

Band 2 Kapitel 6: Der Einfluss des Klimawandels auf die Anthroposphäre

Volume 2 Chapter 6: Climate Change Impacts on the Anthroposphere

Koordinierende Leitautoren

Martin König, Wolfgang Loibl, Robert Steiger

LeitautorInnen

Horst Aspöck, Birgit Bednar-Friedl, Karl-Michael Brunner, Willi Haas, Karl-Michael Höferl, Matthias Huttenlau, Julia Walochnik, Ulli Weisz

Beiträge von

Reinhard Mechler, Hanns Moshhammer, Walter Seher

Für den Begutachtungsprozess

Hermann Lotze-Campen

Inhalt

ZUSAMMENFASSUNG	643	6.3.3	Ökonomische Auswirkungen des Klimawandels: Europa und die Alpen	662
SUMMARY	643	6.3.4	Ökonomische Auswirkungen des Klimawandels: Erste Ergebnisse für Österreich	664
KERNAUSSAGEN	644	6.3.5	Zusammenhang mit Klimawandelanpassung	665
6.1 Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit	648	6.4	Auswirkungen des Klimawandels auf den Tourismus	666
6.1.1 Direkte Auswirkungen auf die Gesundheit	650	6.4.1	Städtetourismus	666
6.1.2 Indirekte Auswirkungen auf die Gesundheit	651	6.4.2	Bade- und Erholungstourismus	667
6.2 Auswirkungen des Klimawandels auf die soziale Betroffenheit	655	6.4.3	Berg- /Alpiner Tourismus	667
6.2.1 Soziale Betroffenheit durch Temperatureffekte	655	6.4.4	Forschungsbedarf	670
6.2.2 Soziale Betroffenheit durch Extremereignisse	656	6.5	Extremereignisse, Naturgefahrenpotenzial und Risikotransfer	671
6.2.3 Betroffenheit einkommensschwacher Bevölkerungsgruppen durch höhere Kosten	658	6.5.1	Sachschäden aus Naturgefahren und Risikotransfer	671
6.2.4 Klimawandel und Gender	658	6.5.2	Aktuelle Risikosituation und Schadensbilder der Vergangenheit	672
6.2.5 Auswirkung des Klimawandels auf Migrationsströme nach Österreich	659	6.5.3	Bevölkerungsentwicklung als Indikator für den Schadenspotenzialanstieg	674
6.2.6 Forschungsbedarf	659	6.5.4	Klimawandel und Naturgefahrenschäden	675
6.3 Potenzielle ökonomische Auswirkungen des Klimawandels	659	6.5.5	Risikotransfer durch Naturgefahrenversicherung	681
6.3.1 Potenzielle ökonomische Auswirkungen des Klimawandels	660	6.6	Auswirkungen des Klimawandels auf Siedlungsräume	682
6.3.2 Quantifizierung ökonomischer Auswirkungen des Klimawandels	661	6.6.1	Siedlungsräume als Schauplätze des Klimawandels	683
		6.6.2	Auswirkungen auf den Heiz- und Kühlbedarf	684

6.6.3	Auswirkungen auf städtische Wärmeinseln	686	6.7.2	Direkte und indirekte (Folge-)Schäden an der Verkehrsinfrastruktur	690
6.6.4	Auswirkungen auf die Hochwassergefährdung von Siedlungsräumen	686	6.7.3	Direkte und indirekte (Folge-)Schäden an der Energieinfrastruktur	692
6.6.5	Auswirkungen auf Nutzungs- und Bedarfsaspekte der Siedlungswasserwirtschaft	687	6.7.4	Forschungsbedarf	693
6.6.6	Auswirkungen durch Starkniederschläge	688	6.8	Schlussfolgerungen	694
6.6.7	Auswirkungen auf die Gefährdung von Siedlungsräumen durch Starkwinde	689	6.9	Literaturverzeichnis	695
6.7	Auswirkungen des Klimawandels auf die technische Infrastruktur	689			
6.7.1	Exposition und Schadenssensitivität von Infrastrukturen	689			

ZUSAMMENFASSUNG

Die Klimafolgen für die Anthroposphäre sind signifikant und führen mit hoher Wahrscheinlichkeit neben strukturellen Schäden auch zu erhöhten Gefahren für die menschliche Gesundheit. Dabei werden vor allem arme, sozial schwächere, ältere oder chronisch kranke Bevölkerungsschichten besonders unter der mit hoher Wahrscheinlichkeit erwarteten höheren Frequenz und Stärke von Hitzewellen leiden. Ein unterschiedlich hohes zusätzliches Potenzial für die Ausbreitung von bislang hier nicht verbreiteten Infektionskrankheiten besteht mit hoher Wahrscheinlichkeit ebenso wie ein Potenzial für die (weitere) Ausbreitung allergener Pflanzen und Tiere.

Durch den Klimawandel wird mit hoher Wahrscheinlichkeit zusätzlicher Migrationsdruck auf Österreich aus Entwicklungs- und Schwellenländern ausgelöst, dessen Auswirkungen von der politischen Gestaltung auf EU- und nationaler Ebene abhängen. Ebenfalls könnte der Klimawandel einen inner-europäischen Migrationsdruck aus dem von Hitze (wie auch ökonomischen Nachteilen) stärker betroffenen Süd- und Südosteuropa verstärken. Die ökonomischen Auswirkungen des Klimawandels in Österreich werden mit Sicherheit Gewinner und Verlierer nach sich ziehen. Genauere Aussagen sind zum jetzigen Zeitpunkt nur für einige Sektoren möglich, die bereits näher untersucht wurden. Während Elektrizitätswirtschaft und Landwirtschaft bis 2050 sowohl im Sektor selbst (direkte Effekte) als auch nachgelagert (indirekte Effekte) wahrscheinlich nur geringe BIP-Ausschläge zeigen werden, sind für den Tourismus-Sektor sehr wahrscheinlich maßgebliche Verschiebungen innerhalb des Sektors (vom Winter- zum Sommer-tourismus) sowie zwischen den Regionen – vom Winter-dominierten Tourismus im Westen zum stärker diversifizierten Tourismus im Osten Österreichs – und auch in anderen vor- und nachgelagerten Sektoren (z. B. Energie und Gastronomie) zu erwarten.

Die in den letzten dreißig Jahren signifikant ansteigenden Schäden durch Naturgefahren bzw. extreme Wetterereignisse können nur zu einem Teil auf tatsächlich steigende Trends in Frequenz und/oder Intensität von Ereignissen zurückgeführt werden. Ein Gros der Schäden war klar bedingt durch ein Anwachsen der exponierten Sachwerte. Besonders schadensträchtige Ereignisse waren dabei Hochwasser gefolgt von Lawinen, während die höchsten Opferzahlen während der Hitzewelle 2003 verzeichnet wurden. Eine wesentliche Rolle für das Risikomanagement spielen entsprechende Rechtsnormen (Bau- und Raumordnung) und Schutzmaßnahmen.

Die Siedlungsräume in Österreich werden zudem von sommerlichen Hitzewellen sowie in Einzelfällen auch von

Beeinträchtigungen bei der Trinkwasserentstehung betroffen sein. Die Verkehrsinfrastruktur ist in Österreich besonders von Massenbewegungen und Hochwässern betroffen. Dass die entsprechenden schadensauslösenden Niederschläge in Zukunft zunehmen werden, ist zu erwarten. Wie stark diese Zunahme genau sein wird, gilt derzeit noch als unsicher. Sehr wahrscheinlich ist hingegen eine zusätzliche Herausforderung für die Energieinfrastruktur durch vermehrt auftretende Hitzewellen bzw. Dürren. Gleichzeitig erhöhte Nachfrage (vor allem für Kühlzwecke), stockende Bereitstellung (Niedrigwasser bzw. Kühlwassermangel) und Gefahren für das Verteilernetz (Gewitter, oftmals am Ende sommerlicher Hitzedürreperioden, wenn die Nachfrage hoch ist – Gefahr von Überschlussspannung) gefährden die Versorgungssicherheit mit Elektrizität und erhöhen die Gefahr von Black-Outs.

SUMMARY

Climate change impacts for the Anthroposphere are significant and it is very likely that these impacts are leading to structural damages as well as enhanced threats to human health. Particularly, the poor, elderly and chronically ill will suffer from the higher frequency and magnitude of summer heat waves. A varying potential for the spread of yet non-endemic infectious diseases is very likely, as well as an increased potential for the (further) extension of allergenic plant and animal species.

Climate change will very likely trigger increased migration from developing and newly industrialized countries to Europe. To which extent this will lead to more immigration to Austria will depend on policies at the EU- and national levels.

The economic impacts of climate change in Austria will very likely produce both winners and losers. However, more precise assessments of the economic impacts are currently only available for certain sectors. The agriculture and electricity production sectors show very moderate GDP-alterations directly in their sectors as well as downstream. The tourism sector is very likely to exhibit stronger changes within the sector and also with other up- and downstream sectors (e.g., energy supply and gastronomy). Within the sector a shift is expected from winter to summer tourism as well as regionally from the west (dominated by winter tourism) to the east with seasonally more diversified tourism.

The natural hazard- and weather-related damages observed during the last 30 years depend only to a certain extent on higher frequency and magnitude of extreme weather events. A large share of the damage increase is related to growing wealth and higher assets of the population. The most damaging events have been floods followed by avalanches, while the largest hu-

man casualties have been induced by heat waves. Regulations and planning standards (e. g., building-regulation and spatial planning) play a fundamental role in hazard control and disaster risk reduction.

Settlement areas in Austria will very likely be most affected by more intense heat waves, while some regions will be further burdened by constraints in drinking water supply. Traffic infrastructures in Austria are very vulnerable to mass movements and flooding, triggered by heavy precipitation events, which are expected to increase in the future. To which extent frequency and magnitude of such events may increase remains uncertain. Instead, the challenge for energy infrastructures in a warmer and during summer potentially dryer Austria is very likely to be substantial. Higher energy demand during heat waves corresponds with supply constraints (due to less effective cooling water supply), while the threat for power distribution networks because of flash-overs will be particularly high especially during thunder storms at the end of summer heat waves and droughts when cooling demand is at peak.

KERNAUSSAGEN

- **Gesundheit**

Eine sehr wahrscheinliche Zunahme von Hitzetagen führt zu starken zusätzlichen Belastungen in den besonders gegenüber Herz-Kreislauf-Erkrankungen sensitiven Bevölkerungsschichten (Ältere und chronisch Kranke) und damit zu einer höheren Mortalität. Das Jahr 2003 lieferte einen Vorgriff auf künftig vermehrt vorkommende Hitzesommer. Zwischen 180¹ und 330² zusätzliche hitzebedingte Todesfälle wurden im Rekordsummer 2003 in Österreich verzeichnet.

Eine sehr wahrscheinliche (z. T. bereits beobachtete) Ausbreitung von nicht-heimischen Tier- und Pflanzenarten sowie Mikroorganismen durch den Klimawandel (z. T. ermöglicht über Luft- und Seeweg/Handelsströme bzw. Tourismus) erhöht das Risiko der Ausbreitung von bislang hierzulande nicht vorkommenden Infektionskrankheiten. Durch Vektoren (z. B. Zecken, Stechmücken, Sandmücken, Nagetiere etc.) übertragene Erreger von Krankheiten (zahlreiche Virusinfektionen, wie z. B. Denguefieber, Krim-Kongo-Hämorrhagisches Fieber, oder auch parasitäre Infektionen, wie z. B. die Leishmaniosen) können eingeschleppt werden und sich weiter ausbreiten. Aber auch bereits seit langer Zeit vorkommende durch Vektoren übertragene Krankheitserreger (z. B. das FSME-Virus) werden eine Veränderung ihrer Verbreitung erfahren. So wird sich die

Aktivität der bereits heimischen Zecken sehr wahrscheinlich bei steigenden Durchschnittstemperaturen sowohl regional als auch saisonal verändern (Ausbreitung in höher gelegene Bergregionen und Aktivität auch im Winterhalbjahr, hingegen weniger Zeckenaktivität in heißen Sommern im Flachland). Auch durch Trinkwasser und Lebensmittel übertragene Krankheitserreger (z. B. Salmonellen) sind temperaturabhängig und können sich bei höheren Durchschnittstemperaturen entsprechend leichter ausbreiten.

Eine Ausbreitung von Tieren und Pflanzen, die beim Menschen Allergien auslösen, kann aufgrund von Beobachtungen und Modellierungen als sehr sicher angenommen werden. Solche Allergene sind z. B. das beifußblättrige Traubenkraut (*Ambrosia artemisiifolia*) sowie der Eichenprozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea*).

- **Soziale Betroffenheit**

Ärmere soziale Schichten sind – zum Teil bedingt durch die Lage ihrer Wohngebiete, mehr jedoch durch die bautechnische Beschaffenheit der Gebäude – dem Klimawandel gegenüber besonders exponiert. Als sehr sicher gilt, dass ärmere Bevölkerungsschichten somit eine bei weitem geringere Anpassungskapazität insbesondere gegenüber zunehmenden Hitzewellen haben. Oftmals sind schlecht isolierte Wohnungen ohne Klimatisierungen im Sommer überhitzt und Investitionen für effektive Klimatisierungen kaum finanzierbar. Die Abschwächung und Verkürzung der kalten Jahreszeit (weniger Heizgradtage) kann hingegen als ein Entlastungsfaktor angesichts steigender Energiepreise angenommen werden.

Ältere Bevölkerungsgruppen sind – zumal wenn sie allein leben – besonders empfindlich gegenüber Hitzewellen. Oftmals spielen hier Wohn- und Betreuungssituation zusammen mit Altersarmut. Alles zusammen führt mit einer erhöhten Disposition (vgl. Gesundheit) zu einer insgesamt sehr wahrscheinlich erhöhten Vulnerabilität Älterer.

Als sehr sicher kann zudem angenommen werden, dass der klimabedingte Migrationsdruck auf Österreich aus Entwicklungs- und Schwellenländern zunehmen wird. Ob sich dies auch in erhöhten Einwanderungszahlen niederschlagen wird, hängt von der politischen Gestaltung ab und ist insofern unsicher. Festgestellt werden muss in jedem Fall mit hoher Sicherheit, dass sowohl bei der globalen Lastenverteilung als auch bei der einkommensspezifischen Verteilung von Klimafolgen (insbesondere auch extremen Wetterereignissen und Witterungsperioden) eine Gerechtigkeitslücke zwischen den Problemverursachern (Hauptemittenten auf globaler und nationaler Ebene) und denjenigen besteht, die die Hauptfolgen des Klimawandels zu gegenwärtigen haben.

¹ Hutter et al., 2007

² Nach MunichRe NatCatService

- **Ökonomische Dimension**

Die ökonomischen Auswirkungen extremer Wetterereignisse in Österreich sind bereits jetzt erheblich und haben in den letzten drei Jahrzehnten zugenommen (sicher, Band 2, Kapitel 6). Die Schäden durch extreme Wetterereignisse in Österreich betragen nach Datenauswertung der MunichRe-Schadensdatenbank für Österreich für die Periode 1980 bis 2010 insgesamt rund 9,3 Mrd. € (in Preisen von 2010), wobei die mittleren jährlichen Schäden von 97 Mio. € in 1981 bis 1990 auf 706 Mio. € in 2001 bis 2010 zugenommen haben. Die Zunahme der Schäden ist sowohl auf häufigere witterungs- und klimabezogene Extremereignisse als auch auf eine höhere Exposition von Werten zurückzuführen. Insbesondere die Hochwasser 2002 (3,5 Mrd. €) und 2005 (0,6 Mrd. €) sowie mehrere starke Winterstürme mit Schäden von jeweils mehreren hundert Millionen € schlugen im letzten Jahrzehnt zu Buche. Bei diesen Schäden handelt es sich lediglich um die direkten Schadenskosten, die durch Wiederherstellung und Reparaturen anfielen. Indirekte Folgewirkungen sind hierbei nicht erfasst.

Die möglichen ökonomischen Auswirkungen des Klimawandels werden überwiegend durch Extremereignisse und extreme Witterungsperioden bestimmt (mittleres Vertrauen). Die in den letzten drei Jahrzehnten aufgetretenen Schadenskosten von Extremereignissen legen nahe, dass Veränderungen in der Frequenz und Intensität solcher Schadensereignisse signifikante Auswirkungen auf die Volkswirtschaft Österreichs hätten. Neben Extremereignissen führen auch graduelle Temperatur- und Niederschlagsänderungen zu ökonomischen Auswirkungen, z. B. in Form sich verändernder Ertragspotenziale in der Landwirtschaft oder in der Schneesicherheit von Skigebieten mit entsprechenden Auswirkungen auf den Wintertourismus.

Durch den Klimawandel und die derzeit absehbare sozio-ökonomische Entwicklung steigen die Schadenspotenziale für Österreich in der Zukunft (mittleres Vertrauen, Band 2, Kapitel 3). Eine Vielzahl an Faktoren determiniert die künftigen Kosten des Klimawandels: neben der möglichen Änderung in der Verteilung von Extremereignissen sowie graduellen Klimaänderungen sind es vor allem sozioökonomische und demografische Faktoren, die letztlich die Schadenskosten determinieren werden. Dazu gehören u. a. die Altersstruktur der Bevölkerung im urbanen Raum, die Werteexposition, der Infrastrukturausbau in z. B. durch Massenbewegungen gefährdeten Gebieten sowie allgemein die Landnutzung, die maßgeblich die Vulnerabilität gegenüber dem Klimawandel steuert.

- **Tourismus**

Der Wintertourismus in Österreich wird mit hoher Wahrscheinlichkeit von der winterlichen Erwärmung und der Verkürzung bzw. Unterbrechung der Saison durch geringere Schneesicherheit negativ betroffen sein. Somit steigt die Abhängigkeit von wasser- und energieintensiver künstlicher Beschneigung sehr sicher in ganz Österreich. Die Anzahl schneesicherer Skigebiete verringert sich nach Osten zu weiter und es ist damit zu rechnen, dass sich der Wintertourismus auf schneesichere bzw. mit künstlicher Beschneigung ausgestattete Gunstlagen konzentrieren wird.

Der Sommertourismus in Österreich kann von künftig vermehrt auftretenden Hitzesommern in Europa profitieren. Die Alpen dienen insofern mit hoher Wahrscheinlichkeit künftig als „Sommerfrische“ für von Hitzewellen geplagte Städter bzw. Mittel- und Südeuropäer.

Der Städtetourismus zeigt sich insgesamt dem Klimawandel gegenüber relativ robust. Auswirkungen sind insofern zu erwarten, als sich die Aktivitäten von Städtetouristen gegebenenfalls stärker auf städtische Grünflächen, Parks und Gastgärten konzentrieren werden und zumindest nicht klimatisierte Gebäude in den Sommermonaten eher meiden werden. Jahreszeitlich ist wahrscheinlich mit einer Verlagerung des Städtetourismus-Schwerpunktes weg vom Sommer hin zu den Übergangsjahreszeiten zu rechnen.

- **Extremereignisse, Naturgefahren und Risikotransfer**

Generell kann von einer Zunahme der Hochwasserschäden ausgegangen werden (wahrscheinlich), aufgrund der bestehenden Unsicherheiten der Klimamodelle bei Extremereignissen sind lokale Aussagen jedoch unsicher.

Eine generalisierte Aussage über veränderte Frequenz-Magnitude-Beziehungen in bestehenden Vermurungsgebieten ohne Permafrost ist nicht möglich. Es sind jedoch drei neue Prozessdimensionen zu erwarten (wahrscheinlich):

- neu entstehende Muranrissgebiete oder Verschiebung der Muranrissgebiete in höhere Lagen durch Verschieben der Permafrostuntergrenze,
- erhöhte oder neu entstehende Geschiebepotenziale in Umlagerungstrecken (Geschiebe-Remobilisierung) durch permafrostbedingte Primärprozesse (Rutschungen, Fels- und Bergstürze, Hangmuren),
- neu entstehende Muranrissgebiete in bekannten Einzugsgebieten oder neue Prozessräume durch reduzierte Schutzfunktion des Waldes aufgrund erhöhter Vulnerabilität im Hinblick auf Trockenstress, Schädlingsbefall, Waldbrand, Sturm und Waldvitalität.

Aussagen zu klimawandelbedingten Veränderungen der Schäden durch Hagel, Sturm und Lawinen sind aus den derzeitigen Klimaprojektionen nicht ableitbar und somit unsicher.

- **Bebauung und Raumplanung**

Hinsichtlich des Heiz- und Kühlbedarfs von Gebäuden in Österreich führt der Klimawandel insgesamt zu einer Reduktion des Gesamtenergiebedarfs (sehr wahrscheinlich). Dabei wird die klimabedingte Einsparung von Heizenergie den zusätzlichen Energiebedarf zur Raumkühlung um ein Vielfaches übersteigen. Die Veränderung des Heizbedarfs wird in alpinen Räumen Westösterreichs deutlich höher ausfallen als in den östlichen Niederungen, wohingegen der Kühlbedarf in Niederösterreich, Wien, der Südoststeiermark und dem Südburgenland am stärksten steigen wird.

Klimawandelbedingter Wassermangel in Österreich kann ausgeschlossen werden (sicher). Für die bestehenden lokalen und regionalen Versorgungseinheiten in Ungunstlagen (geologische Gegebenheiten, geringe Pufferung und Vernetzung etc.) wird eine quantitative sowie qualitative Beeinträchtigung der Trinkwasserversorgung durch den Klimawandel allerdings nicht ausgeschlossen. Vor diesem Hintergrund wird vor allem der regionalen Vernetzung kleiner ländlicher Versorgungseinheiten eine in Zukunft steigende Bedeutung beigemessen.

Die Entwicklung des Siedlungsraums – und damit des Schadenspotentials – ist einer deutlich stärkeren Dynamik unterworfen als die Beeinflussung der Häufigkeit und/oder Intensität von Hochwassern durch den Klimawandel. Gerade deshalb ist es notwendig, mögliche klimawandelbedingte Änderungen der Hochwassergefährdung mit in die Planung einzubeziehen, um das Schadenpotenzial reduzieren zu können.

- **Infrastruktur**

Liniengebundene Verkehrsinfrastrukturen (Straßen und Bahnen) werden sehr wahrscheinlich von extremen Niederschlagsereignissen besonders betroffen. Mehr als drei Viertel aller Schäden entstehen durch mittelbare Folgewirkungen extremer Niederschläge (Muren, Rutschungen, Unterspülungen, Lawinen). Dies zeigt sich aus jüngsten Erhebungen aus existierenden Straßen- und Schienenschadensdatenbanken. Künftige Schadenspotenzialanalysen müssen sich – neben den unsicheren Projektionen für extreme Niederschläge – insbesondere mit Szenarien zum Infrastrukturausbau beschäftigen, die künftige Expositionen determinieren werden.

Die durchschnittlichen direkten jährlichen Schäden durch wetterbedingte Ereignisse im Bereich Verkehrsinfrastruktur belaufen sich – auf Basis unsicherer und unvollständiger Schadensdaten und hochgerechnet anhand von Daten aus vier

Bundesländern (Steiermark, Salzburg, Tirol und Vorarlberg) – auf rund 50 Mio. €/Jahr. Die Schätzung direkter jährlicher Schäden im Bereich Energieinfrastrukturen ist anhand der vorliegenden Daten nicht möglich. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die indirekten Folgekosten sowohl von Verkehrsunterbrechungen als auch von Unterbrechungen in der Stromversorgung in vielen Fällen weit höher sein werden, als die direkten Schadenskosten für die Instandsetzung der Infrastrukturen.

Energieinfrastrukturen zeigen ein komplexes Bild wetterbedingter Störungen. So sind gerade bei den Verteilernetzen niederschlagsinduzierte Ereignisse (analog zu den Verkehrsinfrastrukturen) wesentlich und führen zu direkten physischen Schäden. Andererseits spielen bei der Energieinfrastruktur auch z. B. durch die Nachfrage angetriebene Durchleitungsprobleme eine wesentliche Rolle. Dabei können vermehrte Hitzewellen zu besonderen Komplikationen führen, da während dieser sowohl in der Energieerzeugung Probleme auftauchen (Niedrigwasser und verminderte Kühlwasserzufuhr), als auch gerade die Durchleitungen von Strom in Richtung Italien besonders beansprucht sind (hoher Energiebedarf in Südeuropa und geringere Kraftwerksleistungen ebendort) und zugleich der Strombedarf in Österreich (Kühlenergie und Bewässerung) ebenfalls signifikant ist. Da hier allerdings derzeit nur wenige Daten vorliegen, sind diese Aussagen unsicher.

- **Forschungsbedarf**

Klimafolgen auf die Anthroposphäre werden häufig als Handlungsgrundlage und Rechtfertigung für Anpassungsmaßnahmen herangezogen. Dabei steht immer häufiger die politische Forderung nach einer möglichst monetären Bewertung von Klimafolgen im Raum.

Die Forschung muss sich demnach stärker mit den volkswirtschaftlichen Folgen des Klimawandels befassen, um politisch relevante Aussagen zu erarbeiten. Eine Monetarisierung von Klimafolgen und deren Folgeeffekten (oft „impact chains“ bzw. Klimafolgeketten genannt) erscheint den politisch Verantwortlichen wesentlich. Hier ist Forschungsbedarf gegeben, gerade weil die Folgen auf so komplexe Wirkungszusammenhänge – direkte wie indirekte, kurzfristige wie langfristige – zurückzuführen sind.

Monetär bewerten lassen sich nur diejenigen Klimafolgen, die marktbasierter Preise von Gütern und Dienstleistungen betreffen. Alles, was sich nicht oder nur mit fragwürdigen Methoden in € darstellen lässt, kann in ökonomischen Studien nicht oder nur qualitativ dargestellt werden. Dazu gehören wesentliche Dinge wie Gesundheitsfolgen, Ökosystemdienstleistungen wie Bodenfruchtbarkeit, Wasserbereitstellung etc. Wie

hier sinnvoll eine ökonomische Darstellung erfolgen kann, ist auch international Forschungsgegenstand.

Gleiches gilt für die so genannten indirekten Klimafolgen, also Folgeeffekte direkter physischer Klimafolgen bzw. von Extremereignisse, deren methodische Bewertung bislang noch unvollständig ist. Ebenso sind internationale Klimafolgen (etwa Ernteeinbrüche in anderen Weltregionen) selten ohne Rückkopplung auf Österreich, allerdings derzeit noch kaum sinnvoll ökonomisch bewertbar.

Zudem darf man sich von ökonomischen Darstellungen nicht erhoffen, dass sie räumlich explizite Werte liefern, wie sie für die Anpassungsplanung benötigt werden. Dies ist sowohl methodisch als auch hinsichtlich der benötigten Datengrundlage bislang kaum möglich.

Daher ist es wesentlich, Klimafolgenstudien weiterhin auch als Vulnerabilitätsdarstellungen abzuhandeln. Vulnerabilität lässt Rückschlüsse auf besonders anfällige Bevölkerungsschichten und Regionen zu und bietet somit eine wesentliche Grundlage für politisches Handeln hinsichtlich Anpassung.

Herausforderung für Politik und Forschung gleichermaßen muss es sein, anpassungsrelevante Klimafolgenforschung so auszurichten, dass sie entsprechend umsetzungsrelevante Ergebnisse liefert. Dafür müssen die konkreten Fragestellungen von Politik und Verwaltung klar formuliert werden.

Eine wesentliche Aufgabe künftiger Forschung muss es auch sein, Klimafolgestudien und Risikoabschätzungen stärker zusammen zu bringen, wenn möglich zu integrieren. Risikoabschätzungen sind eine wesentliche Planungsgrundlage in der Raumordnung und kleinräumigen Flächenwidmung. Die entsprechenden Instrumente, wie Risikozonierung und Flächenwidmung, müssen viel stärker Eingang in die Klimawandelanpassung finden bzw. müssen Klimafolgen in die entsprechenden Planungsinstrumente eingebracht werden. De facto sollten Naturgefahren, Risikozonierung und Klimawandelfolgen mehr und mehr gesamthaft betrachtet werden, denn was bei den meisten Klimafolgen für die Anthroposphäre im Zentrum steht, sind die (zunehmenden) Extremereignisse und weniger die allmählichen Klimaänderungen. Die Erarbeitung von Methoden, die zuverlässigere Aussagen zu Extremereignissen aus den Klimamodellen ermöglichen, bleibt eine wesentliche Anforderung der Klimafolgenforschung an die Klimamodellierung.

Nicht zu vergessen ist bei aller Zukunftsausrichtung klimawandelbezogener Forschung, dass in Österreich bereits heute gewaltige klimaindizierte Schäden beobachtet werden, die eines klarmachen: Die Darstellung der heutigen Klimafolgen und deren Kosten deutet auf ein massives Anpassungsdefizit hin und bildet bereits jetzt eine enorme Rechtfertigung, in An-

passungs- und Schutzmaßnahmen zu investieren. Allerdings besteht auch hier ein Forschungsauftrag: die konsistente Darstellung eines derzeitigen „Klimakostenstandes“ und die Formulierung an Politik und Verwaltung, welche Art der Schadens Erfassung nötig ist, um diesen Stand bereitzustellen und zu beobachten.

6 Der Einfluss des Klimawandels auf die Anthroposphäre

6 Climate Change Impacts on the Anthroposphere

Das vorliegende Kapitel umfasst mit den sozioökonomischen Dimensionen des Klimawandels ein breites Feld an direkten und indirekten Auswirkungen und Wechselwirkungen von Klimaveränderungen. Diese betreffen soziale und gesundheitliche Aspekte der Bevölkerung ebenso, wie ökonomische Effekte, die durch Temperaturanstieg und Veränderung der Niederschlagscharakteristika sowie durch Veränderung der Stärke und der Häufigkeit von Extremereignissen und den sich daraus ergebenden Naturgefahren hervorgerufen werden.

Das Kapitel besteht aus sieben Unterkapiteln mit wechselseitigen Bezügen. Es beginnt mit direkten und indirekten Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die menschliche Gesundheit. Danach wird die soziale Betroffenheit betrachtet, also klimawandelbedingte Auswirkungen auf die Lebenssituation der Bevölkerung. Daran anschließend geht der Fokus hin zu den Auswirkungen auf die österreichische Volkswirtschaft. Die folgenden Abschnitte beschreiben die Auswirkungen des Klimawandels vor allem aufgrund von Extremereignissen sowie deren mittelbarer Wirkung auf Siedlungsstruktur, Bebauung sowie Infrastruktur.

Es sei an dieser Stelle klargestellt, dass die meisten der beschriebenen Auswirkungen des Klimawandels in Österreich insgesamt negativ sind. Das wird ersichtlich aus der Vulnerabilität der Bevölkerung hinsichtlich der beschriebenen Klimafolgen: unsere Gesellschaft ist gegenüber Hitze weitaus empfindlicher als gegenüber Kälte, die Tourismusbranche macht im Winter schneeabhängige Umsätze, die durch ein Plus im Sommertourismus kaum zu kompensieren sind, unsere Siedlungen und Infrastrukturen sind etwa gegenüber Massenbewegungen / mehr Starkniederschlägen im alpinen Terrain besonders anfällig, etc.

Demgegenüber stehen natürlich auch positive Folgen einer Erwärmung in Österreich. Diese eröffnen Möglichkeiten in verschiedenen Bereichen, wie etwa Sommertourismus und

Landwirtschaft. Allerdings müssen diese Chancen auch entsprechend genutzt werden und es ist noch nicht klar, wie weit sich diese Möglichkeiten auch erschließen lassen.

Manche der in diesem Kapitel beschriebenen Veränderungen sind mit relativ großen Unsicherheiten behaftet. Im Sinne der Vorsorge ist es jedoch unabdingbar, alle potenziellen und negativen Klimafolgen klar darzulegen, um entsprechende Anpassungsmaßnahmen treffen zu können, die insbesondere Gefährdungen für den Menschen und seine Umwelt verhindern und somit auch die Verletzung grundlegender Rechte (Überleben, Gesundheit, Autonomie) zu vermeiden suchen (vgl. Jonas, 1979).

6.1 Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit

6.1 Climate change impacts on health

Klimatische Bedingungen und deren Variabilität stehen mit der menschlichen Gesundheit in komplexen Wirkungszusammenhängen (z. B. Haines et al., 2006; WHO, 2009; McMichael, 2011). Es gibt eindeutige Hinweise darauf, dass der anthropogen verursachte Klimawandel weltweit bereits zu negativen Gesundheitseffekten geführt hat (Confalonieri et al., 2007; WHO, 2009). Trotz einiger potenziell positiver Auswirkungen wird davon ausgegangen, dass weltweit die negativen Auswirkungen überwiegen und sich in naher Zukunft unter fortschreitenden Klimaveränderungen verstärken werden (Confalonieri et al., 2007). Ärmere Weltregionen aber auch ärmere Bevölkerungsgruppen in Staaten mit mittlerem Einkommen werden auf Grund ihrer limitierten Anpassungskapazität vom Klimawandel am stärksten betroffen sein. Auch müssen wohlhabende Nationen wie Österreich mit ernststen Herausforderungen rechnen. Sie werden mit Gesundheitsproblemen, die die Lebensqualität beeinflussen, konfrontiert sein. Damit verbunden entstehen aber auch ökonomische Folgen, die durch steigende Gesundheitskosten und Verminderung der Arbeitsproduktivität entstehen (Ciscar et al., 2010a; siehe auch Haines et al., 2006; Confalonieri et al., 2007; Watkiss und Hunt, 2012). Zu den besonders verletzlichen Bevölkerungsgruppen zählen einkommensschwache, sozial schwache, ältere und chronisch kranke Menschen.

Als positive Auswirkungen auf die Gesundheit auf globaler Ebene prognostiziert der 4. IPCC-Assessment-Report eine Reduktion von Kältetoten (Confalonieri et al., 2007; vgl. Jendritzky, 2007). Direkte negative Effekte umfassen Temperatur-abhängige Morbidität und Mortalität sowie direkte Auswirkungen extremer Wetterereignisse (z. B. Hitzewellen,

Dürreperioden, Starkniederschläge, Fluten, Stürme und tropische Zyklone außerhalb tropischer Gebiete; siehe Schubert et al., 2008). Zu den indirekten Effekten zählen klimasensitive, übertragbare Erkrankungen (über Vektoren, Nahrung und Wasser übertragbare Infektionskrankheiten), nicht-übertragbare Erkrankungen, wie Allergien oder Erkrankungen, die im Zusammenhang mit einer Erhöhung des bodennahen Ozons stehen (Confalonieri et al., 2007) oder durch Nahrungsmittel- und Wasserknappheit verursacht werden, aber auch psychische Probleme, die durch Naturkatastrophen (catastrophic events) ausgelöst werden (post-traumatische Belastungsstörungen, Stress; vgl. Kaiser und Binder, 2005; Ciscar et al., 2010a).

Die indirekten Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die menschliche Gesundheit, insbesondere die durch Arthropoden (und andere Vektoren) übertragenen Krankheitserreger, können möglicherweise zu einer besonders großen Herausforderung für das Gesundheitssystem werden, da eingeschleppte Infektionskrankheiten viel weniger vorhersehbar und die Möglichkeiten, Gegenmaßnahmen zu ergreifen, gering sind. Neue Krankheitserreger wandern ein oder werden eingeführt und können sich etablieren aber auch bereits vorhandene Krankheitserreger können sich regional weiter ausbreiten (oder auch verschwinden) (Rabitsch und Essl, 2010; Aspöck und Walochnik, 2010).

Abbildung 6.1 zeigt im Überblick die unterschiedlichen Wirkungspfade des Klimawandels auf die Gesundheit (Confalonieri et al., 2007; McMichael et al., 2004). Neben klimatischen Faktoren (Temperatur, Niederschlag, Wetterverhältnisse, stratosphärische Ozonabnahme) spielen für den Gesundheitszustand der Bevölkerung auch nicht klimatische Faktoren eine bedeutende Rolle (siehe Dahlgren und Whitehead, 1991): neben Alter, Geschlecht und genetischer Disposition gehören Lebens- und Arbeitsbedingungen, die Einbindung in soziale (Beziehungs- und Versorgungs-)Netze sowie individuelle Verhaltensweisen dazu.

Gesundheitseffekte (temperaturabhängige Morbidität und Mortalität), die im Zusammenhang mit niedrigen Umgebungstemperaturen (Kältestress) stehen, werden in der Literatur unter unterschiedlichen Aspekten und kontrovers diskutiert. Sie sind grundsätzlich schwieriger zu erfassen, denn die Mechanismen zwischen Kältestress und Mortalität sind weniger klar, als der Zusammenhang zwischen hohen Umgebungstemperaturen und Mortalität (Laschewski und Jendritzky, 2002; Jendritzky, 2007). Im Jahresgang zeigen sich in den gemäßigten Breiten maximale Mortalitätsraten im Winter (die höchsten Werte treten allerdings bei ausgeprägten Hitzeperioden auf; Jendritzky, 2007), die jedoch eher durch ein

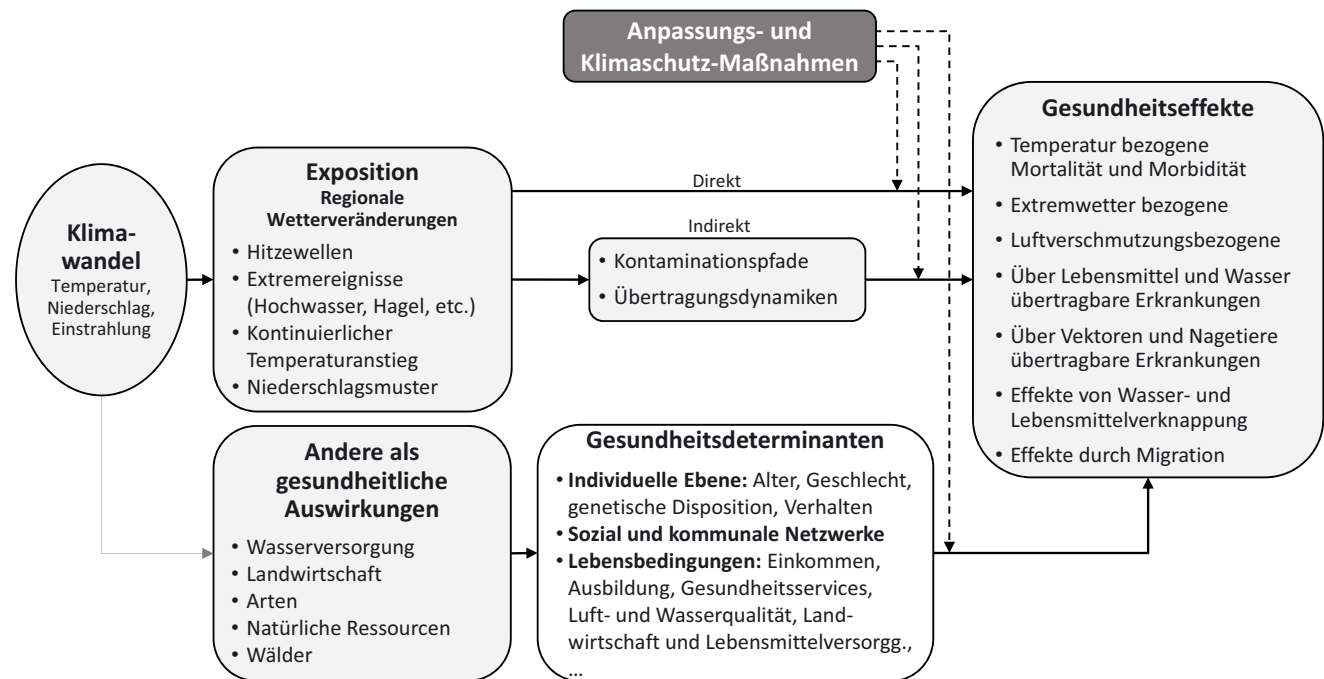


Abbildung 6.1 Direkte und indirekte Wirkungspfade des Klimawandels auf die Gesundheit. Adaptiert nach Confalonieri et al. (2007); McMichael et al. (2004)

Figure 6.1 Direct and indirect impact chains of climate change affecting health. Adapted from Confalonieri et al. (2007); McMichael et al. (2004)

prinzipiell höheres Infektionsrisiko in der kalten Jahreszeit erklärt werden können, als durch direkte Kälteeinwirkungen. Wie bereits erwähnt, wird global gesehen eine Reduktion von Kältetoten prognostiziert (Confalonieri et al., 2007; Ciscar et al., 2010a; vgl. dazu Jendritzky, 2007). Vereinzelt Kälteextreme („cold events“), wie sie auch in Zukunft erwartet werden (IPCC, 2013; IPCC, 2012), werden sich vor allem in jenen Ländern negativ auswirken, die nicht gut an Kälte angepasst sind. Allerdings zeigt sich auch ein Anstieg der Mortalitätsraten im Zuge von Kälteperioden in an Kälte grundsätzlich gut angepassten Ländern, wenn Innenräume wegen unzuverlässiger Infrastruktur nicht entsprechend geheizt werden können (Confalonieri et al., 2007) oder wenn Energiekosten für arme Bevölkerungsgruppen nicht leistbar sind (siehe Lloyd, 2013). In diesem Kontext ist die steigende Anzahl an „Kältetoten“ („cold deaths“), wie sie in einigen Europäischen Ländern, insbesondere in Großbritannien, beobachtet wird, zu verstehen (Confalonieri et al., 2007). Damit zählen diese – anders als die Bezeichnung „Kältetote“ suggeriert – nicht zu den Gesundheitseffekten, die direkt durch Kälte hervorgerufen werden. Österreich ist wahrscheinlich auf Grund besserer Standards (Gebäudezustand und Beheizung) von dieser Art von „Kältetoten“ bislang nicht betroffen. Es ist allerdings nicht auszuschließen, dass aufgrund verschärfter sozioökonomischer

Rahmenbedingungen (und in Folge Zunahme von Armut) in Kombination mit steigenden Energiepreisen auch in Österreich ähnliche Probleme auftreten können.

Im Folgenden wird auf jene gesundheitsrelevanten Auswirkungen des Klimawandels eingegangen, die bislang für Österreich am besten untersucht wurden. Dabei handelt es sich um Mortalitätsraten durch Hitzewellen und kontinuierliche Temperaturerhöhung, als Beispiel für Temperatur-induzierte direkte Einflüsse, sowie um durch Vektoren und Nahrung übertragene Krankheitserreger. Allergien stellen ein Beispiel für klimasensitive nicht-übertragbare Erkrankungen dar. Weitere Aussagen zu den möglichen Gesundheitsfolgen von Klimaveränderungen hinsichtlich Prognosen zur Entwicklung einzelner Erkrankungen sind für Österreich weit schwieriger zu treffen: Dies gilt für den Einfluss verstärkter UV-Strahlung (z. B. auf die Entstehung von Melanomen; vgl. Holick, 2004; Moshhammer et al., 2008; Simic, 2011) oder die Entwicklung und Auswirkungen von Ozon- und Feinstaubbelastung und deren Folgen (insbesondere für Kleinkinder und chronisch Lungenerkrankte).

6.1.1 Direkte Auswirkungen auf die Gesundheit

Die Auswirkungen von Temperaturerhöhung und insbesondere Hitzewellen³ stellen wahrscheinlich die gravierendsten direkten Gesundheitseffekte der Klimaveränderungen dar (siehe EEA, 2012). Zahlreiche empirische Studien belegen den Zusammenhang zwischen Hitzeperioden oder auch kontinuierlicher Temperaturerhöhung im Sommer und erhöhten Mortalitätsraten (z. B. Menne und Ebi, 2006). Hitze belastet den menschlichen Organismus und kann vor allem bei einer schlechten gesundheitlichen Ausgangslage bis hin zum Tod führen (häufig durch Herz-Kreislaufversagen). Die Auswirkung thermischer Belastungen auf den Menschen hängt dabei stark von der individuellen Situation, wie dem allgemeinen Gesundheitszustand (bestehende Vorerkrankungen, Flüssigkeitsmangel, verminderte psychische und psychische Fitness), aber auch von der jeweiligen Wohn- und Betreuungssituation ab. Zur besonders verletzlichen Bevölkerungsgruppe zählen daher ältere, chronisch kranke Personen, die allein leben (z. B. Hübler und Kleppner, 2007; Eis et al., 2010).

