Hallertau in der Mitte Bayerns ist das größte zusammenhängende Hopfenanbaugebiet der Welt. Gut die Hälfte des in Europa angebauten Hopfens und gut ein Drittel des weltweit angebauten Hopfens kommt von dort. Das „grüne Gold“ gilt als extrem hagelempfindliche Sonderkultur, in allen Wachstumsphasen kann eisiger Niederschlag die Pflanzen stark schädigen, bis hin zu Totalverlusten einer Ernte.<sup>21</sup> Zudem reagiert Hopfen sensitiv auf Staunässe; wenn nach heftigen Niederschlägen das Wasser auf den Feldern steht, ist die Fäulnisgefahr hoch.

In den letzten fünf Jahren gab es in der Hallertau fünf schwere Hagelereignisse. Im Jahr 2009 waren rund 4000 Hektar Anbaufläche schwer beschädigt, 1000 davon total vernichtet, die Hallertauer Hopfenverbände bilanzierten einen Ertragsausfall von 15%.

**Unkalkulierbare Kosten für Hopfenlandwirtschaft**

Angesichts der wissenschaftlichen Klimaprojektionen für Bayern ist es plausibel die ungewöhnliche Häufung und Intensität der Hagelunwetter als Klimawandelereignisse einzuordnen. Auch von Seiten der Hopfenbauer- und Vermarktungsverbände wird dies

---

<sup>21</sup> <http://www.vereinigte-hagel.net/hopfen0.html> (letzter Abruf im Juli 2014).

vermutet. Für Hopfenwirte, so sagt ein Vertreter des Deutschen Hopfenrings<sup>22</sup>, sei die zunehmende Klimavariabilität in mehrfacher Hinsicht ein Problem:

- Die Klimavariabilität nimmt zu und damit Planungsunsicherheit und Produktionsrisiken
- Zur Abfederung der Produktionsrisiken muss in Anpassungsmaßnahmen investiert werden, z.B. in Zwischenfluchten zum Ablauf von starken Niederschlägen, Schutz vor Bodenerosion, Forschung und Entwicklung für resistente Sorten

Diese Maßnahmen seien finanziell einigermaßen überschaubar und auch schon in die Verkaufspreise einkalkuliert. Ein gravierendes Problem stellen aber die unkalkulierbar steigenden Ernteausfallversicherungen, genauer gesagt, die Hagel-Policen dar.

### **Ist die deutsche Bierproduktion in Gefahr?**

Von Seiten der Hopfenvermarkter wird Entwarnung gegeben. Die Brauereien könnten bei Ernteauffällen auf Lagerbestände zurückgreifen und auf ausländische Beschaffungsmärkte ausweichen. Allerdings muss damit gerechnet werden, dass die Preise für Hopfen steigen, wenn es zu Ernteauffällen aufgrund von Extremwetterereignissen kommt. Dann sind spätere Bierpreiserhöhungen möglich, wie im Zuge des Dürre-Sommers 2003 passiert<sup>23</sup>.

---

<sup>22</sup> Telefongespräch mit der Autorin im Juli 2014.

<sup>23</sup> Münchner Merkur Online: Hopfen verhagelt: Wird das Bier teurer?, Meldung vom 27.05.2009, <http://www.merkur-online.de/aktuelles/bayern/tz-hopfen-verhagelt-wird-bier-teurer-321070.html>, letzter Zugriff am 07.07.2014.

**Extremwetter im Hallertau**

- In den letzten fünf Jahren hat es fünf schwere Hagel-Unwetter gegeben, normal wäre in diesem Zeitraum ein Unwetter gegeben
- Zunehmend extreme und unvorhersehbare Niederschläge sind für die sensitive Sonderkultur Hopfen ein hohes Risiko
- Hopfenwirte haben außergewöhnliche Kostenbelastungen durch steigende Versicherungsprämien
- Deutsche Bierproduktion ist nicht in Gefahr, aber Angebotsverknappung bei Hallertauer Hopfen ist möglich

**4.6 Noch mehr Regen an Rhein und Ruhr**

Auf der schematisierten Darstellung der Vulnerabilität gegenüber dem Klimawandel (siehe S.15) in Deutschland weist NRW in großen Teilen eine hohe bis moderate Anfälligkeit auf. Die Bescheinigung einer potenziell hohen Verletzlichkeit dürfte mit der Bevölkerungsdichte und der Industrieproduktion im Lande zusammenhängen. Die Temperaturanstiege und Verschiebungen bei Niederschlägen fallen im Vergleich zum übrigen Deutschland nämlich eher moderat aus (Schwarz 2007, 21). Was die Temperaturentwicklung betrifft, wird für die Jahre 2031-2060 eine Erwärmung um 1,9°C gegenüber der Referenzperiode 1961 erwartet.<sup>24</sup> Das Weserbergland, die Westfälische Bucht, das Sauerland und das Siegerland würden sich stärker erwärmen als der Niederrhein. (Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen 2009, 36ff.) Im Süderbergland muss, wie in Thüringen der Wald, umgebaut werden: Die dominierende Fichte muss einem „klimarobusteren“ Waldbestand weichen. Die bedeutendste Wintersportregion

---

<sup>24</sup> Die folgenden Daten für NRW ergeben sich aus Berechnungen mit dem regionalen Klimamodell CCLM. „Berechnet wurde für das Szenario A1B (das mittlere Szenario) die Temperaturentwicklung (Änderung der Jahresmittelwerte) und die Niederschlagsentwicklung (Änderung der mittleren Jahressummen) für die 30-jährige Klimaperiode zwischen 2031 und 2060 im Vergleich zum 30-jährigen Referenzzeitraum 1961–1990.“ (Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen 2009, 40)

NRWs, das Sauerland, muss mittelfristig mit weniger Schneetagen rechnen, die Temperaturen könnten so hoch steigen, dass sich an vielen Tagen selbst eine künstliche Beschneigung nicht mehr lohnt (ebd., 140ff.).

Die Veränderungen bei Frosttagen, Eistagen, Sommertagen und heißen Tagen, die die folgende Abbildung zeigt, ist repräsentativ für ganz NRW.

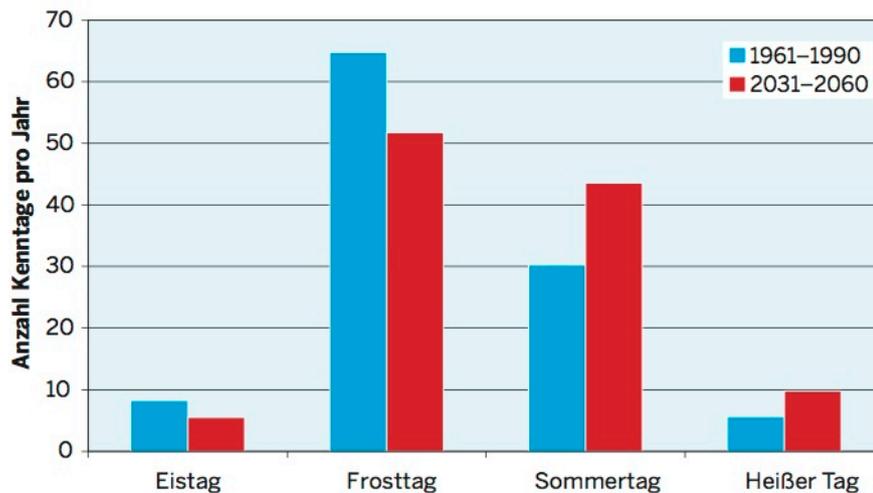


Abbildung 6: Mit WettReg simulierte Anzahl der Kenntage für die Referenzperiode 1961-1990 und die 30-jährige Mittelungsperiode 2031-2060 der Emissionsszenarien A1B am Beispiel der Station Lüdinghausen (Westfälische Bucht (Quelle: LANUV), Bild entnommen von: Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen 2009, 44.

NRW ist schon ein relativ niederschlagsreiches Bundesland. Vorsichtige Aussichten auf die Niederschlagsentwicklung gehen davon aus, dass die jährlichen Niederschläge im Zeitraum 2031 bis 2060 im Landesdurchschnitt um etwa 5% zunehmen. Im Süderbergland und im Weserbergland würden die Zunahmen stärker ausfallen als am Niederrhein, in der Westfälischen Bucht und im Westfälischen Tiefland. In der Kölner Bucht wird hingegen eine leichte Abnahme der Niederschläge erwartet (ebd.)

NRW ist bevölkerungsreich, dicht besiedelt und hat einen hohen Anteil an versiegelter und urbaner Fläche. In der Metropolregion Ruhrgebiet und den Rhein hinunter über Köln bis ins Bergische Land erkennen Forscher/innen ein hohes Potenzial für städtische Hitzeinsel. Wie weiter oben schon bemerkt wurde, verursacht dies insbesondere bei älteren und chronisch kranken Menschen gesundheitliche Belastungen bis hin zum „Hitzetod“. Kropp u. a. (2009, 219) berichten, dass während der Hitzewelle 2003 für die Regionen Siegen-Wittgenstein und Essen in NRW eine um bis zu 30% erhöhte Sterberaten festgestellt worden sei. Diesem Bericht fügen sie an:

„Obwohl erhöhte Sterberaten während Hitzewellen teilweise durch niedrigere Sterberaten nach Ende der Hitzewelle kompensiert werden, Todesfälle also teilweise um einige Tage vorgezogen sind („Harvesting Effect“), ist dennoch insgesamt ein Anstieg gegenüber den durchschnittlichen Sterberaten gegeben [...] Neben der drastischen Folge von Todesfällen ist während Hitzewellen auch mit einem allgemeinen Anstieg der Erkrankungszahl zu rechnen.“ (ebd.)