Europa erlebte innerhalb der letzten drei Jahrzehnte einige schwere Hitzewellen, die in Westeuropa zu etwa 19 Toten pro 10 000 Personen führten (Robine et al., 2008). Im „Jahrhundertssommer“ 2003 wurde in Österreich, sowie in ganz Europa (insbesondere in Westeuropa), eine erhöhte Mortalität (vor allem in der älteren Bevölkerung) beobachtet. Allein zwischen dem 3. und 16. August 2003 wurden 39 000 zusätzliche Sterbefälle in 12 Europäischen Ländern verzeichnet. Frankreich war mit einer Übersterblichkeitsrate von 95 % (in diesem Zeitraum) besonders betroffen (siehe Robine et al., 2008). Einer aktuellen Studie zu Folge könnte 2080 europaweit die hitzebedingte Mortalität (ohne physiologischer Akklimatisierung) je nach Szenario zwischen 60 000 und 165 000 Toten pro Jahr betragen (Ciscar et al., 2010a).⁴ Österreich ist in dieser Studie unter der Region „Central Europe South“ subsummiert (siehe ebenda). Nach Watkiss und Hunt (2012) liegt Österreich europaweit bezüglich Hitzetoten pro 10 000 EinwohnerInnen für den Zeitraum 2071 bis 2100 im Mittelfeld. Es ist zu betonen, dass durch entsprechende Anpassungsmaßnahmen diese Zahl drastisch reduziert werden könnte (Ciscar et al., 2010a).

Im Sommer 2003 kam es in Wien zu etwa 180 zusätzlichen durch Hitze bedingten Todesfällen (Hutter et al., 2007). Moshhammer untersuchte mit jeweils unterschiedlichen Co-Autor

Innen (Moshhammer et al., 2006; Moshhammer et al., 2009) hitzebedingte Mortalitätsraten zwischen 1990 und 2001 für Wien (2006) und für Oberösterreich (2009). Beide Studien verwendeten als Definition für Hitzewellen die sogenannten „Kysely-Tage“: als Hitzeperiode wird nach Kysely (2004) jene Periode definiert, in der an mindestens 3 Tagen die Maximaltemperatur von 30 °C überschritten wird, am Folgetagen das Tagesmaximum nicht unter 25 °C absinkt und das mittlere Temperaturmaximum der gesamten Periode nicht unter 30 °C sinkt.

An den insgesamt 206 Kysely-Tagen der 15 Beobachtungsjahre wurde eine Zunahme der täglichen Todesfälle um 15,8 % für Wien beobachtet. Die Modellrechnung ergab eine Zunahme um 7,8 %. Die Differenz zwischen berechneter und beobachteter Übersterblichkeit entspricht dem Effekt der kontinuierlichen Temperatursteigerung (siehe Moshhammer et al., 2006). Während im Beobachtungszeitraum 1990 bis 2004 jährlich durchschnittlich 13,7 Kysely-Tage zu beobachten waren, ergeben sich unter dem A1B-Szenario für den Zeitraum 2061 bis 2090 39,4 Kysely-Tage. Mit den aus der Vergangenheit ermittelten Übersterblichkeitsraten schätzt die Studie 143 jährliche zusätzliche Sterbefälle an Kysely-Tagen für den Zeitraum 2061 bis 2090. Wird der Effekt des kontinuierlichen Temperaturanstiegs in den Sommermonaten mitberücksichtigt, liegt die Schätzung bei 289 jährlichen Sterbefällen (Moshhammer et al., 2006). Dies entspricht einer klimabedingten jährlichen Übersterblichkeit von 6 Todesfällen pro 10 000 EinwohnerInnen an Kysely-Tagen und von 12 Todesfällen je 10 000 EinwohnerInnen für Kysely-Tage und kontinuierlichen Temperaturanstieg.

Diese Beobachtungen für Wien stellen Muthers et al. (2010a, 2010b) in einen größeren zeitlichen Kontext (1970 bis 2007). An Hand des biometeorologischen Index PET (physiologically equivalent temperature) können auch sie einen klaren Zusammenhang zwischen Hitze und erhöhter Mortalität (Übersterblichkeit) nachweisen. Weiter zeigen ihre Ergebnisse eine signifikante Abnahme der hitzebedingten Mortalität für moderaten und für starken Hitzestress (Rückgang der Sensitivität) im Laufe der Untersuchungsperiode. Die AutorInnen sehen darin einen möglichen Hinweis auf langfristige Anpassungsprozesse (spontane Anpassung durch Einbau von Klimaanlagen und Verhaltensänderung) an veränderte klimatische Bedingungen. Bei geringem und extremem Hitzestress ist diese Abnahme nicht signifikant.

Derzeit wird in Deutschland von einer hitzebedingten Mortalität von jährlich rund 5 000 Personen ausgegangen. Die Zunahme der Hitzetage lässt für 2071 bis 2100 unter der Annahme gleicher Bevölkerungszahl und gleicher Altersstruktur

³ Für Hitzewellen gibt es international unterschiedliche Definitionen.

⁴ Für methodische Details siehe Ciscar et al. (2010b), Watkiss und Hunt (2012).

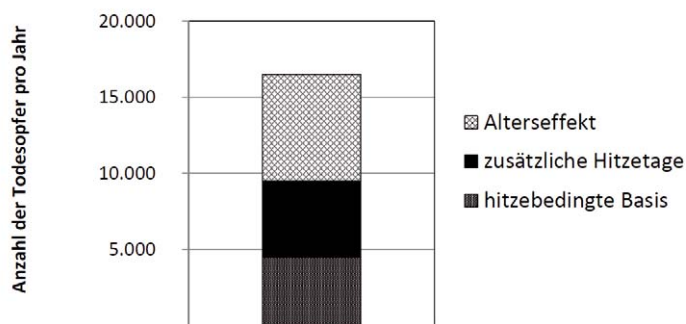


Abbildung 6.2 Anzahl der gesamten hitzebedingten Todesopfer pro Jahr im Prognosezeitraum 2071–2100 für Deutschland (exponentielle Extrapolation bei extremer Hitzebelastung). Quelle: Hübler und Kleppner (2007)

Figure 6.2 Number of heat-related Deaths per year during the projected period 2071–2100 for Germany (exponential extrapolation for extreme heat exposure). Source: Hübler und Kleppner (2007)

etwa eine Verdopplung erwarten (siehe Abbildung 6.2) (Hübler und Kleppner, 2007).

Derartige Schätzungen liegen für Österreich bislang noch nicht vor. Werden die Schätzungen für Deutschland ohne Berücksichtigung weiterer empirischer Daten, also sehr vereinfacht, auf Österreichs Bevölkerung übertragen (bei einer um den Faktor 10 kleineren Bevölkerungszahl), würde dies eine erhöhte hitzebedingte Mortalität von ca. 500 (ohne demographische Veränderungen) bzw. bis 2 200 (mit demographischen Veränderungen) zusätzlichen Todesfällen pro Jahr für den Zeitraum 2071 bis 2100 bedeuten. Diese Zahlen geben nur einen sehr groben Eindruck der Größenordnung wieder. Eine zurzeit laufende Studie, die im Rahmen des Austrian Climate Research Program (ACRP) durchgeführt und erst nach Erscheinung dieses Berichts fertiggestellt wird, wird dazu spezifischere Szenario-basierte Abschätzungen liefern.

6.1.2 Indirekte Auswirkungen auf die Gesundheit

Klimatische Veränderungen bedingen eine Veränderung von Ökosystemen und wirken dadurch auch indirekt auf die menschliche Gesundheit ein. Manche Arten finden bessere Bedingungen vor und breiten sich aus, andere dagegen kommen mit den veränderten Bedingungen schlechter zurecht und ziehen sich zurück oder sterben aus. Dadurch fallen für wiederum andere Arten Räuber- oder Beuteorganismen oder auch Konkurrenten weg, und es kommt zu einer generellen Verschiebung der Artenzusammensetzung (Pflanzen, Tiere, Pilze, Mikroorganismen). So beeinflussen klimatische Veränderungen die Verbreitung zahlreicher Reserviertiere und damit die Verbreitung aller Infektionskrankheiten mit einem tierischen Erregerreservoir (Zoonosen). Arthropoden (Gliederfüßer, z. B. Insekten oder Spinnentiere, wie Zecken) sind derartige ektotherme Organismen, die in ihrer Körpertemperatur, Aktivität und Verbreitung vollständig und direkt von den klimatischen Bedingungen ihrer Umwelt abhängig sind.

Nicht zuletzt unterliegt auch die Verbreitung allergener Pflanzen und Pilze den klimatischen Gegebenheiten. Darüber hinaus werden (durch das ja bereits alte, aber in den vergangenen Jahren verstärkte Phänomen der Globalisierung von Handel und Tourismus) zunehmend und meist unabsichtlich neue Arten (Neobiota) nach Mitteleuropa eingeschleppt (Rabitsch und Essl, 2010; Aspöck und Walochnik, 2010). Wenn diese durch den Klimawandel nun geeignete Bedingungen vorfinden, können sie sich mitunter auch etablieren. Dadurch können vormals nicht heimische (z. B. tropische) Infektionskrankheiten oder bisher unbekannte Allergien auftreten und das Gesundheitssystem vor neue Aufgaben stellen.

Klima-sensitive übertragbare Krankheiten

Wir unterscheiden zwischen endogener und exogener und bei letzterer zwischen direkter und indirekter Infektion. Bei der endogenen Infektion (Autoinfektion) stammt der Erreger aus der körpereigenen, normalerweise harmlosen Flora und gelangt bei geschwächtem Immunsystem z. B. über Haut, Lunge oder Darm in den Blutkreislauf. Bei der exogenen Infektion stammt der Erreger aus der Umgebung (Tröpfcheninfektion, Kontaktinfektion). Bei der direkten Infektion erfolgt die Erregerübertragung von Mensch zu Mensch ohne Zwischenschritte. Bei der indirekten Infektion erfolgt die Übertragung über externe Krankheitsüberträger. Diese sogenannten Vektoren (lat. *vector* „Reisender“, „Träger“) transportieren / übertragen dabei einen Erreger von einem auf einen anderen Organismus ohne selbst zu erkranken. Klimaänderungen spielen für die Epidemiologie von Infektionskrankheiten eine zentrale Rolle und zwar besonders für die Verbreitung von Vektor-übertragenen Infektionskrankheiten, weil fast alle Vektoren ektotherme Organismen⁵ sind und – vor allem – weil der Mensch auf die

⁵ D.h. Organismen wie etwa Zecken und Mücken, die z. B. durch Blutsaugen Krankheiten von außen an den Menschen herantragen und ihrerseits hinsichtlich ihrer Ausbreitung bzw. Etablierung von Klimabedingungen abhängig sind.

Ausbreitung von Vektoren nur sehr bedingt Einfluss nehmen kann (Aspöck, 2007).

Durch Vektoren übertragene Erreger

Zecken als Vektoren

Zecken sind die wichtigsten Überträger von Krankheitserregern in Mitteleuropa. In Österreich kommen zwei Zeckenfamilien vor, die *Ixodidae* (Schildzecken) und die *Argasidae* (Lederzecken) mit insgesamt über 40 Arten. Von diesen ist *Ixodes ricinus*, der gemeine Holzbock, nicht nur die häufigste Zeckenart, sondern auch der wichtigste Vektor.

Insgesamt können in Österreich fast 50 verschiedene Erreger von Zecken übertragen werden, neben mehreren Viren (z. B. FSME) auch eine Reihe von Bakterien (z. B. Borrelien, Rickettsien) und zumindest eine Gruppe von Protozoen (Babesien). Ein Großteil der österreichischen Populationen des gemeinen Holzbocks trägt zumindest einen potenziellen Krankheitserreger in sich, ein Drittel beherbergt sogar mehrere Erreger gleichzeitig (Blaschitz et al., 2008a, b, c). Der Holzbock ist nicht wirtsspezifisch, insbesondere die Blutmahlzeit an Vögeln spielt für die Verbreitung von Krankheitserregern eine wichtige Rolle, da Zugvögel Erreger aus anderen Regionen mitbringen, und diese dann durch den Zeckenstich auf den Menschen übertragen werden können. Aber auch Kleinnager, die wichtigsten Blutwirte der Zeckenlarven, spielen eine entscheidende Rolle, da sie zahlreiche Krankheitserreger beherbergen können und da Nagerpopulationen massiv von Klimaänderungen beeinflusst werden (Stark et al., 2009).

Durch eine Erhöhung der Jahresdurchschnittstemperatur kann es nicht nur zu einem Einwandern der Zecken in höher gelegene Gebiete kommen, sondern auch zu einer früher einsetzenden bzw. verlängerten aktiven Periode dieser Vektoren (Holzmann et al., 2009). Außerdem führt die Klimaerwärmung zu einer schnelleren Entwicklung sowohl der Zecken, als auch der von ihnen getragenen Erreger und schließlich auch zu einer größeren Verbreitung der Reservoirwirte. Hinzu kommt, dass Zecken-Arten, deren Hauptverbreitungsgebiet im Mittelmeerraum liegt, sich im Gefolge einer Klimaerwärmung nach Norden ausbreiten können. Sie fungieren als Überträger von Rickettsien (die mit Antibiotika gut zu behandeln sind), jedoch auch von Arboviren. Besonders muss das Virus des Krim-Kongo-Hämorrhagischen Fiebers (CCHF) erwähnt werden, das auf der Balkanhalbinsel vorkommt. Im Falle einer Infektion beträgt die Letalität 30 bis 60 % (es gibt bis heute keinen Impfstoff).

Stechmücken als Vektoren

In Mitteleuropa existieren etwa 50 Stechmücken-Arten (Familie *Culicidae*), von denen die meisten auch in Österreich vorkommen und auch am Menschen Blut saugen. Neben den Erregern der Malaria und einer Reihe von Fadenwürmern können Stechmücken weltweit viele verschiedene Viren übertragen. In Mitteleuropa zirkulieren derzeit (zeitlich und regional unterschiedlich) vor allem Sindbis-, Tahyna-, Usutu- und West-Nil-Viren. West-Nil-, Usutu- und Sindbis-Viren werden vermutlich regelmäßig durch Zugvögel nach Mitteleuropa eingeschleppt, es ist jedoch bekannt, dass sie in etablierten Zyklen auch den Winter in Mitteleuropa überleben können (Brugger und Rubel, 2009; Dobler und Aspöck, 2010a; Weissenböck et al., 2010).

Heute werden durch die rege Reisetätigkeit der Bevölkerung und durch die Globalisierung immer wieder tropische Viren nach Mitteleuropa importiert, von denen sich manche, sofern ein geeigneter Vektor vorhanden ist, zumindest zeitweise etablieren könnten.

Zumindest drei Stechmücken-Arten sind in den vergangenen Jahren als Neobiota nach Mitteleuropa eingeschleppt worden: *Aedes (Stegomyia) albopictus* (die Asiatische Tigermücke, vgl. Abbildung 6.3), *Ochlerotatus (Finlaya) japonicus* (die Asiatische Buschmücke) und *Ochlerotatus (Ochlerotatus) atropalpus* (eine nordamerikanische Art). Alle drei legen ihre Eier an den Rand kleiner Wasseransammlungen (z. B. in Autoreifen) ab und können so leicht über Kontinente hinweg verschleppt werden. Außerdem können alle drei als sehr effiziente Vektoren von mehreren (und zum Teil gefährlichen) Viren fungieren. Eine weitere Stechmücke, die immer wieder nach Europa eingeschleppt wird, ist *Aedes (Stegomyia) aegypti*,



Abbildung 6.3 Asiatische Tigermücke (*Aedes (Stegomyia) albopictus*). Foto: R. Pospischil

Figure 6.3 Asian tiger mosquito (*Aedes (Stegomyia) albopictus*). Picture: R. Pospischil

die Gelbfiebermücke. Auch diese könnte sich in den nächsten Jahren und Jahrzehnten in Mitteleuropa etablieren (Schaffner et al., 2012).

Die Übertragung der Malaria steht mit Klimafaktoren wie Temperatur und Niederschlag in komplexem Zusammenhang. Die Malaria (die Erreger gehören zur Gattung *Plasmodium*), wurde in Europa in den 1970er Jahren ausgerottet. Allerdings werden die Malaria-Erreger immer wieder (vor allem mit infizierten Reisenden, aber auch mit infizierten Anopheles-Mücken) nach Europa eingeschleppt und bisweilen kommt es auch zu einer kurzfristigen Zirkulation in heimischen Mücken. Veränderungen von Klimafaktoren können zwar eine autochthone Transmission begünstigen, andere Faktoren (wie sozioökonomische Rahmenbedingungen, Gebäudestandards, Kapazitäten der Gesundheitssysteme, Behandlungsmöglichkeiten) begrenzen allerdings ein klimawandelbedingtes Wiederauftreten der Malaria in Europa (Semenza und Menne, 2009; ECDC, 2010). Klimawandelbedingte autochthone Malariaausbrüche in Europa gelten als unwahrscheinlich (Kuhn et al., 2003, Semenza und Menne, 2009).

Sandmücken als Vektoren

Bei den Sandmücken (*Phlebotominae*) handelt es sich um eine Unterfamilie der Schmetterlingsmücken (*Psychodidae*). Etwa 70 Arten der Gattungen *Phlebotomus* und *Lutzomyia* können als Überträger von Leishmanien, den Erregern der Leishmaniosen, fungieren. Darüber hinaus gelten zahlreiche *Phlebotomus*-Arten als Überträger der sogenannten Phleboviren, welche grippeartige Erkrankungen auslösen können.

In Europa wurden bisher 22 Arten der Gattungen *Phlebotomus* und *Sergentomyia* nachgewiesen. Der Verbreitungsschwerpunkt liegt im Mittelmeerraum. Arten mit potenzieller Ausbreitung nach bzw. in Mitteleuropa sind: *Phlebotomus neglectus*, *P. perfiliewi*, *P. perniciosus*, *P. papatasi*, *P. sergenti*, *P. mascittii* und *Sergentomyia minuta*. In einer klimatologischen Untersuchung konnte gezeigt werden, dass auch in Österreich, zumindest in überdurchschnittlich warmen Jahren, geeignete Bedingungen für die Etablierung von *P. mascittii* und *P. neglectus* bestehen (Aspöck et al., 2008). Tatsächlich wurde *P. mascittii* im Jahr 2009 erstmals in Österreich nachgewiesen (Naucke et al., 2011). Durch die Klimaerwärmung können sich diese Populationen vergrößern und wieder ausbreiten bzw. haben sich bereits ausgebreitet (Aspöck, 2010). Dazu benötigen die Sandmücken eine Monatsdurchschnittstemperatur in den Sommermonaten von zumindest 20 °C (Fischer et al., 2010).

Leishmanien-Infektionen (Leishmaniosen) sind vor allem in den Tropen und Subtropen endemisch, kommen aber

auch im Mittelmeerraum vor. Man unterscheidet die Haut-Leishmaniosen und die viszerale Leishmaniose (VL), wobei jeweils verschiedene Leishmanien als Erreger fungieren können (Walochnik und Aspöck, 2010). Eine HIV-Infektion erhöht dabei das Risiko einer Leishmanien-Infektion drastisch. Über, teilweise illegale, Hundetransporte aus verschiedenen Mittelmeerländern wurde in den vergangenen Jahren in Mitteleuropa und auch in Österreich ein erhebliches Leishmanien-Reservoir geschaffen (Leschnik et al., 2008). Wie jüngste Untersuchungen zeigten, werden auch durch den Menschen häufiger Leishmanien nach Österreich importiert (Poepl et al., 2012, 2013). Durch das natürliche Vorkommen von Sandmücken in Mitteleuropa muss auch eine autochthone Übertragung von Leishmanien als möglich angesehen werden (Aspöck und Walochnik, 2009). Die Vektorkompetenz von *P. perniciosus* ist bekannt, jene von *P. mascittii* ist nach wie vor nicht eindeutig belegt. Tatsächlich sind aber mittlerweile autochthone Leishmaniose-Fälle aus Deutschland bekannt (Bogdan et al., 2001) und in Österreich gab es immerhin einige Verdachtsfälle (Kollaritsch et al., 1989).

Die Phleboviren gehören zur Familie der *Bunyaviridae*. In Europa kommen das Naples-, das Toscana-, das Sicily- und das Massilia-Virus vor (Depaquit et al., 2010). Als Vektoren spielen *P. papatasi*, *P. perniciosus*, *P. perfiliewi* und *P. neglectus* eine Rolle. Das Sicily- und das Naples-Virus sind die Erreger des Dreitage- oder Pappataci-Fiebers, welches mit grippearartigen Symptomen einhergeht. Das Verbreitungsgebiet dieser Viren umfasst den gesamten Mittelmeerraum. Das Toscana-Virus wird in erster Linie von *P. perniciosus* und *P. perfiliewi* übertragen, Infektionen mit dem Toscana-Virus verlaufen oft asymptomatisch, können aber auch zu einer akuten Gehirnhautentzündung führen. Auch das Toscana-Virus kommt vor allem im Mittelmeerraum vor, 2010 wurde es erstmals in Süddeutschland (Baden-Württemberg) nachgewiesen (Dobler und Aspöck, 2010b).

Zoonosen (Reservoirtiere)

Nagerpopulationen sind ausgesprochen anfällig für klimatische Veränderungen – und Nager fungieren für zahlreiche Krankheitserreger als Reservoirwirte. Hierzu zählen nicht nur das bereits genannte FSME-Virus, sondern z. B. auch die Borrelien, der Erreger der Pest (*Yersinia pestis*) oder die Hantaviren.

Aktiv eindringende Erreger

Die Nöglerien sind 10–20 µm große Einzeller, die einzig bekannte pathogene Art ist *Naegleria fowleri*, welche beim Men-

schen die Primäre Amöben-Meningoenzephalitis (PAME) verursacht, eine akute Entzündung des Gehirns, die meist innerhalb weniger Tage zum Tod führt. Die Infektion erfolgt, wenn beim Baden kontaminiertes Wasser in die Nase gelangt. *N. fowleri* ist thermophil und kommt vor allem in warmen Gewässern, wie Schwimmbädern und Badeteichen, vor. Die Infektion tritt vor allem bei Kindern auf, was vermutlich auf deren Badeverhalten zurückzuführen ist. PAME-Fälle sind in Mitteleuropa lediglich in der ehemaligen Tschechoslowakei dokumentiert worden, wo in den 1960er Jahren 16 Kinder daran starben (Červa und Novak, 1968). In Italien trat 2003 der erste Fall auf, vermutlich bedingt durch den warmen Sommer mit ungewöhnlich hohen Temperaturen in Freilandgewässern (Cogo et al., 2004). Aus Österreich ist bisher noch kein Fall einer *N. fowleri*-Infektion bekannt.

Hakenwürmer (*Ancylostoma duodenale* und *Necator americanus*) gehören zu den Fadenwürmern. Deren ganzjährige Etablierung ist in Mitteleuropa nur dort möglich, wo der Boden im Winter nicht friert. In den Sommermonaten ist eine Übertragung generell möglich und es werden auch jedes Jahr Hakenwürmer nach Mitteleuropa also auch nach Österreich importiert.

Auch die Dirofilarien gehören zu den Fadenwürmern und verursachen beim Hund die sogenannte Herzwurmkrankheit. Sie werden als Larven von verschiedenen Stechmücken (Aedes-, Anopheles-, und Culex-Arten) übertragen. Beim Menschen kriechen sie meist als präadulte Würmer durch das Unterhaut-Bindegewebe, aber mitunter auch ins Auge oder die Lunge, wo sie erheblichen Schaden anrichten können. Dirofilariosen sind mit den Arten *Dirofilaria immitis* und *D. repens* in den Mittelmeerländern endemisch. In den letzten Jahren traten aber vermehrt auch Fälle autochthoner Dirofilariose in Mittel- und Osteuropa auf. In Österreich wurde 2008 der erste Fall beim Menschen beschrieben und zwar bei einer Person, die Österreich nie verlassen hatte (Auer und Susani, 2008).

Durch Lebensmittel und Wasser übertragene Erreger

Humanpathogene Mikroorganismen, die durch Lebensmittel und Trinkwasser übertragen werden, führen weltweit immer wieder zu großen Epidemien, oft mit vielen tausend Krankheitsfällen. Viele dieser Erreger erhöhen ihre Wachstumsraten bei steigender Umgebungstemperatur (siehe ECDC, 2013; Kornschöber et al., 2009; Kovats et al., 2004, 2005). In Europa sind hier vor allem Salmonellen und *Campylobacter* als bakterielle Erreger sowie die Giardien

und Kryptosporidien als protozoische Erreger zu nennen. Während die Korrelation der Inzidenzraten von Salmonelleninfektionen und steigender Temperatur – mit Spitzen in den Sommermonaten – nachgewiesen wurde (Kovats et al., 2004), sind diese Zusammenhänge bei *Campylobacter* noch unklar (Kovats et al., 2005).

Hauptursachen für die Transmission von Erkrankungen, die durch Lebensmittel übertragen werden (z. B. Salmonelleninfektionen), liegen im fehlerhaften Umgang bei Lagerung (Kühlung) und Zubereitung. Als bedeutende nicht-klimatisch bedingte Faktoren werden veränderte Essgewohnheiten (z. B. Grillen im Freien) und vermehrte Außenaktivitäten in der warmen Jahreszeit angesehen, die das Risiko erhöhen, mit pathogenen Mikroorganismen in Kontakt zu kommen (Kovats et al., 2004). Zusätzlich können Starkniederschläge zu Kontamination von Wasser und landwirtschaftlichen Produkten führen. Infektionsraten dieser klima-sensitiven Erkrankungen sind daher von nicht-klimatischen Faktoren, wie hygienischen Bedingungen, Präventionsprogrammen, gesetzlichen Bestimmungen, Information der Bevölkerung und Verhaltensmustern abhängig.

Kovats et al. (2004) untersuchten die Beziehung zwischen Umgebungstemperatur und Anzahl berichteter Salmonellenfälle in zehn europäischen Ländern. Dies war die epidemiologische Grundlage für eine Studie zur Abschätzung der klimawandelinduzierten Zunahme von Salmonelleninfektionen in Europa (EU 27) (Watkiss und Hunt, 2012). Die Ergebnisse zeigen eine temperaturbedingte (klimawandelinduzierte) jährliche Steigerung von durchschnittlich ca. 90 000 Fällen für die Periode bis 2020 (mit nur geringen Unterschieden zwischen den beiden betrachteten Klimaszenarien). Für den Zeitraum 2071 bis 2100 ergeben die Schätzungen eine bis zu 50 % Steigerung an Fällen, die allein durch Klimaveränderungen bedingt sind (40 000–120 000). Allerdings sind diese Ergebnisse auf Grund von Unsicherheiten und methodischen Problemen limitiert. Zudem ist es wahrscheinlich, dass bereits eingeführte, effektive Kontroll- und Präventionsprogramme, die in Österreich innerhalb einer Dekade die Anzahl der Salmonellenfälle um über 50 % reduzierten (siehe Schaffner et al., 2012), zu einer weiteren Abnahme führen werden. Klimaveränderungen könnten diesen Trend abschwächen.

Klimasensitive nicht-übertragbare Krankheiten

Allergien

Zahlreiche Pflanzen, Pilze aber auch Arthropoden können beim Menschen (z. B. durch Pollen, Sporen, Haare), durch Einat-

men, orale Aufnahme aber mitunter auch durch Hautkontakt, Allergien auslösen. Ein Anstieg der Jahresmitteltemperatur führt bei den meisten Pflanzen zu einer verlängerten Vegetationsperiode und stärkerem Wachstum bzw. bei Tieren zu einer verlängerten Aktivitäts- und Reproduktionszeit. Dadurch werden Betroffene bereits früher im Jahr und insgesamt unter Umständen länger und in stärkerem Ausmaß mit Belastungen rechnen müssen. Ebenso führen klimatische Veränderungen dazu, dass sich neue Arten in Österreich ansiedeln (Neobiota) bzw. sich bereits heimische Arten weiter ausbreiten, oder auch verschwinden. Unter den invasiven allergenen Neophyten ist *Ambrosia artemisiifolia*, das beifußblättrige Traubenkraut, zu nennen. Seine Pollen sind hochallergen, 4–5 % der EuropäerInnen sind bereits sensibilisiert (Richter et al., 2013), eine Entwicklung, die sich in Zukunft – ohne Anpassungsmaßnahmen noch verstärken wird. Richter et al. simulierten in ihrer kürzlich veröffentlichten Studie die zukünftige Ausbreitung der Pflanze in Österreich und Bayern, um die daraus entstehenden Allergiekosten abzuschätzen. Dabei legten sie ihren Berechnungen drei Klimaszenarien zugrunde (keine Änderung, moderate und extremere Änderung, d. h. 0,04 °C pro Jahr). Demnach werden sich die „Allergiekosten“ (Behandlungskosten), die durch eine klimainduzierte Ausbreitung von *Ambrosia* verursacht werden, zwischen 290 und 365 Millionen € jährlich belaufen (im Durchschnitt bis zum Jahr 2050, für das extremste Szenarium). Die AutorInnen betonen, dass dies die jährlichen Kosten für entsprechende Anpassungsmaßnahmen ungefähr um den Faktor 10 übersteigt (Richter et al., 2013).

6.2 Auswirkungen des Klimawandels auf die soziale Betroffenheit

6.2 Climate change impacts on social concerns

Die gesundheitliche Betroffenheit ist mit sozialen Gegebenheiten eng verknüpft. Sozioökonomische Rahmenbedingungen stellen einen bedeutenden Einflussfaktor auf den Gesundheitszustand dar – so haben sie Einfluss auf z. B. die Ernährungsweise, die Umweltqualität der Wohnumgebung und Wohnqualität, etc. Der Klimawandel hat hier unmittelbaren Einfluss. Meist treffen verschiedene Faktoren (niedriges Einkommen, geringer Bildungsgrad, wenig Sozialkapital, prekäre Arbeits- und Wohnverhältnisse, Arbeitslosigkeit, eingeschränkte Handlungsspielräume) zusammen, welche weniger privilegierte Bevölkerungsgruppen besonders verwundbar für Folgen des Klimawandels machen. (Kupfner, 2011). Bei der Betroffenheit unterschiedlicher sozialer Gruppen vom Klima-

wandel ist zunächst nach den verschiedenen Ursachen zu unterscheiden (Pretenthaler et al., 2008a):

- Unterschiedliche Betroffenheit durch Klimarisiken (Exposition und Sensitivität)
- Unterschiedliche Anpassungsfähigkeit auf geänderte Klimaverhältnisse
- Unterschiedliche Betroffenheit von klimapolitischen Maßnahmen

6.2.1 Soziale Betroffenheit durch Temperatureffekte

Klimawandelbezogene Wirkungen auf die Bevölkerung (unter Ausschluss der Gesundheitsaspekte – vgl. dazu Abschnitt 6.1) sind im günstigen Fall ein geringerer Heizbedarf durch wärmere und kürzere Winter, andererseits jedoch auch ein höherer Kühlbedarf bzw., wenn auf Kühlung verzichtet wird, Komforteinbußen durch extremere Hitzeperioden im Sommer.

Hitzebedingte Komforteinbußen betreffen einkommensschwache Bevölkerungsschichten in größerem Ausmaß. Sie wohnen in weniger attraktiven Quartieren und dort in Häusern bzw. Wohnungen, die nicht ohne Grund billiger sind. Die Lagen sind im Hinblick auf die klimatischen Gegebenheiten bereits heute ungünstiger und werden bei weiterer Klimaerwärmung noch weniger Komfort bieten: sie verfügen meist über weniger Grünraum, der zur Abkühlung und Ventilation beiträgt; sie zeigen mehr Bodenversiegelung und dichtere Bebauung, die in Städten zu Hitzeinsel-Effekten führt und weiters sind Grünräume oder Erholungsgebiete oft schlechter erreichbar. Die von weniger privilegierten Bevölkerungsgruppen bewohnten Gebäude haben oftmals auch eine schlechtere Bausubstanz (schlecht gedämmte, schlechter belüftete bzw. klimatisierte Objekte) oder befinden sich innerhalb der Häuser in ungünstigeren Lagen als teurere Objekte (z. B. Gangküchen ohne Querlüftungsmöglichkeit) und werden auch künftig vielfach keine Klimatisierung aufweisen. (Reiterer, 2006)

Jene einkommensschwachen Haushalte, die mehr als 10 % ihres Einkommens für Heizung aufwenden müssen, werden davon am stärksten betroffen sein, da sie künftig noch weniger in der Lage sein werden, auch Kühlung zu finanzieren, selbst wenn der Heizbedarf und damit die Heizkosten – in gewissem Ausmaß – zurück gehen werden. Auch deshalb, weil die betroffenen Haushalte oft noch energetisch ineffiziente Elektrogeräten und Heizungen besitzen, diese nicht ersetzen können und damit vergleichsweise höhere Energiekosten haben (vgl. Brunner et al., 2012). Von 2009 bis 2010 ist der Anteil der ÖsterreicherInnen, welche angegeben hatten, ihre Wohnung

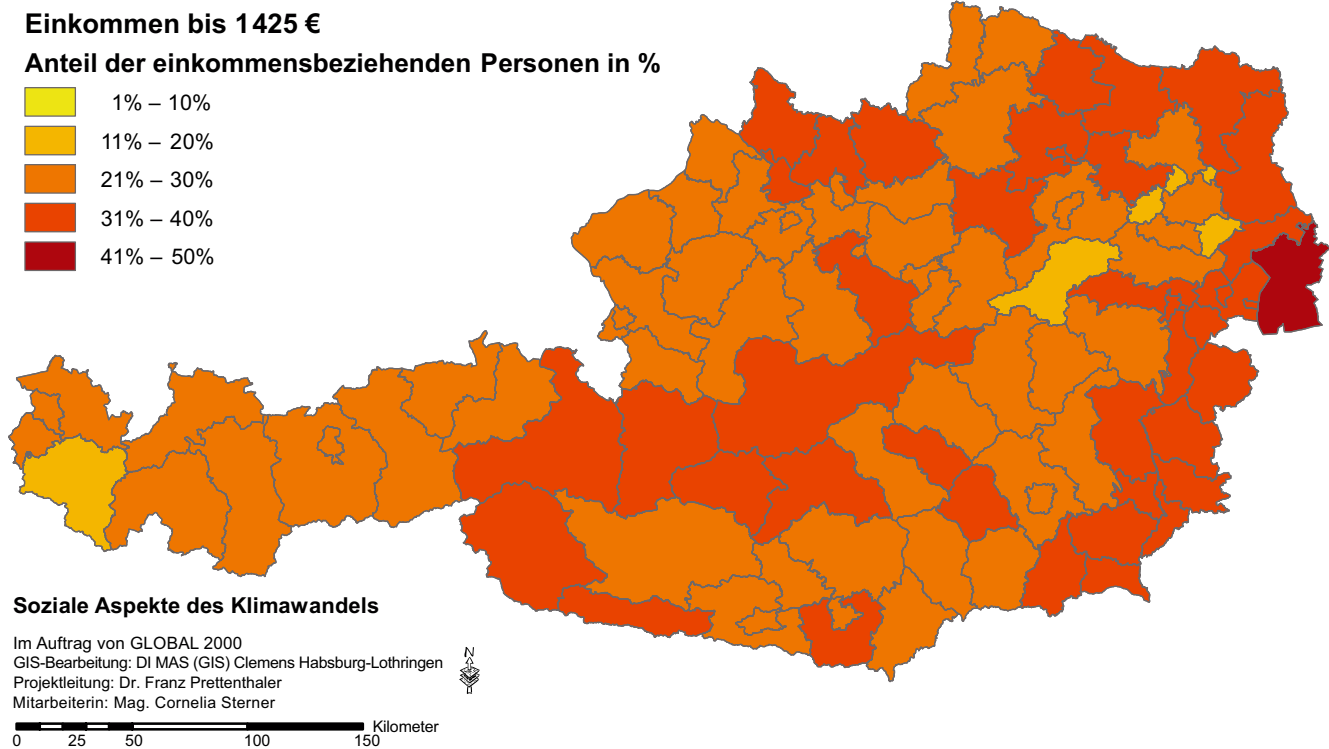


Abbildung 6.4 Räumliche Verteilung der Bevölkerungsschichten mit den geringsten Einkommen 2007 (unterstes Einkommensquartil < 1 425 €). Quelle: Pretenthaler et al. (2008a)

Figure 6.4 Spatial distribution of population with lowest income in 2007. Source: Pretenthaler et al. (2008a)

nicht angemessen heizen zu können, um fast ein Drittel gestiegen (Glaser, 2011). Abbildung 6.4 zeigt die räumliche Verteilung der Bevölkerung mit Einkommen im untersten Viertel (Monatseinkommen unter 1 425 €) – also jene einkommensschwachen Schichten, die vom Klimawandel stärker betroffen sein werden. Die angesprochene Bevölkerungsgruppe zeigt in der Ostregion – jener Region mit dem höchsten Temperaturanstieg in der heißen Jahreszeit und mit der größten Zunahme der Sommertage – die höchsten Anteile: nur 20–30 % in Wien, sowie den politischen Bezirken Mödling, Baden und Korneuburg, jedoch 31–40 % in den ländlicheren politischen Bezirken um Wien und 41–50 % im politischen Bezirk Neusiedl/See.

Im Folgenden wird auf die Auswirkung des Klimawandels auf Heizungs- und Kühlungsnotwendigkeit eingegangen. Abbildung 6.5 zeigt jene Regionen mit der größten Zunahme an Kühlgradtagen (die kumulierten stündlichen Temperaturdifferenzen zwischen der Kühlgrenztemperatur von 18,3 °C und der aktuellen Außentemperatur): es handelt sich dabei vor allem um Wien, das (nördliche und südliche) Wiener Becken, das Tullnerfeld sowie große Teile des Burgenlandes und die Südsteiermark.

Abbildung 6.6 zeigt hingegen jene Regionen, wo die Bevölkerung vom Klimawandel durch eine deutlich geringere Zahl

an Heizgradtagen (die kumulierten stündlichen Temperaturdifferenzen zwischen der 20 °C Zimmertemperatur und der aktuellen Außentemperatur > 12 °C) am meisten profitiert: es sind dies nahezu alle alpinen Bezirke Westösterreichs sowie der Obersteiermark.

6.2.2 Soziale Betroffenheit durch Extremereignisse

Nachdem in Abschnitt 6.2.1 temperaturanstiegsbedingte Wirkungen des Klimawandels betrachtet wurden, wird hier insbesondere auf witterungsbedingte Extremereignisse und deren Effekte auf Naturgefahren hinsichtlich ihrer sozialen Betroffenheit eingegangen. Vor allem niederschlagsbedingte Extremereignisse sind aufgrund ihrer Schadenswirkungen und den daraus resultierenden Kosten für sozial Schwächere besonders relevant. So wurden in einer Munich Re-Studie zwischen 1980 und 2010 für Österreich wetter- und witterungsbedingte Schäden (durch größere Ereignisse) von rund 9,5 Mrd. € registriert⁶.

Von künftig häufiger auftretenden Extremereignissen, wie Starkregen und daraus folgenden Überschwemmungen bzw.

⁶ <http://www.umweltbundesamt.at/extremereignisse/>

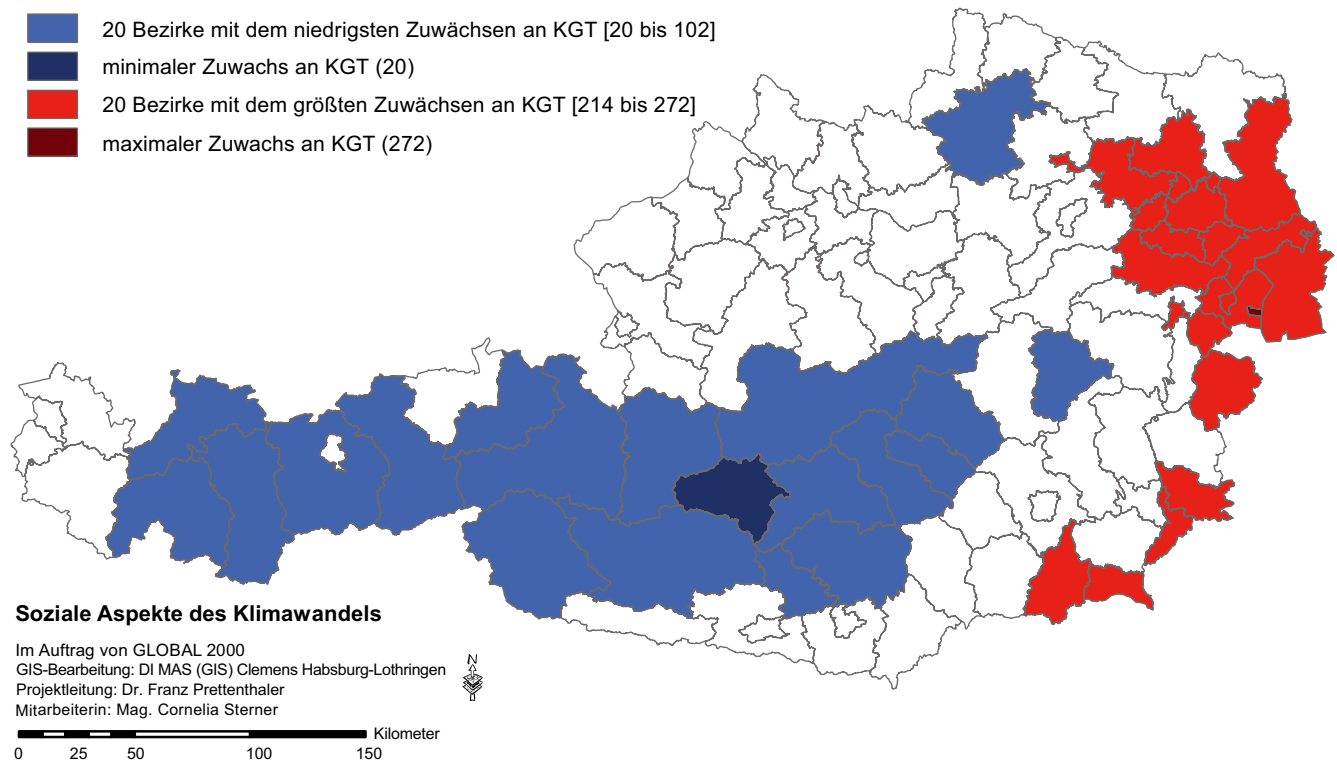


Abbildung 6.5 Die Bezirke mit den kleinsten und größten Zuwächsen an Kühlgradtagen 1981 bis 2041. Quelle: Pretenthaler et al. (2008b)

Figure 6.5 Districts with lowest and highest increase of cooling days 1981 to 2041. Source: Pretenthaler et al. (2008b)

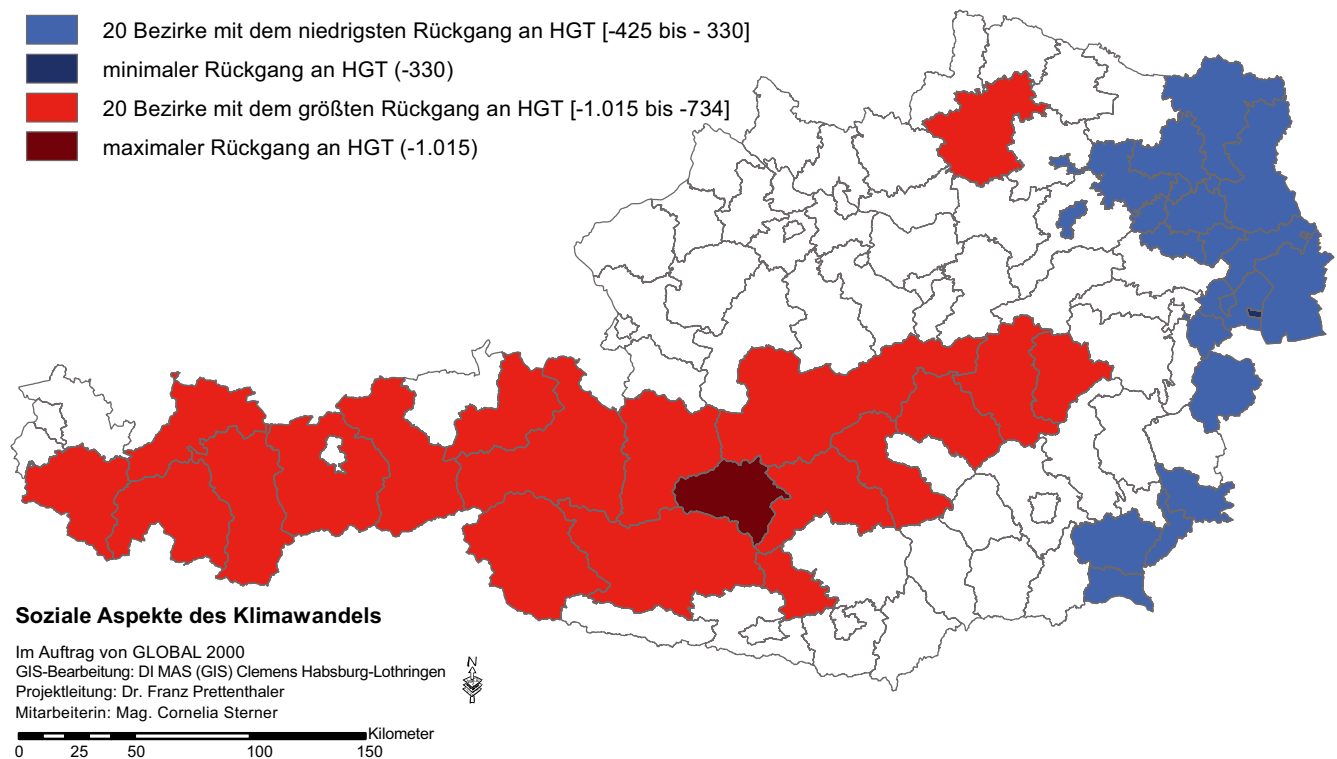


Abbildung 6.6 Die Bezirke mit dem kleinsten und größten Rückgang an Heizgradtagen 1981 bis 2041. Quelle: Pretenthaler et al. (2008b)

Figure 6.6 Districts with lowest and highest decrease of heating days 1981 to 2041. Source: Pretenthaler et al. (2008b)

in alpinen Lagen auch Hangrutschungen und Murenabgängen, wird die einkommensschwache Bevölkerung stärker und in mehrfacher Hinsicht betroffen sein. Einerseits wegen der eher gefährdeten Lagen ihrer Wohnungen und Häuser im Hinblick auf die Auswirkung von Extremereignissen, da diese Wohnhäuser oft auch weniger widerstandsfähig bzw. geschützt gegenüber derlei Gefahren sind und letztlich wegen einer fehlenden oder zu geringen Deckung bei der Versicherung von Schäden im Eintrittsfall.

Eine weitere räumliche Eingrenzung der potenziell betroffenen Bevölkerung ist hier nur begrenzt möglich. Generell können die BewohnerInnen aller flussnahen Bereiche als von Hochwassern stärker potenziell betroffen gelten, ebenso die BewohnerInnen im Umfeld von alpinen Wildbächen und Gebirgsflüssen.

6.2.3 Betroffenheit einkommensschwacher Bevölkerungsgruppen durch höhere Kosten

Vor allem einkommensschwache Bevölkerungsgruppen sind auch indirekt von den Auswirkungen des Klimawandels stärker betroffen: sie geben einen größeren Anteil ihres Einkommens für Nahrungsmittel aus und werden von klimabedingten oder klimapolitikbedingten (Steuern...) Preissteigerungen bei diesen Produktgruppen besonders betroffen. Es wird geschätzt, dass im Laufe des 21. Jahrhunderts ein Viertel der globalen Lebensmittelproduktion durch – unter anderem vom Klimawandel verursachte – Umweltschäden verloren gehen wird (Nellemann et al., 2009). Die Lebensmittelpreise werden deutlich ansteigen, wobei die Preisschwankungen durch den Klimawandel mit verursacht sind (OECD-FAO, 2011). In Kombination mit stagnierenden Haushaltseinkommen und steigenden Energiepreisen wird dies die Kaufkraft der einkommensschwächeren Bevölkerungsgruppen weiter schmälern (Brunner et al., 2012), d. h., dass diese bei begrenzten finanziellen Mitteln entweder beim Essen oder beim Heizen sparen zu müssen, wobei dies klimabedingt in Zukunft eher „Cool-or-Eat“-Dilemmata sein werden.

Darüber hinaus haben die einkommensschwachen Bevölkerungsgruppen aus finanziellen Gründen weniger Verhinderungs- und Ausweichoptionen gegenüber den zu erwartenden Entwicklungen: sie können sich seltener Schadensminderungsmaßnahmen und Anpassungsmaßnahmen (z. B. Wohnen in hochwassersicheren Häusern) oder Effizienzmaßnahmen (Wärmedämmung, passive Kühlung etc.) leisten (Prettenthaler et al., 2008a; Ekardt, 2010). Darauf sei hier nicht eingegangen – dies ist im Band 3 nachzulesen, welcher sich mit Anpassungs- und Minderungsmaßnahmen befasst.

Für die Zukunft ist mit keiner deutlichen Besserung der sozioökonomischen Lage zu rechnen. Die Arbeitslosenquote in Österreich stieg in den letzten 10 Jahren von 2–3 % auf rund 5–6 % (Biffl, 2011). Für die künftigen Dekaden wird vor allem im produzierenden Sektor mit keiner wesentlichen Besserung zu rechnen sein. Gründe hierfür sind die Globalisierung der Wirtschaft, das Aufstreben mehrerer großer Schwellenländer, sowie der Drang zur Automatisierung und zum Arbeitskräfteabbau. Gerade die bereits jetzt ökonomisch Schwachen mit geringer Bildung und Ausbildung werden jene sein, die von Arbeitslosigkeit weiter am stärksten betroffen sein werden.

6.2.4 Klimawandel und Gender

Wenn soziale Differenzen im Hinblick auf Betroffenheit (und Verursachung) des Klimawandels betrachtet werden, muss auch die Genderdimension thematisiert werden. Der Zusammenhang von Gender und Klimawandel ist einer, dem erst in letzter Zeit verstärkt Aufmerksamkeit gewidmet wurde. Frauen handeln in vielen Bereichen klimafreundlicher als Männer, etwa in Bezug auf Mobilität (Women's Environmental Network, 2010). Ebenso können die Auswirkungen von Extremwetterereignissen geschlechtsspezifisch unterschiedlich sein, wobei diese Auswirkungen in Gesellschaften mit großer Ungleichheit zwischen den Geschlechtern deutlich ausgeprägter sind, aber auch in Industrieländern auftreten. So zeigen Studien, dass während der Hitzeperiode 2003 in Europa deutlich mehr Frauen zu Tode gekommen sind – und zwar in allen Altersgruppen (Women's Environmental Network, 2010). Bei „Hurricane Mitch“ wiederum kamen in Zentralamerika mehr Männer unmittelbar ums Leben, da sie im Vergleich zu Frauen weniger Sicherheitsmaßnahmen ergriffen hatten als der Hurrikan durchzog, was mit risikoaffinem männlichen Verhalten in Verbindung gebracht werden kann (Demetriades und Esplen, 2010).

Armut ist in hohem Maße weiblich. Bei weiblichen Einpersonenhaushalten in Pension ist das Armutrisiko etwa doppelt so hoch wie jenes der Männer (Biffl, 2011; BMASK, 2011). Der weibliche Alltag ist häufig durch Mehrfachbelastungen gekennzeichnet, auch in Gesellschaften, in denen Geschlechtergerechtigkeit akzeptierte Norm ist. Versorgungs- und Hausarbeit wird in österreichischen Haushalten, selbst bei Vollerwerbstätigkeit beider Partner und Kindern im Haushalt, noch immer weitgehend von Frauen geleistet (Statistik Austria, 2009). Klimabedingte Preissteigerungen bei Energie und Lebensmitteln würden Frauen, denen die Verantwortlichkeit für Haus- und Versorgungsarbeit zugeschrieben wird, stärker belasten als Männer. Dies trifft in

besonderem Maße für Frauen zu, die armutsgefährdet sind, vor allem AlleinerzieherInnen. Diese Gruppe ist auch eine, deren finanzielle und soziale Ressourcen bei der Bewältigung von klimabedingten Ereignissen (z. B. thermischen Effekten) besonders eingeschränkt sind.

6.2.5 Auswirkung des Klimawandels auf Migrationsströme nach Österreich

Anhand der so genannten Klimaflucht wird deutlich, dass der Klimawandel weltweit Armut und soziale Ungleichheit verschärft (Beck, 2010; Schubert et al., 2008). Die Ursachen dafür sind mannigfaltig: lange Dürren, damit einhergehender Wasser- und Nahrungsmangel, Hitzewellen, der Anstieg des Meeresspiegels, Stürme etc. Die am stärksten betroffenen Regionen liegen zwar nicht in Österreich, aber die Auswirkungen können Österreich betreffen. In Zukunft wird verstärkt mit Migrationsströmen aus außereuropäischen, eventuell auch süd- und südosteuropäischen Ländern als Folge des Klimawandels zu rechnen sein. Migrationsziele werden Regionen in Südwest-, Mittel- und Nordeuropa, also auch Österreich sein, um den Klimabedingungen und den sich dadurch weiter verschlechternden Lebens- und Einkommensbedingungen in den Ursprungsländern zu entkommen und anderswo neue Chancen zu ergreifen.

2006 wurde für Österreich eine Nettoeinwanderungsquote von 3,5 Personen je 1 000 EinwohnerInnen (EW) angegeben, die Schätzung für 2009 liegt mit 2,5 Personen/1 000 EW etwas darunter (Erf et al., 2009). Österreichs Bundesländer gehören in Europa künftig zu den Regionen mit höheren Migrationsraten: für den Zeitraum 2045 bis 2050 wird mit Einwanderungsraten von 5–10 Personen aus außereuropäischen Ländern je 1 000 EW gerechnet. Die ESPON DEMIFER-Studie, nennt Staaten aus Süd-, Mittel und Nordeuropa als künftige Einwanderungsländer. Für Österreich wurden generell Zunahmen der außereuropäischen Migrationsraten von > 10 Personen je 1 000 EW geschätzt. Bloß für Niederösterreich wird ein etwas geringerer Zuwachs der Einwanderungsquote zwischen 5 und 10 Wandernde je 1 000 EW vorhergesagt (Erf et al., 2009).

Wanderungsziele für derartige Flüchtlinge, die immer auch Wirtschaftsflüchtlinge sind, werden vor allem die wirtschaftsstarke Regionen sein, wo eine größere Chance hinsichtlich besserer Arbeits- und damit Einkommensmöglichkeiten erwartet werden – in Österreich also vor allem der Raum Wien und die größeren Landeshauptstädte mit ihrem Umland.

Klimaflüchtlinge werden damit (auch) in Österreich vor allem in den Städten Arbeit und Wohnraum suchen. Als so-

zial Schwächste werden sie die klimabedingt größten Nachteile innerhalb der österreichischen Gesellschaft erleiden. Klimaflüchtlinge werden auf bereits in Österreich ansässige Menschen mit Migrationshintergrund treffen, die ohnehin schon zu den weniger privilegierten Bevölkerungsgruppen in Österreich zählen, da sie bei der Armutsgefährdung deutlich überrepräsentiert und durch eingeschränkte gesellschaftliche Teilhabechancen gekennzeichnet sind (BMASK, 2011). Daraus kann ein Konkurrenzkampf um Arbeitsplätze und Ressourcen entstehen.

Demokratiepolitisch kann klimabedingte Migration innergesellschaftliche Konflikte weiter verschärfen (Schubert et al., 2008), wenn verstärkt xenophobe Vorurteile ausgesprochen werden, welche gleichheitsbezogene Demokratieelemente unterminieren (Clausen, 2010). Darüber hinaus können Sprachbarrieren bei diesen Gruppen im Katastrophenfall besonders zu „Warnlücken“ führen.

6.2.6 Forschungsbedarf

Die sozialen Aspekte des Klimawandels konkret für Österreich sind nur unzureichend erforscht. Gerade die Aspekte Stadtklima und Klimakomfort – outdoor und indoor – sollten im Hinblick auf sozial benachteiligte Bevölkerungsschichten hinterfragt werden. Dem Aspekt der relativ höheren Kosten für Einkommensschwächere durch Effekte des Klimawandels (z. B. Anstieg der Nahrungsmittelpreise, Anstieg der Energiepreise) wird derzeit in keiner Weise Rechnung getragen. Hier besteht demnach ein erhöhter Forschungsbedarf.

6.3 Potenzielle ökonomische Auswirkungen des Klimawandels

6.3 Potential economic impacts of climate change

Die ökonomischen Auswirkungen des Klimawandels stehen spätestens seit dem Erscheinen des Stern-Reports (Stern, 2007) sowie des 4. Sachstandsberichts des IPCC (IPCC, 2007) im Zentrum des Interesses von Forschung und Politik. Politische EntscheidungsträgerInnen zeigen ein fundamentales Interesse an einer Erfassung der durch den Klimawandel bedingten Kosten (Watkiss, 2011). Ebenfalls gerät die finanzielle Sicherstellung der Finanzierung von Anpassungsmaßnahmen mehr und mehr in den Blickpunkt – sowohl auf internationaler Ebene im Rahmen des „Green Climate Funds“, als auch auf europäischer Ebene im Zuge der Erarbeitung der europäischen Anpassungsstrategie (EK, 2009) sowie in denjenigen Län-

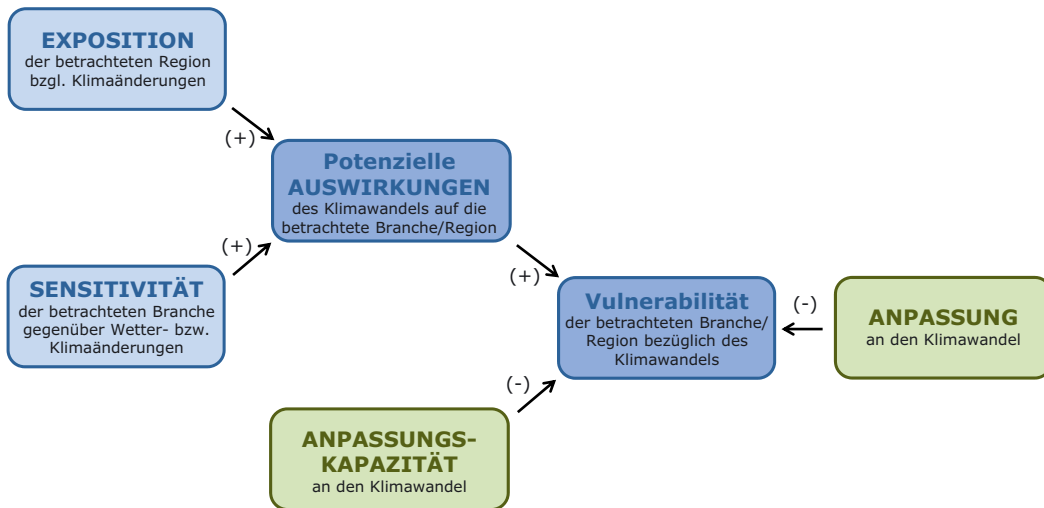


Abbildung 6.7 Potenzielle Auswirkungen des Klimawandels und Vulnerabilität bezüglich des Klimawandels. Adaptiert nach IPCC (2007)

Figure 6.7 Potential impacts of climate change and vulnerability to climate change. Adapted after IPCC (2007)

dern, die bereits den Prozess der Erstellung von Anpassungsstrategien begonnen bzw. abgeschlossen haben (siehe dazu BMLFUW, 2012).

Da bei der Drucklegung dieses Reports noch keine gesamt Darstellung der ökonomischen Effekte von Klimafolgeschäden in Österreich vorliegt, kann hier nur eine grobe Beurteilung unter Verwendung von Quellen für Europa, den Alpenraum und Österreich generell stattfinden.

6.3.1 Potenzielle ökonomische Auswirkungen des Klimawandels

Die potenziellen Auswirkungen (oder Folgen) des Klimawandels ergeben sich aus dem Zusammenwirken der Exposition einer Region gegenüber dem Klimawandel einerseits und andererseits der Sensitivität einer Region gegenüber diesen Veränderungen, wie in Abbildung 6.7 dargestellt (Füssel und Klein, 2006). Die Sensitivität hängt wiederum von den physischen, umweltbezogenen, sozialen, kulturellen und ökonomischen Charakteristiken einer Region ab. Somit kann der gleiche Klimastimulus in unterschiedlichen Regionen zu unterschiedlichen Auswirkungen führen, z. B. wenn eine Region stärker landwirtschaftlich oder touristisch geprägt ist als eine andere Region (ESPN Climate, 2011a). Die Vulnerabilität einer Region ergibt sich aus dem Zusammenspiel von Klimaauswirkungen und Anpassungskapazität, wobei die Anpassungskapazität die Fähigkeit, mit einem veränderten Klima umzugehen, bezeichnet (Füssel und Klein, 2006).

Unter den ökonomischen Auswirkungen des Klimawandels werden häufig die sektoralen Auswirkungen, die sich durch ein verändertes Klima ergeben, verstanden. Untersucht werden hier einerseits die Primärsektoren Land- und Forstwirtschaft,

sowie andere klimasensitive Sektoren wie Tourismus, Energiewirtschaft oder Wasserwirtschaft. Neben spezifischen Sektoren werden auch Auswirkungen auf Vermögensbestände („assets“) wie Infrastruktur (Hochwasserschutzbauten, Verkehrs- und Siedlungsstrukturen) sowie auf das Gesundheitssystem ermittelt. Die wesentlichen Methoden sind hier ökonometrische Modelle, sektorspezifische Optimierungsmodelle sowie Kosten-Nutzen-Analysen (Watkiss und Hunt, 2010).

Zusätzlich zu den ökonomischen Auswirkungen innerhalb der betroffenen Sektoren und Bereiche können die Auswirkungen auf vor- und nachgelagerte Sektoren sowie Verschiebungen der Nachfrage, z. B. infolge eines Preisanstiegs eines klimaabhängigen Gutes, mittels Input-Output- oder Computable General Equilibrium (CGE)-Modellen berücksichtigt werden (Rose, 2004). Je nach Stärke dieser sektoralen Verflechtungen können die Effekte auf den direkt betroffenen Sektor oder aber die gesamtwirtschaftliche Wirkung dominierend sein. Beispiele für Sektoren mit starker gesamtwirtschaftlicher Bedeutung sind etwa die Elektrizitätswirtschaft oder der Tourismus.

Im Unterschied zu den sektoralen (auch als „bottom up“ bezeichneten) Studien werden auch die aggregierten Auswirkungen des Klimawandels ermittelt, wobei hier von aggregierten oder sozialen Klimaschadenskosten gesprochen wird (Watkiss, 2011). Auf globaler oder kontinentaler Ebene erfolgt diese Abschätzung meist mittels sogenannter „Integrated Assessment“-Modelle (wie DICE FUND, PAGE oder MERGE), welche die vereinfachten Zusammenhänge zwischen klimatischen und ökonomischen Systemen abbilden. Als Modellergebnis dieser „Top-Down“-Modelle werden die Kosten des Klimawandels entweder als % des weltweiten Bruttoinlandsprodukts für eine vorgegebene Zielperiode, als diskontierte zukünftige

	Marktfähig (materiell)	Nicht-marktfähig (nicht-materiell)	Sozial beeinflusst
Vorhersage (z.B. Zunahme der Durchschnittstemperatur, Anstieg des Meeresspiegels)	Hochwasserschutz Veränderter Energiebedarf (Heizen, Kühlen)	Hitzestress Verlust von Feuchtgebieten	Regionale Kosten Investitionen
Begrenzte Risiken (z.B. Überflutungen, Dürre, ...)	Landwirtschaftliche Erträge Wasserverfügbarkeit Variabilität (Dürre, Überflutungen)	Ökosystemveränderungen Biodiversität Verlust von Leben Indirekte soziale Effekte	Relative Veränderungen (komparative Vor/Nachteile), Marktstrukturen
Systemveränderungen und unerwartete Ereignisse	Siehe oben, zusätzlich: Signifikanter Verlust von Land und Ressourcen Nicht-marginale Effekte	Soziale Effekte höherer Ordnung Regionaler Zusammenbruch Irreversible Verluste	Regionaler Zusammenbruch

Abbildung 6.8 Unsicherheiten bei der ökonomischen Bewertung der Auswirkungen des Klimawandels. Adaptiert nach Watkiss und Downing (2008)

Figure 6.8 Uncertainties in the economic evaluation of climate change impacts Adapted after Watkiss and Downing (2008)

Kosten für vorgegebene Szenarien, oder als Grenzschadenskosten (Kosten einer zusätzlich emittierten Einheit) ausgedrückt (Watkiss, 2011).

Während diese Zahlen für politische Diskussionen, z. B. über Reduktionsziele, hilfreich sein können, ist sie für konkrete Entscheidungen bezüglich der Anpassung an den Klimawandel nicht geeignet, da auf Grund der hohen räumlichen Aggregation Fragen der Verteilung der Auswirkungen zwischen Regionen und Sektoren nicht adressiert werden können. Sie verdeutlicht jedoch, dass auf Grund von Unsicherheiten und Risiken nur ein Teil der Auswirkungen des Klimawandels monetär bewertet werden kann (vgl. Abb. 6.8). Die meisten Studien beschränken sich bislang auf Auswirkungen, die durch Märkte widerspiegelt werden; nicht-materielle Auswirkungen, z. B. auf Ökosysteme, werden bestenfalls qualitativ erfasst. Ebenso werden in der Regel vor allem jene Auswirkungen bewertet, bei denen die klimatologischen Änderungssignale über verschiedene globale und regionale Klimamodelle hinweg einheitlich sind, während andere Auswirkungen, bei denen die Richtung der Änderung unsicher ist, bzw. Änderungen in der Intensität und Häufigkeit von Extremereignissen bislang nur unzureichend berücksichtigt werden. Sozial beeinflusste Veränderungen, die sich z. B. durch das Zusammenwirken von klimatologischen und sozio-ökonomischen Veränderungen ergeben, werden ebenso nur unzureichend berücksichtigt (Watkiss, 2011).

Weitere Schwierigkeiten stellen sich bei der Frage, ob und falls ja wie zukünftige Nutzen und Kosten diskontiert werden

sollen (Watkiss, 2011). Ein nicht triviales Problem stellt weiters die Vermeidung von Doppeltzählung, z. B. bei der Aggregation von regionalen Ergebnissen zu nationalen Ergebnissen oder bei der Aggregation von Schäden über mehrere Sektoren, dar (Metroeconomica, 2004). Die Frage der adäquaten räumlichen Auflösung der Studien ist insofern bedeutsam, als Nettoeffekte (Saldo aus Nutzen und Kosten) auf nationaler bzw. EU-Ebene schwach, die Bruttoeffekte sowie die Verteilung der Kosten und Nutzen auf verschiedene Regionen bzw. Gruppen jedoch durchaus bedeutsam sein können.

Aus diesen Defiziten ergibt sich ein Forschungsbedarf, sowohl international als auch für Österreich.

6.3.2 Quantifizierung ökonomischer Auswirkungen des Klimawandels

Die potenziellen ökonomischen Auswirkungen des Klimawandels ergeben sich aus den potenziellen physischen Auswirkungen des Klimawandels (Ertragsveränderungen, verändertes Wasserdargebot etc.) erfasst mit ihrem ökonomischen Wert (Preis von Getreide, Elektrizität etc.) (Metroeconomica, 2004). Somit müssen zunächst die physischen Auswirkungen des Klimawandels abgeschätzt werden, wobei hierbei direkte und indirekte Auswirkungen unterschieden werden (IPCC, 2007). Direkte Auswirkungen umfassen z. B. veränderte Schneehöhen, während indirekte Auswirkungen Änderungen der Skisaison oder der Nächtigungszahlen als Folge der direkten Auswirkungen darstellen.

Sowohl direkte als auch indirekte Auswirkungen können ökonomisch bewertet werden, wobei hier zu unterscheiden ist, ob es sich um eine Veränderung der Qualität eines Gutes oder einer Dienstleistung (vermindertes Skivergnügen, reduzierte Ökosystemdienstleistung) oder deren Quantität (veränderte Nachfrage) handelt (Metroeconomica, 2004). Weiters ist zu berücksichtigen, dass sich auch wirtschaftliche, technologische und politische Rahmenbedingungen verändern, weshalb die potenziellen ökonomischen Auswirkungen des Klimawandels relativ zu einem Referenz- oder Baseline-Szenario (Entwicklung ohne Klimawandel) ermittelt werden (Boyd und Hunt, 2006).

Die ökonomische Bewertung der potenziellen Auswirkungen des Klimawandels erfordert, dass die potenziellen direkten und indirekten Auswirkungen in ökonomische Werte übersetzt werden. Während indirekte Auswirkungen in der Regel sektorale Auswirkungen erfassen und somit Märkte für deren Bewertung existieren (bzw. marktähnliche Strukturen konstruiert werden können), sind einige direkte Auswirkungen des Klimawandels primär für Umweltsysteme relevant, deren Güter und Dienstleistungen nicht über Märkte gehandelt werden und daher schwer monetär fassbar sind. Soll diese Klasse von Auswirkungen bewertet werden, werden daher indirekte Bewertungsmethoden verwendet, wie Präventivausgaben oder Wiederherstellungskosten (Metroeconomica, 2004). In der Praxis werden jedoch häufig die ökonomischen Auswirkungen nicht quantitativ sondern nur qualitativ bewertet, indem z. B. Indizes der Betroffenheit gebildet werden (ESPN Climate, 2011b).

6.3.3 Ökonomische Auswirkungen des Klimawandels: Europa und die Alpen

Global betrachtet werden besonders folgende Länder und Regionen hohe Klimafolgekosten zu tragen haben (IPCC, 2007; UNDP, 2007):

- Jene Länder, die jetzt schon unter Klimavariabilität und etwa dem zeitlichen oder räumlichen Verschieben von Niederschlagszonen leiden.
- Jene Länder, die zunehmend von extremen Wetterereignissen und Witterungsperioden betroffen sein werden.
- Schließlich jene Länder, welche besonders verletzbare Wirtschafts- und instabile politische Strukturen (Schubert et al., 2008) aufweisen.

Zur ersten Gruppe sind besonders jene Länder und Regionen zu zählen, für die bereits jetzt Trockenheit der entscheidende limitierende Faktor ist. Dabei spielt eine wesentliche Rolle, dass diese Länder zumeist stark landwirtschaftlich geprägte

sowie zu entwickelnde Volkswirtschaften aufweisen und somit zugleich auch in die dritte Gruppe fallen sowie darüber hinaus besonders (finanziell und technologisch bedingt) niedrige Anpassungskapazitäten aufweisen.

Auf europäischer Ebene zeigt sich mit Blick auf die bisherigen Untersuchungen ein Auseinanderfallen zwischen Nord und Süd. Während für Nordeuropa etwa für die Sektoren Energie, Land- und Forstwirtschaft negative Klimafolgekosten zu erwarten sind bzw. allenfalls mit Opportunitätskosten zu rechnen ist, werden die Länder Südeuropas mit signifikanten Klimafolgekosten zu rechnen haben.

Die bislang untersuchten Kostenfaktoren auf europäischer Ebene sind dabei insbesondere:

- Landwirtschaftliche Erträge
- Forstwirtschaftliche Erträge
- Energiekosten
- Kosten durch den Meeresspiegelanstieg
- Kosten durch Überschwemmungen

Ökonomisch relevant erscheint insbesondere die Funktion der Alpen als Wasserspeicher für große Teile Europas. So ist zwar derzeit direkt in den Alpen kaum Wassermangel spürbar, jedoch können verminderte sommerliche Niederschläge und die abnehmende Kompensation selbiger durch die in ihrem Volumen stark zurückgehenden Gletscher die Wasserstände etwa an Rhein, Donau und Po auf Niedrigstände bringen, die viele Sektoren treffen und somit kostenrelevant werden etwa durch:

- Vermindertes Wasserdargebot für landwirtschaftliche Bewässerungszwecke,
- Erhöhte Wasseraufbereitungskosten durch geringere Verdünnungseffekte,
- Geringere Leistung von Wasserkraftwerken (EEA, 2012).

In der ESPON-Studie wurden die potenziellen Klimafolgen für Europa auf NUTS 3-Ebene untersucht und meist auf NUTS 2-Ebene dargestellt. Dabei wurde zwischen physischen Klimafolgen (primär Schäden an der Infrastruktur, vornehmlich durch Hochwasser und Sturmfluten/Meeresspiegelanstieg), Umweltfolgen (Erosionsprozesse, Biodiversitätsverluste, Waldbrand etc.), ökonomische Folgen (direkte Folgen für direkt klimaabhängige Sektoren Land-/Forstwirtschaft und Tourismus), soziale Folgen (direkte Folgen für die Bevölkerung durch Meeresspiegelanstieg, Hochwassergefahr und Hitzewellen) sowie Folgen für Kulturgüter (insbesondere in Küstenstädten Südeuropas) differenziert.

Diese Gliederung limitiert die Betrachtung der Wechselwirkungen zwischen Umwelt- und ökonomischen Folgen und negiert die Einbeziehung indirekter Effekte (z. B. Produktionsausfälle durch Infrastrukturschäden). Sie zeigt zudem Einschränkungen durch die Wahl lediglich eines Klimamodells (CCLM) und Emissionsszenarios (A1B) sowie des Betrachtungszeitraums 2071 bis 2100, unterstreicht aber die Klimafolgentrennung zwischen Nord- und Südeuropa.

Die Regions 2020-Studie (ÖIR et al., 2011) untersucht ebenfalls Vulnerabilitäten gegenüber dem Klimawandel bis 2020 in Europa auf NUTS 2-Ebene. Vulnerabilitäten werden hier für die Bereiche Land- und Forstwirtschaft, Ökosysteme, Naturgefahren und Gefährdung von Küsten, Gesundheit und Hitzewellen, Wasserabhängigkeit und Sommertourismus anhand von mehreren Indikatoren für Exposition, Sensitivität und Anpassungskapazität abgeschätzt. Danach werden die Regionen nach Ähnlichkeiten in Sensitivität und Anpassungskapazität gruppiert, um zu einer gesamthaften Einschätzung der Vulnerabilität gegenüber dem Klimawandel zu kommen. Diese unterschiedlich vulnerablen Regionen in Europa sind (vgl. regions2020.oir.at/ für interaktive Karten):

- Regionen, die auf den Klimawandel vorbereitet sind: einerseits atlantische Regionen (Großbritannien, Irland,

Norwegen sowie Teile von Finnland), andererseits kontinentaleuropäische Regionen mit hoher Anpassungskapazität (Frankreich, Deutschland, Dänemark, Niederlande mit Ausnahme der Küstengebiete).

- Regionen, die verstärkt durch hydrologische Ereignisse betroffen sind: hohe Sensitivität aufgrund des Schwerpunkts auf Wasserkraft einerseits im Alpenraum und Skandinavien (Österreich, Slowenien, Schweden), andererseits in einigen atlantischen Küstenregionen Kontinentaleuropas (Gefahr von Sturmfluten).
- Regionen, die ein Anpassungsdefizit aufweisen: Polen (auf Grund von Defiziten in der Umsetzung der Habitat-Richtlinie) sowie andere osteuropäische Staaten und EU-Beitrittskandidaten.
- Regionen, die durch mehrfache signifikante Vulnerabilitäten charakterisiert sind: Küstengebiete (hohe Exposition gegenüber Stürmen) sowie Gebiete im Landesinneren (infolge geringerer Wasserverfügbarkeit) in Südeuropa (Spanien, Portugal, Italien, Kroatien, Griechenland). Die multiplen Vulnerabilitäten betreffen hier die Abhängigkeit von Bewässerung in der Landwirtschaft und Industrie, die Gefährdung großer natürlicher Lebensräume, die Zunahme von Hitzewellen sowie die Bedeutung als Tourismusregion.

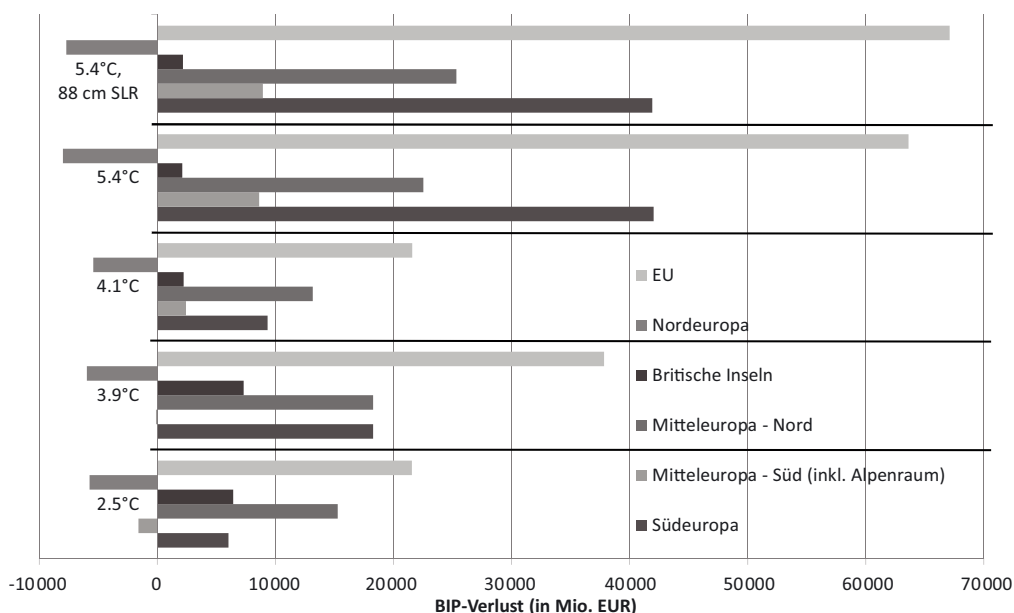


Abbildung 6.9 BIP-Verluste in den fünf PESETA-Regionen für die fünf PESETA-Szenarien. Die Schäden des modellierten 2080er-Klimas wurden dabei in die heutige EU-Volkswirtschaft projiziert.

Mitteleuropa-Nord = Deutschland, Belgien, Niederlande, Luxemburg, Polen; Mitteleuropa-Süd = Frankreich, Österreich, Tschechien, Slowakei, Ungarn, Slowenien, Rumänien; Nordeuropa = Dänemark, Schweden, Finnland, Estland, Lettland, Litauen; Southern Europe = Spanien, Italien, Griechenland, Bulgarien; Britische Inseln = Großbritannien, Irland. Quelle: Ciscar et al., 2010b, PNAS 108/7, 2678–2683

Figure 6.9 BIP losses in the five PESETA regions and for the five scenarios. The damages of 2080s climate have been projected in today's economy. Source: Ciscar et al. (2010b), PNAS 108/7, 2678–2683

Ein weiterer Beleg für die mögliche Verschärfung der Disparitäten zwischen Nord-/Mitteleuropa einerseits und Süd-/Osteuropa andererseits sind die Resultate der PESETA-Studie. Im Zuge von PESETA wurden die Sektoren bzw. regionalen Schwerpunkte Landwirtschaft, Flusseinzugsgebiete (Hochwasser), Küsten (Meeresspiegelanstieg/Sturmfluten), Tourismus und Gesundheit analysiert. Neben direkten Effekten wurden dazu auch mittels CGE-Modellierung indirekte Effekte untersucht (Ciscar et al., 2010a).

Modelliert wurden im Zuge von PESETA die Klimafolgen und deren ökonomische Auswirkungen des Klimas der 2080er Jahre in der Jetztzeit. Dadurch wurden die enormen Unsicherheiten, die sich aus dem sozio-ökonomischen Strukturwandel ergeben, bewusst vermieden. Zugrunde gelegt wurden bei der Modellierung die SRES-Szenarien A2 und B2, welche mit ECHAM5-RCAO sowie HADCM3-HIRHAM angetrieben wurden. Die sich daraus ergebenden vier Szenario-Konstellationen wurden der Anschaulichkeit halber mit Temperaturwerten belegt ($2,5^{\circ}\text{C}/3,9^{\circ}\text{C}/4,1^{\circ}\text{C}/5,4^{\circ}\text{C}$) und das $5,4^{\circ}\text{C}$ -Szenario zudem mit einem stärkeren Meeresspiegelanstiegsszenario (88 cm) zu einem fünften Szenario verbunden. (Ciscar et al., 2010a).

Das Ergebnis (vgl. Abbildung 6.9) entspricht in weiten Teilen den ESPON-Darstellungen, erlaubt jedoch darüber hinaus eine ökonomische Bewertung, die in absoluten BIP-Verlusten dargestellt wurde.

Wesentliche Fortschritte bei der Abschätzung von Klimafolgekosten im europäischen Maßstab wurden im Zuge des EU-FP7-Projekts „ClimateCost“ erzielt (ClimateCost, 2010). Die Schwerpunkte für die Darstellung der Kosten lagen dabei auf den Sektoren Energie, Landwirtschaft und Gesundheit sowie – ähnlich wie bei PESETA – auf den regionalen Schwerpunkten Küsten und Flusseinzugsgebiete.

Im Gegensatz zu PESETA wurden die Ergebnisse jedoch in drei Zeitschnitten (2020er, 2050er und 2080er Jahre) modelliert und größtenteils in jährlich zu erwartenden Schäden (in €, nicht diskontiert) dargestellt. (Watkiss, 2011)

Besonders hohe Kosten wurden dabei für hochwasserbedingte Schäden ermittelt. Diese mit Hilfe von LISFLOOD modellierten Schäden liegen demzufolge für das mittlere A1B-Szenario in den EU-27 bei rund 20 Mrd. €/Jahr in den 2020er Jahren, 46 Mrd. €/Jahr in den 2050er Jahren und bei 98 Mrd. €/Jahr in den 2080er Jahren.

Eine europapolitisch wesentliche Aussage aller Projekte, die sich mit den ökonomischen Folgen des Klimawandels auf kontinentaler Ebene befassen, besteht darin, dass die Risiken im Süden und die Chancen im Norden Europas liegen:

- Während demnach Südeuropa aufgrund vermehrter Dürren und Trockenperioden um land- und forstwirtschaftliche Potenziale bangen muss, können nordeuropäische Länder Ihre Grenzertragsregionen temperaturbedingt in Richtung Norden bzw. vertikal ausdehnen.
- Während Nordeuropa sinkende Heizkosten verzeichnen wird, werden die (marginalen) Heizkostensparnisse in Südeuropa ganz klar durch vermehrten Kühlungsbedarf aufgezehrt und in einigen Ländern gegebenenfalls überkompensiert. (Mima, Criqui und Watkiss, 2011).

Zusammenfassend können folgende Ergebnisse festgehalten werden. Bezüglich klimatischer Veränderungen wurden Vulnerabilitäten auf europäischer Ebene vor allem für die Bereiche Land- und Forstwirtschaft, Energie, Gesundheit sowie Überschwemmungen (an Küsten und Flüssen) untersucht. Es bestehen somit inhaltliche Lücken, da nur ausgewählte Auswirkungen untersucht wurden. Weiters bestehen methodische Lücken, da die Mehrzahl der Studien nur wenige Klimaszenarien berücksichtigt und viele erforderliche Daten für die Abschätzung regionaler Auswirkungen nicht in entsprechend hoher räumlicher Auflösung vorliegen. Viele Studien beschränken sich zudem auf Abschätzungen der Vulnerabilität und wenn die Auswirkungen des Klimawandels ebenfalls erfasst werden, dann werden häufig sozio-ökonomische Veränderungen, die das Ausmaß der Folgen mit beeinflussen, nicht oder nur unzureichend berücksichtigt. Es bedarf somit zusätzlicher Forschung, um diese Lücken zu schließen, vor allem um von einer Abschätzung der Vulnerabilität zu einer Abschätzung der ökonomischen Auswirkungen des Klimawandels, unter Berücksichtigung sonstiger gesellschaftlicher Veränderungen, zu gelangen.

6.3.4 Ökonomische Auswirkungen des Klimawandels: Erste Ergebnisse für Österreich

Die Lage Österreichs lässt sich bezüglich der zu erwartenden Klimafolgekosten im europäischen Kontext wohl am besten mit „intermediär“ umschreiben (ÖIR, 2011).

Einerseits wird die zu erwartende höhere Volatilität im Niederschlagsregime primär die Land- und Forstwirtschaft (mit Einschränkungen auch die Energie- und Wasserwirtschaft) der östlichen und südöstlichen Landesteile betreffen, während andererseits die potenzielle Zunahme extremer Niederschlagsereignisse sowie deren mittelbare Folgen (Überschwemmungen und Massenbewegungen) vor allem im alpinen und voralpinen Raum sowie in einigen Flusstälern hohe Schadenspotenziale für die Infrastruktur zeitigen wird. Die Schadens-

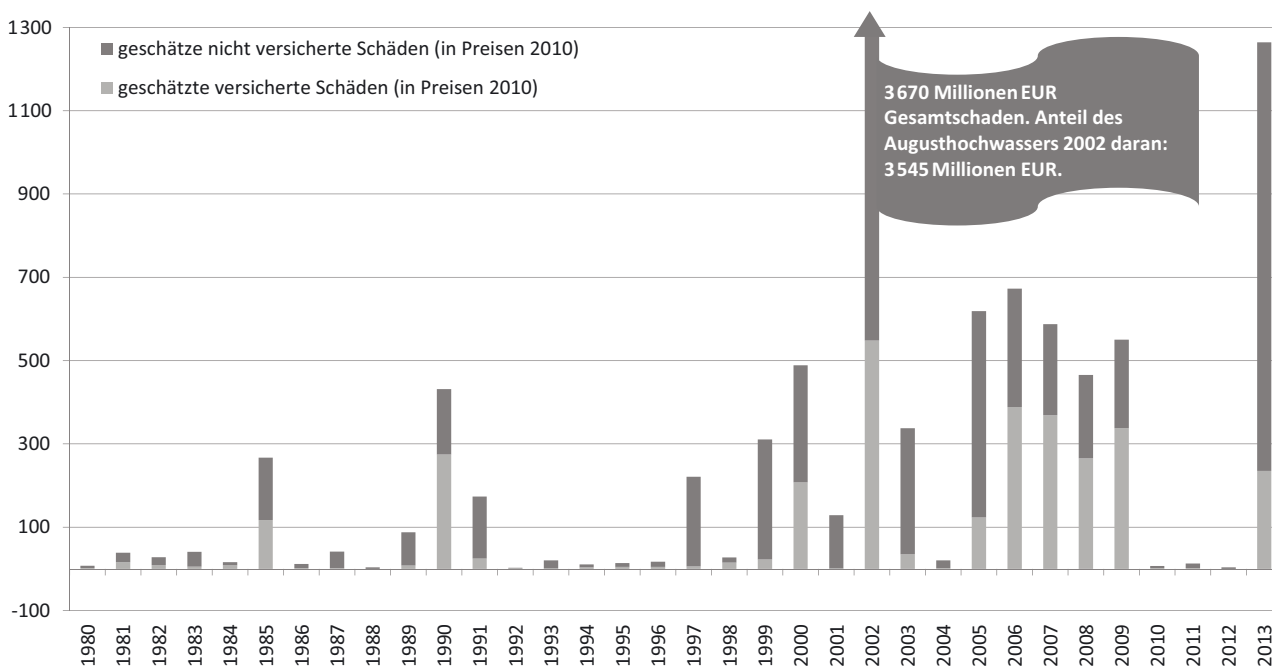


Abbildung 6.10 Direkte Schäden durch meteorologische Extremereignisse in Österreich in den letzten 32 Jahren (in Preisen von 2010). Quelle: © 2014 Munich Re, Geo Risks Research, NatCatSERVICE

Figure 6.10 Direct damages of meteorological extreme events in Austria for the last 32 years (2010 prices). Source: © 2014 Munich Re, Geo Risks Research, NatCatSERVICE

daten der Munich Re der letzten 32 Jahre für Österreich geben einen wichtigen Anhaltspunkt, wie groß das Schadenspotenzial durch Überschwemmungen, Stürme, Massenbewegungen, Hitze- und Kältewellen ist. Die vom Munich Re/NatCat-Service für Österreich ausgewiesenen Gesamtschäden durch extreme Wetterereignisse (vgl. Abbildung 6.10) liegen für 1980 bis 2013 bei rund 10,6 Mrd. € (in Preisen von 2010). Dabei gibt es einen stark ansteigenden Trend der mittleren jährlichen Schäden, die 1981 bis 1990/1991 bis 2000/2001 bis 2010 bei rund 97/129/706 Millionen € lagen. Dafür sind jedoch sowohl meteorologische Ereignisse (Anzahl und Intensität) verantwortlich, als auch die Exposition von Sachwerten. Insbesondere die Hochwasser 2002 (ca. 3,5 Mrd. €), 2005 (knapp 0,6 Mrd. €) und 2013 (knapp 0,7 Mrd. €) sowie mehrere starke Winterstürme mit Schäden von jeweils mehreren hundert Millionen € schlugen seit 2002 zu Buche.

Dabei handelt es sich lediglich um die direkten Schadenskosten, die durch Wiederherstellung und Reparaturen anfielen. Indirekte Folgewirkungen sind hierbei nicht erfasst.

Ebenfalls sind nur größere und größtenteils kurze Ereignisse erfasst. Damit verbleiben bei diesen Zahlen viele kleine und auch sich langsam aufbauende Schäden (durch extreme Witterungsperioden) vielfach unberücksichtigt.