Eine weitere gesundheitliche Gefahr, die im Zuge des Klimawandels in NRW eintreten könnte, ist die Ausbreitung von Zecken und der durch sie übertragene Krankheiten. Borreliose und Frühsommermeningoenzephalitis (FSME) zählen zu den am häufigsten von Zecken übertragenen Krankheiten in Deutschland. Das Risiko sich in NRW mit dem FSME-Virus zu identifizieren wird als gering eingestuft, ein höheres Risiko besteht in Baden-Württemberg und Bayern, in Südhessen und im südöstlichen Thüringen. Im Zuge des Klimawandels, mit milden Wintern und Veränderungen in der Vegetation und Flächenbewirtschaftung könnten sich FSME-Zecken auch in NRW festsetzen. Borreliose-infizierte Zecken seien bereits in NRW zu finden, Temperaturzunahmen begünstigten ihre Verbreitung und Aktivität, „so dass mit einer erhöhten Anzahl von Zecken wahrscheinlich auch die Anzahl an Borreliose Erkrankungen zunehmen werden.“ (Kropp u. a. 2009, 229f.)

## Literatur und Quellenangaben

*Beierkuhn, Carl/Foken, Thomas/Alt, Martin/Gohlke, Andreas/u. a.*, 2007: *Klimaanpassung Bayern 2020: Der Klimawandel und seine Auswirkungen – Kenntnisstand und Forschungsbedarf als Grundlage für Anpassungsmaßnahmen*, Bayreuth, München: Universität Bayreuth, Bayerisches Landesamt für Umwelt.

*Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)*, 2011: *Klimawandel in den Alpen: Fakten, Folgen, Anpassung*, Berlin.

*Bundesregierung (Hrsg.)*, 2008: *Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel*, abrufbar unter: [http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das\\_gesamt\\_bf.pdf](http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf), letzter Zugriff am 22.4.2014.

*Bundesregierung*, 2014: *Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen: Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels in Deutschland (Bundestagsdrucksache 18/1153)*, Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.

*Ciscar, JC./Feyen, L./Soria, A./Lavalle, C./u. a.*, 2014: *Climate Impacts in Europe*, Sevilla, Luxemburg: The JRC PESETA II Project, abrufbar unter: <http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC87011.pdf>, letzter Zugriff am 14.7.2014.

*Dunkelberg, Elisa/Hirschl, Bernd/Hoffman, Esther*, 2011: *Energiewirtschaft, Themenblatt*, Dessau: Umweltbundesamt.

*Frischbier, Nico*, 2011: *Klimawandel in Wald und Forstwirtschaft*, in: *Schriftenreihe der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie*, 40–51.

*Gebhardt, Harald*, 2012: *Klimawandel in Baden-Württemberg: Fakten, Eindrücke, Perspektiven*, Stuttgart: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg.

*Gerstengarbe, Friedrich-Wilhelm/Welzer, Harald (Hrsg.)*, 2013: *Zwei Grad mehr in Deutschland: wie der Klimawandel unseren Alltag verändern wird*, Frankfurt am Main:

Fischer Taschenbuch.

*Gerstengarbe, Friedrich-Wilhelm/Werner, Peter C.*, 2013: Das Klima in Deutschland um 2040: Was verändert sich?, in: Zwei Grad mehr in Deutschland: Wie der Klimawandel unser Alltagshandeln verändern wird. Frankfurt am Main, 55–79.

*Glaser, Rüdiger*, 2013: Klimageschichte Mitteleuropas, Darmstadt: Primus-Verl.

*Grossmann-Clarke, Susanne/Schubert, Sebastian*, 2013: Stadt und Landwirtschaft im Klimawandel, in: Zwei Grad mehr in Deutschland: wie der Klimawandel unseren Alltag verändern wird. Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch, 189–206.

*Grothues, Ellen/Köllner, Barbara/Ptak, Dominika/Dalelane, Clementine/u. a.*, 2013: Klimawandelgerechte Metropole Köln, Fachbericht, Recklinghausen: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz, Deutschen Wetterdienst, Stadt Köln, Stadtentwässerungsbetriebe Köln AöR, abrufbar unter: <http://www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/fachberichte/fabe50/fabe50start.htm>, letzter Zugriff am 6.5.2014.

*Hattermann,, Fred F./Huang, Shaochun/Koch, Hagen/Krysanova, Valentina*, 2013: Folgen des Klimawandels für den Wasserhaushalt und den Wald in Deutschland, in: Zwei Grad mehr in Deutschland: Wie der Klimawandel unser Alltagshandeln verändern wird. Frankfurt am Main: Fischer, 81–98.