Mit hoher Wahrscheinlichkeit muss davon ausgegangen werden, dass die winterliche Schneedecke immer größere zeitliche und räumliche Lücken aufweisen wird und damit Kosten in Form von geringerer Betten-, Lift und Gastronomieauslastung entstehen. Andererseits sollten sich die ökonomischen Folgewirkungen des Klimawandels in Österreich zumindest in den nächsten Dekaden in einem Rahmen bewegen, der in etwa zwischen den signifikanten ökonomischen Folgen und Kosten Südeuropas und den moderaten Nordeuropas liegen könnte (vgl. Abschnitt 6.3.3 zu den Ergebnissen nach europäischen Regionen).

Zu den Auswirkungen des Klimawandels in ausgewählten Sektoren vergleiche Abschnitte 6.4–6.7.

6.3.5 Zusammenhang mit Klimawandelanpassung

Grundsätzlich kann der Zusammenhang zwischen Klimafolgekosten, Kosten und Nutzen von Anpassungsmaßnahmen und Residualschäden nach Anpassung wie in Abbildung 6.11 dargestellt werden (Stern et al., 2007). Somit kann Anpassung die Kosten des Klimawandels reduzieren, jedoch in der Regel unvollständig, weshalb man von Residualschäden spricht. Entscheidend hierbei sind die Verläufe für die rote und grüne Kur-

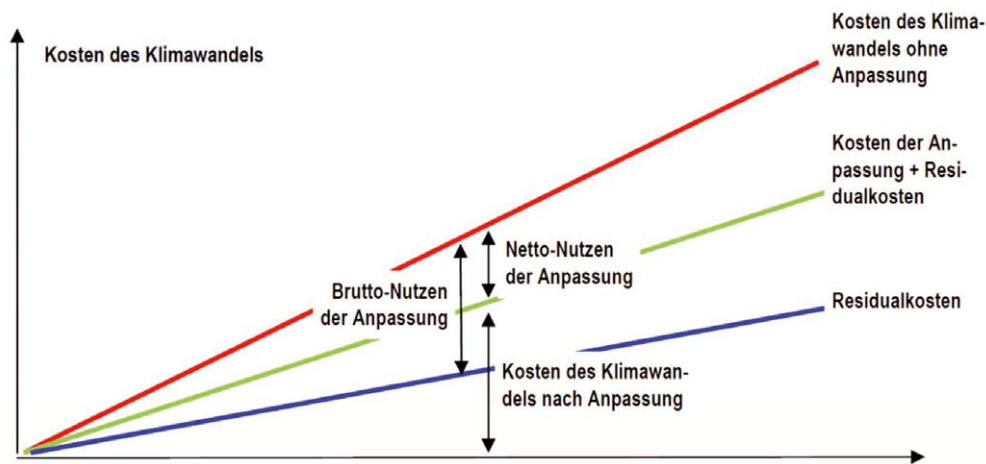


Abbildung 6.11 Kosten des Nichthandelns, Kosten der Anpassung, Residualschäden und Brutto-/Nettonutzen von Anpassungsmaßnahmen bei (idealisierter) konstanter Zunahme klimatischer Schadenstrigger im Laufe der Zeit. Quelle: Stern (Hrsg.), 2007, übersetzt

Figure 6.11 Cost of inaction, cost of adaptation, residual costs and gross/net benefit of adaptation measures. Source: Stern (ed.), 2007, translated

ve (in der Abbildung idealisiert als Geraden dargestellt), da die Differenz zwischen Beiden den Nettonutzen der Anpassung darstellt und somit als wesentliche Entscheidungshilfe für die Investition in Anpassung gelten muss. Der Anpassungsbedarf wird in Band 3, Kapitel 1–5 für Österreich insgesamt sowie für einzelne Sektoren (Land- und Forstwirtschaft, Energie, Verkehr, Industrie, Gebäude) behandelt.

6.4 Auswirkungen des Klimawandels auf den Tourismus

6.4 Climate change impacts on tourism

Der Tourismus ist ein bedeutender Wirtschaftszweig in Österreich. Der Beitrag zum BIP im Jahre 2008 betrug 4,9 % bzw. 7,5 % mit Berücksichtigung der indirekten Effekte (Statistik Austria et al., 2011). Da Tourismus mit Ausnahme des Städtetourismus vor allem abseits der wirtschaftlichen Zentren stattfindet, ist er in vielen vor allem ländlichen und alpinen Regionen ein wichtiger Wirtschaftszweig. Aufgrund der großen Bedeutung natürlicher Rahmenbedingungen – darunter auch das Wetter/Klima – für den Großteil touristischer Aktivitäten und Attraktionen, ist die Sensitivität des Sektors gegenüber klimatischen Veränderungen als sehr hoch einzustufen (Becken und Hay, 2007; Gössling und Hall, 2006; Scott, 2006). Veränderungen dieser natürlichen Gegebenheiten können dazu führen, dass sich die Rahmenbedingungen für bestimmte touristische Produkte verändern – zum Guten wie zum Schlechten. Für den Wintertourismus sind, aufgrund sich verschlechternder Schneebedingungen und steigender Beschneigungskosten, überwiegend negative Konsequenzen zu erwarten. Der Sommertourismus könnte allerdings von trockeneren, wärmeren klimatischen Verhältnissen profitieren, wohingegen der Städtetourismus in den

Hitzemonaten benachteiligt sein, in den Übergangsjahreszeiten jedoch profitieren könnte.

In Bezug auf Tourismusthemen ist zu erwarten, dass vor allem die Aktivitäten Wandern, Wassersport/Baden, Golf, Rad/Mountainbike vom Frühjahr bis in den Herbst vom Klimawandel profitieren könnten. Geschäftstourismus und Kulturthemen sind vermutlich weniger von klimatischen Änderungen betroffen, schnee-basierte Aktivitäten im Winter sind dagegen tendenziell negativ betroffen (Formayer und Kromp-Kolb, 2009a). Einige dieser Themen, zu denen detailliertere Studien existieren, werden in Folge näher erläutert.

6.4.1 Städtetourismus

Tourismusaktivitäten in Städten (z. B. Sightseeing, Kongress-tourismus, Kulturtourismus) haben eine relativ geringe Wettersensitivität (Fleischhacker und Formayer, 2007). Die Auswirkungen des Klimawandels auf den Städtetourismus müssen als indifferent bezeichnet werden, da wärmere Verhältnisse den Tourismus vor allem in den Übergangsjahreszeiten durchaus begünstigen, vermehrt auftretende Hitzewellen (vgl. Band 1, Kapitel 4) in den Sommermonaten sich dagegen potenziell negativ auswirken könnten (Alex et al., 2011). Lag die Anzahl der Hitzetage ($T_{\max} \geq 30^\circ\text{C}$) in Wien im Zeitraum 1976 bis 2005 noch bei rund 12 Tagen, so würde sich dies bei Verwendung des ECHAM5-Modells im A1B-Szenario im Zeitraum 2010 bis 2039 bereits auf 17 bis 20 Tage erhöhen, im Zeitraum 2036 bis 2065 gar auf 26 bis 29 Tage (Moshhammer et al., 2006). Neben der Erhöhung der Sterblichkeitsrate (Abschnitt 6.1.1), könnte sich dies auch negativ auf den Tourismus auswirken.

Eine Befragung in Wien an Folgetagen eines heißen Tages zeigte allerdings, dass immerhin ein Drittel der Befragten ihr Programm aufgrund der Hitze geändert hat. Parks und Gastgärten wurden vermehrt aufgesucht, während bauliche Se-

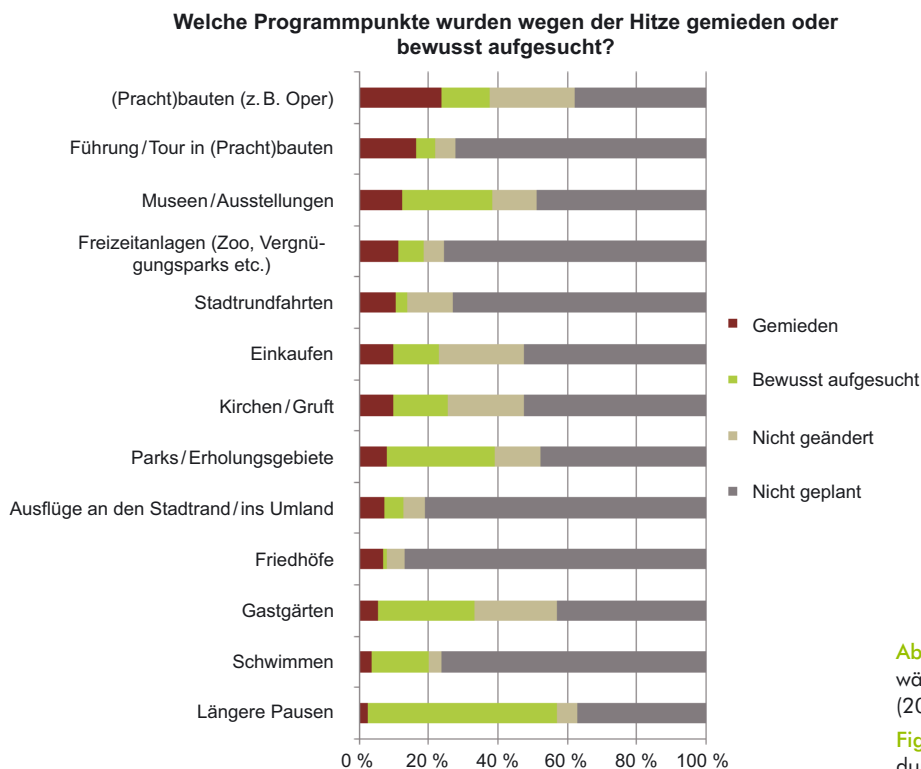


Abbildung 6.12 Attraktivität von Programmpunkten während einer Hitzewelle in Wien. Quelle: Alex et al. (2011)

Figure 6.12 Perceived attraction of points of interest during a heat wave in Vienna. Source: Alex et al. (2011)

henswürdigkeiten eher gemieden wurden (Abbildung 6.12). Eine negative Auswirkung der Hitzebelastung auf die Zufriedenheit und die touristische Nachfrage konnte nicht festgestellt werden (Alex et al., 2011).

6.4.2 Bade- und Erholungstourismus

Der Bade- und Erholungstourismus ist durch eine hohe Wettersensitivität geprägt, klimatische Änderungen haben also einen potenziell hohen Einfluss auf die touristische Nachfrage. So wurde für die Sommermonate ein eindeutiger Zusammenhang zwischen kühlen Tagen und unterdurchschnittlicher Nachfrage nachgewiesen. Der positive Einfluss von Schönwetter ist bei der Inlandsnachfrage stärker ausgeprägt, als bei der Auslandsnachfrage. Dies dürfte vor allem auf das spontanere Buchungsverhalten von Inlandsgästen zurückzuführen sein (Fleischhacker und Formayer, 2007).

Durch steigende Temperaturen sowie geringere Niederschlagshäufigkeit bestehen grundsätzlich Chancen für den Bade- und Erholungstourismus (Formayer und Kromp-Kolb, 2009a), allerdings könnten sich häufigere Niedrigwasserstände etwa im Donaubereich negativ auswirken (Fleischhacker und Formayer, 2007). Niedrigwasserstände an Seen scheinen von Urlaubenden nicht negativ aufgenommen zu werden (Pröbstl et al., 2007), Extremereignisse, bei denen die Zugänglichkeit

des Sees nicht mehr ausreichend gegeben ist oder Wasserportarten nicht mehr ausgeübt werden können, könnten sich jedoch negativ auf die Nachfrage auswirken. Nur wenige aufeinander folgende Trockenjahre (vergleichbar mit 2003) würden z. B. ausreichen, um den Neusiedler See weitgehend auszutrocknen (Pröbstl et al., 2007). Die Wiederkehrwahrscheinlichkeiten von einem Pegelstand von 115,0 cm wie im Sommer 2003 lag in der Periode 1991 bis 2004 bei 1,4 %. Klimaprojektionen für 2020 und 2040 lassen diese Wiederkehrwahrscheinlichkeiten auf 5,8 bzw. 11,4 % ansteigen (Pröbstl et al., 2007).

6.4.3 Berg-/Alpiner Tourismus

Für den Bergtourismus sind mit Abstand die meisten Studien verfügbar. Dies liegt vor allem einerseits an der großen Bedeutung dieses Sektors in vielen alpinen Regionen und andererseits an den wenigen wirtschaftlichen Alternativen in diesen Regionen.

Sommertourismus

Für den alpinen Sommertourismus werden überwiegend positive Auswirkungen durch den Klimawandel erwartet, z. B. eine Wiederbelebung der Sommerfrische (Abegg und Steiger, 2011). Dies wird zum einen durch eine länger werdende Som-

mersaison und generell trockenere und wärmere Verhältnisse begründet, zum anderen wird angenommen, dass das Mittelmeer als derzeit wichtigste Sommerdestination in Europa aufgrund zunehmender Hitzewellen an Attraktivität einbüßen wird (Amelung und Viner, 2006; Ehmer und Heymann, 2008; UNWTO/UNEP, 2008) und die kühleren Alpen zum Teil als Ersatzdestination gewählt werden.

Während der Periode 1978 bis 2007 zeigte sich eine Zunahme der Zahl der Sommertage ($T_{\max} \geq 25^\circ\text{C}$) und der schwülen Tage, wohingegen die Anzahl der kühlen Tage ($T_{\max} < 20^\circ\text{C}$) zurückgegangen ist (Krajasits et al., 2008). Bei einer sehr wahrscheinlichen Fortsetzung dieses Trends (Matzarakis et al., 2007) könnten die früher schneefrei werdenden niedriger gelegenen Regionen im Frühjahr profitieren, höhergelegene Regionen hingegen eher im noch länger schneefreien Herbst (Krajasits et al., 2008).

Der überdurchschnittlich heiße Sommer 2003 hatte einen positiven Effekt auf den alpinen Sommertourismus. So stieg z. B. in der Schweiz die Anzahl an Tagesausflügen in balunagsnahe Bergregionen (OcCC, 2007). Serquet und Rebetez (2011) konnten einen deutlichen Zusammenhang zwischen hohen Temperaturen im Schweizer Flachland und dadurch steigenden Nächtigungen in Schweizer Bergdestinationen nachweisen. In Österreich lagen die Nächtigungen im Sommer 2003 um 1,8 % höher als der Durchschnitt der Jahre 2002 und 2004 (Fleischhacker und Formayer, 2007).

Neben den direkten Auswirkungen der Temperatur- und Niederschlagsänderungen, werden auch indirekte Auswirkungen auf den Tourismus erwartet. Hierbei werden Änderungen am Landschaftsbild (z. B. Gletscherrückzug, Anstieg der Baumgrenze) generell als negativ eingeschätzt, was den potenziell positiven direkten Effekten entgegen wirken könnte (Scott et al., 2007; Scott et al., 2008). Eine Zunahme von Naturgefahren (z. B. Steinschlag, Muren) ist aufgrund von auftauendem Permafrost und steigender Niederschlagsintensität wahrscheinlich (Behm et al., 2006; Lieb et al., 2010). Da Sicherheitsaspekte eine wichtige Rolle in der Wahrnehmung alpiner SommertouristInnen einnehmen, könnte sich eine Erhöhung des Gefährdungspotenzials auf alpinen Wegen negativ auf die touristische Nachfrage auswirken (Pröbstl und Damm, 2009). Bei einer Befragung von über 800 ÖsterreicherInnen gaben rund 30 % an, dass sie bei einer Abfolge von mehreren extrem heißen Sommern mit unattraktiven Bedingungen am Mittelmeer die heimischen Seen für einen Badeurlaub bevorzugen würden. Rund ein Sechstel würde statt Strand- / Badeurlaub einen Wander- / Bergurlaub machen (Fleischhacker et al., 2009).

Auch wenn eine Nachfragersteigerung im alpinen Sommertourismus aufgrund stabilerer und wärmerer Wetterverhältnis-

se plausibel erscheint, sei dennoch darauf hingewiesen, dass die Renaissance der Sommerfrische derzeit wissenschaftlich noch nicht nachgewiesen werden kann. Fundierte Schätzungen zum Nachfragepotenzial, das sich durch einen zu heißen Mittelmeerraum ergeben könnte, existieren ebenso wenig. Hierbei ist auch zu beachten, dass es sich um zwei grundlegend verschiedene touristische Produkte handelt, die zum Teil auch unterschiedliche Zielgruppen ansprechen (Abegg und Steiger, 2011).

Schnee-basierter Wintertourismus

Der Wintertourismus in Österreich, mit dem Hauptzweck Wintersport (Skifahren, Snowboarden, Langlaufen), ist in hohem Maße schneeabhängig. Ein direkter Zusammenhang zwischen Schneebedingungen und Übernachtungen konnte für österreichische Skidestinationen nachgewiesen werden (Falk, 2010; Töglhofer et al., 2011).

Die Auswirkungen des Klimawandels auf den schnee-basierten Wintertourismus werden weltweit generell als negativ eingestuft (Scott, 2006). Im Alpenvergleich wurde die künftige natürliche Schneesicherheit österreichischer Skigebiete schlechter eingestuft, als die Frankreichs oder Italiens (Abegg et al., 2007), diese Studie berücksichtigt jedoch nur die Anzahl der betroffenen Skigebiete und nicht deren Transportkapazität, wie es nötig wäre um die Auswirkung auf die Nachfrage abschätzen zu können. Zudem bestehen aufgrund von Unterschieden in den klimatischen Verhältnissen, der Höhenlage der Skigebiete und der wirtschaftlichen Bedeutung des Wintertourismus auch innerhalb Österreichs große regionale Unterschiede in der Klimasensibilität. So ist zwar im Osten Österreichs früher mit negativen Folgen für die Skigebiete zu rechnen als im Westen, jedoch ist der gesamtwirtschaftliche Schaden dieser Entwicklung im Westen aufgrund der größeren Abhängigkeit von dieser Branche deutlich höher als im Osten (Breiling et al., 1997).

Hochgelegene Destinationen profitieren dagegen tendenziell in schneearmen Jahren. Jedoch wurde auch festgestellt, dass sich der Zusammenhang im Zeitraum 1972/73 bis 2006/07 abgeschwächt hat, was auf die Verbreitung der künstlichen Beschneieung zurückzuführen ist (Töglhofer et al., 2011). In vielen der bisherigen Studien wurde diese in der Folgenabschätzung für den Wintertourismus bisher nicht berücksichtigt. Bei einem Anteil beschneibarere Pistenflächen von knapp 60 % in der Saison 2012/13 (WKO, 2012) reicht eine alleinige Betrachtung der Naturschneeverhältnisse nicht aus.

Die konventionelle Beschneieungstechnologie ist auf ausreichend kühle Temperaturen angewiesen. Steigende Tempera-

turen bedeuten somit eine Verschlechterung der klimatischen Rahmenbedingungen. Diese können in Österreich in Regionen mit unterschiedlichen klimatischen Einflüssen (atlantisch, mediterran, kontinental) auch auf gleicher Seehöhe deutlich differieren (Prettenthaler et al., 2009b). Klimaprojektionen in Verbindung mit Beschneigungsmodellen zeigen, dass die derzeitige Beschneigungstechnologie Betriebsausfälle im Hochwinter bis 2025 (Periode 2011 bis 2040) weitgehend verhindern kann. Bis 2050 (Periode 2036 bis 2075) wären durch die zum Teil massiv steigenden Betriebsausfälle höhere Beschneigungsintensitäten und/oder andere, neue Technologien nötig (Formayer et al., 2011).

Für die Region Schladming konnte gezeigt werden, dass die sensibelste Höhenlage nicht zwangsläufig die Tallage sein muss, sondern – je nach lokalen klimatischen Verhältnissen – sich in mittleren Höhen im Bereich der Mittelstationen befinden kann. Gründe hierfür sind zum einen eine häufige Inversionslage, mit im Hochwinter höheren Temperaturen im Mittelstationsbereich als im Talbereich, und zum anderen die größere skitechnische Bedeutung der Abfahrten an die Mittelstation, ohne die das Skigebiet nicht durchgehend befahrbar

wäre, wohingegen auf einzelne Talabfahrten in außergewöhnlich schneearmen Situationen auch verzichtet werden könnte (Formayer et al., 2009).

Analysen auf Bundeslandebene (Steiger und Abegg, 2011, 2013) zeigen unter Berücksichtigung gegenwärtiger Beschneigungstechnologie eine regional deutlich unterschiedliche Sensitivität der Skigebiete gegenüber klimatischen Änderungen (Abbildung 6.13).

Die übliche 100-Tage-Regel (Skibetrieb an mindestens 100 Tagen) ist in Ostösterreich schon ab einer Erwärmung von 1°C im Vergleich zur Referenzperiode 1961 bis 1990 kaum mehr erfüllt. Nach Westen hin nimmt die Sensitivität ab. Jedoch wären bei einer Erwärmung von 2°C nur mehr 64 % der österreichischen Skigebiete als schneesicher (100-Tage-Regel) zu bezeichnen, bei einer Erwärmung um 4°C lediglich 16 % der Skigebiete. Die Schneeproduktion müsste zur Aufrechterhaltung einer 100-Tage-Saison im Österreichschnitt bei +2°C um 113 % und bei +4°C um 425 % gesteigert werden (Steiger und Abegg, 2011). Derartige Steigerungen werden für eine Vielzahl der Skigebiete ökonomisch nicht tragbar sein, ganz abgesehen von ökologischen Aspekten und der dazu notwen-

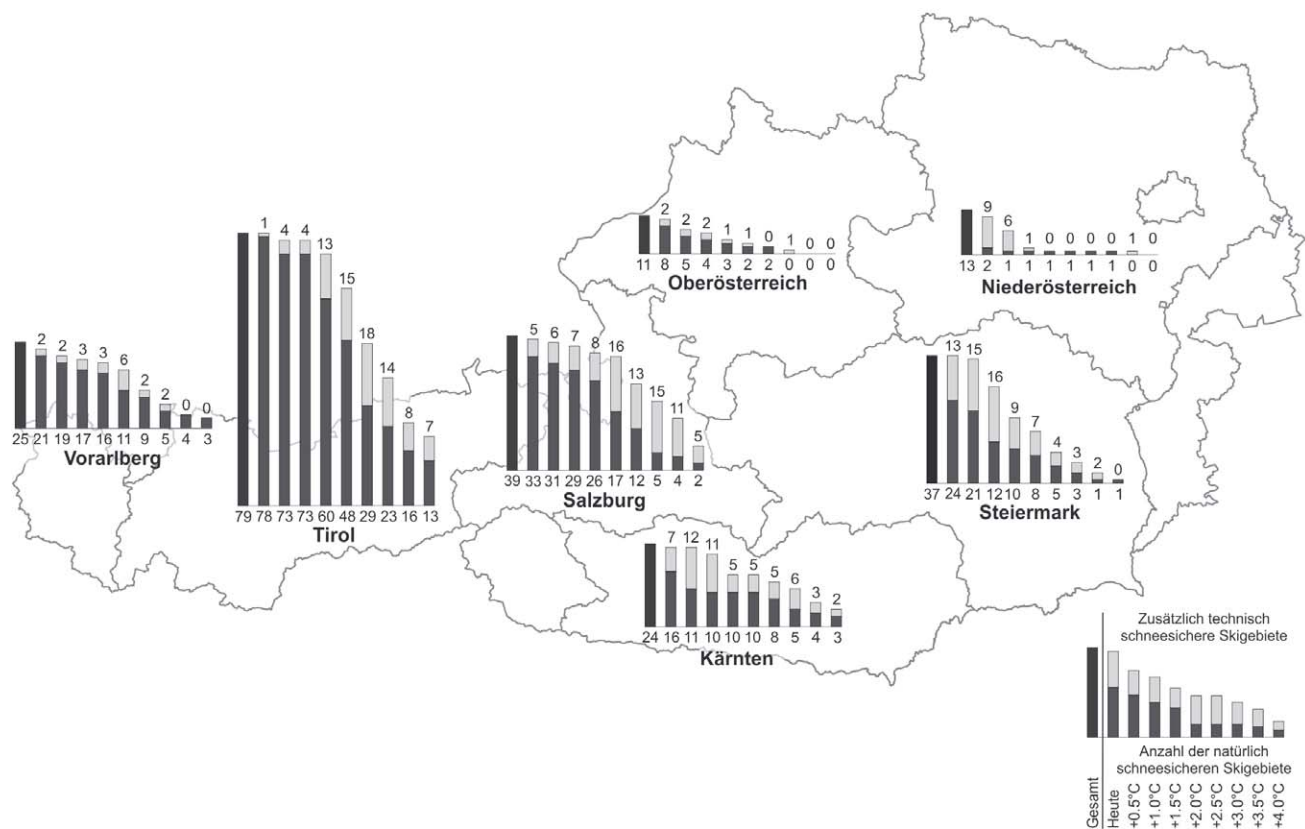


Abbildung 6.13 Klimasensitivität österreichischer Skigebiete unter Naturschneebedingungen und unter Berücksichtigung gegenwärtiger Beschneigungstechnologie. Quelle: Steiger und Abegg (2011)

Figure 6.13 Climate sensitivity of ski areas in Austria with and without current snowmaking technology. Source: Steiger und Abegg (2011)

digen Infrastruktur sowie des Energie- und Wasserverbrauchs. Die Sensitivität von Skigebieten kann aufgrund unterschiedlicher klimatischer Bedingungen und Höhenlagen der Skigebiete auch innerhalb eines Bundeslandes sehr unterschiedlich sein. So wurden für Tirol im Rahmen einer Modellierung auf Skigebietsebene das Tannheimer Tal, der Raum Kitzbühel, sowie die Region Innsbruck als besonders früh betroffen identifiziert, wohingegen die meisten stark vom Wintertourismus abhängigen Täler (z. B. Ötztal, Zillertal) erst gegen Mitte bzw. Ende des Jahrhunderts mit größeren Einschränkungen zu rechnen haben (Steiger und Stötter, 2013).

Bei allen derartigen Modellierungen ist jedoch zu beachten, dass gewisse Unsicherheiten bestehen. Zur Einschätzung klimamodellbedingter Unsicherheiten sei auf Band 1, Kapitel 4 verwiesen. Es bestehen jedoch noch weitere Unsicherheiten, die aufgrund der nachgeschalteten Modelle (z. B. Schneemodell) und Annahmen auftreten. Die präsentierten Ergebnisse sind somit als valide Trendabschätzungen zu interpretieren. Für konkretere Aussagen bedarf es einer präzisen Anpassung der Modelle und Annahmen an den Anwendungszweck, z. B. der Rentabilitätsrechnung einer Beschneigungsanlage.

Neben den angebotsseitigen Veränderungen sind jedoch auch mögliche klimabedingte Veränderungen bei der Nachfrage zu beachten. Die Schneesicherheit ist bei der Wahl des Skigebiets das wichtigste Entscheidungskriterium. Befragungen in Österreich ergaben, dass rund ein Viertel der Befragten bei unsicheren Schneeverhältnissen auf einen Skiurlaub verzichten würde (Fleischhacker et al., 2009; Unbehaun et al., 2008). Hinzu kommt wohl auch das Wintererlebnis, welches bei vielen zu einem Skiurlaub dazugehört. Weiße Kunstschneebänder zwischen aperen Wiesen werden für viele, die auch der Winterlandschaft wegen kommen, keine ausreichende Attraktivität für einen Besuch bieten.

Die Bereitschaft zur Aufgabe der Loyalität zu einer Destination zugunsten einer Destination mit besseren Schneeverhältnissen ist sehr hoch (Unbehaun et al., 2008). Ebenso gaben die Befragten an, dass sie in schneearmen Wintern weniger Ski fahren würden (Luthe, 2009; Unbehaun et al., 2008). Eine Befragung unter LangläuferInnen in Österreich ergab, dass rund 20 % den Sport bei ungenügenden Verhältnissen eher nicht ausüben würden, als auf internationale Destinationen oder Indoor-Angebote auszuweichen (Landauer und Pröbstl, 2008). So war im äußerst warmen und schneearmen Winter 2006/07 (rund +3°C über dem langjährigen Mittelwert) in Tirol bei den Seilbahnen ein Umsatzrückgang von rund 7 % zu verzeichnen. Die Bandbreite der Änderungen war je nach Größe und Höhenlage des Skigebiets unterschiedlich: kleine

Skigebiete (Förderkapazität < 5 000 P/h) hatten im Mittel Umsatzeinbußen von 39 % zu verzeichnen. Auch höher gelegene kleine Skigebiete mussten Umsatzeinbußen hinnehmen. Skigebiete aller Größenklassen mit einer mittleren Höhe unter 1 500 m hatten Einbußen von 22 % (Steiger, 2011).

Unter Annahme eines österreichweiten Nächtigungsrückgangs von 10 % aufgrund von Schneemangel, werden die Bruttowertschöpfungsverluste auf 32 Mrd. € geschätzt (Pretenthaler et al., 2009b). Hierbei wären industriegeprägte Bundesländer (z. B. Ober- und Niederösterreich) in Relation zu den Tourismusbundesländern stärker betroffen, da die Tourismuswirtschaft vor allem aus der Lebensmittelindustrie, dem Handel und dem Bauwesen Vorleistungen aus diesen Bundesländern beziehen (Pretenthaler und Formayer, 2011).

6.4.4 Forschungsbedarf

Für angebotsseitig zu erwartende Veränderungen (Schneeverfügbarkeit, Niedrigwasser etc.) sind ausreichend gut entwickelte Modelle verfügbar, welche sowohl auf größerer räumlicher Skala, sowie für einzelne konkrete Fallbeispiele valide Ergebnisse liefern können. Eine Anwendung bestehender Modelle bzw. Modellketten in bisher noch nicht untersuchten Regionen ist anzustreben. Forschungsbedarf besteht hier vor allem in der Integration von betriebs- und volkswirtschaftlichen Fragestellungen, was jedoch die Kooperation mit Wirtschaftsbetrieben voraussetzt.

Bei der Nachfrageseite bestehen noch weitaus größere Wissenslücken. Wie groß ist das Potenzial an TouristInnen, die aufgrund eines zu heiß empfundenen Mittelmeerraums auf österreichische Destinationen ausweichen? Welche Bedeutung hat zeitliche (gleicher Urlaubstyp, gleiche Destination in anderer Jahreszeit/Monat) und räumliche Substitution (gleicher Urlaubstyp, andere Destination) bei sich ändernden klimatischen Bedingungen? Wie viel an Klimasignal ist nötig, damit spürbare Veränderungen bei der Wahl des Urlaubstyps (Strandurlaub versus Aktiv-Bergurlaub) ausgelöst werden? Grundsätzlich sind auch weitere externe Faktoren, die das Tourismussystem beeinflussen, mit zu berücksichtigen, da sich diese Faktoren gegenseitig verstärken oder auch abschwächen können. So wurden z. B. die Folgen des demographischen Wandels im Quellmarkt Deutschland für den Skitourismus in Tirol bis zur Mitte des Jahrhunderts als bedeutender eingestuft als der Klimawandel (Steiger, 2012). Eine integrative, interdisziplinäre Betrachtung der Klimawandelfolgen für den Tourismus, sowie eine Kontextualisierung mit anderen Treibern ist die große Herausforderung für die Forschung der kommenden Jahre.

6.5 Extremereignisse, Naturgefahrenpotenzial und Risikotransfer

6.5 Extreme events, natural hazards and risk transfer

Naturgefahrenrisiken (vgl. auch Band 2, Kapitel 1 für Risikodefinitionen) sind ein Produkt der naturräumlichen Komponente der Gefahr („hazard“) und der sozioökonomischen Komponenten der Risikoelemente („elements at risk“) sowie der entsprechenden Vulnerabilität („vulnerability“) von exponierten Objekten. Inwieweit sich klimabedingte Änderungen auf das Sachschadenrisiko auswirken, ist somit in der systematischen Betrachtung dieser Risikokomponenten zu sehen. Zunehmende Schäden sind noch kein zuverlässiger Indikator für den (wachsenden) Einfluss des Klimawandels – hier ist die sozio-ökonomische Entwicklung im Betrachtungszeitraum zu berücksichtigen. Für die meisten siedlungsrelevanten Naturgefahrenprozesse sind Aussagen bezüglich klimatisch bedingter Veränderungen insgesamt noch sehr unsicher, die projizierten sozio-ökonomischen Änderungen mit einem weiter zunehmenden Flächendruck und der damit einhergehenden Wertekonzentration lassen schließen, dass ohne verstärkte Anpassungsmaßnahmen naturgefahreninduzierte Schäden in Zukunft noch weiter zunehmen werden. In den folgenden Ausführungen wird aus Platzgründen nicht näher auf einzelne Sektoren, wie z. B. Land- / Forstwirtschaft oder Tourismus, eingegangen, jedoch sind bei den Gefahrenpotenzialen sowohl die Personenrisiken insgesamt (inkl. Touristen) sowie die Schadensrisiken insgesamt (inkl. der Bestand in der LW/FW) inkludiert.

6.5.1 Sachschäden aus Naturgefahren und Risikotransfer

Die naturgefahreninduzierte Schadensentwicklung der Vergangenheit und zukünftig zu erwartende Schadensbilder sind nicht primär und ausschließlich auf naturraumbedingte Veränderungen der Prozessdynamik zurückzuführen. Sie stellen vielmehr ein komplexes Wechselspiel, eine Interaktion der Mensch-Umwelt-Beziehung, dar. Diese Mensch-Umwelt-Interaktion spiegelt sich auch in der methodischen Fundierung von Risikoanalysen wider. Hierbei wird das Sachschadenrisiko als ein Produkt aus der Gefahr, der Risikoelemente und der Vulnerabilität aufgefasst. Speziell in Österreich ist davon auszugehen, dass der sozioökonomische Strukturwandel und die Änderung von Rechtsnormen (Raumordnung, Baunormen etc.) einen wesentlich größeren Einfluss auf zu erwartende Schadensentwicklungen haben werden, als klimawandelbe-

dingte, veränderte Frequenz-Magnitude-Beziehungen von Prozessen bzw. neu entstehende Prozessräume.

Ein wichtiger Aspekt in Bezug auf Prognosen zukünftiger Risikosituationen betrifft das Maßnahmenspektrum des staatlichen Naturgefahrenmanagements. In Österreich betrifft dies vor allem die Prävention über entsprechende Rechtsnormen des Flächen- oder Objektschutzes (Baunormen und Raumordnung) sowie Schutzmaßnahmen im Wirkungsbereich der Schutzwasserwirtschaft bzw. der Wildbach- und Lawinerverbauung. Technische Schutzmaßnahmen besitzen dabei einen dualen Charakter: sie (a) erfüllen eine Schutzwirkung für andere Objekte und (b) stellen gleichzeitig ein nicht zu vernachlässigendes Schadenpotenzial dar.

Technische Schutzmaßnahmen sind für ein definiertes Schutzziel (angestrebtes Sicherheitsniveau) ausgelegt, für darüber hinausgehende Prozessintensitäten kann die (volle) Schutzwirkung nicht angenommen werden (Restrisiko). Dies kann auch, in Kombination mit einer entsprechenden Bautätigkeit nach Errichtung und im unmittelbaren Wirkungsbereich einer Maßnahme, zu Schäden führen, die ohne die Maßnahme und unmittelbaren Bautätigkeiten nicht entstanden wären. Auch kann ein Versagen von Schutzmaßnahmen mit den dazugehörigen Konsequenzen nicht ausgeschlossen werden. Bei der Umsetzung von Schutzmaßnahmen wird lokal das entsprechende Bemessungsereignis definiert. Dies entspricht dem Kenntnisstand zum Zeitpunkt der Projektierung (regionale und lokale Statistik, Erfahrungswerte, Gutachten) und unterliegt einer stetigen Dynamik. Zur Aufrechterhaltung der Schutzwirkung sind heute schon beachtliche Budgetmittel zu veranschlagen und es muss davon ausgegangen werden, dass die Mittelverteilung zugunsten der Erhaltung von bestehenden Maßnahmen und für das Ergreifen von weiteren Maßnahmen weiter zunehmen wird. Hier wird davon ausgegangen, dass die Schutzwirkung von bestehenden Maßnahmen auch in Zukunft uneingeschränkt bestehen wird und Schutzmaßnahmen an vorrangigen Orten auch weiter umgesetzt werden.

Die hier diskutierten Erkenntnisse aus der Vergangenheit und nach heutigem Kenntnisstand zu erwartenden Szenarien für die nähere und mittelfristige Zukunft beziehen sich ausschließlich auf Österreich bzw. auf den Ostalpenraum und können nicht weiter, in einem räumlichen Sinne, verallgemeinert werden. Der Fokus der Aussagen liegt dabei auf naturgefahreninduzierten Sachschäden, dies sind im Wesentlichen Gebäude- und Inventarschäden (private und öffentliche Objekte, sowie Gewerbe- und Industrieobjekte).

Die immanenten Unsicherheiten, die der „ungewissen Zukunft“ unterliegen, sind nicht nur in Bezug auf Klimaprojektionen und dadurch potenziell veränderte Prozessdynamiken zu

sehen, sondern betreffen auch in einem hohen Maße den sozioökonomischen Strukturwandel und die darauf abzielenden Prognosen und Szenarien (siehe z. B. Bevölkerungsprognosen für Österreich aus 1999 in Tazi-Preve et al., 1999 und heutige Situation). Neben der anteiligen Verschiebung innerhalb der einzelnen Wirtschaftssektoren und damit einhergehenden veränderten Arbeitsplatzsituationen und Einkommensverhältnissen sowie einer veränderten, dem stetigen Wandel unterliegenden Lebensweise („lifestyle“) betrifft dies vor allem den demographischen Wandel sowie regionale Bevölkerungsveränderungen. In diesem Zusammenhang können Bevölkerungsentwicklungen und -konzentrationen als Beispiel für den sozioökonomischen Strukturwandel oder zumindest für die Dynamik in Bezug auf das Schadenspotenzial herangezogen werden.

6.5.2 Aktuelle Risikosituation und Schadensbilder der Vergangenheit

Für Österreich liegt keine konsistente Zusammenstellung der Naturgefahrenschäden aus der Vergangenheit in entsprechend zeitlicher und räumlicher Auflösung vor. Einzelne Ereignisse in der jüngeren Vergangenheit (z. B. Lawinereignis in Galtür 1999, Hochwasserereignisse 2002 und 2005) sind gut aufgearbeitet, analysiert und dokumentiert. Eine systematische Analyse aller naturgefahreninduzierten Schadensereignisse (häufige bis sehr seltene), z. B. anhand von Daten von Versicherungen, des Katastrophenfonds oder des Finanzministeriums über die Einkommenssteuer, ist bisher noch nicht vorhanden. Demgegenüber wurden teilweise prozesssektorale Analysen (z. B. Wildbachereignisse zwischen 1972 und 2004 oder zu Sturmereignissen) durchgeführt (Oberndorfer et al., 2007; Prettenhaler et al., 2012). Prettenhaler et al. (2009a) zeigen durch eine Auswertung der Auszahlungen aus dem Katastrophenfonds an die Länder für Schäden im Vermögen Privater zwischen 1966 und 2006 auf, dass die absoluten Auszahlungen – und somit die entstandenen Schäden durch vom Katastrophenfonds gedeckten Ereignisse – offensichtlich, mit Ausnahme des Ereignisses von 2002, nicht signifikant zugenommen haben (bis 1985 refundierte der Katastrophenfonds einen Anteil von 50 % an die Länder, ab 1985 einen Anteil von 60 %). Berücksichtigt man bei einer Normierung der Auszahlungen die Entwicklung des Gebäudebestands (wie in Abbildung 6.14 dargestellt), so kann man die positive normierte Entwicklung argumentatorisch auf den positiven Effekt von Schutzmaßnahmen zurückführen.

Qualitativ-deskriptive Experteneinschätzungen oder regionale Risikoanalysen bedienen sich immer aus Erkenntnissen der Vergangenheit, schließen daraus auf die Zukunft und

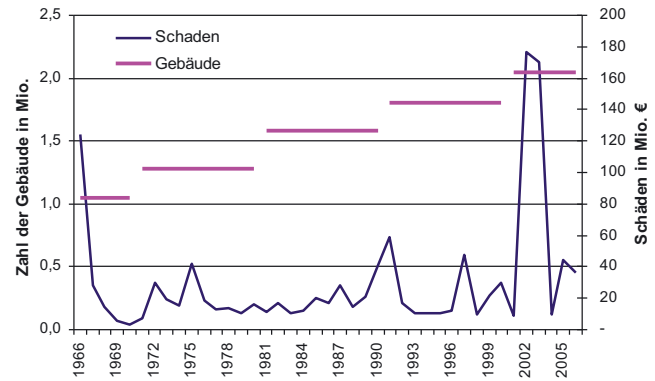


Abbildung 6.14 Zahlungen aus dem Katastrophenfonds an die Länder für Schäden im Vermögen Privater (in Mio. € Baukostenindex angepasst) inkl. Niveau des Gebäudebestands. Quelle: Prettenhaler et al. (2009a)

Figure 6.14 Payments from the disaster fund to the states for damages in private assets (in million € construction cost index adjusted) including level of the building stock. Source: Prettenhaler et al. (2009a)

können somit einen ersten guten Überblick geben. Derartige Arbeiten verfolgen immer eine spezifische Fragestellung und können nicht direkt miteinander verglichen werden. Klassischerweise konzentrieren sich viele Arbeiten in Österreich auf alpine Naturgefahren, womit gewisse Gefahrenprozesse mit einem hohen Risikopotenzial, wie z. B. Erdbeben, Hagel oder Sturm, nicht berücksichtigt werden. Weitere technische und von Menschen direkt ausgelöste Gefahrenlagen werden bisher nicht systematisch und in Kombination mit Naturgefahrenrisiken berücksichtigt (wie etwa in der EU-Richtlinie „Risk Assessment and Mapping Guidelines for Disaster Management“, EK, 2010, gefordert). Mit Fokus auf alpine Naturgefahren können nach Rudolf-Miklau et al. (2009) die in Tabelle 6.1 angeführten Risiko- und Katastrophenpotenziale für Österreich gewichtet aufgelistet werden, wobei das größte Katastrophenpotenzial den Hochwasserereignissen zuzuschreiben ist.

Eine szenariobasierte Untersuchung des kumulativen Schadensrisikos von Extremereignissen in Tirol mit einem Fokus auf Großschadensereignisse ermittelte folgende absteigende Reihung des Naturgefahrenrisikos (Huttenlau et al., 2010; Huttenlau und Stötter, 2012):

1. Erdbeben
2. Hochwasser
3. Hagel
4. Bergsturzereignisse inkl. Kaskadeneffekte (Rückstau, Dambruch, Flutwelle)
5. Sturm

Tabelle 6.1 Risiko- und Katastrophenpotenzial alpiner Naturgefahren in Österreich. Nach Rudolf-Miklau et al. (2009)**Table 6.1** Potential of risks and catastrophies of alpine natural hazards in Austria. Adapted from Rudolf-Miklau et al. (2009)

Prozessart	Personenrisiko	Schadenrisiko	Katastrophenpotenzial
Hochwasser	Mittel	Sehr hoch	Sehr hoch
Lawine	Sehr hoch	Mittel	Hoch
Mure	Hoch	Mittel	Mittel
Spontane Rutschung	Hoch	Mittel	Mittel
Permanente Rutschung	gering	Mittel	Mittel
Fels- und Bergsturz	Hoch	Mittel	Mittel
Steinschlag	Sehr hoch	Gering	Gering

Kortschak et al. (2009) berechnen im Rahmen einer Hochwasserrisiko-Abschätzung für Österreich den Gesamtschaden bei gegebenen Jährlichkeiten sowie den mittleren jährlichen Schadenerwartungswert auf Basis von einer Million Realisationen des Gesamtschadens. Neben einer Copula-Methode wird auch die von Url (2008) implementierte Distanzmatrix-Methode durchgeführt (hier sollen nur die Ergebnisse der angewandten Standardmodelle erwähnt werden, für weitere Auswertungen mit Modellmodifikationen wird auf die entsprechende Publikation verwiesen). Die Gesamtschäden bei gegebenen Wiederkehrperioden ($T=$) werden von den beiden Methoden (Distanzmatrix/Copula) wie folgt berechnet: $T=100$ mit 1 059/2 355 Mio. €, $T=200$ mit 1 345/3 351 Mio. €, $T=300$ mit 1 547/3 917 Mio. € und $T=1 000$ mit 2 405/5 604 Mio. €. Der jährliche Schadenerwartungswert wird mit 112,4/150,2 Mio. € angegeben. Pretenthaler et al. (2012) wenden bei der Sturmschadensgefährdung für Österreich zwei unterschiedliche Modelle (Methode 1/Methode 2) an. Die Schadenserwartung wird für unterschiedliche Wiederkehrperioden ($T=$) wie folgt berechnet: $T=50$ mit 408/643 Mio. €, $T=100$ mit 613/1 050 Mio. €, $T=200$ mit 917/1 711 Mio. € und $T=250$ mit 1 047/2 009 Mio. €. Ebenfalls führten Rainer und Deepen (2012) von Aon Benfield Modellierungen mit probabilistischen Marktmodellen der Rückversicherungsbranche durch und zeigten eine große Spannweite der Ergebnisse bei $T=10$ zwischen 39 und 191 Mio. € oder bei $T=200$ zwischen 969 und 1 397 Mio. €. Die Analyse der Autoren mit einem stochastischen Modell ergaben folgenden Gesamtschäden: bei $T=50$ von 310 Mio. €, bei $T=100$ von 370 Mio. €, bei $T=200$ von 433 Mio. € und bei $T=1 000$ von 584 Mio. €. Der jährliche Schadenerwartungswert wird mit 133 Mio. € berechnet, worst-case-Szenarien führen zu Schadenssummen von ca. 1 500 Mio. €. Hofherr und Miesen (2012) von der Munich Re berechneten versicherte Sturm-Marktschäden: für $T=50$ von 360 Mio. €, für $T=100$ von 550 Mio. €, für $T=500$

von 1 300 Mio. € und für $T=1 000$ von 1 700 Mio. €; der jährliche Schadenerwartungswert wird mit 102 Mio. € angegeben.

In der benachbarten Schweiz, mit einer ähnlich einzuschätzenden Risikosituation wie in Österreich (mit Ausnahme von möglichen Störfällen in Kernkraftwerken), kam die „Katastroph- und Notlagen in der Schweiz“-Studie des Bevölkerungsschutzes 2003 generell zur Erkenntnis, dass sich das jährliche monetarisierte Risiko, inklusive Aversion, aus ca. 50 % Alltagsereignissen (Ereignisse, die geringen Schäden verursachen) und aus ca. 50 % Katastrophen- und Notlagen (Ereignisse, deren Schäden Alltagsereignisse übersteigen) zusammen setzt (BABS, 2003). Naturgefahrenereignisse machen hierbei einen Bruchteil des Risikos an Alltagsereignissen aus (2 % des Gesamtrisikos), wohingegen Naturgefahrenereignisse im Bereich der Katastrophen- und Notlagen einen Großteil zum Risiko beitragen (33 % Naturgefahren, 13 % Epidemien, 3 % Störfälle in Kernkraftwerken und 1 % Migration). Ohne Berücksichtigung der Aversion schwindet der Anteil der Risiken infolge von Katastrophen- und Notlagen auf 6 % der Gesamtrisiken, Alltagsrisiken machen dann 94 % des monetarisierten Risikos aus, wobei davon 5 % Naturgefahrenereignissen zuzuordnen sind. Hinsichtlich des jährlichen Schadenerwartungswertes von Sachschäden infolge von Katastrophen- und Notlagen inklusive Aversion (50 % des Jahresgesamtrisikos) kommt die Studie zur folgenden Reihung:

1. Erdbeben 17 %
2. Epidemie 13 %
3. Hochwasser 5 %
4. Kältewelle 3 %
5. Trockenheit/Hitzewelle 3 %
6. KKW-Störfall 3 %
7. Gewitter/Hagel 2 %
8. Sturm 2 %

9. Lawine 1 %
10. Migration 1 %

Zur Betrachtung der europäischen wie auch der globalen Ebene können Datenbanken für einen Überblick herangezogen werden: z. B. The International Disaster Database (CRED, 2009), European Severe Weather Database (ESSL, 2013) oder NATHAN, Globe of Natural Hazards (Munich Re, 2013). Diese Datenbanken führen vor allem großflächige länderspezifische Katastropheneignisse mit sehr hohen Schadenssummen und/oder Todesopfern. Kleinräumige Ereignisse, die nicht als große Katastrophe eingeschätzt werden, werden nicht berücksichtigt. Eine Auswertung der EM-DAT für Österreich (Tabelle 6.2) reiht die zehn größten Schadensereignisse (nach Schadenssummen) zwischen 1990 und 2012 auf. Eine prozessspezifische Zusammenfassung für denselben Betrachtungszeitraum ist in Tabelle 6.3 dargestellt. In diesen beiden Auflistungen ist das Hochwasserereignis vom Juni 2013 noch nicht berücksichtigt. Das österreichische Innenministerium meldete laut Bundeskanzleramt im August 2013 verursachte Gesamtschäden von 900 Mio. € an den Solidaritätsfond der EU (BKA, 2013).

Neben den frei zugänglichen Datenbanken gibt es weitere, deutlich besser aufgelöste, nicht frei zugängliche Datenbanken, etwa jene des NatCat-Services der Munich Re. Die Datenbanken sind untereinander allerdings nicht konsistent, da die Inhalte auf unterschiedlichen Meldungen und Beobachtungen beruhen. Die Analysewerte weichen teilweise deutlich voneinander ab (Gall et al., 2009) und Einzelereignisse werden in internationalen Datenbanken oft überschätzt (Pfurtscheller et al., 2011). Allgemein ist aus den Datenbanken ein klarer Trend hin zu steigenden Schadenszahlen und -summen ableitbar (z. B. jährlich erscheinende Schadenspiegel der Munich Re auf Basis der NatCat-Datenbank mit den bekannten Grafiken, Munich Re, 2013). Der Trend zu global steigenden Schäden lässt sich wie folgt erklären:

- Globaler Wandel in den Umweltbedingungen (vor allem Landnutzung) und die Auswirkungen auf das Prozessgeschehen
- Steigende (Welt-)Bevölkerung und damit Zunahme von Besitz
- Veränderungen des Lebensstandards und der Lebensqualität mit steigenden Vermögenswerten
- Veränderungen in der Wirtschaftsweise und der Arbeits(-platz)struktur
- Mögliche hohe Schäden auf kleinem Raum durch Bevölkerungs- und Wertekonzentration in Agglomerationen

Tabelle 6.2 Auszug der 10 schadensträtigsten Katastropheneignisse in Österreich aus der EM-DAT. Quelle: EM-DAT¹

Table 6.2 Extract of EM-DAT – The 10 most destructive catastrophic events in Austria. Source: EM-DAT⁶

Ereignis	Datum	Schaden in Millionen USD
Hochwasser	12.08.2002	2 400
Hochwasser	21.08.2005	700
Sturm	29.02.2008	500
Sturm	23.07.2009	500
Sturm	17.01.2007	400
Hitzewelle	Juli 2003	280
Hochwasser	22.06.2009	200
Hochwasser	08.07.1997	175
Sturm	25.02.1990	120
Sturm	28.02.1990	120

¹ <http://www.emdat.be/database>. (CRED, 2009)

- Siedlungsentwicklung sowie Gewerbe- und Industriesiedlung in exponierten Gebieten
- Steigende Vulnerabilität moderner, spezialisierter sowie kulturell und sozial diversifizierter Gesellschaften und Technologien
- Erhöhte Versicherungsdurchdringung mit entsprechenden Haftungsverpflichtungen bei steigenden Versicherungsschäden

6.5.3 Bevölkerungsentwicklung als Indikator für den Schadenspotenzialanstieg

Räumlich und zeitlich aufgelöste Bevölkerungs- und Gebäudedaten (Statistiken der historischen Entwicklung und Projektionen) können als aufschlussreiche Indikatoren zur Schadenspotenzialentwicklung herangezogen werden und stellen somit auch mit einer gewissen Unschärfe Entwicklungspfade des Naturgefahren-Risikos dar.

Die Bevölkerungsentwicklung vom 20. Jahrhundert bis 2001 zeigt deutliche räumliche Disparitäten der relativen Veränderung zwischen Gebieten mit Abwanderung und Gebieten mit starker Zuwanderung. Die urbanen Räume sowie die zentralen Alpentäler zeigen hierbei eine deutliche Bevölkerungszunahme, wohingegen die Bevölkerungszahlen in ländlichen Räumen und peripheren Alpentälern abnehmen. Dieser Trend setzt sich seit 2001 (2001 bis 2010) verstärkt fort, wobei fast alle Alpentäler (Ausnahme Nordtirol allgemein und Lienz in Osttirol) und ländlichen Gebiete entlang

Tabelle 6.3 Zusammenstellung der Katastrophenereignisse der EM-DAT für Österreich, differenziert nach Prozessarten. Quelle: EM-DAT**Table 6.3** Summary of catastrophic events for Austria differentiated according to process types. Source: EM-DAT

	Anzahl Ereignisse	Tote	Betroffene	Schaden in Mio. USD
Erdbeben	1	-	-	-
Kältewelle	2	7	-	-
Hitzewelle	2	350	-	280
Hochwasser	15	39	61 416	3 594
Lawinen	6	315	10 380	52
Massenbewegung	2	43	-	-
Stürme	17	22	300	1 706

und südlich des Alpenhauptkamms sowie das nördliche Niederösterreich von einer negativen Bevölkerungsentwicklung betroffen sind. Dahingegen nimmt die Bevölkerung in den Ballungszentren (Landeshauptstädte und Bundeshauptstadt) mit ihrem Umland, entlang der Entwicklungsachse Salzburg-Wien sowie in vielen attraktiven (Fremdenverkehrs-)Gebieten Tirols und Vorarlbergs mit Ausnahme deutlich peripherer Gebiete zu.

Insgesamt stieg die Gesamtbevölkerung von 4,5 Mio. im Jahr 1869 auf 8,45 Mio. zum Stichtag 1.1.2013, wobei absehbar ist, dass auch kurz- bis mittelfristig mit einem weiteren Wachstum durch Zuzug zu rechnen sein wird. Für Tirol zeigt Strötter (2007) exemplarisch auf, wie intensiv sich seit 1951 die Kulturlandschaft und somit auch das (permanente und temporäre) Schadenspotenzial verändert haben. Zusätzlich zur wachsenden Bevölkerung trägt auch der Tourismus zu einem steigenden Schadenspotenzial bei (z. B. durch Gebäude und temporär stark steigende Anzahl der anwesenden Personen). Die potenzielle Bevölkerung als Summe von Wohnbevölkerung und Gästebetten stieg – mit Ausnahme von zwei Gemeinden – im Mittel um den Faktor 2,4, die Zahl der Wohngebäude um den Faktor 5,1 und die Zahl der Beherbergungsbetriebe um den Faktor 6,1. Pretenthaler (2010) zeigt diese Entwicklung recht deutlich anhand der generellen Zunahme von Gebäudewerten (versicherte Summen von Wohngebäuden) zwischen 1990 und 2007 im Bereich des 100-jährlichen Hochwassergefährdungsbereiches (siehe Abbildung 6.15).

Die Szenarien der Raumentwicklung Österreichs 2030 der Österreichischen Raumordnungskonferenz (ÖROK) zeigen unterschiedliche räumliche Trends für vier Zukunftsszenarien: „Alles Wachstum“, „Alles Wettbewerb“, „Alles Sicherheit“ und „Alles Risiko“. (ÖROK, 2008, 2009). Unabhängig von möglichen Klima-induzierten Veränderungen kann durch den deutlichen Anstieg der bebauten Fläche – und dadurch der steigenden materiellen Werte – ein erhöhtes Schadenspo-

tenzial abgeleitet werden. Dies steht nicht im Widerspruch zu den vorherigen Aussagen mit Bezug zur Entwicklung der Auszahlungen aus dem Katastrophenfond zwischen 1966 und 2006, da davon ausgegangen wird, dass in den vergangenen Jahrzehnten vorrangig Schutzmaßnahmen des Flächenschutzes mit hoher Priorität getätigt wurden.

Die regionalisierten Prognosen der Bevölkerungs-, Erwerbstätigen- und Haushaltsentwicklung bis 2030 – mit einem Ausblick bis 2050 – (ÖROK, 2011) liefern weitere wichtige Erkenntnisse zur Abschätzung des zukünftigen Schadenspotenzials möglicher klimainduzierter Veränderungen des Naturgefahrenrisikos. Nach dem Hauptszenario nimmt die Bevölkerungszahl weiter zu und wird von rund 8,3 Mio. bis zum Jahr 2030 auf etwa 9 Mio., bis 2050 auf etwa 9,5 Mio. ansteigen. Die Zahl der Haushalte wird von heute etwa 3,6 Mio. auf über 4 Mio. (2030) bzw. 4,3 Mio. (2050) ansteigen, was sich in einem höheren Wohnungsbedarf und wachsenden materiellen Werte(-konzentrationen) ausdrücken wird.

Es ist mit weiterem Zuzug in die Städte und deren Umland sowie mit Bevölkerungszunahme in weiten Teilen der Alpentäler nördlich des Alpenhauptkamms und mit Abwanderung aus ländlichen, peripheren, wirtschaftsschwachen Gebieten zu rechnen. Die Zahl der Privathaushalte wird durch die Zunahme von Einpersonen- sowie von AlleinerzieherInnen-Haushalten in fast allen Gebieten ansteigen. Die Zunahme der Werte und deren Konzentration wird auch dazu führen, dass Ereignisse bei gleicher Intensität und identem Ort in Zukunft zu deutlich höheren Schadenssummen führen können.

6.5.4 Klimawandel und Naturgefahrenschäden

Um aus den bisher aufgeführten Punkten des Abschnitts 6.5 potenzielle Implikationen für zukünftige naturgefahrenindu-

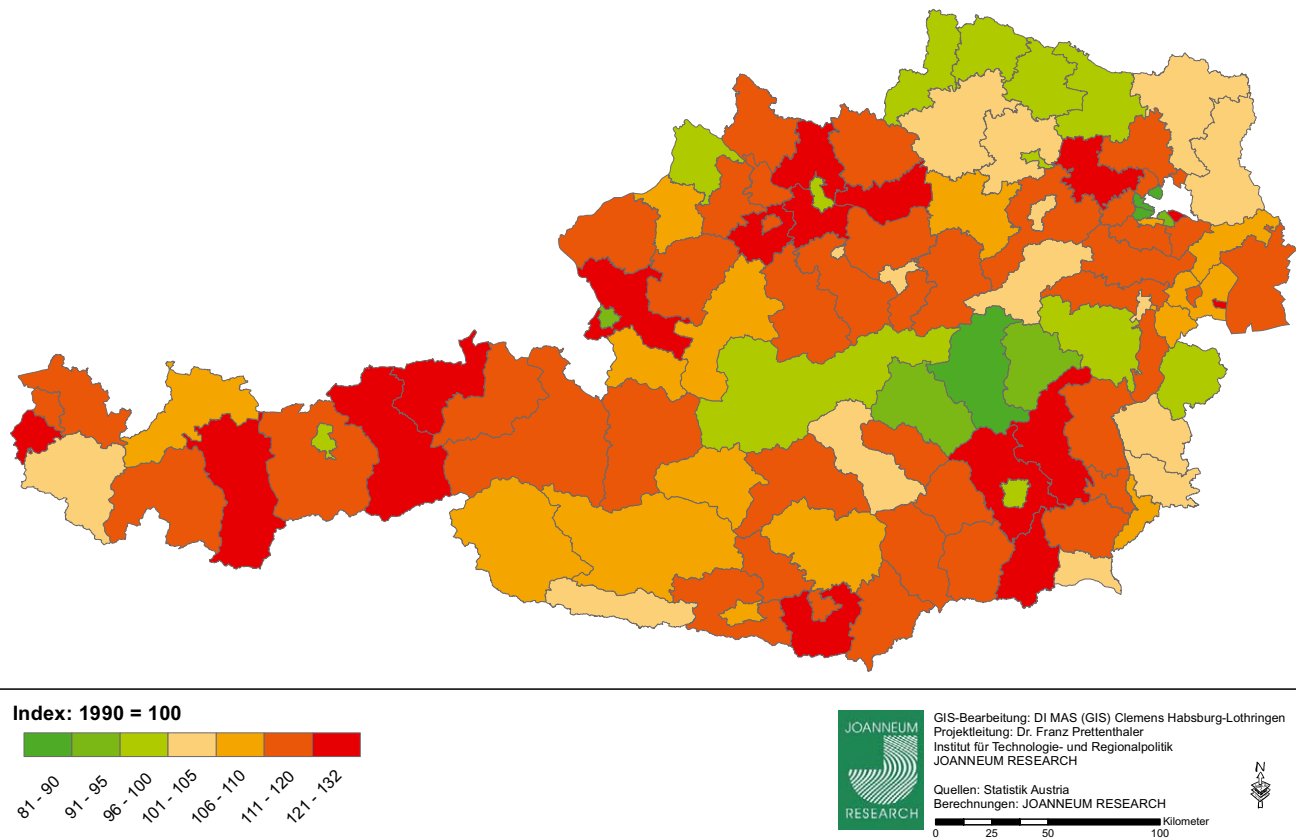


Abbildung 6.15 Entwicklung der versicherten Summe von Wohngebäuden im Bereich HQ100, 1990-2007. Quelle: Pretenthaler (2010)

Figure 6.15 Development of the insured sum of residential buildings in the area HQ100 1990-2007. Source: Pretenthaler (2010)

zierte Schadensbilder unter Berücksichtigung des Klimawandels ableiten zu können, werden vorab Annahmen hinsichtlich des Klimawandels (Temperatur und Niederschlag) angeführt, die zum unten diskutierten Erkenntnisgewinn innerhalb des Teilkapitels geführt haben.

Die Signale der Klimaprojektionen hinsichtlich der Temperaturentwicklung sind eindeutig und robust, wohingegen die Niederschlagsänderungen (Jahressummen bzw. saisonale Summen) bedeutend unsicherer sind (Band 1, Kapitel 4). Abschätzungen über Extremereignisse sind mit großen Unsicherheiten verbunden (ebenda). Generell ist anzunehmen, dass kleinräumige (konvektive) Starkniederschläge und Gewitter in Frequenz und Intensität zunehmen könnten (lokal begrenzte Hochwasser können auftreten). Darüber hinaus kann auf Grundlage dieser Studien eine Zunahme großräumiger (advektiver) Starkniederschläge zumindest im West- und Nordstau der Alpen als wahrscheinlich angesehen werden. Diese Simulationen zeigen, dass die längere Starkniederschläge auslösenden Wetterlagen an Häufigkeit und Intensität zunehmen werden (Band 1, Kapitel 4).

Hochwasser

Basierend auf den aufgezeigten Klimaprojektionserkenntnissen kann davon ausgegangen werden, dass zukünftige Veränderungen im Hochwassergeschehen wesentlich durch Veränderungen der Temperatur bedingt sein werden (Blöschl und Montanari, 2010). Gesicherte statistische Aussagen über Zu- oder Abnahmen von Hochwasserereignissen sind nach heutigem Kenntnisstand nicht möglich (Band 2, Kapitel 2). Die Unsicherheiten sind speziell in kleinen Einzugsgebieten groß. Wenn-Dann-Szenarien zeigen eine Änderung des 100-jährlichen Hochwassers zwischen -4 bis $+10$ % und eine Verschiebung des jahreszeitlichen Auftretens der Hochwasser mit früheren Frühjahrs- und mehr Winterhochwasser (BMLFUW, 2011). Für das Lech-Einzugsgebiet in Tirol wird angenommen, dass eine allgemeine Abnahme in der Intensität von mittleren jährlichen Hochwassern zu erwarten ist. Auch die Saisonalität verschiebt sich: weniger Ereignisse im Sommer, jedoch mehr Ereignisse im Winter und Frühjahr (Dobler et al., 2012). Darüber hinaus weisen u. a. BMLFUW (2010) oder Blöschl et al. (2011) explizit auf die hohe Variabilität von Hochwasserer-

eignissen und auf das Auftreten von Dekaden mit hoher und geringer Ereignisdichte („hurst effect“) hin. Allgemein wird in diesen Studien der Einfluss der Landnutzungsänderung auf das Abflussverhalten (Verstärkung, aber auch Abschwächung) bei Hochwasserereignissen nicht mit berücksichtigt.

Hinsichtlich zukünftiger Schadenspotenziale und Schadensbilder ergeben sich mehrere Möglichkeiten: generell kann von einer Zunahme der Hochwasserschäden ausgegangen werden, wobei Präventionsmaßnahmen maßgeblich gegensteuern und sich Schäden im Idealfall nicht erhöhen sondern reduzieren lassen könnten (näheres dazu in Band 3).

Schäden in Gefahrenzonen dürften sich im langjährigen Trend bewegen, wobei sich weitere Präventionsmaßnahmen (Bauverbote in Hochwassergefahrenzonen) schadensmindernd auswirken werden. Im Grenzbereich zu den Gefahrenzonen ist jedoch davon auszugehen, dass sich die Schadenspotenziale in Anbetracht der prognostizierten Bevölkerungs- und sozioökonomischen Entwicklung wesentlich erhöhen werden. Ereignisse mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit größer der Schutzzieldefinition (100-jährliches Ereignis) führen zwangsläufig zu enormen Schäden, wobei dadurch in Summe mittel- bis langfristig mit einer starken Zunahme von Schäden zu rechnen ist. Zwar werden sich auch künftig Dekaden mit einer zeitlichen Häufung von Ereignissen mit Dekaden mit geringeren Schäden abwechseln, doch langfristig ist anzunehmen, dass die Hochwasserschäden zunehmen werden, wobei die Intensität der Zunahme in Abhängigkeit der beschriebenen Rahmenbedingungen liegen wird.

Neben dem von Fließgewässern ausgehenden Hochwasserrisiko werden in Zukunft Schäden durch innerstädtisches Hochwasser („urban flooding“) – in Form einer Kombination aus starkem Oberflächenabfluss (sehr geringe Versickerungskapazität in Siedlungsräumen) und der Überlastung des Kanalisationsnetzes (Siedlungswasserwirtschaft) bei Starkregenereignissen – wahrscheinlich an Bedeutung gewinnen. Bereits heute verursacht dieser Hochwassertyp in Großbritannien 40 % der gesamten Hochwasserschäden, in Zukunft wird von einer weiteren Zunahme ausgegangen (Penning-Roswell et al., 2004). Auch wenn (noch) keine klare Aussagen bezüglich der Veränderung von extremen Starkregenereignissen möglich sind, führen der sozio-ökonomische Strukturwandel sowie Alter und Zustand der Kanalisationsnetze möglicherweise zu einer deutlichen Zunahme an Schäden. Neben der erhöhten Konzentration von Werten im innerstädtischen Bereich ist dies vor allem dem Zustand geschuldet, dass die generelle Siedlungsverdichtung und die überproportionale Zunahme von Einzelpersonenhaushalten mit einem erhöhten Wasserverbrauch, vor allem im städtischen Bereich, sowie die Siedlungsausdehnun-

gen bedeutend höhere Abwasserkapazitäten benötigen bzw. deutlich schneller zu kritischen Konstellationen führen werden. Der Grad der Auswirkungen ist wesentlich von der Entwicklung der siedlungswasserwirtschaftlichen Infrastruktur und möglichen innovativen Technologien abhängig. Adäquate Anpassungsmaßnahmen können das Schadenrisiko wesentlich reduzieren (Kleidorfer et al., 2014).

Der „Klimareport Südtirol“ führt an, dass Vorhersagen hinsichtlich Starkregenereignisse schwierig vorhersagbar und unklar sind. Es wird jedoch von einer Zunahme von konvektiven Starkregenereignissen mit einem erhöhten Risikopotenzial von allgemeinen Wassergefahren (Überschwemmung, Mure, Übersarung⁷) ausgegangen. Die konkreten Auswirkungen hängen nach der Studie stark vom Einzelfall ab (Zebisch et al., 2011). Teilergebnisse des nationalen Forschungsprogramms „Klimaänderungen und Naturkatastrophen“ (Bader und Kunz, 1998) gehen für die Schweiz von der Annahme aus, dass es zu einer 30 bis 100 % klimabedingten Erhöhung der Schäden kommen wird. Neuere Arbeiten in der Schweiz mit einem Zeithorizont bis 2050 (Ecoplan, 2007) sehen diese Annahme jedoch kritisch, da sich zum einen ein differenzierteres Bild der Gefährdung abzeichnet (keine wesentliche klimainduzierte Veränderung im schadensintensiveren alpinen Bereich und Zunahme der Winterhochwasser im nördlichen Alpenvorland, Aussagen bezüglich Hochwasserentwicklung unsicher) und sich zum anderen die Hochwassererwartungsschäden, trotz entsprechender Zunahme des Schadenpotenzials, durch geeignete Anpassungsmaßnahmen wesentlich reduzieren lassen können. Ob entsprechende Anpassungsmaßnahmen umgesetzt werden, ist politisch jedoch noch unklar. Der „Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft“ sieht dagegen ein deutliches Bild für Deutschland (zumindest für die Einzugsgebiete der fünf großen deutschen Flüsse Rhein, Donau, Elbe, Ems und Weser). Demnach werden durch Zunahme der Ereignisse die Schäden in den nächsten Jahrzehnten stark ansteigen, dies auf Basis der heutigen Kennzahlen und Werte. Vier zentrale Einflussfaktoren für zukünftige Schadensbilder werden hierbei angeführt: klimatische Veränderungen, politische Rahmenbedingungen, Verhalten der privaten Haushalte und Werteentwicklung der Gebäude. Bis 2100 wird mit einer Verdoppelung bis Verdreifachung der Schäden gerechnet. Zudem ist je nach zugrundeliegendem Szenario mit einer höheren Ereignisvariabilität zu rechnen. Das tatsächliche Maß ist jedoch stark von der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen abhängig (GDV, 2011).

⁷ Großflächige Ablagerungen von alpinen Wildbächen außerhalb ihres Gerinnes

Muren

Murereignisse treten in kleinräumig definierten Wildbacheinzugsgebieten auf. Eine generalisierte Aussage über veränderte Frequenz-Magnitude-Beziehungen in bestehenden Mureinzugsgebieten ohne Permafrost ist nicht möglich, da die spezifische Situation im Einzugsgebiet zum Zeitpunkt des Niederschlagsereignisses bestimmt, ob ein fluviatiler Feststofftransport (oft ohne Schadenwirkung) oder weitere Prozessarten bis hin zum Murgang ausgelöst werden.

Da Murereignisse einen Starkniederschlag als auslösendes Ereignis benötigen, die Intensität des Ereignisses jedoch wesentlich vom vorhandenen Geschiebepotenzial abhängt, sind als Folge des Klimawandels zusätzlich zu den bestehenden Murpotenzialen drei neue Prozessdimensionen zu erwarten:

1. Neu entstehende Muranrissgebiete oder Verschiebung der Muranrissgebiete in höhere Lagen durch Auftauen der Permafrostuntergrenze.
2. Erhöhte oder neu entstehende Geschiebepotenziale in Umlagerungsstrecken (Geschiebe-Remobilisierung) durch permafrostbedingte Primärprozesse (Rutschungen, Fels- und Bergstürze, Hangmuren).
3. Neu entstehende Muranrissgebiete in bekannten Einzugsgebieten oder neue Prozessräume durch reduzierte Schutzfunktion des Waldes aufgrund erhöhter Vulnerabilität im Hinblick auf Trockenstress, Schädlingsbefall, Waldbrand, Sturm und Waldvitalität. Diese können allerdings auch lediglich von lokaler Relevanz sein.

Aussagen hinsichtlich einer geänderten Frequenz-Magnitude von Murgängen, die ausschließlich auf Projektionen von starken Niederschlagsereignissen basieren, sind nach heutigem Kenntnisstand nicht möglich. Der Zusammenhang zwischen mittlerer jährlicher Niederschlagssumme und Murereignissen (Bacchini und Zannoni, 2003) würde zuerst die Vermutung nahe legen, dass keine Änderung zu erwarten ist, jedoch eine Abnahme im Sommer und Zunahme in den Übergangsjahren möglich wird. Bei einer zusätzlichen Berücksichtigung des eindeutigen Temperaturtrends sind die oben beschriebenen Szenarien (vor allem 1. und 2.) wahrscheinlich. Die Implikationen auf das zukünftige Schadensbild werden im Folgenden kurz diskutiert, wobei angenommen wird, dass alle Wildbäche in siedlungsrelevanten Gebieten entsprechend der Schutzzieldefinition verbaut sind.

In Siedlungen im Bereich von Wildbacheinzugsgebieten ohne Permafrost wird es möglicherweise bei Ereignissen bis zur Bemessungsgrenze (150 Jahren) zu keiner oder nur einer

leichten Erhöhung der Schadensbilder kommen. Die leichte Erhöhung wird durch zusätzliche Schadenspotenziale im Bereich der Baulandreserven innerhalb der gelben Zonen begründet, aufgrund der baulichen Auflagen dürfte diese Erhöhung aber nicht besonders stark ausfallen. Entsprechende Präventionsmaßnahmen könnten aber auch zu einer Abnahme der Schäden führen. Die zu erwartenden Schadenspotenzialzunahmen und -konzentrationen speziell an den Randbereichen zu den Gefahrenzonen lassen den Schluss zu, dass bei Ereignissen oberhalb der Bemessungsgrenze die Schäden deutlich zunehmen könnten. In Einzugsgebieten mit ansteigender Permafrostuntergrenze ist zu erwarten, dass es zu einer Zunahme von Ereignissen und somit zu einer veränderten Frequenz-Magnitude-Beziehung kommt. Die Konsequenzen haben dabei zweierlei Auswirkungen:

- zum einen kann sich die Intensität der Bemessungsereignisse aufgrund des erhöhten Geschiebepotenzials verstärken und damit können möglicherweise Schutzziele nicht mehr gewährt werden,
- zum anderen wird sich die Intensität seltener Ereignisse verstärken, was auch ohne erhöhtes Schadenpotenzial erhöhte Schäden bedeutet.

Im Fall der ersten Auswirkung ist zu erwarten, dass zur Verhinderung von größeren Risiken und höherer Schäden Mehrinvestitionen in die Anpassung von Schutzmaßnahmen notwendig werden. Bei der Betrachtung der zweiten Auswirkung ist anzumerken, dass eine starke Zunahme aufgrund der Schadenspotenzialdynamik zu erwarten ist. Diese Situation betrifft jedoch ausschließlich Wildbacheinzugsgebiete mit Permafrost und Wirkungsbereiche bis in Siedlungsgebiete.

Zusammenfassend ist anzumerken, dass Wildbach-induzierte Schäden zunehmen werden. Die Intensität der Zunahme kann aber wesentlich durch entsprechende Präventionsmaßnahmen beeinflusst bzw. eingeschränkt werden. Ähnlich dem Hochwasser ist zu vermuten, dass sich Dekaden mit erhöhter Prozessaktivität mit Dekaden geringerer Aktivitäten abwechseln.

Die potenziellen Auswirkungen für Südtirol sind ident mit denen für Hochwasser, für Deutschland liegen keine Analysen vor. Für die Schweiz wird angeführt, dass es (noch) nicht beurteilbar ist, ob es zu häufigeren Starkniederschlägen kommt und ob eine Häufung von Starkniederschlagsereignissen auch zu vermehrten Murereignissen führen wird. Die Veränderung wird auch in der Schweiz durch veränderte Geschiebepotenziale im Bereich des auftauenden Permafrostes gesehen. In Abhängigkeit des größeren Volumens wird angenommen, dass

die Schäden bis 2050 zunehmen werden. Die Zunahme ist aber, neben der zugrunde liegenden Annahme im Hinblick auf das erhöhte Gefährdungspotenzial, stark von den zu setzenden Anpassungsmaßnahmen abhängig. Von den Autoren wird darauf hingewiesen, dass die Einschätzungen als sehr spekulativ anzusehen sind (Ecoplan, 2007).

Lawinen

Schadenlawinenereignisse wie etwa 1999 (u. a. in Galtür) resultieren aus extremen Niederschlagsereignissen mit enormen Neuschneezuwächsen innerhalb weniger Tage. Nach heutigem Kenntnisstand ist es nicht möglich, Aussagen hinsichtlich der Veränderung von einzelnen Starkniederschlagsereignissen unter Klimawandelbedingungen zu tätigen. Allgemein ist jedoch ein Trend zu erhöhten Winterniederschlägen speziell nördlich des Alpenhauptkammes zu erwarten, was jedoch noch keine Rückschlüsse auf starke bzw. extreme Winterniederschlagsereignisse zulässt. Speziell Winterniederschläge werden maßgeblich von der Nordatlantischen Oszillation (NAO) gesteuert, die kurzfristigen Schwankungen und langfristigen Trends unterliegt. Der Einfluss des anthropogenen Klimawandels auf die NAO ist Gegenstand der aktuellen Forschung. Ein genereller Anstieg der Temperatur, auch im Winter, hat zur Folge, dass in manchen bisher potenziell gefährdeten, tieferen Lagen die Disposition für Schadenlawinen nicht mehr gegeben ist.

Nach OcCC (2007) ist es zumindest für die gesamte Schweiz in Summe unklar, ob Lawinenereignisse in Zukunft häufiger oder seltener eintreten werden. Regional kann es jedoch zu Veränderungen aufgrund erhöhter Temperaturen und saisonal-veränderter Niederschlagsregime kommen. Risiken sind lokal abzuschätzen und gegebenenfalls sind Maßnahmen zur Risikominimierung zu setzen (Egli, 2005). In Österreich besteht im Wege der örtlichen Raumplanung zwar eine Gefahrenzonenausweisung für Lawinen und gefährdete Gebiete werden durch Verbauungsmaßnahmen bis zu einem definierten Schutzziel geschützt, allerdings ist davon auszugehen, dass das Schadenspotenzial aufgrund der freien Baulandreserven in den gelben Zonen weiter ansteigen wird, wobei unter Berücksichtigung präventiver bautechnischer Auflagen mit keiner Erhöhung der Schadenbilder zu rechnen ist.

Zieht man die zu erwartende starke Zunahme des Schadenpotenzials – und hierbei speziell im Grenzbereich zwischen Gefahrenzonen und nicht ausgewiesenen Gebieten – heran, so kann geschlossen werden, dass extreme Schadenlawinenereignisse (> Bemessungsereignis) in Zukunft nicht zunehmen werden aber die Schadenskonsequenzen innerhalb der Gefahrenzonen leicht und außerhalb der ausgewiesenen Gefahren-

zonen stark ansteigen werden. Die weiter oben (bei „Muren“) angeführte Situation von neu entstehenden Prozessbereichen aufgrund einer möglicherweise erhöhten Vulnerabilität des Waldes gegenüber Sturmereignissen ist Gegenstand des laufenden ACRP-Projekts FIRIA („Fire Risk and Vulnerability of Austrian Forests under the Impact of Climate Change“). Diese Flächen sind aber hinsichtlich der Lawinenbildung relativ klein und genau zu definieren. Insgesamt muss darauf hingewiesen werden, dass Lawinen eine regional sehr begrenzte Wirkung haben und Sachschäden im bundesweiten Vergleich mit anderen Risiken relativ gering sind. Betrachtet man jedoch die historische Anzahl an Todesfällen durch Naturgefahrenereignisse in Österreich (EM-DAT International Disaster Database⁸) so sind bislang mit Ausnahme der Hitzewelle von 2003 (350 Todesfälle) am meisten Menschen durch Großschadenlawinen (1950er Jahre und 1999) ums Leben gekommen (gefolgt von 43 Todesfällen durch Massenbewegungen, 39 durch Hochwasser- und 22 durch Sturmereignisse). Eine zukünftige Entwicklung hierzu ist nicht abschätzbar.

Massenbewegungen (Rutschungen, Sturzprozesse)

Analog zu Lawinen sind Massenbewegungen, die Siedlungsräume betreffen, relativ genau abgrenzbar und haben in der Regel ein vergleichsweise geringes kumulatives Schadenspotenzial. Das hierunter fallende Prozessspektrum reicht von langsam aber kontinuierlich ablaufenden Kriech- und Rutsch- (flach- bis tiefgreifende Massenbewegungen) bis hin zu Sturzbewegungen (Steinschlag, Fels- und Bergstürze) mit kurzfristig extremen Beschleunigungsraten. Neben Wirkungsbereichen, die Siedlungsgebiete und Talräume betreffen, sind unter Klimawandelbedingungen vor allem Prozessräume im Bereich des auf den Temperaturanstieg sensibel reagierenden Permafrosts von großer Bedeutung. Hierbei können vor allem Infrastrukturen direkt betroffen sein oder Massenbewegungen stellen den Primärprozess dar, der speziell für Murprozesse ein erhöhtes Geschiebepotenzial bieten und somit in einer Prozesskaskade zu Schäden im Siedlungsgebiet führen kann (siehe „Muren“). Eine generelle Aussage über Effekte aus Massenbewegungen ist schwer möglich, da jede Lokalität einer spezifischen Geologie und Lithologie unterliegt und das gesamte Prozessgefüge (Prädisposition und auslösendes Ereignis) aus dem mehrphasigen Wechselspiel unterschiedlicher Dynamiken zu betrachten ist.

Klimasensible Prädispositionen außerhalb des Permafrosts betreffen vor allem den Niederschlag (feuchtere Klimabe-

⁸ <http://www.emdat.be/database>

dingungen) bzw. den Bergwasserspiegel. Auslösende Ereignisse können neben einer Vielzahl von weiteren Dynamiken (z. B. Seismik) Starkniederschläge sein. Aus den vorgestellten Klimaprojektionen ist jedoch nicht ableitbar, dass sich diese Situationen unter geänderten klimatischen Bedingungen signifikant ändern werden, sodass keine kausalen Zusammenhänge zwischen Klimawandel und Massenbewegungen abgeleitet werden können. Aufgrund der kleinräumigen, in der Regel gut abgrenzbaren Prozessräume und dem staatlichen Naturgefahrenmanagement kann davon ausgegangen werden, dass trotz eines erhöhten Schadenspotenzials die Schäden nicht weiter zunehmen werden. Die Auswirkungen im Bereich des Permafrosts und Implikationen für Siedlungsgebiete wurden weiter oben (bei „Muren“) diskutiert. Einen Spezialfall stellen tiefgründige Massenbewegungen oder Sturzprozesse mit großen Volumina dar, die aufgrund von plötzlich auftretenden enormen Bewegungsraten unter Umständen bestehende Speicher von Wasserkraftanlagen betreffen und dadurch einen Kaskadeneffekt auslösen könnten (ein katastrophales, jedoch durch Speichermanagement ausgelöstes Ereignis stellt hierbei Vajont 1963 dar). Derartige Szenarien sind jedoch spekulativ und werden hier, auch unter dem Gesichtspunkt, dass bestehende Speicher einem ausgefeilten Genehmigungs- und Monitoringkonzept unterliegen, nicht weiter betrachtet. Auch gibt es hierzu keine publizierten Studien. Durch den Anstieg der Permafrostuntergrenze und dessen Auswirkung auf Massenbewegungen im Hochgebirge können mögliche klimainduzierte Veränderungen das Gefährdungspotenzial von derartigen Speicheranlagen erhöhen. Belegbare Aussagen hierzu sind jedoch nicht möglich.

Der „Klimareport Südtirol“ sieht einen klaren Zusammenhang zwischen Klimawandel und Sturzprozessen, die Aussagen beziehen sich jedoch ausschließlich auf den nicht-siedlungsrelevanten Bereich (Zebisch et al., 2011). In den berücksichtigten Studien aus der Schweiz (Ecoplan, 2007; OcCC, 2007) wird auf diesen Prozessstyp nicht weiter eingegangen, für Deutschland liegen keine Ergebnisse vor.

Hagel

Hagelereignisse sind konvektive Ereignisse, die durch eine einzelne Hagelzelle sehr lokal auftreten oder aufgrund der Formierung von mehreren Hagelzellen zu einem Sturmsystem auch große Flächen mit mehreren Hagelstrichen betreffen können. So können Hagelzellen ein mesoskaliges konvektives Sturmsystem (MCS) entwickeln, das sich über mehrere hundert Kilometer erstrecken kann. Voraussetzung für die Entstehung von Hagelereignissen sind starke Aufwinde in einer labil

geschichteten Atmosphäre, wobei die Alpen und vor allem der Alpenvorraum durch topographisch bedingte thermodynamische Prozesse eine ideale Grundvoraussetzung zur Bildung derartiger Ereignisse darstellen. Die Bildung von MCS bedingt dagegen spezielle Großwetterlagen (Trogwetterlage im Süden, Kaltfront mit großen Temperaturunterschieden im Westen Europas, geringe Druckunterschiede und labile Schichtung im Entstehungsgebiet). Hagelereignisse sind durch räumlich und zeitlich hoch variable Zugbahnen gekennzeichnet und es ist oft zufällig, ob ein Ereignis Siedlungsgebiete mit hoher Schadenpotenzialkonzentration betrifft oder nicht (siehe München 1984), was u. a. die temporale Variabilität großer Schadereignisse betrifft.

Eine mögliche klimawandelinduzierte Zunahme von Frequenz und Stärke von Hagelereignissen hängt vor allem von der Auswirkung des Klimawandels auf die Labilität der Luftschichtung in der Troposphäre sowie einer möglichen Dynamik hinsichtlich der Großwetterlagen ab (Schieser, 2003). Diese Frage kann zum derzeitigen Stand noch nicht beantwortet werden und ist Bestand aktueller Forschungsprojekte (u. a. HARIS-CC am Karlsruher Institut für Technologien). Für zukünftige Entwicklungen ist jedoch ein eindeutiger Trend hinsichtlich der Schadensentwicklung absehbar. Hierzu führen im Wesentlichen drei Komponenten der sozioökonomischen Entwicklung:

- eine erhöhte Schadenspotenzialkonzentration vor allem in den Ballungsräumen durch Bevölkerungs- und Siedlungsentwicklung, ein verändertes Mobilitätsverhalten und die Zunahme exponierter Kraftfahrzeuge,
- die Zunahme dezentraler nicht-fossiler Energieanlagen (Solar- und Photovoltaikanlagen, Biomassenanlagen und dazugehörige Produktionsflächen) sowie eine erhöhte Vulnerabilität moderner Gebäudestrukturen und -fassaden sowie alternativer Energieanlagen gegenüber Hagelereignissen (Hagelschlag, Sturmböen und Starkregen).

Es ist somit zu erwarten, dass auch bei gleicher Zahl an Hagelereignissen das Ausmaß an Hagelschäden in Zukunft stark zunehmen wird. Aufgrund einer gewissen Zufälligkeit in den Entstehungsgebieten und den Zugbahnen ist eine räumliche und temporale Variabilität der Schadenereignisse zu erwarten.

Zebisch et al. (2011) kommen für Südtirol zu der Auffassung, dass nach heutiger Datenlage (Temperaturzeitreihen und Hageldokumentationen) keine Korrelation zwischen der beobachteten Temperaturzunahme der letzten Jahrzehnte und einer veränderten Hageldynamik besteht. Die NFP 31-Studie in der Schweiz ging von einer generellen Zunahme von

Sturm- und Hagelschäden um 30 bis 50 % aus (Bader und Kunz, 1998), dies ist nach heutigem Kenntnisstand überholt, Prognosen zu klimabedingten Veränderungen von Hagelereignissen können noch nicht gemacht werden (Ecoplan, 2007). Für Deutschland geht der Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) von einer Zunahme von Hagelschäden im Sommer aus (GDV, 2011). Da keine weitere Differenzierung zwischen Hagel und Sturm vorgenommen wird, wird hierzu auf den nächsten Abschnitt verwiesen.

Sturm (Wintersturm)

Obwohl Österreich regelmäßig von Winterstürmen betroffen ist und auch hohe Schadenssummen zu verzeichnen sind, kann die generelle Gefährdung im Vergleich mit anderen mitteleuropäischen Staaten als relativ moderat eingestuft werden. Potenzielle Veränderungen der Frequenz-Magnitude von schadensrelevanten Winterstürmen sind eng mit der Nordatlantik-Oszillation (NAO) gekoppelt. Hierbei ist ein positiver NAO-Index auf einem mitteleuropäischen Maßstab zumeist verbunden mit feucht-warmen, sehr niederschlagsreichen Witterungslagen sowie häufigen Sturmereignissen aufgrund der Luftdruckunterschiede. Die NAO unterliegt kurzfristigen Schwankungen und langfristigen Trends (siehe auch oben, in „Lawinen“). Neueste wissenschaftliche Erkenntnisse weisen darauf hin, dass vor allem die Ozeantemperatur („Ocean Heat Content“, OHC) der signifikanteste Faktor für dekadische Variabilität der Sturmaktivität ist.