*Kropp, J./Holsten, T./Lissner, O./Roithmeier, F./u. a.*, 2009: Klimawandel in Nordrhein-Westfalen - Regionale Abschätzung der Anfälligkeit ausgewählter Sektoren, Düsseldorf: Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (MUNLV).

*Mayer, Marius/Steiger, Robert*, 2013: Skitourismus in den Bayerischen Alpen – Entwicklung und Zukunftsperspektiven, in: Tourismus und Regionalentwicklung in Bayern. Hannover: Akademie für Raumforschung und Landesplanung, 164–212, abrufbar unter: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0156-38783>, letzter Zugriff am 3.7.2014.

*Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen*, 2009: Anpassung an den Klimawandel Eine Strategie für

Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf: Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.

*Mücke, Hans-Guido/Klasen, Jutta/Schmoll, Oliver/Szewzyk, Regine*, 2009: Gesundheitliche Anpassung an den Klimawandel, Dessau: Umweltbundesamt.

*OECD*, 2007: Climate change in the European alps adapting winter tourism and natural hazards management, Paris: OECD.

*Prasch, Monika/Soboll, Anja/Mausser, Wolfram/Schmude, Jürgen*, 2012: Folgen des Klimawandels: Verkehr, Tourismus und Energieversorgung vor neuen Herausforderungen, Leitfaden, München: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (StMUGV).

*Scherer, Dieter/Fehrenbach, Ute/Lakes, Tobia*, 2014: Quantification of heat-stress related mortality hazard, vulnerability and risk in Berlin, Germany, abrufbar unter: [http://www.die-erde.org/index.php/die-erde/article/view/49/pdf\\_3](http://www.die-erde.org/index.php/die-erde/article/view/49/pdf_3), letzter Zugriff am 6.7.2014.

*Schuchardt, Bastian/Wittig, Stefan/Mahrenholz, Petra/Kartschall, Karin/u. a.*, 2008: Deutschland im Klimawandel, Dessau: Umweltbundesamt.

*Schwarz, Rixa, Harmeling, Sven, Bals, Christoph*, 2007: Auswirkungen des Klimawandels auf Deutschland mit Exkurs auf NRW, Bonn; Berlin: Germanwatch.

*Steiger, Robert*, 2013: Auswirkungen des Klimawandels auf Skigebiete im bayerischen Alpenraum, Projektabschlussbericht, Innsbruck: Deutscher Alpenverein, Universität Innsbruck, abrufbar unter: [http://www.alpenverein.de/chameleon/public/bb5fd1b0-2450-2b72-ae88-e790db87e2c5/Beschneigungsstudie-Bericht\\_21661.pdf](http://www.alpenverein.de/chameleon/public/bb5fd1b0-2450-2b72-ae88-e790db87e2c5/Beschneigungsstudie-Bericht_21661.pdf), letzter Zugriff am 7.1.2013.

*Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz*, 2012: Forstbericht Thüringen 2012, Erfurt: Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz.

*Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz (TMLFUN)*, 2013: IMPAKT: Integriertes Maßnahmenprogramm zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels im Freistaat Thüringen, Erfurt: Thüringer Ministerium für

Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz (TMLFUN), abrufbar unter: [http://www.thueringen.de/imperia/md/content/klimaagentur/impakt/impakt\\_web.pdf](http://www.thueringen.de/imperia/md/content/klimaagentur/impakt/impakt_web.pdf), letzter Zugriff am 27.6.2014.

*Vuuren, Detlef P./Edmonds, Jae/Kainuma, Mikiko/Riahi, Keywan/u. a., 2011: The Representative Concentration Pathways: An Overview, in: Climatic Change 109, 5–31.*

*Wagner, Andreas/Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, 2013: Zukünftige Klimaentwicklungen in Baden-Württemberg: Perspektiven aus regionalen Klimamodellen, Karlsruhe: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg.*

## Über die Autorin

Dr. Stefanie Groll ist freie wissenschaftliche Mitarbeiterin im Bereich Klima- und Energiepolitik. Sie recherchiert und analysiert, schreibt Studien und verfasst journalistische Beiträge für Stiftungen, Verbände und Parteien. Seit 2009 ist Stefanie Groll in der Klima- und Energiebewegung engagiert. Fachliche Expertise hat sie also durch berufliche und private Beschäftigung mit politischen, wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Aspekten von Klimawandel erworben. Sie promovierte von 2009 bis 2013 an der Graduate School of Politics der Universität Münster zur Dr. phil. (Politikwissenschaft).

Dr. Stefanie Groll

[stefanie@grollwiedonner.de](mailto:stefanie@grollwiedonner.de)

030 5304 8037