Hinsichtlich potenzieller klimainduzierter Veränderungen der Sturmaktivität muss angeführt werden, dass es noch große Unterschiede und Unstimmigkeiten zwischen unterschiedlichen Klimamodellen gibt und dadurch eine robuste Projektion (noch) nicht möglich ist (vgl. Band 1, Kapitel 4). Bezüglich zukünftig zu erwartender Schadensbilder kann dieselbe Argumentation wie unter „Hagel“ angeführt werden, wobei die Kaskoschäden nicht eine derartig große Rolle spielen. Es kann davon ausgegangen werden, dass Sturmschäden auch in Österreich in Zukunft zunehmen werden, jedoch unter starker dekadischer Variabilität. Neben Schäden an Gebäuden führen Sturmereignisse vor allem zu Schäden im Wald mit entsprechenden Implikationen für die Entstehung bzw. Intensitätsverstärkung von Naturgefahren (siehe „Muren“ und „Lawinen“), was lokal von Bedeutung sein kann, jedoch das kumulative Schadenspotenzial in Österreich nicht wesentlich beeinflusst.

Für die Schweiz ging man nach älteren Arbeiten von einer Zunahme der Schäden von 30 bis 50 % aus (Zebisch et al., 2011). Laut Ecoplan (2007) ist in der Schweiz mit keinen wesentlichen Veränderungen der Sturmschäden im Vergleich zu

heute zu rechnen. Der GDV dagegen geht für Deutschland davon aus (Sturm und Hagelschäden werden jedoch hierbei zusammengefasst), dass es zu einer generelle Zunahme von Sturmschäden um 7 % bis 2040 und 28 % bis 2070 kommen wird. Die Zunahme wird räumlich und saisonal unterschiedlich ausfallen: der Nordwesten Deutschlands ist wesentlich stärker betroffen (teilweise Anstieg der Schäden um 100 %) und die Zunahme von Schäden wird im Sommer wesentlich markanter ausfallen als im Winter (bis 2070 um 60 % im Sommer und 16 % im Winter). Da keine Differenzierung zwischen Sturm und Hagel vorgenommen wird, kann die Zunahme im Sommer auch auf eine Zunahme der Hagelschäden zurückzuführen sein. Die Zunahme der durchschnittlichen Schäden liegt vor allem in der Zunahme von extremen Ereignissen begründet, der Schadensatz der Extremereignisse steigt um das 4-fache (GDV, 2011).

Der aktuelle Bericht „Klimaänderungen der Schweiz – Indikatoren zu Ursachen, Auswirkungen und Massnahmen“ führt an, dass es aus wissenschaftlicher Sicht derzeit nicht möglich ist, einen Zusammenhang zwischen dem Klimawandel und der Häufigkeit von Naturkatastrophen (Hochwasser, Muren, geologische Massenbewegungen, Lawinen und Stürme) herzustellen. Den wesentlichen Ansatzpunkt zur Verringerung von Naturgefahrenschäden stellt hierbei das integrale Risikomanagement (vor allem technische und raumplanerische Maßnahmen sowie organisatorische Maßnahmen des Bevölkerungsschutzes) dar (Perroud und Bader, 2013).

Fraglich bleibt, ob nicht andere Einflussfaktoren (sozioökonomische und institutionelle Veränderungen und Rahmenbedingungen) stärker als der Klimawandel auf zukünftige Schadensbilder und deren Veränderung im Vergleich zur heutigen Risikosituation wirken.

6.5.5 Risikotransfer durch Naturgefahrenversicherung

Im Gegensatz zu staatlichen Maßnahmen des integralen Naturgefahren-Risikomanagements sind Versicherungen ein solidarergemeinschaftliches System zur Kompensation von allfälligen Schäden, die über das Prinzip der Risikostreuung oder auch das Prinzip der großen Zahlen funktionieren. Bis zu einer gewissen Systemobergrenze der Schadenssumme kann ein derartiges System effektiv funktionieren, vorausgesetzt, das Risiko ist für den Versicherer auch in einer gewissen Weise kalkulierbar. Versicherungen können auch über gewisse Auflagen und (finanzielle) Anreizsysteme (etwa reduzierte Prämien) wesentlich zur Prävention und damit zur Schadensminderung beitragen. Generell stellt die Prävention (Bewusstseinsbildung

und Anpassungsmaßnahmen) ein sehr effektives Instrumentarium zur Schadensminderung dar. Aufgrund ihrer öffentlichen Wahrnehmung und Wirkung können Versicherungen durch Marketing- und PR-Maßnahmen auch dazu beitragen, klimaschädliche CO₂-Emissionen zu reduzieren. In der Schweiz hat sich in 19 Kantonen ein Obligatorium (verpflichtende Naturgefahrendeckung ohne Haftungsgrenzen) durch kantonale Gebäudeversicherer bewährt, in den Kantonen Genf, Uri, Schwyz, Tessin, Appenzell Innerrhoden, Valais und Obwalden besteht ein ähnliches privatwirtschaftlich organisiertes System. Hierbei wird das Gebäude samt Hausrat bzw. Geschäftsinventar zum Vollwert gegen Elementarschäden versichert, der Deckungsumfang und die Prämientarife sind für alle Versicherungsnehmer einheitlich und verbindend. Die zur Naturgefahrendeckung verpflichtete Kantonale Gebäudeversicherung ist bereits bei der Baubewilligung mit involviert und kann gegebenenfalls bestimmte Objektschutzmaßnahmen verpflichtend fordern. Die Eigenverantwortung der einzelnen Versicherten ist Bestandteil des Systems. Demnach ist jeder Versicherte verpflichtet, eigenverantwortlich zur Ressourcenvorsorge für den Ereignisfall zu sorgen. Bei Nichterfüllung kann die Versicherung entsprechend die finanzielle Schadenskompensation kürzen.

Aus ökonomischer Sicht funktioniert die Koordination von Elementarschadenversicherungen über den bestehenden Markt mit seinen derzeitigen Rahmenbedingungen in Österreich nicht effizient und wird deshalb als Marktversagen bezeichnet. Gründe hierfür sind u. a. die „adverse Selektion“ (in einem freien, nicht verpflichtenden Markt versichert sich auch nur der Versicherungsnehmer, der offensichtlich einem Risiko unterliegt; etwa Hochwasserversicherung im hochwassergefährdeten Gebiet) sowie ein „moral hazard“-Verhalten (aufgrund einer bestehenden Versicherung verhält sich der Versicherungsnehmer nicht mehr risikogerecht im Sinne der Prävention) und ein „charity hazard“-Verhalten (Vertrauen auf staatliche oder anderweitig organisierte Hilfszahlungen, die den Abschluss einer Versicherung nicht notwendig erscheinen lassen) (Pretenthaler und Albrecher, 2009; Holub et al., 2011).

Zusammengefasst besteht in Bezug auf private Sachschäden an Gebäuden und Inventar in Österreich keine zufriedenstellende Situation, lediglich im Spezialegment für Industrieunternehmen und Großgewerbe können die angebotenen Versicherungsprodukte als zufriedenstellend bezeichnet werden (Holub et al., 2011). Für alle weiteren Segmente kann auf freiwilliger Basis ein Versicherungsschutz im Rahmen der Sturmschadenversicherung erworben werden. Dieses Produkt stellt aber keine umfassende Versicherungslösung dar und deckt

lediglich Schäden aus Sturm, Hagel, Schneedruck und Sturzprozessen mit der vollen Versicherungssumme. Alle weiteren Schäden aus Naturgefahrenprozessen sind ausgenommen bzw. haben im Rahmen der Sturmschadenversicherung eine sehr geringe Deckungssumme (üblicherweise zwischen 3 700 und 15 000 €). Bei einigen wenigen Versicherungsunternehmen ist ein zusätzlicher Deckungsumfang bis zu 50 % der Versicherungssumme für diese weiteren Naturgefahrenprozesse möglich. Durch die Freiwilligkeit besteht jedoch die Gefahr der negativen Selektion im Versicherungskollektiv („adverse Selektion“) und die Prämien hierfür sind entsprechend hoch. Das heißt, für Hochrisikozonen besteht kein adäquates bzw. nur ein sehr eingeschränktes Angebot. Die Versicherungsdichte von Sturmschadenversicherungen beläuft sich in Österreich auf ca. 50 %, für Hochwasser auf 10–15 % (Pretenthaler und Vettters, 2009). Darüber hinaus gibt es zur eigenen Kumulkontrolle der Versicherungsunternehmen eine zusätzliche Kumulkontrolle. Werden vertraglich definierte Höchstscha­denlimits erreicht, die je nach Versicherungsunternehmen unterschiedlich hoch sind, behält sich der Versicherungsnehmer vor, die Gesamtschädigungssumme über diesem Limit aliquot zu kürzen. Dieser Anspruch wurde jedoch bis dato in Österreich noch nie vollstreckt (Schieferer, 2006) bzw. wurde nach dem Hochwasser von 2002 von einer Versicherung davon Gebrauch gemacht (Vettters, 2006).

Auf Ausschüttungen aus dem staatlichen Katastrophenfonds herrscht kein Rechtsanspruch und es besteht somit ein hohes Maß an Unsicherheit für die Betroffenen. Aufgrund der Finanzierung des Katastrophenfonds über das Steuersystem stellt er eine quasi Pflichtversicherung dar. Da Versicherungsleistungen von der Entschädigung aus dem Katastrophenfonds üblicherweise in Abzug gebracht werden, entsteht ein Nachteil für jene mit präventivem, wenn auch nur relativ begrenztem, versicherungstechnischem Risikotransfer und die Entschädigungshöhen variieren je nach Bundesland (Pretenthaler und Albrecher, 2009). Durch die jährliche Abschöpfung des Katastrophenfonds kommt es auch zu keiner Reservebildung für größere Schadenereignisse (Pretenthaler und Vettters, 2009).

6.6 Auswirkungen des Klimawandels auf Siedlungsräume

6.6 Climate change impacts on settlement areas

Mehr als die Hälfte aller ÖsterreicherInnen lebt in Stadtregionen. Diese Stadtregionen werden zukünftig einen weiteren Bevölkerungszuwachs erfahren (ÖROK, 2009). Neben sozio-

ökonomischen Entwicklungen nehmen aber auch klimatische Veränderungen und Wetterereignisse Einfluss auf Siedlungsräume. Dabei ist der Einfluss des Klimawandels auf Siedlungsräume komplex (Ruth und Coelho, 2007): neben Auswirkungen auf Menschen und Gebäude gilt es unter anderem Auswirkungen auf Infrastrukturen, Ver- und Entsorgungsservices, städtische Grünräume sowie Stoffströme zwischen Siedlungen und ihrem Umland zu beachten. Für Österreich liegen klare Hinweise vor, dass es klimabedingt zu einer Reduktion des Energiebedarfs für Raumwärme, einer Erhöhung des Energiebedarfs für Raumkühlung, einer Verstärkung städtischer Wärmeinseln und Hitzewellen sowie kleinräumigen Beeinträchtigungen der Trinkwasserentstehung kommen wird. Aussagen darüber, ob der Klimawandel die Gefährdung von Siedlungsräumen durch Hochwasser bzw. Starkwinde erhöht oder zur Verstärkung städtischer Ozon- und/oder Feinstaubbelastungen beiträgt, sind nur bedingt bis gar nicht möglich.

6.6.1 Siedlungsräume als Schauplätze des Klimawandels

Aufgrund der unterschiedlichen klimatischen, ökologischen, kulturellen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden unter dem Begriff „Siedlungsraum“ unterschiedliche Ausprägungen menschlicher Siedlungen

zusammengefasst. Die Spannweite reicht dabei in Österreich von strukturschwachen, peripher gelegenen alpinen Siedlungen bis zur Wiener Innenstadt (Höferl und Jelinek, 2007). Ein Großteil der Bevölkerung (ca. 65 %) lebt in urban geprägten Stadtregionen, weitere 15 % der Bevölkerung leben außerhalb dieser Zonen in zusammenhängend verbauten Gebieten (Abbildung 6.16). Die restlichen 20 % der Bevölkerung verteilen sich auf ländliche Siedlungsräume (Statistik Austria, 2013).

Je Siedlung nehmen die eingangs erwähnten Rahmenbedingungen auf unterschiedliche Art und Weise Einfluss auf die räumliche Entwicklung. Einwirkungen des Klimawandels stellen somit nur einen von vielen Einflussfaktoren der Siedlungsentwicklung dar. Es ist also davon auszugehen, dass die in weiterer Folge dargestellten Auswirkungen des Klimawandels in den Siedlungsräumen Österreichs zu unterschiedlichen Konsequenzen führen werden.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf Siedlungsräume liegen dabei quer zu der für diesen Bericht charakteristischen sektoriellen Betrachtungsweise. Der Klimawandel beeinflusst nicht nur Menschen und Gebäude in Siedlungen, sondern auch städtische Infrastrukturen und deren Ver- und Entsorgungsservices, städtische Grün- und Freiräume, Stoffströme zwischen Siedlungen und ihrem Umland sowie letztlich auch Interaktionen zwischen diesen Elementen (Ruth und Coelho, 2007). Zu diesem komplexen Wirkungsgefüge Klimawan-

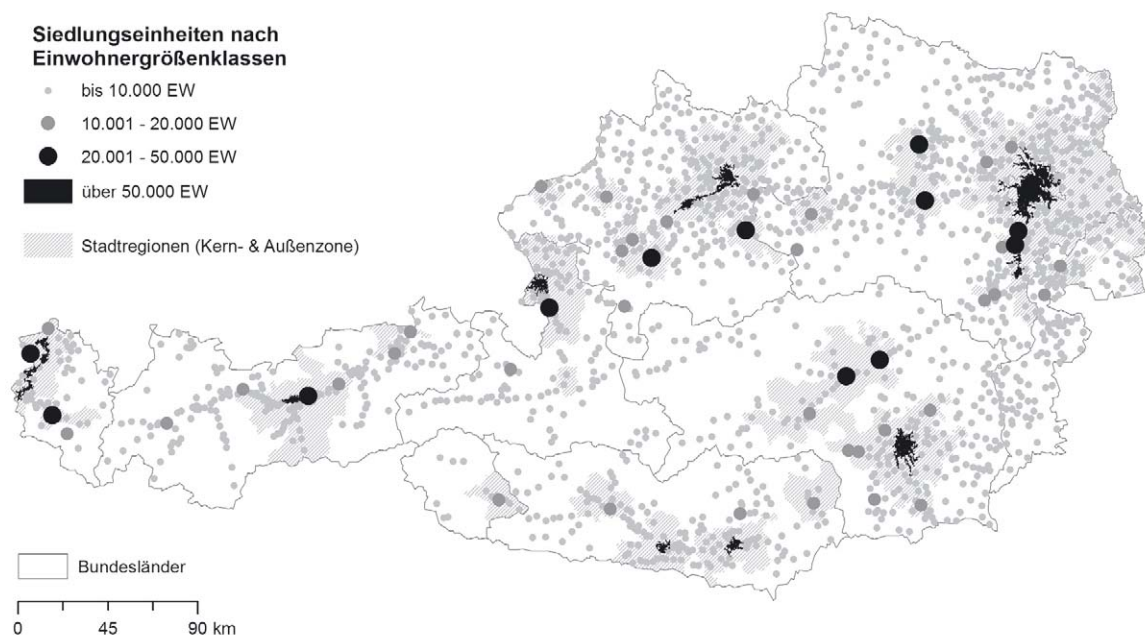


Abbildung 6.16 Siedlungsräume in Österreich. Datengrundlagen: Statistik Austria (2011)

Figure 6.16 Residential areas in Austria. Data source: Statistik Austria (2011)

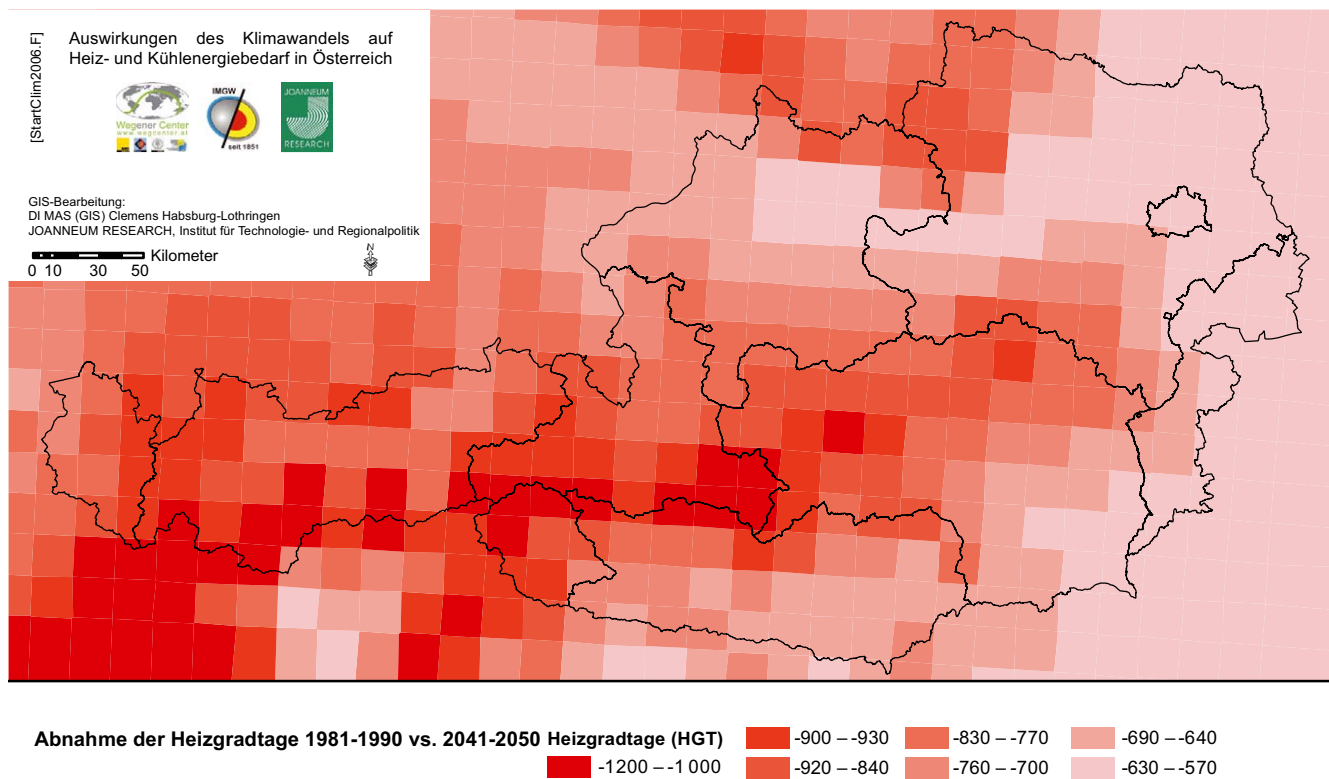


Abbildung 6.17 Abnahme der Heizgradtage 2041–2050 gegenüber 1981–1990. Quelle: Prettenhaler et al. (2008b)

Figure 6.17 Reduction of heating days 2041–2050 compared to 1981–1990. Source: Prettenhaler et al. (2008b)

del und Siedlungsraum liegen national sowie international erst wenige systematische Untersuchungen vor (z. B. Kuttler, 2011; Rosenzweig et al., 2011; OECD, 2010; IPCC, 2007). Die inhaltliche Gliederung dieser Untersuchungen diente als Vorlage der hier getroffenen Auswahl von Auswirkungen des Klimawandels auf österreichische Siedlungsräume.

6.6.2 Auswirkungen auf den Heiz- und Kühlbedarf

Gobiet et al. (2007) kommen zum Schluss, dass Österreich bis 2050 ein Temperaturanstieg von ca. 0,4°C je Jahrzehnt bevorsteht. Die reclip:century-Simulationen lassen noch höhere Temperaturanstiege erwarten: im Winter bis 2,2°C, im Sommer bis 2,5°C (Loibl et al, 2011a). Diese Temperaturanstiege bilden gemeinsam mit den eingesetzten Heiz- und Kühltechnologien sowie der Energieeffizienz von Gebäuden die zentralen Bestimmungsfaktoren des Energiebedarfs von Siedlungsräumen (Gobiet et al., 2008).

Prettenhaler et al. (2008b) nutzen VERACLIM-Ergebnisse (Gobiet et al., 2008) um die klimabedingten Veränderungen von Heiz- und Kühlgradtagen abzuschätzen. Heiz- und Kühl-

gradtage stehen dabei vereinfacht für die Temperaturdifferenz zwischen einem Heiz- bzw. Kühlwellenwert und dem Tagesmittel der Außentemperatur. Die zwischen den Perioden 1981 bis 1990 und 2041 bis 2050 ermittelte Veränderung der Heizgradtage (Abbildung 6.17) fällt dabei in alpinen Räumen Westösterreichs deutlich höher aus, als in den östlichen Niederungen (Töglhofer et al., 2007). Österreichweit kann im Vergleichszeitraum 1981/1990 bis 2041/2050 mit einer durchschnittlichen Reduktion der Heizgradtage um ca. 20 % gerechnet werden (Prettenhaler et al. 2007).

Die für denselben Vergleichszeitraum ermittelte Veränderung der Kühlgradtage zeigt österreichweit einen signifikanten Anstieg (Abbildung 6.18): Mit einer absoluten Zunahme von 200 und mehr Kühlgradtagen weisen Niederösterreich, Wien, die Südoststeiermark sowie das Südburgenland die größten Zuwächse bis 2050 auf (Töglhofer et al., 2007). Die absolute Zunahme ist somit in jenen Gebieten am stärksten, welche bereits in der Periode 1981 bis 1990 die meisten Kühlgradtage aufwiesen. Österreichweit kann im Vergleichszeitraum 1981/1990 bis 2041/2050 mit einer Erhöhung der Kühlgradtage zwischen 130 und 147 % gerechnet werden (Prettenhaler et al., 2007).

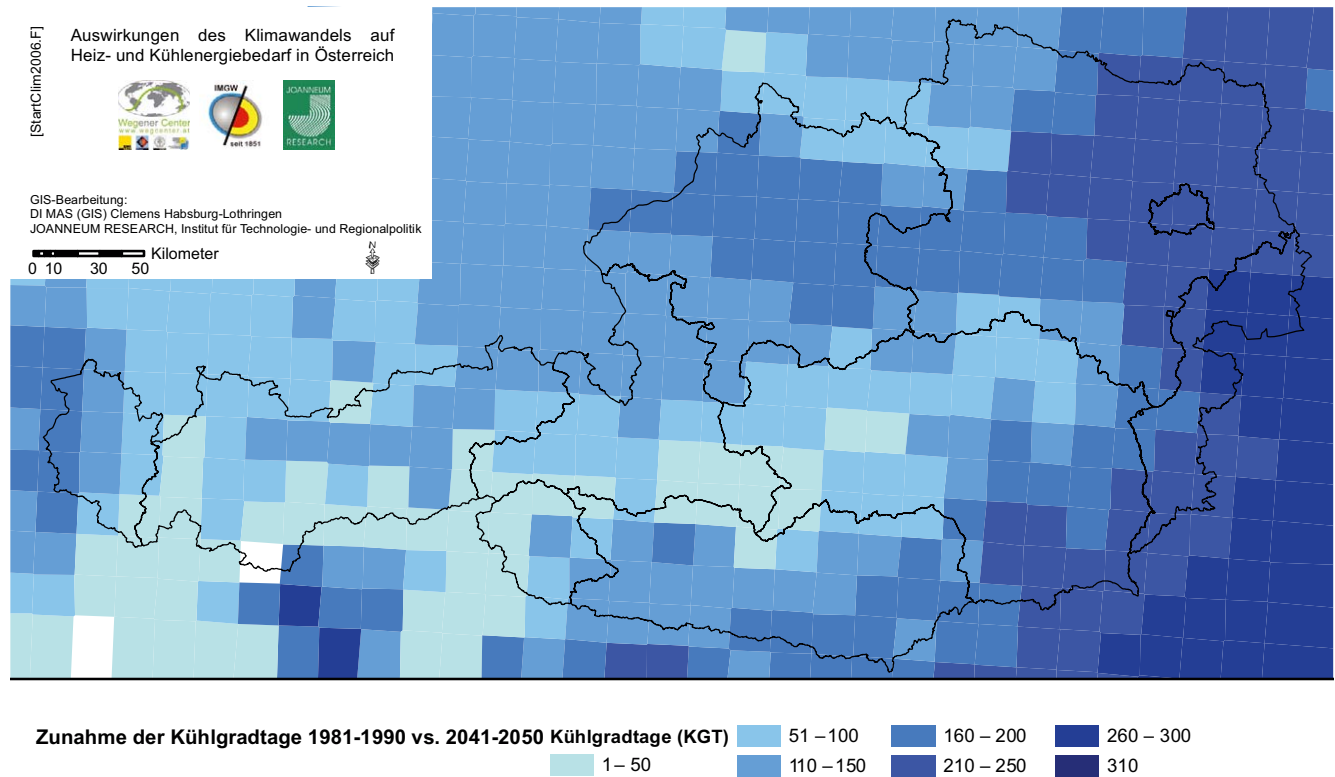


Abbildung 6.18 Zunahme der Kühlgradtage 2041–2050 gegenüber 1981–1990. Quelle: Prettenhaler et al. (2008b)

Figure 6.18 Increase of cooling days 2041–2050 compared to 1981–1990. Source: Prettenhaler et al. (2008b)

Die von Prettenhaler et al. (2007) exemplarisch für Wien und Lienz durchgeführte Überlagerung von Höhenlage und den Veränderungen der Heiz- und Kühlgradtage zeigt, dass Siedlungsräume im Alpenraum klimatisch begünstigt werden: Werden in 650 m Seehöhe 10 Heizgradtage durch einen Kühlgradtag ersetzt, beträgt dieses Substitutionsverhältnis in 100 m Seehöhe nur mehr 2:1 (Gobiet et al., 2008). Berücksichtigt man die Siedlungsstruktur Österreichs – mehr als die Hälfte der ÖsterreicherInnen lebt unter 500 m Seehöhe – werden österreichweit bis 2050 3,9 Heizgradtage durch einen Kühlgradtag ersetzt.

Die Auswirkungen der klimabedingten Veränderungen der Heiz- und Kühlgradtage auf den Energiebedarf sind für Heizung und Kühlung deutlich unterschiedlich. Prettenhaler et al. (2007, 2008b) schätzen ohne Berücksichtigung energetischer Sanierung und technischer Neuerungen die klimabedingte Reduktion des jährlichen Endenergiebedarfs für Raumwärme für die Periode 1981/1990 bis 2041/2050 auf 10 800 GWh. Prettenhaler et al. (2008b) gehen jedoch davon aus, dass technische und sozioökonomische Entwicklungen (Effizienzsteigerungen) einen vermutlich größeren Einfluss auf den zukünftigen Energieverbrauch aufweisen werden.

Dies bestätigen Kranzl et al. (2011), indem sie die bis 2050 zu erwartende klimabedingte Reduktion im Energieverbrauch für Raumwärme je nach Klimaszenario mit 3–6 % sowie die durch effiziente Neubauten und Bestandssanierung erzielbare Reduktion mit ca. 57 % ermitteln. Zusätzlich kommen Prettenhaler et al. (2007) zum Schluss, dass trotz der klimabedingten Gesamtreduktion der Heizenergiebedarf dünnbesiedelter Räume (≤ 10 Wohnungen/km²) 2050 ca. doppelt so hoch wie jener von Ballungsgebieten (> 999 Wohnungen/km²) ausfallen wird.

Wie sich das Ansteigen der Kühlgradtage auf den Energieverbrauch niederschlagen wird, hängt von wenig vorhersehbaren technischen (z.B. Reduktion des Kühlbedarfs an Gebäuden) und vor allem sozioökonomischen, verhaltensspezifischen (z.B. Trend zur Klimatisierung) Entwicklungen ab (Kranzl et al., 2011; Prettenhaler et al., 2008b). Kranzl et al. (2011) prognostizieren als Maximal-Szenario einen Anstieg des Energieverbrauchs zur Raumkühlung von ca. 500 GWh 2001 (Adnot et al., 2003) auf 9700 GWh 2050, was der gesamten Österreichischen Spitzenstromlast im Winterhalbjahr 2009 entspräche. Studien zu möglichen stadtklimatischen Auswirkungen dieses künftigen Kühlbedarfs für Österreich –

wie z. B. die Verstärkung städtischer Wärmeinseln durch die Abwärme von Kühlaggregaten – sind derzeit erst in Arbeit.

Zusammenfassend belegen die für Österreich vorhandenen Studien, dass der klimabedingte Temperaturanstieg zu einer Reduktion des Gesamtenergiebedarfs beiträgt. Dabei übersteigt die klimabedingte Einsparung von Heizenergie den zusätzlichen Energiebedarf zur Raumkühlung um ein Vielfaches (Pretenthaler et al., 2008b). Allerdings herrscht Übereinstimmung darin, dass kommende technologische und gesellschaftliche Entscheidungen wesentlich stärker Einfluss auf den Energiebedarf für Heizen und Kühlen nehmen werden als der klimabedingte Temperaturanstieg (Kranzl et al., 2011; Pretenthaler et al., 2008b).

6.6.3 Auswirkungen auf städtische Wärmeinseln

Bereits in den 1970er Jahren wurde die übermäßige Erwärmung städtischer Kernzonen im Vergleich zu deren Umland unter dem Begriff „städtische Wärmeinsel“ zusammengefasst (Loibl et al., 2014). In diesen Kernzonen können – ohne Berücksichtigung des Klimawandels – um bis zu 9 bis 10 °C höhere Temperaturen als in der offenen Umgebungslandschaft gemessen werden (Kuttler, 2011). Höhere Temperaturen infolge des Klimawandels führen besonders in dicht bebauten Kernbereichen städtischer Agglomerationen zu einer Verstärkung solcher Wärmeinseln.

In urbanen Kernzonen ist mit einer intensiveren Steigerung der Hitzetage (Maximaltemperatur $\geq 30\text{ °C}$) zu rechnen. Für Wien errechneten Moshammer et al. (2006) eine kontinuierliche Steigerung der Zahl der Hitzetage von 17 bis 20 Hitzetage/Jahr in der Periode 2010 bis 2039 auf 37 bis 40 Hitzetage/Jahr in der Periode 2061 bis 2090 (siehe auch Band 1, Kapitel 4). Zuvela-Aloise et al. (2012) stützen diese Einschätzung anhand des Stadtklimamodells MUKLI-MO_3; sie gehen für den Zeitraum 2021 bis 2050 von einer moderaten, für den Zeitraum 2071 bis 2100 von einer markanten Zunahme der Sommertage (Maximaltemperatur $\geq 25\text{ °C}$) in Wien aus.

Als eine Folge von längeren Hitzeperioden (und geringerer Durchlüftung) zeigen städtische Gebiete eine geringere nächtliche Abkühlung. Gerersdorfer et al. (2006) ermittelten in der Periode 1961/1990 bis 1985/2002 für die meisten Messstationen des österreichischen Klimaatlas mindestens eine Verdoppelung der Anzahl warmer Nächte ($\geq 18\text{ °C}$). Klimaszenarien für die nächsten 20 bzw. 50 Jahre lassen einen weiteren Anstieg der Häufigkeit hoher nächtlicher Temperaturen in städtischen Gebieten als realistisch erscheinen (vgl.

Loibl et al., 2011b). Für die Station Graz-Universität ist laut Gerersdorfer et al. (2006) – ausgehend von der Referenzperiode 1961 bis 1990 mit 4,5 warmen Nächten/Jahr – ein Anstieg auf 15,1 Nächte/Jahr für die Periode 2019 bis 2048 zu erwarten.

Das zeitliche Ineinandergreifen von Hitzetagen und warmen Nächten führt zu „Hitzeperioden“, also zu längeren Zeiträumen mit erheblicher Wärmebelastung. Kombiniert mit einer zunehmend alternden Bevölkerung können diese Hitzeperioden in urbanen Kernzonen zu einer deutlichen Steigerung gesundheitlicher Beeinträchtigungen führen. (vgl. dazu auch Abschnitt 6.1).

Eine Generalisierung des Phänomens städtischer Wärmeinseln erweist sich jedoch schwierig, da dessen lokale Ausprägung unter anderem von der jeweiligen topologischen und klimatologischen Situation abhängt. Z. B. treten aufgrund des nächtlichen Kaltluftabflusses an Hängen in Tal- und Beckenlagen warme Nächte weniger häufig auf als im ostösterreichischen Flachland (Gerersdorfer et al., 2006). Darüber hinaus können unterschiedliche Siedlungs- und Freiraumstrukturen zu einer Verstärkung bzw. Abschwächung städtischer Wärmeinseln beitragen (Loibl et al., 2010; Loibl et al., 2011b; Stiles et al., 2013; Loibl et al., 2014; Erell et al., 2011; Bowler et al., 2010). Studien in Österreich widmen sich erst ansatzweise der Frage, ob städtische Freiraumstrukturen, deren Pflegeaufwand sowie das NutzerInnenverhalten durch eine mögliche Steigerung der Wärmebelastung beeinflusst werden. Die vorliegenden Studien (Drlik et al., 2011; Drlik, 2010; Drlik und Licka, 2010) lassen eine klimatische Verstärkung des Hitzestresses bei Parkpflanzen, eine Erhöhung des Pflegeaufwands sowie merkliche Veränderungen des NutzerInnenverhaltens (z. B. Präferenzen für schattige und kühle Ruhebereiche) vermuten. Welche Auswirkungen eine erhöhte städtische Wärmebelastung auf die Luftgüte – hier vor allem die Belastung mit Feinstaub und Ozon – haben kann, lässt sich zum Stand 2013 nicht mit Sicherheit abschätzen (Krüger et al., 2009).

6.6.4 Auswirkungen auf die Hochwassergefährdung von Siedlungsräumen

Wie keine andere Naturgefahr verursach(t)en Hochwasser große finanzielle Schäden in den Siedlungsräumen Österreichs. Alleine die Hochwasserereignisse 2002 entlang des Kamps führten zu einem geschätzten Sachschaden von ca. 3,1 Mrd. € (ZENAR, 2003). Die von Pretenthaler et al. (2008b) durchgeführte Schätzung der Verkehrswerte hochwassergefährdeter Wohnimmobilien zeigt deutlich, dass Salzburg, Tirol und Vorarlberg signifikant höhere Wertkonzentrationen im Abflussbe-

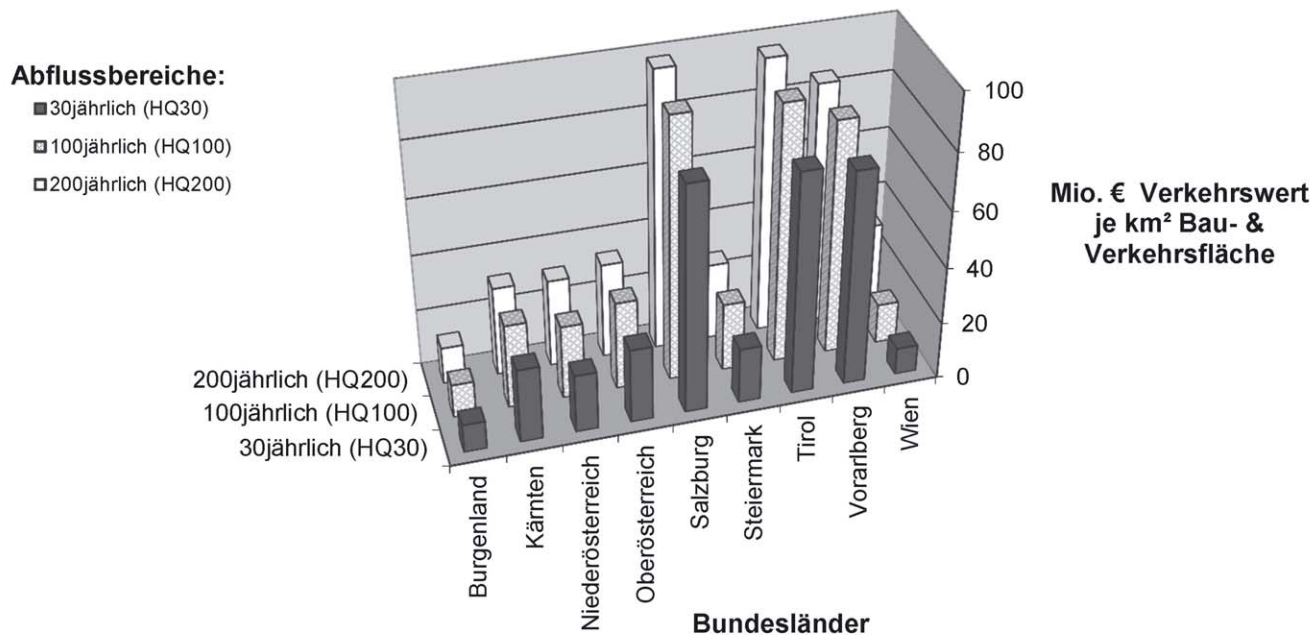


Abbildung 6.19 Verkehrswerte hochwassergefährdeter Wohnimmobilien je km² Bau- und Verkehrsfläche sowie Bundesland. Quelle: Höferl (2010)

Figure 6.19 Market values of flood-prone residential buildings per km² settlement and infrastructure area. Source: Höferl (2010)

reich von Hochwassern aufweisen als die östlichen Bundesländer (Abbildung 6.19).

Ob diese bestehende Gefährdung von Siedlungsräumen sich durch den Klimawandel weiter verschärfen wird, gilt momentan als unsicher. Große Übereinstimmung besteht darin, dass die bestehenden Abflusszeitreihen und Simulationsmodelle die Identifikation positiver oder negativer klimabedingter Trends nicht ermöglichen (Blöschl et al., 2011; Blöschl et al., 2009; Böhm et al., 2008). Prognosen zur Veränderung der Häufigkeit und Intensität von Hochwassern sind momentan mit großen Unsicherheiten verbunden. Auf Basis meteorologischer und physikalischer Veränderungen getroffene Vermutungen über eine klimabedingte Verstärkung von „Einflussfaktoren“ für Hochwasserereignisse (Formayer und Kromp-Kolb, 2009b) werden vor allem von VertreterInnen der Wasserwirtschaft (Blöschl et al., 2011) als spekulativ eingeordnet. Vor dem Hintergrund einer Verschiebung der Niederschläge von Sommer und Herbst in Richtung Winter und Frühjahr (Loibl et al., 2011a) deuten anhand von Klimaszenarien durchgeführte Studien (ein Überblick findet sich in BMLFUW, 2011) für den Zeitraum bis 2050 die Möglichkeit regional unterschiedlicher Entwicklungen bei Hochwasserabflüssen (−4 bis +10 %) an. Nahezu alle dieser Studien bestätigen dabei jedoch, dass die natürlichen Schwankungen der Hochwasser wesentlich größer als die prognostizierten Änderungen aufgrund des Klimawandels ausfallen (BMLFUW, 2011).

Die bisherigen Ausführungen behandeln jedoch rein das Gefahren-, nicht aber das Schadenspotential von Hochwasserereignissen in Siedlungsräumen. Erst eine Zusammenschau der zukünftigen Entwicklung des Gefahrengebiets sowie des zukünftigen Siedlungsraums (Abbildung 6.20) würde eine valide Aussage zur möglichen Betroffenheit von Siedlungsräumen durch intensivere bzw. häufigere Hochwasser erlauben.

Solch integrative Untersuchungen liegen für Österreich nicht vor. Es ist aber davon auszugehen, dass die Entwicklung des Siedlungsraums – und damit des Schadenspotentials – einer deutlich stärkeren Dynamik unterworfen ist, als die Beeinflussung der Häufigkeit und/oder Intensität von Hochwassern durch den Klimawandel (Fuchs, 2008; Stötter, 2007). Nichtsdestotrotz ist es notwendig, mögliche klimawandelbedingte Änderungen der Hochwassergefährdung mit in die Planung einzubeziehen, um das Schadenspotenzial reduzieren zu können.

6.6.5 Auswirkungen auf Nutzungs- und Bedarfsaspekte der Siedlungswasserwirtschaft

Die nicht gesicherte Wasserversorgung von Siedlungsräumen zählt global betrachtet zu einer der gravierendsten Auswirkungen des Klimawandels (Rosenzweig et al., 2011; OECD, 2010). Obwohl in Österreich momentan nur ca. 3 % des erneuerbaren Wasserangebots direkt genutzt werden, kann es kleinräumig

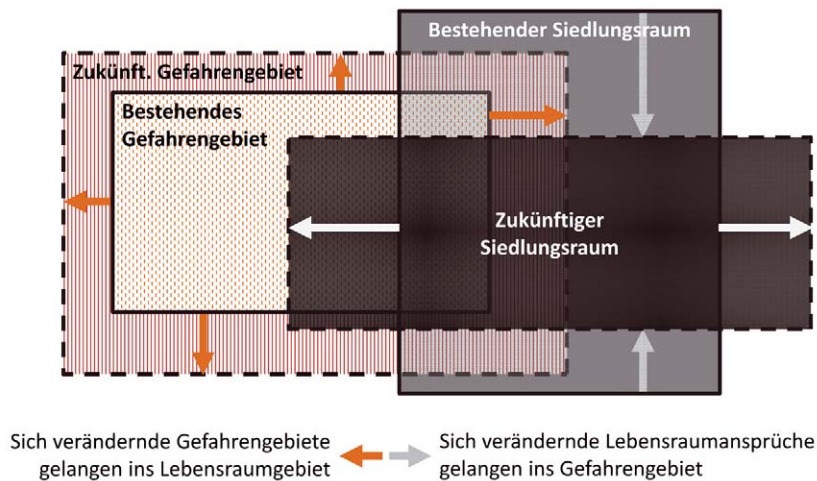


Abbildung 6.20 Siedlungsraum und Gefahrengebiet im zeitlichen Wandel. Eigene Überarbeitung von ARE, 2005. Quelle: Auszug Richtplan des Kantons Graubünden, CH, (2009)

Figure 6.20 Settlement area and danger areas over time. Adapted from ARE, 2005. Source: extract of Richtplan of the Graubünden canton, CH, (2009)

zu Engpässen bei der Bedarfsdeckung kommen (BMLFUW, 2011; Rogler et al., 2011). Aus dem Vergleich der Auswirkungen unterschiedlicher Klimaszenarien auf den Wasserhaushalt kann jedoch ein klimabedingter Mangel an Wasser in Österreich ausgeschlossen werden (Blöschl et al., 2011; Blaschke et al., 2011). Für die bestehenden lokalen und regionalen Versorgungseinheiten in Ungunstlagen (geologische Gegebenheiten, geringe Pufferung und Vernetzung etc.) wird eine quantitative sowie qualitative Beeinträchtigung der Trinkwasserversorgung durch den Klimawandel nicht ausgeschlossen (BMLFUW, 2011). Vor diesem Hintergrund wird vor allem der regionalen Vernetzung kleiner ländlicher Versorgungseinheiten in Zukunft eine steigende Bedeutung beigemessen.

Für die Bewässerung privater und öffentlicher Gärten wird mit einer regional unterschiedlich ausgeprägten Zunahme gerechnet (BMLFUW, 2011). Systematische Studien zu Auswirkungen des Klimawandels auf die Bewirtschaftung und Bewässerung städtischer Frei- und Grünräume liegen bislang für Österreich nicht vor. Drlik (2010) zeigt jedoch anhand einer Studie zur Wahrnehmung des Klimawandels durch Beschäftigte kommunaler Gartenbauämter auf, dass unter Bedingungen des Klimawandels der Sicherung der Bewässerung von Freiflächen eine zentrale Rolle zugeordnet wird.

Im Bereich der Abwasserentsorgung könnte der Klimawandel – vor allem im Nordosten Österreichs – durch häufigere Niederwasserereignisse sowie höhere Wassertemperaturen neue Anforderungen an die Reinigungsleistung von Kläranlagen begründen (Böhm et al., 2008).

6.6.6 Auswirkungen durch Starkniederschläge

Starkniederschläge können in Form von Starkregenereignissen neben der temporären Überlastung städtischer Kanalnetze

auch zur lokal beschränkten Überflutung von Erd- und Untergrößen („urban flash floods“) oder der Beschädigung ortsfester Infrastrukturen führen (ÖROK, 2010). Letzterer Punkt kann auch mit kurz- bis mittelfristigen Ausfällen öffentlicher Dienstleistungen (z. B. im Nahverkehr) einhergehen. Ob der Klimawandel zu einer Zunahme von Starkniederschlagsereignissen beiträgt, kann zurzeit nicht eindeutig beantwortet werden. Große Übereinstimmung besteht dahingehend, dass bisherige Simulationsmodelle aufgrund ihrer groben räumlichen Auflösung keine belastbaren Aussagen zur Veränderung der Häufigkeit und/oder Intensität lokaler Starkniederschläge zulassen (Böhm, 2008; Suklitsch et al., 2007). Zeitgleich findet sich in Studien (z. B. Loibl et al., 2009, 2011a, ÖROK, 2010) die übereinstimmende Einschätzung, dass mit einer Zunahme von Starkregenereignissen zu rechnen sei.

Bedingt durch eine klimabedingte Abnahme der Gesamtniederschläge in Sommer und Herbst sowie einer Zunahme in Winter und Frühjahr (Loibl et al., 2009, 2011a) können auch winterliche Starkniederschläge für Siedlungsräume relevant werden. Ergebnisse eines Forschungsprojekts weisen für das Bundesland Salzburg einen signifikanten Anstieg winterlicher Starkniederschlagsmengen aus (Amt der Salzburger Landesregierung, 2011). Diese Zunahme kann zu höheren Schneelasten führen, welche vor allem bei Gebäuden mit großen Spannweiten Schäden verursachen können (OcCC, 2007).

Auch Hagelereignisse können in Siedlungsräumen zu beachtlichen Schäden führen. Vor allem Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel (z. B. Sonnenblenden an Hausfassaden) sowie zum Klimaschutz (z. B. auf Hausdächern angebrachte Photovoltaik-Paneele) können durch Hagelstürme geschädigt werden (OcCC, 2007). Belastbare Aussagen zu einer möglichen klimabedingten Zunahme von Hagelstürmen in Häufigkeit und/oder Intensität sind nur sehr bedingt bis gar nicht

möglich (Böhm, 2008; Rudel, 2008) (vgl. Band 1, Kapitel 4).

Mögliche Änderungen der Gefährdung durch Muren, Hangrutschungen und/oder Lawinen sind noch mit großer Unsicherheit behaftet (vgl. Abschnitt 6.5).

6.6.7 Auswirkungen auf die Gefährdung von Siedlungsräumen durch Starkwinde

Starkwindereignisse können in Siedlungsräumen zum Windwurf von Bepflanzungen, dem „Abdecken“ von Hausdächern sowie zur Beschädigung von Gebäuden, Verkehrs- und Infrastruktureinrichtungen führen. Alle diese Auswirkungen können zu einer direkten Gefährdung von Personen führen. Es besteht große Übereinstimmung, dass hinsichtlich einer möglichen Veränderung der Häufigkeit und/oder Intensität von Starkwindereignissen durch den Klimawandel keine statistisch gesicherten Trends erkennbar sind (Gobiet und Truhetz, 2008; Rudel, 2008; Pfister, 2003). Trotz dieser Übereinstimmung findet sich in einer Vielzahl von Studien (z. B. Seiler, 2006; Jonas et al., 2005; Leckebusch und Ulbrich, 2004) die Vermutung, dass eine Erhöhung der Frequenz und Intensität von Starkwindereignissen durch den Klimawandel wahrscheinlich sei (siehe auch Abschnitt 6.5.4). Untersuchungen über Auswirkungen einer erhöhten Häufigkeit und/oder Intensität von Starkwinden auf Siedlungsräume sowie den Wind-Komfort in Siedlungen liegen momentan für Österreich nicht vor.

6.7 Auswirkungen des Klimawandels auf die technische Infrastruktur

6.7 Climate change impacts on technical infrastructure

Insbesondere liniengebundene Infrastrukturen sind den Wetterbedingungen stark ausgesetzt. Ihre Beschädigung zieht direkte Kosten für die Instandsetzung nach sich. Oftmals entstehen jedoch durch Serviceunterbrechungen für Energie und Transport weitaus größere indirekte Kosten. Bereits heute entstehen massive Schäden und damit verbundene Kosten im Bereich der öffentlichen Infrastrukturen, sodass man von einem bestehenden Anpassungsdefizit ausgehen muss. Die sich abzeichnenden Klimatrends für die meisten entscheidenden Schadensauslöser lassen einen Anstieg der Schäden und damit der direkten und indirekten Kosten für die öffentlichen Infrastrukturen und die von Ihnen abhängigen Services befürchten.

Naturereignisse als Auswirkung von Extremereignissen und deren künftige Entwicklung wurden in Abschnitt 6.5 erläutert.

Hier werden deren Folgeschäden auf die Infrastruktur besprochen.

6.7.1 Exposition und Schadenssensitivität von Infrastrukturen

Energie- und Verkehrsinfrastrukturen weisen durch ihre exponierte Lage und orographisch komplexe Netzstruktur (bei den Energieversorgungsnetzen sowie Schienen- und Straßenverkehrsnetzen) eine hohe Exposition gegenüber Wetterfolgen auf. Klimaänderungen sind die Summe aller Wetter- und Witterungserscheinungen und damit bewirken klimatische Änderungen auch eine Änderung der Exposition gegenüber extremen Wetter- und Witterungserscheinungen. Eine Unterbrechung an einer Stelle kann oftmals zu weitflächigen Serviceausfällen bei der Energieversorgung respektive bei Mobilität/Transport führen. Daher ist auch die Sensitivität als hoch einzustufen. Klimafolgen auf Infrastrukturen und Services waren daher schon in der Vergangenheit häufig – es besteht somit ein Anpassungsdefizit –, weshalb eine sorgfältige Bestandsaufnahme und Auswertung von aufgetretenen Schadensereignissen wesentlich ist, um Zusammenhänge zwischen Klimafaktoren und Schadensereignissen zu erkennen und somit gegenüber sich ändernden Klimabedingungen gewappnet zu sein.

Die Auswertung bisheriger Schadensereignisse zeigt deutlich, dass niederschlagsbedingte Schadensereignisse den bei weitem höchsten Anteil bei Schäden an der Verkehrsinfrastruktur in Österreich ausmachen (näheres in Abschnitt 6.7.2). Klimabedingte Schäden an der Energieinfrastruktur sind in Österreich bislang noch nicht systematisch ausgewertet worden, generell ist aber davon auszugehen, dass auch in Österreich speziell im Mittel- und Niederspannungsnetz (Verteilernetz) ein Hauptteil der Schäden geschieht, die entsprechend zu Stromausfällen führen (Martikainen et al., 2007 für Finnland). Hier sind oftmals die Nähe zu rutschenden Hängen, windwurfgefährdeten Bäumen sowie die bauliche Ausführung (z. B. mit Holzmasten) entsprechende Schadensauslöser. Österreich steht allerdings derzeit im europäischen Vergleich mit rund 30 Minuten durchschnittlicher jährlicher Stromausfallzeit (CEER, 2008) sehr gut da, sodass die Stromnetze (insbesondere das Hoch- und Höchstspannungsnetz ab 110 kV) derzeit noch als weitgehend sicher angesehen werden können.

Einige dieser Aspekte werden in derzeit laufenden ACRP-Forschungsprojekten näher beleuchtet, während auf europäischer Ebene in einem Forschungsprojektcluster zumindest der Verkehrssektor hinsichtlich Klimafolgen näher untersucht wird.

Zwischenergebnisse dieser Forschungsarbeiten: es sind kaum die graduellen Klimaänderungen, die negativ auf die In-

frastrukturen wirken, sondern vielmehr die wachsenden Häufigkeiten und Ausmaße von Extremereignissen und extremen Witterungsperioden, die Einfluss auf direkte Schäden/Kosten haben und durch Unterbrechungen der Services auch indirekte Schäden/Kosten nach sich ziehen. Analysen unveröffentlichter Schadensdaten in Österreich (ÖBB-Infrastruktur sowie Straßenschadensdaten der Bundesländer) zeigen: Die Exposition gegenüber klimabedingten Schäden an der liniengebundenen Infrastruktur von Straße, Schiene und Übertragungsnetzen ist vor allem dort besonders erhöht, wo

- die jährlichen Niederschlagssummen besonders hoch sind,
- Starkniederschläge besonders ausgeprägt sind,
- höhere Vegetation (Wald) durchquert wird und zudem
- die Sturmhäufigkeit und -stärke hoch ist (z.B. die Föhnsturmgebiete) oder
- die Nassschneedeposition überdurchschnittlich ist sowie
- die Gewittergefahr ausgeprägt ist.

Sowie außerdem, wo:

- die geologische Beschaffenheit zu Rutschungen neigt (Bsp. Flyschgebiete der Voralpen),
- das Relief steil oder zumindest hügelig ist,
- primär bei Straßen und Schienen: die Streckenführung auf dem Niveau der Tallage erfolgt (Überschwemmungsgefahr) und/oder
- eine Hanglage in Rutschungs- oder Felssturzgefährdeten Gebieten gegeben ist.

6.7.2 Direkte und indirekte (Folge-)Schäden an der Verkehrsinfrastruktur

Direkte wetterbedingte Schäden an der Straßen- und Schieneninfrastruktur werden in Österreich vor allem durch folgende Ereignisse verursacht:

Hochwasser

Hochwasser verursachen vor allem durch Unterspülungen, Erosion und Treibgut direkte Schäden an der Infrastruktur (vor allem an Straßenbelag, Drainagen, Böschungen, Dämmen und Brücken). Länger anhaltende Überschwemmungen führen vor allem zu indirekten Schäden durch Serviceunterbrechungen.

Eine Vorhersage von klimawandelbedingten Effekten ist nur insoweit möglich, als deren Ursachen – eine höhere Fre-

quenz und Amplitude von Starkregenereignissen sowie die zusätzliche Verbauung und Versiegelung der Landschaft – eine Zunahme von Hochwasserereignissen erwarten lassen. In Österreich haben vor allem die August-Hochwasser 2002 (vor allem im Osten) und 2005 (vor allem im Westen) und zuletzt das Frühjahrshochwasser 2013 massive Schäden nach sich gezogen.

Massenbewegungen (Muren, Hangrutschungen und Felsstürze)

Massenbewegungen verursachen sowohl hohe direkte Kosten durch Schäden an der Verkehrsinfrastruktur selbst (vor allem an Straßenbelag, Hangverbauungen, Schutzwäldern, Drainagen) als auch indirekte Folgekosten durch z.T. längerfristige Serviceunterbrechungen. Die Schäden sind lokal begrenzt. Eine Vorhersage von klimawandelbedingten Effekten ist nur insoweit möglich, als deren Ursachen – Rückgang des Permafrosts, höhere Frequenz und Amplitude von Starkregenereignissen, rasche Schneeschmelze gemeinsam mit häufigeren Frühjahrsniederschlägen – eine Zunahme von Muren und Hangrutschungen erwarten lassen. Muren und Hangrutschungen sind in Österreich sehr zahlreich und treten meistens nach entsprechenden Niederschlagsereignissen auf. Hangrutschungen treten vor allem in den Lockergesteinsarealen der Flysch- und Molassezone (Voralpen) auf, Muren hingegen im alpinen Festgestein. Durch Hangrutschungen geraten zum Teil ganze Dörfer ins Rutschen (vgl. etwa die Hangrutschung von Sibratsfäll/Bregenzer Wald 1999).

Lawinen

Lawinen können im Extremfall zu ähnlichen Schäden führen, wie Muren oder Hangrutschungen. Auch Todesopfer sind hier oft zu beklagen, da Lawinenabgänge kaum Gelegenheit lassen, sich in Sicherheit zu bringen – wie etwa bei der Lawine von Galtür 1999 mit 38 Todesopfern. Vor allem die indirekten Folgeschäden oft beträchtlich. Ganze Talschaften sind oftmals für Tage von der Außenwelt abgeschnitten und müssen gegebenenfalls aus der Luft versorgt werden. Trendaussagen zur künftigen Entwicklung sind auf Basis der Klimamodellergebnisse derzeit kaum möglich.

Stürme

Sturmbedingte Schäden betreffen primär den Windwurf. Die daraus resultierenden Kosten entstehen zumeist durch Aufräumarbeiten (neben Schäden an Leitschienen oder Schil-

dern), vorwiegend entlang von Waldstrecken. Nur in sehr seltenen Fällen kommt es durch Stürme zu direkten Schäden etwa an besonders exponierten Brücken. Künftige Trends im Auftreten von Stürmen sind mit hohen Unsicherheiten behaftet. Die Winterstürme „Kyrill“ (2007) und „Emma“ (2008) etwa führten zu massiven Windwurf-Schäden an der Verkehrsinfrastruktur und zu langen Straßensperren wegen Aufräumarbeiten.

Schneedruck

Ein ähnliches Schadensspektrum wie bei Stürmen entsteht durch Schneedruck. Auch hier entstehen die meisten Schäden und Kosten durch Windwurf bzw. Aufräumarbeiten auf Waldstrecken. Schneedruck entsteht vornehmlich durch gut haftenden Nassschneefall und führt vor allem bei den elektrischen Verteilernetzen zu erheblichen Problemen (vgl. z. B. Stromausfälle in Osttirol und Kärnten im Februar 2014).

Da in mildereren Wintern von einer höheren Nassschneede-position auszugehen ist, sind im Zuge des Klimawandels regionale Zunahmen beim Schneedruck zu erwarten. Schneedruck kann außerdem Gebäudedächer zum Einsturz bringen, wie etwa der tragische Einsturz der Eislaufhalle in Bad Reichenhall 2006 zeigte. Dies kann gegebenenfalls auch Wartehallen, Bahnhofsgelände und sonstige Dachkonstruktionen der Verkehrsinfrastruktur betreffen.

Weitere Schäden an der Infrastruktur entstehen durch Hagel, Hitze und Frost. Dabei sind viele Schäden in den Schadensdatenbanken der Bundesländer nicht erfasst, da deren Behebung oft unter die laufende Instandsetzung fällt. Frostaufbrüche und Hitzeschäden an der Asphaltdecke können

kaum zeitlich eingeordnet und somit systematisch erfasst werden. Diese Form von Schäden fällt demnach unter die reguläre Wartung bzw. Erneuerung von Straßen(abschnitten). Im Juni 2013 sind etwa auf den Betonplattenabschnitten der A1 sowie auf etlichen Autobahnen in Süddeutschland massive Schäden aufgetreten, die vermutlich auf die sehr rasche Erwärmung im Juni 2013 zurückzuführen waren. Diese so genannten Blow-Ups treten nur auf alten Betonplattenabschnitten auf, während die normalen Asphaltabschnitte der Autobahnen von Spurrillenbildung betroffen sind.

Hitzebedingte Schäden sind klimawandelbedingt durch steigende Temperaturen vermehrt zu erwarten. Auch bei Hagel kann eine Zunahme angenommen werden, da die zumeist zugrunde liegenden konvektiven Niederschläge mit hoher Wahrscheinlichkeit zunehmen werden. frostbedingte Schäden hingegen werden künftig wahrscheinlich abnehmen.

Abbildung 6.21 zeigt die klimabedingten direkten Kostenfaktoren für die Straßeninfrastruktur:

- Schadenskosten durch Massenbewegungen (Vermurungen, Hangrutschungen, Lawinen) und Hochwasser werden zumeist durch Hangverbauungen, Schutzgalerien und Dämme zu vermeiden gesucht. Allein für Lawinenschutzverbauungen wurden im Land Salzburg im Jahr 2008 knapp 7 Mio. € aufgewendet. Tirol hat innerhalb der letzten 30 Jahre insgesamt rund 125 Mio. € für Lawinenschutzmaßnahmen aufgewendet.
- Für neue Straßenbauvorhaben werden künftig aller Voraussicht nach zusätzliche Mittel aufgewendet werden, um diese robuster im Sinne von „klima- und wetterfester“ zu machen.



Abbildung 6.21 Zusammensetzung von Klimafolgen- und Anpassungskosten am Beispiel Straße. Eigene Darstellung

Figure 6.21 Costs of climate impacts and adaptation exemplified by road traffic. Own picture

- Schäden durch Schnee(last), Sturm und Windbruch sowie Hagel bestehen zumeist in höheren Aufwendungen für (Auf)räumarbeiten. Anteilsmäßig fallen diese Ausgaben wenig ins Gewicht, können jedoch zu signifikanten indirekten Folgekosten durch Serviceunterbrechungen führen.
- Hitze- oder frostbedingte Schäden können zu kürzeren (oder längeren) Erneuerungszyklen für die Straßenbelagsdecke führen. Hitzebedingte Schäden werden dabei künftig wohl zunehmen und gegebenenfalls zur Anwendung neuer Belagsmischungen führen, während künftige Trends bei Frostaufbrüchen kaum absehbar sind, da hier neben Temperaturveränderungen auch der Niederschlag bei kurzfristigen Temperaturabsenkungen unter den Gefrierpunkt eine bedeutende Rolle spielt. (Enei et al., 2011)

Speziell für die Schieneninfrastruktur muss auf die höhere Schadensrelevanz von Sturmereignissen hingewiesen werden, die durch Windwurf sowohl die Oberleitungen als auch die Schienen beschädigen können. Schneestürme wie auch extreme Hitze- und Kältewellen sorgen immer wieder für Ausfälle, etwa von Weichen. Die indirekten Folgeschäden können auch hier beträchtlich sein, da es sowohl zu Transportunterbrechungen und somit gegebenenfalls zu Produktionsausfällen in der verarbeitenden Industrie wegen Lieferverzögerungen kommt, als auch zu Unterbrechungen im Pendler- und Reiseverkehr. Betriebswirtschaftliche indirekte Folgeschäden für die Bahnunternehmen können auch durch so genannte „mode switches“ entstehen: Güter oder Personen weichen auf andere Verkehrsträger (z. B. Straße, Flugzeug) aus und wechseln gegebenenfalls nicht vollständig bzw. nur mit größerer Verzögerung zurück zur Bahn. Die Frage der indirekten Folgeschäden ist derzeit Gegenstand der Untersuchungen in laufenden ACRP-Forschungsvorhaben.

Direkte Schäden an der Infrastruktur im Luftverkehr sowie in der Binnenschifffahrt sind im Vergleich zu Straße und Schiene deutlich geringer, genauso wie deren wirtschaftliche Relevanz in Österreich. Hier stehen die wetterbedingten Serviceunterbrechungen im Vordergrund: So ist etwa für die Binnenschifffahrt die Eisbedeckung ein wesentlicher limitierender Klimafaktor im Winterhalbjahr. Für Österreich ist nach derzeitigem Kenntnisstand mit einem Rückgang der winterlichen Eisbedeckung der hier vor allem wesentlichen Donau zu rechnen. Die Sicherheit im Flugverkehr selbst (und weniger die Schäden an den dafür nötigen Infrastrukturen wie Flughäfen, Hangars etc.) hängt sehr stark von Flugwetterfaktoren wie Windspitzen, Eisregen und (Schnee-)Stürmen sowie Sicht einschränkenden Faktoren (Nebel, Staub- und Sandstürme etc.) ab. Betroffen sind somit weniger die Infrastrukturen selbst als die sie nutzenden Betreiber (Binnenschiffer und Fluggesellschaften) durch entstehende Betriebsausfälle.

Eine europaweite Übersicht der Schadenskosten im Verkehrssektor (Abbildung 6.22) liefern Enei et al. (2011). Aus dieser geht hervor, dass die Kosten für die Verkehrsinfrastruktur mit Abstand den größten Anteil ausmachen.

6.7.3 Direkte und indirekte (Folge-)Schäden an der Energieinfrastruktur

Die Energieinfrastruktur besteht im Wesentlichen aus den Kraftwerken sowie der Netzinfrastuktur. Besonderes Augenmerk hinsichtlich Klimafolgen gehört dabei den Überlandleitungen, die – ebenso wie die Straßen- oder Schieneninfrastruktur – durch ihre oft exponierte Lage eine hohe Schädigungsexposition aufweist.

Die Kraftwerke selbst sind je nach Kraftwerkstyp sehr unterschiedlich sensitiv. Im Folgenden werden die potenziellen Klimafolgen für die Energieinfrastruktur kurz umrissen:

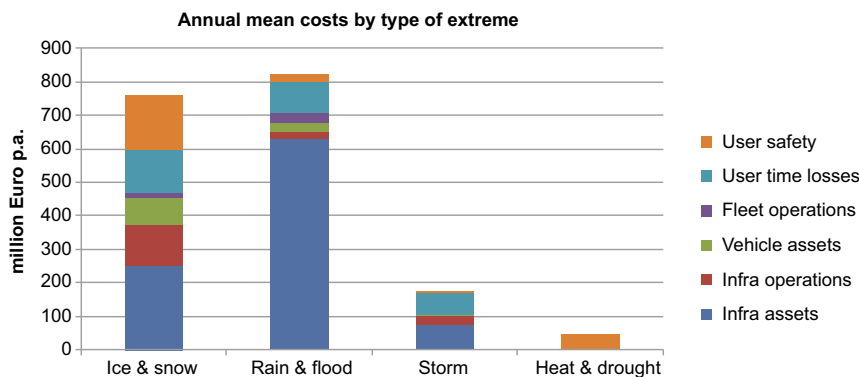


Abbildung 6.22 Schadenskosten im Verkehrssektor. Quelle: Enei et al. (2011)
 Figure 6.22 Damage costs in the traffic sector. Source: Enei et al. (2011)

Direkte Gefährdungen der Übertragungsnetze (nur elektrische Übertragungsnetze, wenn nicht anders gekennzeichnet):

- Sturm sowie Schnee- und Eislasten stellen direkte Bedrohungen für die Überlandleitungen dar (Bonelli und Lacavalla, 2010).
- Während Hitzewellen ist die Durchleitungskapazität vermindert (gilt insbesondere auch für Gas, dessen Verbrauch im Sommer allerdings gering ist und hier primär für die Stromerzeugung genutzt wird) (vgl. Ebinger und Vergara, 2011).
- Durch Niederschläge ausgelöste Massenbewegungen stellen eine Bedrohung für Überlandleitungen dar (Williamson et al., 2009). Hier ist bei Netzplanungen vermehrt Rücksicht auf besonders rutschungsgefährdete Hänge zu nehmen. Derzeit ist für die Bundesländer Burgenland, Niederösterreich und Steiermark bereits eine grobe Einstufung der Hangrutschungsneigung verfügbar (mündliche Mitteilungen Philip Leopold/AIT sowie Andreas Schindlmayr/geo2).
- Zurückgehender Permafrost kann durch vermehrte Felsstürze und -abbrüche Strommasten beschädigen und damit zu Leitungsunterbrechungen führen.

Leider sind wetterbedingte Versorgungsunterbrechungen in den öffentlich zugänglichen Ausfalls- und Störungsstatistiken (E-Control, 2011) nicht enthalten, da sie als „höhere Gewalt“ nicht der Verantwortung der Netzbetreiber zugeschlagen werden. Direkte Gefährdungen der Kraftwerke:

- Viele thermische Kraftwerksanlagen befinden sich in unmittelbarer Flussnähe und sind damit einem größeren Hochwasserrisiko ausgesetzt.
- Wasserkraftwerke sind je nach Bautyp (Speicher- und/oder Laufkraftwerk) sowie Abflussregime (gletscher-, schnee- oder regengespeist) sehr unterschiedlich sensitiv. Starke Schwankungen in der Wasserführung bzw. in den Reservoirs stellen eine direkte Gefahr für die Wasserkraftwerke selbst dar und erfordern z. B. bei Speicherkraftwerken häufiges Spülen.
- Photovoltaikanlagen weisen durch ihre Standorte eine entsprechende Exposition und Sensitivität gegenüber extrem hohen Windlasten und starkem Hagelschlag auf.

Keine direkte Gefahr für die Kraftwerke selbst, jedoch relevant für deren Effizienz sind:

- schwankende Pegelstände und Abflüsse bei Wasserkraftwerken / Laufkraftwerken.
- Windgeschwindigkeiten für Windkraftanlagen. Bei sehr hohen Windgeschwindigkeiten stellt sich das Problem der Netzüberlastung und Abführung der erzeugten Energie, weshalb etwa in Deutschland Windparks bei hohen Windgeschwindigkeiten oft außer Betrieb gesetzt werden müssen.
- Bewölkung / Einstrahlung und Temperatur für Photovoltaik-Anlagen. Photovoltaik-Anlagen sind hinsichtlich ihrer Effizienz temperaturabhängig. So sind bei hohen Temperaturen Effizienzeinbußen von mehr als 10 % üblich.

6.7.4 Forschungsbedarf

Um potenzielle Klimawandelfolgen und weitere Folgewirkungen auf die Infrastruktur besser abschätzen zu können, ist Forschungsbedarf vor allem in vier Bereichen gegeben:

1. Belastbarere Projektionen von Niederschlagsextremereignissen sind nötig, da diese Art von Extremereignissen (Intensität und Dauer) den weitaus größten Anteil an Infrastrukturschäden ausmachen. Die gegenwärtigen Klimaprojektionen weisen hier jedoch noch große Unsicherheiten auf. Diese Probleme lassen sich jedoch zum Teil auch ganz pragmatisch lösen: So lassen sich etwa die Änderungen in der Auftrittswahrscheinlichkeit für bestimmte Ereignisse durchaus aus Klimamodellen indirekt ablesen: der einfachste Zusammenhang besteht etwa zwischen dem mittleren Monatsmaximum der Temperatur und der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Hitzetagen. Ähnliche Zusammenhänge beim Niederschlag erlauben eine Anpassung etwa von Jährlichkeiten und somit eine bessere Planungs- und Bemessungsgrundlage für den Bau von öffentlichen Infrastrukturen sowie etwaige Schutzmaßnahmen.
2. Langfristige lokale Messwerte würden wertvolle Beiträge für ein geändertes Risiko gegenüber klimatisch gesteuerten Schäden erbringen. Ein möglichst dichtes Messnetzwerk in ganz Österreich – und besonders in Gebieten mit hoher Infrastrukturdichte – wäre demnach wünschenswert.
3. Eine einheitliche Schadensdatenerfassung, sowie eine Homogenisierung der vorhandenen Datensätze ist anzustreben, um Infrastrukturschäden besser quantifizieren zu können;
4. Wichtig für die Schadensquantifizierung in der Zukunft sind Szenarien der Verkehrsentwicklung und des Ausbaus der Verkehrsinfrastruktur (d. h. des Streckennetzes) welche Informationen über Verkehrsdichte und -art (Personen-, Güterverkehr) enthalten. Basierend auf derartigen Szenarien ist es möglich, den Anteil von Reparatur und Instandset-

zung besser abschätzen zu können, da dies auch Folgen für verfügbare Mittel für Neubaumaßnahmen haben könnte.

6.8 Schlussfolgerungen

6.8 Conclusions

Die Folgen des Klimawandels auf die Gesundheit treffen sozial schwächere, ältere und chronisch kranke Bevölkerungsteile in höherem Ausmaß und mit hoher Wahrscheinlichkeit. Eine sehr wahrscheinliche Zunahme an Hitzetagen führt zu starken zusätzlichen Belastungen in den besonders gegenüber Herz-Kreislauf-Erkrankungen sensitiven Bevölkerungsschichten (Ältere und chronisch Kranke) und damit zu einer höheren Mortalität. Die Zahl der durch neu eingewanderte Schadinsekten und andere Wirtstiere übertragenen Erkrankungen wird mit hoher Wahrscheinlichkeit zunehmen und es ist davon auszugehen, dass künftig weitere Impfungen – wie heute schon die Zeckenimpfung – als Routine-Impfungen angeboten werden, um hier entsprechend vorzubeugen. Auch eine Zunahme von Allergien wird als sicher angenommen. Jedenfalls ist durch diese Einflüsse künftig mit höheren Kosten für Heilung und Prävention zu rechnen.

Vor den direkten gesundheitlichen Folgen der Hitze ist eine Linderung durch aktive Kühlung, Lüftung und ausreichende Wasserzufuhr möglich, was ebenfalls teilweise mit höheren Kosten verbunden ist.

Als sehr sicher gilt, dass sozial Schwächere mangels finanzieller Ressourcen und geringerer sozialer Kontakte eine geringere Anpassungskapazität und Unterstützung insbesondere bei zunehmenden Hitzewellen haben. Durch den Klimawandel wird mit hoher Wahrscheinlichkeit ein zusätzlicher Migrationsdruck auf Österreich aus Entwicklungs- und Schwellenländern entstehen. Ob dieser sich auch tatsächlich in höheren Einwanderungszahlen niederschlägt, ist abhängig von der politischen Gestaltung auf EU- und nationaler Ebene.

Die ökonomischen Auswirkungen des Klimawandels in Österreich werden mit Sicherheit Gewinner und Verlierer nach sich ziehen. Genauere Aussagen sind zum jetzigen Zeitpunkt nur für einige Sektoren möglich: während Elektrizitätswirtschaft und Landwirtschaft bis 2050 nur geringe Effekte auf die sektorspezifischen Einkommen zeigen werden, sind für den Tourismus-Sektor aufgrund der abnehmenden Schneesicherheit im Winter und der längeren Sommerperioden sehr wahrscheinlich maßgebliche Verlagerungen innerhalb des Sektors (Nachteile im Winter-, Vorteile im Sommertourismus) sowie zwischen Regionen (Westen versus Osten Österreichs) zu erwarten.

Die Siedlungsräume in Österreich werden primär von sommerlichen Hitzewellen sowie in Einzelfällen auch von Beeinträchtigungen bei der Trinkwasserentstehung betroffen sein. Die Verkehrsinfrastruktur wird in Österreich möglicherweise von Massenbewegungen und Hochwassern stärker betroffen werden.

Sehr wahrscheinlich ist eine zusätzliche Gefährdung der Energie-Infrastruktur im Sommer durch vermehrt auftretende Hitzewellen/Dürren: Erhöhte Nachfrage (nach Kühlwasser), stockende Bereitstellung (Niedrigwasser) und Gefahren für das Verteilernetz (Gewitter) gefährden die Versorgungssicherheit mit Elektrizität und erhöhen die Gefahr von Black-Outs.

Die Schlussfolgerungen aus diesem Kapitel müssen naturgemäß auf Schutz- und Anpassungsmaßnahmen verweisen (vgl. dazu Band 3), um die negativen Folgen des Klimawandels möglichst gering zu halten.

Öffentlich finanzierte Anpassungsmaßnahmen sollten demnach insbesondere den finanzschwachen Bevölkerungsschichten zu Gute kommen und hier vor allem den besonders vulnerablen Älteren sowie Familien mit Kleinkindern. Für finanzstärkere Bevölkerungsschichten ist es hingegen wesentlich, private Anpassung zu ertüchtigen und in nachhaltige Bahnen zu lenken. Hier kann vieles durch die Bereitstellung von Informationen initiiert werden. Gegebenenfalls können Förderungen auch auf Klimawandelanpassung abgestellt werden (z. B. Förderung von Beschattungsmaßnahmen an Gebäuden). Ein besonderes Augenmerk öffentlicher Anpassung muss auf den herausgearbeiteten Gesundheitsfolgen liegen: Hitzewellen, Vektoren (Ausbreitung von Infektionskrankheiten durch verschiedene Trägerorganismen) und Ausbreitung von Allergenen sollten hier im Zentrum von Maßnahmen stehen, die Gesundheitsbeeinträchtigungen durch den Klimawandel verhindern.

Sowohl die ökonomischen Schäden als auch die Auswirkungen auf Siedlungen und technische Infrastrukturen stehen in einem engen Wirkungszusammenhang mit Extremwetterereignissen und extremen Witterungsperioden. Hier sind es weit weniger die graduellen Änderungen von Bedeutung als vielmehr die Schäden durch so genannte „sudden onset“-Ereignisse wie Sturm, Starkniederschlag (Hochwasser und Massenbewegungen), Gewitter, Hagel etc. sowie durch „slow onset“-Ereignisse wie Hitzewellen und Dürren, die die eigentlichen Herausforderungen darstellen. Eine Trennung zwischen Klimawandelanpassung einerseits und Gefahrenzonenplanung, Risikovorwarnung und Katastrophenmanagement andererseits wäre unangebracht, vielmehr müssen die gesetzten Maßnahmen miteinander einhergehen. Die Gefahrenzonenplanung ist zum Beispiel den sich durch den Klimawandel

ändernden Gefährdungsprofilen anzupassen. Gleichzeitig ist sie ein Werkzeug der Klimawandelanpassung. Gleiches gilt für die Raumordnung insgesamt, die ein wesentlicher Schlüssel für eine erfolgreiche Anpassung an Klimarisiken ist. Hier besteht eine klare Verpflichtung der öffentlichen Hand und somit die Notwendigkeit öffentlich finanzierter Anpassung.

Im Tourismussektor wiederum geht es u. a. um die Anpassung an das mittel- bis langfristig wohl Unvermeidbare: den Mangel an Naturschnee und – temperaturbedingt – die absehbar nur mehr in bestimmten Gebieten sinnvoll und effizient einsetzbare Beschneigung. Private Anpassung im Sektor muss hier mit öffentlichen Investitionen einhergehen. Es sollten sich sowohl ganze Gemeinden und Regionen in nicht mehr schneesicheren Gebieten mit Alternativen zum klassischen Skitourismus befassen als auch der einzelne Hotelier, Gaststättenbesitzer oder Liftbetreiber. Wie stark letztendlich die in diesem Kapitel beschriebenen Klimafolgen ökonomisch durchschlagen, hängt zu einem großen Teil von der vorausschauenden Anpassung ab, die auf den entsprechenden politischen und gesellschaftlichen Ebenen Anpassungskapazität und Umsetzung aufbauen bzw. vorantreiben muss.

6.9 Literaturverzeichnis

6.9 References

- Abegg, B., Agrawala, S., Crick, F., de Montfalcon, A., 2007. Climate change impacts and adaptation in winter tourism., in: Agrawala, S. (Ed.), *Climate Change in the European Alps: Adapting Winter Tourism and Natural Hazards Management*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, pp. 25–60.
- Abegg, B., Steiger, A., 2011. Will Alpine summer tourism benefit from climate change? A review, in: Borsdorf, A., Stötter, J., Vuillet, E. (Eds.), *Managing Alpine Future II – Inspire and Drive Sustainable Mountain Regions*. Proceedings of the Innsbruck Conference, November 21–23, 2011, IGF-Forschungsberichte. Österreichische Akademie der Wissenschaften, Innsbruck, pp. 268–277.
- Adnot, J., Riviere, P., Marchio, D., Becirspahic, S., Lopes, C., Blanco, I., Perez-Lombard, L., Ortiz, J., Papakonstantinou, N., Doukas, P., 2003. Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners (EECCAC) (Study for the D.G. Transportation-Energy (DGTREN) of the Commission of the EU (Final Report) No. Volume 1). ARMINES, Paris.
- Allex, B., Liebl, U., Brandenburg, C., Gerersdorfer, T., Czachs, C., 2011. „Hot town, summer in the city“ – Die Auswirkungen von Hitzetagen auf das Freizeit- und Erholungsverhalten sowie das Besichtigungsprogramm von StädtetouristInnen – dargestellt am Beispiel Wiens (Endbericht von Start-Clim2010.F in Start-Clim2010: Anpassung an den Klimawandel: Weitere Beiträge zur Erstellung einer Anpassungsstrategie für Österreich). Auftraggeber: BMLFUW, BMWF, BMWFJ, ÖBF, Wien.
- Amelung, B., Viner, D., 2006. Mediterranean Tourism: Exploring the Future with the Tourism Climatic Index. *Journal of Sustainable Tourism* 14, 349–366. doi:10.2167/jost549.0
- Amt der Salzburger Landesregierung, 2011. Klimawandel und Raumplanung in Salzburg; Ergebnisse des Alpenraum projekts CLISP zur Anpassung an den Klimawandel für die Modellregion Pinzgau–Pongau. Materialien zur Raumplanung Nr. 22. Land Salzburg, vertreten durch das Amt der Salzburger Landesregierung, Abteilung 7 – Raumplanung, Salzburg.
- ARE - Schweizer Bundesamt für Raumentwicklung, 2005. Empfehlung Raumplanung und Naturgefahren. ARE, Bern.
- Aspöck, H., 2007. Klimawandel und die Ausbreitung von Krankheiten: Durch Arthropoden übertragene Infektionen in Mitteleuropa. *Entomologica Romanica* 343–362.
- Aspöck, H., 2010. Fluctuations of Biodiversity in Europe in Light of Climate Change, in: Friedrich, B., Hacker, J., Hasnain, S.E., Mettenleiter, T.C., Schell, J. (Eds.), *Climate Change and Infectious Diseases*, Nova Acta Leopoldina N.F. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, pp. 35–44.
- Aspöck, H., Gerersdorfer, T., Formayer, H., Walochnik, J., 2008. Sandflies and sandfly-borne infections of humans in Central Europe in the light of climate change. *Wiener klinische Wochenschrift* 120, 24–29. doi:10.1007/s00508-008-1072-8
- Aspöck, H., Walochnik, J., 2009. When sandflies move north. *Public Health* 20, 30–37.
- Aspöck, H., Walochnik, J., 2010. Krankheitserreger als Neobiota, in: Rabitsch, W., Essl, F. (Eds.), *Aliens: Neobiota und Klimawandel - eine verhängnisvolle Affäre?* Verlag der Provinz, Weitra, pp. 126–148.
- Auer, H., Susani, M., 2008. Der erste autochthone Fall einer subkutanen Dirofilariose in Österreich. *Wiener klinische Wochenschrift* 120, 104–106. doi:10.1007/s00508-008-1031-4
- BABS, 2003. Katarisk: Katastrophen und Notlagen in der Schweiz. Eine Risikobeurteilung aus Sicht des Bevölkerungsschutzes. BABS Bundesamt für Bevölkerungsschutz, Bern.
- Bacchini, M., Zannoni, A., 2003. Relations between rainfall and triggering of debris-flow: case study of Cancia (Dolomites, Northeastern Italy). *Natural Hazards and Earth System Science* 3, 71–79. doi:10.5194/nhess-3-71-2003
- Bader, S., Kunz, P., 1998. Klimarisiken-Herausforderung für die Schweiz: wissenschaftlicher Schlussbericht im Rahmen des nationalen Forschungsprogrammes „Klimaänderungen und Naturkatastrophen“ NFP 31. Vdf, Hochsch.-Verl. an der ETH, Zürich.
- Beck, U., 2010. Remapping social inequalities in an age of climate change: for a cosmopolitan renewal of sociology. *Global Networks* 10, 165–181. doi:10.1111/j.1471-0374.2010.00281.x
- Becken, S., Hay, J.E., 2007. Tourism and Climate Change: Risks and Opportunities. *Multilingual Matters*.
- Behm, M., Raffener, G., Schöner, W., 2006. Auswirkungen der Klima und Gletscheränderung auf den Alpinismus. *Umweltdachverband*, Wien.
- Biffi, G., 2011. Die ökonomische Situation der Frauen in Österreich, in: *Frauenbericht 2010 Teil II: Berichte Zu Ausgewählten Themen von Frauen in Österreich*. Bundeskanzleramt Österreich – Bundesministerium für Frauen und Öffentlichen Dienst, Wien, Österreich, p. 38.
- BKA – Bundeskanzleramt, 2013. Hochwasser: Union packt beim Wiederaufbau mit an [WWW Document]. *Europa – entdecken-wissen-nutzen*. URL http://www.zukunfteuropa.at/site/cob_51668/6752/default.aspx (accessed 6.9.14).

- Blaschitz, M., Narodoslavsky-Gföller, M., Kanzler, M., Stanek, G., Walochnik, J., 2008b. Babesia Species Occurring in Austrian Ixodes ricinus Ticks. *Applied and Environmental Microbiology* 74, 4841–4846. doi:10.1128/AEM.00035-08
- Blaschitz, M., Narodoslavsky-Gföller, M., Kanzler, M., Walochnik, J., Stanek, G., 2008c. First Detection of Rickettsia helvetica in Ixodes ricinus Ticks in Austria. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases* 8, 561–564. doi:10.1089/vbz.2007.0250
- Blaschitz, M., Narodoslavsky-Gföller, M., Kanzler, M., Walochnik, J., Stanek, G., 2008a. Borrelia burgdorferi sensu lato genospecies in questing Ixodes ricinus ticks in Austria. *International Journal of Medical Microbiology* 298, 168–176. doi:10.1016/j.ijmm.2007.10.001
- Blaschke, A.P., Merz, R., Parajka, J., Salinas, J., Blöschl, G., 2011. Auswirkungen des Klimawandels auf das Wasserdargebot von Grund- und Oberflächenwasser. *Österr Wasser- und Abfallw* 63, 31–41. doi:10.1007/s00506-010-0273-3
- Blöschl, G., Montanari, A., 2010. Climate change impacts—throwing the dice? *Hydrological Processes* 24, 374–381. doi:10.1002/hyp.7574
- Blöschl, G., Schöner, W., Kroiß, H., Blaschke, A.P., Böhm, R., Haslinger, K., Kreuzinger, N., Merz, R., Parajka, J., Salinas, J.L., Viglione, A., 2011. Anpassungsstrategien an den Klimawandel für Österreichs Wasserwirtschaft – Ziele und Schlussfolgerungen der Studie für Bund und Länder. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, ÖWAW 1–2/2011* 63, 1–10. doi:10.1007/s00506-010-0274-2
- Blöschl, G., Viglione, A., Heindl, H., 2009. Dynamik von Hochwasserbemessungsgrößen und Konsequenzen – Klimawandel. Floodrisk II, Vertiefung und Vernetzung zukunftsweisender Umsetzungsstrategien zum integrierten Hochwassermanagement. TP 6.2 Dynamik der Bemessungsgrößen und Konsequenzen - Klimawandel, in: Habersack, H., Bürgel, J., Kanonier, A. (Eds.), Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- BMASK, 2011. Armut- und Ausgrenzungsgefährdung in Österreich. Ergebnisse aus EU-SILC 2011. Bundesministerium für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz, Wien.
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 2010. Anpassungsstrategien an den Klimawandel für Österreichs Wasserwirtschaft – Kurzfassung (Studie der ZAMG und der TU Wien im Auftrag von Bund und Ländern). Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, Österreich.
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2011. Anpassungsstrategien an den Klimawandel für Österreichs Wasserwirtschaft. Langfassung (Studie der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik und der Technischen Universität Wien im Auftrag von Bund und Ländern). Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Sektion Wasser, Wien, Austria.
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2012. Die österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel. Teil 1 – Kontext. Vorlage zur Annahme im Ministerrat. BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- Bogdan, C., Schönian, G., Banuls, A.-L., Hide, M., Pratlong, F., Lorenz, E., Rollinghoff, M., Mertens, R., 2001. Visceral Leishmaniasis in a German Child Who Had Never Entered a Known Endemic Area: Case Report and Review of the Literature. *Clinical Infectious Diseases* 32, 302–306. doi:10.1086/318476
- Böhm, R., 2008. Harte und weiche Faktoren zum Klimawandel – ein Überblick, in: Böhm, R., Godina, R., Nachtnebel, H.-P., Pirker, O. (Eds.), *Auswirkungen Des Klimawandels Auf Die Österreichische Wasserwirtschaft*. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV), Wien, pp. 53–71.
- Böhm, R., Godina, R., Nachtnebel, H.-P., Pirker, O., 2008. Mögliche Klimafolgen für die Wasserwirtschaft in Österreich, in: Böhm, R., Godina, R., Nachtnebel, H.-P., Pirker, O. (Eds.), *Auswirkungen Des Klimawandels Auf Die Österreichische Wasserwirtschaft*. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV), Wien, pp. 7–27.
- Bonelli, P., Lacavalla, M., 2010. How Synoptic Data Can Be Used To Investigate The Effect Of Climate Change On Black-Out Risk? A Study On Trends In Snow Deposition On Power Lines, in: Troccoli, A. (Ed.), *Management of Weather and Climate Risk in the Energy Industry*, NATO Science for Peace and Security. Springer Netherlands, pp. 305–314.
- Bowler, D.E., Buyung-Ali, L., Knight, T.M., Pullin, A.S., 2010. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning* 97, 147–155. doi:10.1016/j.landurbplan.2010.05.006
- Boyd, R., Hunt, A., 2006. Costing the local and regional impacts of climate change using the UKCIP Costing Methodology. *Metroeconomica Limited*.
- Breiling, M., Charamza, P., Skage, O.R., 1997. Klimasensibilität österreichischer Bezirke mit besonderer Berücksichtigung des Wintertourismus (Langfassung Endbericht No. Projektnummer 18 3895/222 - I/9/95). Institut für Landschaftsplanung Alnarp, Schwedische Universität für Agrarwissenschaften. Forschungsauftrag des Österreichischen Bundesministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten/Abteilung Tourismuspolitik und des Österreichischen Bundesministerium für Umwelt, Alnarp.
- Brugger, K., Rubel, F., 2009. Simulation of climate-change scenarios to explain Usutu-virus dynamics in Austria. *Preventive Veterinary Medicine* 88, 24–31. doi:10.1016/j.prevetmed.2008.06.023
- Brunner, K.-M., Spitzer, M., Christanell, A., 2012. Experiencing fuel poverty. Coping strategies of low-income households in Vienna/Austria. *Energy Policy* 49, 53–59. doi:10.1016/j.enpol.2011.11.076
- Caras, I., Shapiro, B., 1975. Partial purification and properties of microsomal phosphatidate phosphohydrolase from rat liver. *Biochim. Biophys. Acta* 409, 201–211.
- CEER – Council of European Energy Regulators, 2008. 4th benchmarking report on the quality of electricity supply (No. C08-EQS-24-04). Council of European Energy Regulators ASBL, Brussels.
- Cerva, L., Novák, K., 1968. Amoebic meningoencephalitis: 16 fatalities. *Science* 160, 92.
- Ciscar, J.-C., Iglesias, A., Feyen, L., Szabó, L., Regemorter, D.V., Amelung, B., Nicholls, R., Watkiss, P., Christensen, O.B., Dankers, R., Garrote, L., Goodess, C.M., Hunt, A., Moreno, A., Richards, J., Soria, A., 2010b. Supporting Information; 10.1073/pnas.1011612108.
- Ciscar, J.-C., Iglesias, A., Feyen, L., Szabó, L., Regemorter, D.V., Amelung, B., Nicholls, R., Watkiss, P., Christensen, O.B., Dankers, R., Garrote, L., Goodess, C.M., Hunt, A., Moreno, A.,

- Richards, J., Soria, A., 2010a. Physical and economic consequences of climate change in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 201011612. doi:10.1073/pnas.1011612108
- Clausen, L., 2010. Wohin mit den Klimakatastrophen?, in: Welzer, H., Soeffner, H.-G., Giesecke, D. (Eds.), *KlimaKulturen: Soziale Wirklichkeiten Im Klimawandel*. Campus, Frankfurt am Main; New York.
- ClimateCost, 2010. The costs and benefits of adaptation in Europe: review summary and synthesis (ClimateCost Policy Brief No. N° 2). European Commission RTD, 7th Framework Programme Project.
- Cogo, P.E., Scaglia, M., Gatti, S., Rossetti, F., Alaggio, R., Laverda, A.M., Zhou, L., Xiao, L., Visvesvara, G.S., 2004. Fatal *Naegleria fowleri* Meningoencephalitis, Italy. *Emerging Infectious Diseases* 10, 1835–1837. doi:10.3201/eid1010.040273
- Confalonieri, U., Menne, B., Akhtar, R., Ebi, K.L., Hauengue, M., Kovats, R.S., Revich, B., Woodward, A., 2007. Human health, in: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., Van der Linden, P.J., Hanson, C.E. (Eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 391–431.
- CRED – Centre for Research on the Epidemiology of Disaster, 2009. EM-DAT. The OFDA/CRED International Disaster Database. Université Catholique de Louvain. Brussels. Belgium [WWW Document]. URL <http://www.emdat.be/> (accessed 6.11.14).
- Dahlgren, G., Whitehead, M., 1991. Policies and strategies to promote social equity in health. Institute for Future Studies, Stockholm: Donaldson G., Kovats R. S., Keatinge W. R. et al. (2001) Heat-and-cold-related mortality and morbidity and climate change, in: *Health Effects of Climate Change in the UK*. London. Department of Health, London, UK, pp. 70–80.
- Demetriades, J., Esplen, E., 2010. The Gender Dimensions of Poverty and Climate Change Adaptation, in: Mearns, R., Norton, A. (Eds.), *Social Dimensions of Climate Change: Equity and Vulnerability in a Warming World*. World Bank Publications, Washington.
- Depaquit, J., Grandadam, M., Fouque, F., Andry, P.E., Peyrefitte, C., 2010. Arthropod-borne viruses transmitted by Phlebotomine sandflies in Europe: a review. *Euro Surveill* 15, 1–8.
- Dobler, C., Bürger, G., Stötter, J., 2012. Assessment of climate change impacts on flood hazard potential in the Alpine Lech watershed. *Journal of Hydrology* 460–461, 29–39. doi:10.1016/j.jhydrol.2012.06.027
- Dobler, G., Aspöck, H., 2010a. Durch Zecken übertragene Arboviren als Erreger von Infektionen des Menschen, in: Aspöck, H. (Ed.), *Krank Durch Arthropoden*, Denisia 30. Land Oberösterreich, Biologiezentrum/Oberösterreichische Landesmuseum, Linz, pp. 467–499.
- Dobler, G., Aspöck, H., 2010b. Durch Sandmücken und durch Gnitzen übertragene Arboviren als Erreger von Infektionen des Menschen, in: Aspöck, H. (Ed.), *Krank Durch Arthropoden*, Denisia 30. Land Oberösterreich, Biologiezentrum/Oberösterreichische Landesmuseum, Linz, pp. 555–564.
- Drlik, S., 2010. Klimawandelanpassung der Pflege und Erhaltung öffentlicher Grünanlagen in Großstädten unter Berücksichtigung des Konzepts der Nachhaltigen Entwicklung, untersucht am Fallbeispiel Wien. Dissertation. Universität für Bodenkultur, Wien.
- Drlik S., Licka L., Städte im Klimawandel – Strategien für eine nachhaltige Parkentwicklung
- In: Braum M., Schröder T., Bericht der Bundesstiftung Baukultur 2010. Freiraum. Wie findet Freiraum Stadt? Fakten, Positionen, Beispiele; Birkhäuser, Basel; ISBN 978-3-0346-0363-8.
- Drlik, S., Muhar, A., Lička, L., Chen, F.J., 2011. Klimawandel findet Stadt(gärten). Die Verantwortung von Stadtgartenverwaltungen in Anpassungsprozessen. *Stadt und Grün*, 60(1), 54–58; ISSN 0016-4739.
- Ebinger, J.O., Vergara, W., 2011. Climate Impacts on Energy Systems: Key Issues for Energy Sector Adaptation (World Bank Study). World Bank Publications, Washington, DC.
- ECDC European Centre for Disease Prevention and Control, 2013. Annual epidemiological Report 2012. Reporting on 2010 surveillance data and 2011 epidemic intelligence data. Stockholm.
- Eckhardt, F., 2010. Klimawandel und soziale Gerechtigkeit (Studie zur Vorbereitung einer Tagung in der Chinese Academy of Social Sciences). Universität Rostock (im Auftrag der Konrad Adenauer Stiftung), Rostock, Deutschland.
- E-Control, 2011. Ausfalls- und Störungsstatistik für Österreich, Ergebnisse 2010. E-Control Austria, Wien.
- Ecoplan – Forschung und Beratung in Wirtschaft und Politik, 2007. Auswirkungen der Klimaänderung auf die Schweizer Volkswirtschaft (nationale Einflüsse) (Schlussbericht). Arbeitsgemeinschaft Ecoplan/Sigmaplan, im Auftrag des Bundesamt für Umwelt (BAFU) und Bundesamt für Energie (BFE), Bern, Schweiz.
- EEA – European Environment Agency, 2012. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012 – An indicator-based report., EEA Report No 12/2012. EEA, Copenhagen, Denmark.
- Egli, T., 2005. Wegleitung Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren. Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen, Bern.
- Ehmer, P., Heymann, E., 2008. Klimawandel und Tourismus: Wohin geht die Reise?, Aktuelle Themen 416. Deutsche Bank Research, Frankfurt am Main.
- Eis, D., Helm, D., Laußmann, D., Stark, K., 2010. Klimawandel und Gesundheit – Ein Sachstandsbericht. Robert Koch-Institut, Berlin.
- EK – Europäische Kommission, 2009. Weißbuch. Anpassung an den Klimawandel: Ein europäischer Aktionsrahmen (No. KOM(2009) 147 endgültig). Europäische Kommission, Brüssel.
- EK – Europäische Kommission, 2010. Commission Staff Working Paper – Risk Assessment and mapping Guidelines for Disaster Management (No. SEC(2010) 1626 final). European Commission, Brussels.
- Enei, R., Doll, C., Klug, S., Partzsch, I., Sedlacek, N., Nesterova, N., Kiel, J., Rudzikaite, L., Papanikolaou, A., Mitsakis, V., 2011. „Vulnerability of transport systems – Main report“ Transport Sector Vulnerabilities within the research project WEATHER (Weather Extremes: Impacts on Transport Systems and Hazards for European Regions) funded under the 7th framework program of the European Commission. Project co-ordinator: Fraunhofer - ISI, Karlsruhe, 30.9.2010.
- EPSON Climate, 2011b. Climate Change and territorial effects on regions and local economies (Applied Research 2013/1/4. Draft Final Report Version 25/2/2011. Executive Summary.). ESPON & IRPUD, TU Dortmund.
- EPSON Climate, 2011a. Climate Change and territorial effects on regions and local economies (Applied Research 2013/1/4. Final Report. Version 31/5/2011). ESPON & IRPUD, TU Dortmund.
- Ereignisdokumentation Hochwasser August 2002, Plattform Hochwasser, 2003. . Universität für Bodenkultur Wien; BM für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.

- Erell, E., Pearlmutter, D., Williamson, T.J., 2011. *Urban Microclimate: Designing the Spaces Between Buildings*. Routledge.
- Erf, R. van der, Beer, J. de, Gaag, N. van der, 2009. DEMIFER Demographic flows affecting Euroean regions and Cities. Deliverable 1: Report on effects of demographic and migration flows on European regions (Applied Research Project No. 2013/1/3), The ESPON 2013 Programme. Netherlands Interdisciplinary Demographic Institute (NIDI), The Hague, Netherlands.
- ESSL, 2013. ESDW – European Severe Weather Database [WWW Document]. URL <http://www.essl.org/cgi-bin/eswd/eswd.cgi> (accessed 6.9.14).
- Falk, M., 2010. A dynamic panel data analysis of snow depth and winter tourism. *Tourism Management* 31, 912–924. doi:10.1016/j.tourman.2009.11.010
- Fezer, F., Eichler, H., Seitz, R., 1977. *Klimatologische Untersuchungen im Rhein-Neckar-Raum*. Studien für die Regional- und Siedlungsplanung., Heidelberger geographische Arbeiten. Selbstverlag des Geographischen Instituts der Universität Heidelberg, Heidelberg, Deutschland.
- Fischer, D., Thomas, S.M., Beierkuhnlein, C., 2010. Temperature-derived potential for the establishment of phlebotomine sandflies and visceral leishmaniasis in Germany. *Geospatial Health* 5, 59–69.
- Fleischhacker, E., Formayer, H., Seisser, O., Wolf-Eberl, S., Kromp-Kolb, H., 2009. Auswirkungen des Klimawandels auf das künftige Reiseverhalten im österreichischen Tourismus. Am Beispiel einer repräsentativen Befragung der österreichischen Urlaubsreisenden. Forschungsbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft, Familie und Jugend.
- Fleischhacker, V., Formayer, H., 2007. Die Sensitivität des Sommer-tourismus in Österreich auf den Klimawandel (StartClim2006. D1, Teilprojekt von StartClim2006). Institut für touristische Raumplanung – ITR, Universität für Bodenkultur, Department für Wasser – Atmosphäre – Umwelt, Institut für Meteorologie, Tulln, Wien.
- Formayer, H., Hofstätter, M., Haas, P., 2009. BOKU-Met Report 11 Untersuchung der Schneesicherheit und der potenziellen Beschneigungszeiten in Schladming und Ramsau (Endbericht STRATEGIE No. 11; BOKU-Met Report). Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur, Wien.
- Formayer, H., Hofstätter, M., Haas, P., 2011. Klimatische Situation und lokale Klimaszenarien für die Wintersaison, in: *Tourismus im Klimawandel: zur regionalwirtschaftlichen Bedeutung des Klimawandels für die österreichischen Tourismusgemeinden*. Verlag der österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, pp. 152–179.
- Formayer, H., Kromp-Kolb, H., 2009b. Hochwasser und Klimawandel. Auswirkungen des Klimawandels auf Hochwasserereignisse in Österreich (Endbericht im Auftrag des World Wide Fund for Nature (WWF) No. BOKU-Met Report 7). Institut für Meteorologie (BOKU-Met) Department Wasser – Atmosphäre – Umwelt Universität für Bodenkultur Wien, Wien.
- Formayer, H., Kromp-Kolb, H., 2009a. Klimawandel und Tourismus in Oberösterreich. (Forschungsbericht im Auftrag des OÖ Umweltlandesrat Rudi Anschober und der Landes-Tourismusorganisation Oberösterreich No. 18 BOKU_Met Report).
- Fuchs, S., 2008. Klimawandel und sozioökonomische Veränderungen – Herausforderungen des Umgangs mit Naturgefahren in Berggebieten, in: Böhm, R., Godina, R., Nachtnebel, H.-P., Pirker, O. (Eds.), *Auswirkungen Des Klimawandels Auf Die Österreichische Wasserwirtschaft*. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV), Wien, pp. 117–128.
- Füssel, H.-M., Klein, R.J.T., 2006. *Climate Change Vulnerability Assessments: An Evolution of Conceptual Thinking*. *Climatic Change* 75, 301–329. doi:10.1007/s10584-006-0329-3
- Gall, M., Borden, K.A., Cutter, S.L., 2009. When Do Losses Count? Six Fallacies of Natural Hazards Loss Data. *Bulletin of the American Meteorological Society* 90, 799–809. doi:10.1175/2008BAMS2721.1
- GDV, 2011. Herausforderung Klimawandel. Antworten und Forderungen der deutschen Versicherer. GDV Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., Berlin.
- Gerersdorfer, T., Formayer, H., Moshhammer, H., Frank, A., Haas, P., Leitner, B., 2006. Untersuchung zur nächtlichen Abkühlung in einem sich ändernden Klima (Endbericht zum Projekt StartClim2005.A1b, Teilprojekt von StartClim2005 „Klimawandel und Gesundheit“ No. StartClim2005.A1b). Institut für Meteorologie Universität für Bodenkultur, Medizinische Universität Wien, ZPH Institut für Umwelthygiene, Wien.
- Glaser, T., 2011. Armuts- und Ausgrenzungsgefährdung in Österreich: Ergebnisse aus EU-SILC 2010. BMASK, Wien.
- Gobiet, A., Truhetz, H., 2008. Klimamodelle, Klimaszenarien und ihre Bedeutung für Österreich, in: Böhm, R., Godina, R., Nachtnebel, H.P., Pirker, O. (Eds.), *Auswirkungen Des Klimawandels Auf Die Österreichische Wasserwirtschaft*. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV), Wien, pp. 71–82.
- Gobiet, A., Truhetz, H., Habsburg-Lothringen, C., Pretenthaler, F., 2008. In welchem Klima werden wir künftig heizen und kühlen?, in: Pretenthaler, F., Gobiet, A., Töglhofer, C. (Eds.), *Heizen Und Kühlen Im Klimawandel, Studien Zum Klimawandel in Österreich*. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, pp. 13–27.
- Gobiet, A., Truhetz, H., Riegler, A., 2007. A climate scenario for the Alpine region. Reclip:more. Research for Climate Protection: Model Run Evaluation. Project Year 3. Wegener Center for Climate and Global Change, University of Graz, Graz, Austria.
- Gössling, S., Hall, C.M., 2006. An introduction to tourism and global environmental change, in: Gössling, S., Hall, C.M. (Eds.), *Tourism and Global Environmental Change. Ecological, Social, Economic and Political Interrelationships, Contemporary Geographies of Leisure, Tourism, and Mobility*. Routledge, London, UK, New York, USA, pp. 1–33.
- Haines, A., Kovats, R.S., Campbell-Lendrum, D., Corvalan, C., 2006. Climate change and human health: impacts, vulnerability and public health. *Public Health* 120, 585–596. doi:10.1016/j.puhe.2006.01.002
- Heller, M., Edelstein, P., Mayer, M., 1975. Membrane-bound enzymes. III. Protease activity in leucocytes in relation to erythrocyte membranes. *Biochim. Biophys. Acta* 413, 472–482.
- Höferl, K.-M., 2010. „Von der Gefahrenabwehr zur Risikokultur“ – Diskurse zum raumplanerischen Umgang mit Hochwasser in (Nieder-)Österreich (Dissertation). Universität für Bodenkultur, Wien.
- Höferl, K.-M., Jelinek, B., 2007. Vom Konstrukt zur Empirie: Beobachtungen zur „Strukturstärke bzw. Strukturschwäche“ österreichischer Gemeinden, in: Schrenk, M., Popovich, V.V., Benedikt, J. (Eds.), *REAL CORP 007 „Planen Ist Nicht Genug“*, 12. Internationale Konferenz Zu Stadtplanung Und Regionalentwicklung in Der Informationsgesellschaft. 20.–23. Mai 2007, Wien.

- Tagungsband. CORP, Competence Center of Urban and Regional Planning, Schwechat-Rannersdorf, pp. 781–790.
- Hofherr, T., Miesen, P. (2012): Erstellung einer Schadenverteilungskurve für versicherte Marktschäden in Österreich. In: Prettenthaler, F. & Albrechter, H.: Sturmschäden: Modellierung der versicherten Schäden in Österreich. Studien zum Klimawandel in Österreich, Band 8; Wien: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. S. 111–120.
- Holub, M., Gruber, H., Fuchs, S., 2011. Naturgefahren-Risiko aus Sicht des Versicherers, in: Studienreise 2010 – Risiko Im Bereich Schutz Vor Naturgefahren, Div. Beiträge, Wildbach- Und Lawinnenverbau. Verein der Diplomingenieure der WLV Österreicher, pp. 74–86.
- Holzmann, H., Aberle, S.W., Stiasny, K., Werner, P., Mischak, A., Zainer, B., Netzer, M., Koppi, S., Bechter, E., Heinz, F.X., 2009. Tick-borne Encephalitis from Eating Goat Cheese in a Mountain Region of Austria. *Emerging Infectious Diseases* 15, 1671–1673. doi:10.3201/eid1510.090743
- Hübler, M., Klepper, G., 2007. Kosten des Klimawandels Die Wirkung steigender Temperaturen auf Gesundheit und Leistungsfähigkeit. (Im Auftrag des WWF Deutschland) (Studie No. Aktualisierte Fassung 07/2007). Institut für Weltwirtschaft, Kiel.
- Huttenlau, M., Moran, A., Stötter, J., Spitzer, R., Steixner, T., 2010. Comparative risk analysis of extreme natural hazard events in the Austrian Province of Tyrol, in: Malet, J.-P., Glade, T., Casagli, N. (Eds.), *Mountain Risks: Bringing Science to Society. Proceedings of the International Conference, 24–26th November, 2010, Florence, Italy.* European Centre on Geomorphological Hazards, Strassburg, pp. 363–372.
- Huttenlau, M., Stötter, J., 2012. Risk-based damage potential and loss estimation of earthquake scenarios in the moderate endangered Austrian Federal Province of Tyrol. *Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards* 6, 105–127. doi:10.1080/17499518.2011.645735
- Hutter, H.-P., Moshhammer, H., Wallner, P., Leitner, B., Kundi, M., 2007. Heatwaves in Vienna: effects on mortality. *Wiener klinische Wochenschrift* 119, 223–227. doi:10.1007/s00508-006-0742-7
- IPCC, 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC, 2012. *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaption. A special Report of Working groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- IPCC, 2013. *Summary for Policymakers, in: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M. (Eds.), Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jendritzky, G., 2007. Folgen des Klimawandels für die Gesundheit, in: Endlicher, W., Gerstengarbe, F.-W. (Eds.), *Der Klimawandel – Einblicke, Rückblicke Und Ausblicke.* Potsdam Institut für Klimafolgenforschung e.V., Potsdam, Deutschland, pp. 108–118.
- Jonas, H., 1979. *Das Prinzip Verantwortung: Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation,* Frankfurt am Main. 1979. Neuauflage als Surkamp Taschenbuch, 1984.
- Jonas, M., Staeger, T., Schönwiese, C.-D., 2005. Berechnung der Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten von Extremereignissen durch Klimaänderungen – Schwerpunkt Deutschland (Forschungsbericht 201 41 254), *Climate Change* 07/2005. Umweltbundesamt, Dessau.
- Kaiser, P., Binder, C., 2005. Katastrophenmanagement und Gesundheitsversorgung vor neuen Herausforderungen – Eine Perspektive des Österreichischen Roten Kreuzes, in: Steininger, K.W., Steinreiber, C., Ritz, C. (Eds.), *Extreme Wetterereignisse Und Ihre Wirtschaftlichen Folgen.* Springer Berlin Heidelberg, pp. 137–150.
- Kleidorfer, M., Mikovits, C., Jasper-Tönnies, A., Huttenlau, M., Einfalt, T., Rauch, W., 2014. Impact of a Changing Environment on Drainage System Performance. *Procedia Engineering, 12th International Conference on Computing and Control for the Water Industry, CCWI2013* 70, 943–950. doi:10.1016/j.proeng.2014.02.105
- Kollaritsch, H., Emminger, W., Zaunschirm, A., Aspöck, H., 1989. Suspected autochthonous kala-azar in Austria. *The Lancet* 333, 901–902. doi:10.1016/S0140-6736(89)92895-X
- Kornschober, C., Mikula, C., Springer, B., 2009. Salmonellosis in Austria: situation and trends. *Wiener klinische Wochenschrift* 121, 96–102. doi:10.1007/s00508-008-1128-9
- Kortschak, D., Lautscham, H., Prettenthaler, F., Habsburg-Lothringen, C., 2009. Hochwasser-Risikoabschätzung für Österreich unter Verwendung einer Nachbarschaftsrelations-Methode, in: Prettenthaler, F., Albrecher, H. (Eds.), *Hochwasserrisiko Und Dessen Versicherung in Österreich: Evaluierung Und Ökonomische Analyse Des von Der Versicherungswirtschaft Vorgeschlagenen Modells NatKat, Studien Zum Klimawandel in Österreich.* Verlag der österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, pp. 91–103.
- Kovats, R.S., Edwards, S.J., Charron, D., Cowden, J., D’Souza, R.M., Ebi, K.L., Gauci, C., Gerner-Smidt, P., Hajat, S., Hales, S., Pezzi, G.H., Kriz, B., Kutsar, K., McKeown, P., Mellou, K., Menne, B., O’Brien, S., Pelt, W. van, Schmid, H., 2005. Climate variability and campylobacter infection: an international study. *International Journal of Biometeorology* 49, 207–214. doi:10.1007/s00484-004-0241-3
- Kovats, R.S., Edwards, S.J., Hajat, S., Armstrong, B.G., Ebi, K.L., Menne, B., 2004. The effect of temperature on food poisoning: a time-series analysis of salmonellosis in ten European countries. *Epidemiology and Infection* 132, 443–453.
- Krajasits, C., Andel, A., Neugebauer, W., Stanzer, G., Wach, I., Kroisleitner, C., Schöner, W., 2008. ALSO WIKI. *Alpiner Sommertourismus und mögliche Wirkungen des Klimawandels (Endbericht StartClim2007.F Teilprojekt von StartClim2007).* Österreichisches Institut für Raumplanung, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien.
- Kranzl, L., Müller, A., Formayer, H., 2011. Kühlen und Heizen 2050: Klimawandel und andere Einflussfaktoren, in: *Energieversorgung 2011: Märkte Um Des Marktes Willen? Presented at the IEWT 2011 – 7. Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien, 16.–18. Februar 2011.*
- Kuhn, K.G., Campbell-Lendrum, D.H., Armstrong, B., Davies, C.R., 2003. Malaria in Britain: past, present, and future. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100, 9997–10001. doi:10.1073/pnas.1233687100
- Krüger, B.C., Schicker, I., Formayer, H., Moshhammer, H., 2009. Feinstaub und Klimawandel – Gibt es Zusammenhänge in Nordostösterreich? (Endbericht zum Projekt StartClim2006.A No.

- BOKU-Met Report 9). Institut für Meteorologie (BOKU-Met) Department Wasser – Atmosphäre – Umwelt Universität für Bodenkultur Wien. Auftraggeber: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft; Bundesministerium für Gesundheit, Familie und Jugend; Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung; Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit; Österreichische Hagelversicherung, Wien.
- Kupfner, R., 2011. Genderspezifisches Energieverhalten in armen und armutsgefährdeten Haushalten- unter besonderer Berücksichtigung von Energiearmut (Diplomarbeit). Universität Wien, Wien.
- Kuttler, W., 2011. Klimaänderungen im urbanen Bereich, Teil 1: Wirkungen; Climate change in urban areas, part 1: effects. *Environmental Sciences Europe* 23, 11. doi:10.1186/2190-4715-23-11
- Kyselý, J., 2004. Mortality and displaced mortality during heat waves in the Czech Republic. *International journal of biometeorology* 49, 91–97. doi:10.1007/s00484-004-0218-2
- Landauer, V.M., Pröbstl, U., 2008. Klimawandel, Skilanglauf und Tourismus in Österreich. Wahrnehmung durch Skilangläufer, Landschaftserlebnis und mögliche Adaptionsstrategien. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 40, 336–342.
- Laschewski, G., Jendritzky, G., 2002. Effects of the thermal environment on human health: an investigation of 30 years of daily mortality data from SW Germany. *Climate Research* 21, 91–103. doi:10.3354/cr021091
- Leckebusch, G.C., Ulbrich, U., 2004. On the relationship between cyclones and extreme windstorm events over Europe under climate change. *Global and Planetary Change* 44, 181–193. doi:10.1016/j.gloplacha.2004.06.011
- Leschnik, M., Löwenstein, M., Edelhofer, R., Kirtz, G., 2008. Imported non-endemic, arthropod-borne and parasitic infectious diseases in Austrian dogs. *Wiener klinische Wochenschrift* 120, 59–62. doi:10.1007/s00508-008-1077-3
- Lieb, G.K., Kern, K., Seier, G., Kellerer-Pirklbauer-Eulenstein, A., Strasser, U., 2010. AlpinRiskGP – Abschätzung des derzeitigen und zukünftigen Gefährdungspotentials für Alpentouristen und Infrastruktur bedingt durch Gletscherrückgang und Permafrostveränderung im Großglockner-Pasterzengebiet (Hohe Tauern, Österreich). Endbericht StartClim2009.F in StartClim2009: Anpassung an den Klimawandel: Beiträge zur Erstellung einer Anpassungsstrategie für Österreich, Auftraggeber: BMLFUW, BMWF, BMWFJ, ÖBF.
- Lloyd, J., 2013. Cold Enough. Excess Winter Deaths, Winter Fuel Payments and the UK's problem with the cold. Strategic Society Centre SSC, London.
- Loibl, D.W., Züger, J., Köstl, M., 2009. Reclip:more. *STANDORT-Z Angew Geogr* 33, 94–100. doi:10.1007/s00548-009-0121-5
- Loibl, W., Jäger, A., Knoflacher, M., Köstl, M., Züger, J., 2010. Urban Streetscapes responding to changing climate conditions – Effects of street layout on thermal exposure, in: Mahdavi, A., Martens, B. (Eds.), *BauSIM 2010. Building Performance Simulation in a Changing Environment*. Proceedings of the Third German-Austrian IBPSA Conference Vienna University of Technology September 22–24, 2010. International Building Performance Simulation Association (IBPSA), TU Wien, Institut für Architekturwissenschaften, Abteilung Bauphysik und Bauökologie; Selbstverlag, Wien, Österreich.
- Loibl, W., Züger, J., Köstl, M., 2011a. reclip:century 1 – Research for Climate Protection: Century Climate Simulations. *Climate Scenarios: Comparative Analysis (Final Report Part C No. ACRP Project Number: A760437)*. AIT Austrian Institute of Technology, Vienna.
- Loibl, W., Tötzer, T., Köstl, M., Züger, H., Knoflacher, M., 2011b. Modelling Micro-climate Characteristics for Urban Planning and Building Design, in: Hřebíček, J., Schimak, G., Denzer, R. (Eds.), *Environmental Software Systems. Frameworks of eEnvironment*, IFIP Advances in Information and Communication Technology. Springer Berlin Heidelberg, pp. 605–617.
- Loibl, W., Stiles, R., Pauleit, S., Hagen, K., Gasienica, B., Tötzer, T., Trimmel, H., Köstl, M., Feilmayr, W., 2014. Improving Open Space Design to Cope Better with Urban Heat Island Effects. *GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society* 23, 64–66. doi:10.14512/gaia.23.1.17
- Luthe, T., 2009. *SkiSustain – Vulnerability to global change and sustainable adaption of ski tourism (Dissertation)*. Deutsche Sporthochschule Köln Institut für Natursport und Ökologie, Köln.
- Martikainen, A., Pykälä, M.-L., Farin, J., 2007. Recognizing climate change in electricity network design and construction, VTT Research Notes 2419. VTT Technical Research Centre of Finland, Biologinkuja, Finland.
- Matzarakis, A., Endler, C., Neumcke, R., Koch, E., Rudel, E., 2007. Auswirkungen des Klimawandels auf das klimatische Tourismuspotenzial (Endbericht StartClim2006.D2 Teilprojekt von StartClim2006). StartClim2006 wurde aus Mitteln des BMLFUW, des BMGFJ, des BMWF, des BMWA und der Österreichischen Hagelversicherung gefördert.
- McMichael, A.J., 2011. Insights from past millennia into climatic impacts on human health and survival. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. doi:10.1073/pnas.1120177109
- McMichael, A.J., Campbell-Lendrum, D., Kovats, S., Edwards, S., Wilkinson, P., Wilson, T., Nicholls, R., Hales, S., Tanser, F., Le Sueur, D., Schlesinger, M., Andronova, N., 2004. Global Climate Change, in: Ezzati, M., Lopez, A.D., Rodgers, A., Murray, C.J.L. (Eds.), *Comparative Quantification of Health Risks, Global and Regional Burden of Disease Attributable to Selected Major Risk Factors*. World Health Organization, Geneva, pp. 1543–1650.
- Menne, B., Ebi, K.L., 2006. *Climate Change and Adaptation Strategies for Human Health*. Steinkopff, Darmstadt, Deutschland.
- Metroeconomica, 2004. Costing the impacts of climate change in the UK Overview of guidelines (KCIP Technical Report). UKCIP, Oxford.
- Mima, S., Criqui, P., Watkiss, P., 2011. The Impacts and Economic Costs of Climate Change on Energy in Europe. Summary of Results from the EC RTD ClimateCost Project, in: Watkiss, P. (Ed.), *The ClimateCost Project. Final Report. Volume 1: Europe*. Stockholm Environment Institute, Stockholm, Sweden.
- Moroi, K., Sato, T., 1975. Comparison between procaine and isocarboximid metabolism in vitro by a liver microsomal amidase-esterase. *Biochem. Pharmacol.* 24, 1517–1521.
- Moshhammer, H., Gerersdorfer, T., Hutter, H.-P., Formayer, H., Kromp-Kolb, H., Schwarzl, I., 2009. Abschätzung der Auswirkungen von Hitze auf die Sterblichkeit in Oberösterreich (Endbericht; BOKU-Met Report No. 13), Band 3 der Forschungsreihe „Auswirkungen des Klimawandels auf Oberösterreich“ im Auftrag des Umweltlandesrates Rudi Anschober, Land Oberösterreich. Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Meteorologie, Wien, Österreich.
- Moshhammer, H., Hutter, H.-P., Gerersdorfer, T., Hlava, A., Sprinzl, G., Leitner, B., 2006. Einflüsse der Temperatur auf Mortalität und Morbidität in Wien (Abschlussbericht StartClim2005.A1a).

- Medizinische Universität Wien, ZPH, Institut für Umwelthygiene; BOKU, Institut für Meteorologie, Wien, Österreich.
- Munich Re, 2013a. NATHAN, Globe of Natural Hazards (DVD).
- Munich Re, 2013b. NatCatSERVICE [WWW Document]. URL <http://www.munichre.com/de/reinsurance/business/non-life/natcatservice/index.html> (accessed 6.10.14).
- Muthers, S., Matzarakis, A., Koch, E., 2010b. Summer climate and mortality in Vienna – a human-biometeorological approach of heat-related mortality during the heat waves in 2003. *Wiener klinische Wochenschrift* 122, 525–531. doi:10.1007/s00508-010-1424-z
- Muthers, S., Matzarakis, A., Koch, E., 2010a. Climate Change and Mortality in Vienna – A Human Biometeorological Analysis Based on Regional Climate Modeling. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 7, 2965–2977. doi:10.3390/ijerph7072965
- Naucke, T.J., Lorentz, S., Rauchenwald, F., Aspöck, H., 2011. Phlebotomus (Transphlebotomus) mascittii Grassi, 1908, in Carinthia: first record of the occurrence of sandflies in Austria (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae). *Parasitology research* 109, 1161–1164. doi:10.1007/s00436-011-2361-0
- Nellemann, C., Mac Devette, M., Manders, T., Eikhout, B., Svihus, B., Prins, A.G., Kaltenborn, B.P., 2009. The environmental food crisis: the environment's role in averting future food crises: a UNEP rapid response assessment. UNEP, Arendal, Norway.
- Oberndorfer, S., Fuchs, S., Rickenmann, D., Andrecs, P., 2007. Vulnerabilitätsanalyse und monetäre Schadensbewertung von Wildbachereignissen in Österreich – Vulnerability Analysis and Monetary Loss Assessment of Torrent Events in Austria (No. 139), BFW-Berichte. Naturgefahren und Landschaften BFW (Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald).
- OcCC, 2007. Klimaänderung in der Schweiz 2050. Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. OcCC Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung/ProClim, Bern.
- OECD, 2010. Cities and climate change. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.
- OECD-FAO, 2011. Agricultural Outlook 2011–2020. OECD Publishing and FAO, Paris.
- ÖIR – Österreichisches Institut für Raumplanung, 2011. Regional Challenges in the Perspektive of 2020 – Phase 2: Deepening and Broadening the Analysis (Final Report to Contract Study commissioned by European Commission, Directorate General for Regional Policy No. 700322). Spatial Foresight GmbH, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Pöyry Energy, Universität für Bodenkultur – Institut für Meteorologie, Vienna, Heisdorf, Bonn.
- ÖROK, 2008. Szenarien der Raumentwicklung Österreichs 2030, Materialienband (No. 176/I), ÖROK Schriftenreihe. Österreichische Raumordnungskonferenz, Wien.
- ÖROK, 2009. Szenarien der Raumentwicklung Österreichs 2030. Regionale Herausforderungen und Handlungsstrategien (No. 176/II), ÖROK Schriftenreihe. Österreichische Raumordnungskonferenz, Wien.
- ÖROK, 2010. Österreichisches Raumentwicklungskonzept 2011 – Arbeitspapier der AG III „Umwelt – Klimawandel – Ressourcen. ÖROK Österreichische Raumordnungskonferenz.
- ÖROK, 2011. ÖROK-Regionalprognosen 2010–2030: Bevölkerung, Erwerbspersonen und Haushalte (Schriftenreihe No. 184). Wien
- Penning-Rowsell, E.C., Ashley, R., Evans, E., Hall, J.W., 2004. Foresight Future Flooding: Scientific Summary. Future Risks and Their Drivers (Vol 1. Future risks and their drivers and Vol.2. Managing future risks, plus executive summary). Office of Science and Technology.
- Perroud, M., Bader, S., 2013. Klimaänderung in der Schweiz. Indikatoren zu Ursachen, Auswirkungen, Massnahmen. Umwelt-Zustand Nr. 1308. Bundesamt für Umwelt und Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie, Bern und Zürich.
- Pfister, C., 2003. Ein Blick auf die letzten 500 Jahre, in: OcCC (Ed.), Extremereignisse Und Klimaänderung. OcCC Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung, Bern, pp. 21–24.
- Pfurtscheller, L., Lochner, B., Thieken, A., 2008. Cost of alpine hazards (WP8 Final Report), CONHAZ Reports. Institute of Geography, University of Innsbruck, Climate Service Center, Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Innsbruck/Hamburg.
- Poepl, W., Burgmann, H., Auer, H., Mooseder, G., Walochnik, J., 2012. Leishmania (Viannia) guyanensis infection, Austria. *Emerging Infectious Diseases* 18, 1533–1535. doi:10.3201/eid1809.111365
- Poepl, W., Herkner, H., Tobudic, S., Faas, A., Auer, H., Mooseder, G., Burgmann, H., Walochnik, J., 2013. Seroprevalence and asymptomatic carriage of Leishmania spp. in Austria, a non-endemic European country: Leishmania seroprevalence in a non-endemic country. *Clinical Microbiology and Infection* 19, 572–577. doi:10.1111/j.1469-0691.2012.03960.x
- Pretenthaler, F., 2010. Ein neues Risikotransfersystem für Naturgefahren in Österreich? Zur Beurteilung des vom Versicherungsverband vorgeschlagenen NatKat-Modells, in: Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (Ed.), Auswirkungen Des Klimawandels Auf Hydrologie Und Wasserwirtschaft in Österreich, ÖWAV, Wien, pp. 145–158.
- Pretenthaler, F., Albrecher, H., 2009. Hochwasser und dessen Versicherung in Österreich: Evaluierung und ökonomische Analyse des von der Versicherungswirtschaft vorgeschlagenen Modells NatKat. Joanneum Research, Graz.
- Pretenthaler, F., Formayer, H. (Eds.), 2011. Tourismus im Klimawandel: zur regionalwirtschaftlichen Bedeutung des Klimawandels für die österreichischen Tourismusgemeinden, Studien zum Klimawandel in Österreich. Verlag der österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien.
- Pretenthaler, F., Vettors, N., 2006. Finanzielle Bewältigung von Naturgefahren: Vorschläge zur Reform des österreichischen Modells (InTeReg Working Paper No. 21-2005). Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, Graz.
- Pretenthaler, F., Vettors, N., 2009. Status quo des Risikotransfersystems für Naturgefahren in Österreich, in: Pretenthaler, F., Albrecher, H. (Eds.), Hochwasser Und Dessen Versicherung in Österreich. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien.
- Pretenthaler, F., Gobiet, A., Habsburg-Lothringen, C., Steinacker, R., Töglhofer, C., Türk, A., 2007. Auswirkungen des Klimawandels auf Heiz- und Kühlenergiebedarf in Österreich (Endbericht StartClim2006.F Teilprojekt von StartClim2006). Inst. für Technologie und Regionalpolitik, Institut für Energieforschung - Joanneum Research; Wegener Zentrum für Klima und Globalen Wandel, Inst. für Geophysik und Meteorologie - Universität Graz; Inst. für Meteorologie und Geophysik, Universität Wien, Graz, Austria.
- Pretenthaler, F., Habsburg-Lothringen, C., Sterner, C., 2008a. Soziale Aspekte von climate change impacts in Österreich. Erste Beiträge zur Inzidenz der Lasten des Klimawandels.
- Pretenthaler, F., Töglhofer, C., Habsburg-Lothringen, C., Türk, C., 2008b. Klimabedingte Änderungen des Heiz- und Kühlbedarfs für Österreich, in: Pretenthaler, F., Gobiet, A., Töglhofer, C. (Eds.), Heizen Und Kühlen Im Klimawandel, Studien Zum Kli-

- mawandel in Österreich. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, pp. 13–27.
- Prettenhaler, F.E., Kortschak, D., Vettters, N., 2009a. Auswirkungen des NatKat-Modells auf den Österreichischen Katastrophenfonds und die Bundesländer, in: Prettenhaler, F., Albrecher, H. (Eds.), *Hochwasser und dessen Versicherung in Österreich: Evaluierung und ökonomische Analyse des von der Versicherungswirtschaft vorgeschlagenen Modells NatKat*. Joanneum Research, Graz, pp. 115–123.
- Prettenhaler, F., Formayer, H., Aumayer, P., Haas, P., Habsburg-Lothringen, C., Hofstätter, M., Richter, V., Vettters, N., 2009b. *Global Change Impact on Tourism. Der sozioökonomische Einfluss des Klimawandels auf den Winter- und Sommertourismus in Österreich*. Joanneum Research Forschungsgesellschaft, Institut für Technologie- und Regionalpolitik, Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Meteorologie.
- Prettenhaler, F., Albrecher, H., Köberl, J., Kortschak, D., 2012. Risk and Insurability of Storm Damages to Residential Buildings in Austria. *The Geneva Papers on Risk and Insurance – Issues and Practice* 37, 340–364.
- Pröbstl, U., Damm, B., 2009. Wahrnehmung und Bewertung von Naturgefahren als Folge von Gletscheraschwund und Permafrostdegradation in Tourismusdestinationen am Beispiel des Tuxer Tals (Zillertaler Alpen/Österreich) (Endbericht StartClim2008.F Teilprojekt von StartClim2008). Gefördert aus Mitteln des BMLFUW, des BMWF, des BMWFJ, der ÖBF und der Österreichischen Hagelversicherung, Wien.
- Pröbstl, U., Jiricka, A., Schauppenlehner, T., 2007. See-Vision: Einfluss von klimawandelbedingten Wasserschwankungen im Neusiedler See auf die Wahrnehmung und das Verhalten von Besucherinnen und Besuchern (Endbericht StartClim2006.D3 Teilprojekt von StartClim2006). Finanziert aus Mitteln des BMLFUW, des BMGFJ, des BMWF, des BMWA und der Österreichischen Hagelversicherung, Wien.
- Rabitsch, W., Essl, F. (Eds.), 2010. *Aliens: Neobiota und Klimawandel – eine verhängnisvolle Affäre?* Bibliothek der Provinz, Weitra.
- Regions 2020, *Regional Challenges in the Perspective of 2020* [WWW Document]. URL <http://regions2020.oir.at/> (accessed 6.7.14).
- Reiner, A., Deepen, J., 2012. Einschätzung der Sturmgefährdung in Österreich anhand probabilistischer und stochastischer Modelle, in: Prettenhaler, F.E., Albrecher, H. (Eds.), *Sturmschäden: Modellierung der versicherten Schäden in Österreich*. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien.
- Reiterer, A.F., 2006. Wohnsituation der Bevölkerung, Ergebnisse der Volks-, Gebäude- und Wohnungszählung 2001. Statistik Austria, Wien.
- Richter, R., Berger, U.E., Dullinger, S., Essl, F., Leitner, M., Smith, M., Vogl, G., 2013. Spread of invasive ragweed: climate change, management and how to reduce allergy costs. *J Appl Ecol* 50, 1422–1430. doi:10.1111/1365-2664.12156
- Robine, J.-M., Cheung, S.L.K., Le Roy, S., Van Oyen, H., Griffiths, C., Michel, J.-P., Herrmann, F.R., 2008. Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *Comptes rendus biologiques* 331, 171–178. doi:10.1016/j.crv.2007.12.001
- Rogler, N., Winkler, C., Kueschnig, M., 2011. Ausgewählte Aspekte des Klimarisikos im Bereich Wasserversorgung, in: Prettenhaler, F., Köberl, J., Winkler, C. (Eds.), *Klimarisiko Steiermark: erste Schritte zur Anpassungsstrategie*. Verlag der österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, pp. 78–82.
- Rose, A., 2004. Economic Principles, Issues, and Research Priorities in Hazard Loss Estimation, in: Okuyama, D.Y., Chang, P.S.E. (Eds.), *Modeling Spatial and Economic Impacts of Disasters, Advances in Spatial Science*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 13–36.
- Rosenzweig, C., Solecki, W.D., Hammer, S., Mehrota, S., 2011. *Climate change and cities: first assessment report of the Urban Climate Change Research Network*. Cambridge University Press, Cambridge, New York.
- Rudel, E., 2008. Einige Gedanken zur Frage der Zunahme der meteorologischen Extremwerte, in: Böhm, R., Godina, R., Nachtnebel, H.-P., Pirker, O. (Eds.), *Auswirkungen Des Klimawandels Auf Die Österreichische Wasserwirtschaft*. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV), Wien, pp. 83–89.
- Rudolf-Miklau, F., Moser, A., Hübl, J., International Research Society Interpraevent, 2009. *Alpine Naturkatastrophen: Lawinen, Muren, Felsstürze, Hochwässer*. Leopold Stocker Verlag, Graz.
- Ruth, M., Coelho, D., 2007. Understanding and managing the complexity of urban systems under climate change. *Climate Policy* 7, 317–336. doi:10.1080/14693062.2007.9685659
- Schaffner, F., Bellini, R., Petrić, D., Scholte, E.-J., 2012. Guidelines for the surveillance of invasive mosquitoes in Europe, ECDC Technical Report. European Centre for Disease Prevention and Control; Publications Office [of the European Union], Stockholm, Sweden.
- Schieferer, W., 2006. Abwicklungsfragen im versicherungsrechtlichen Umfeld von Naturgefahren – Zukunftsperspektive der privaten Naturkatastrophen-Vorsorge nach dem Hochwasserereignis vom 23. August 2005, in: Fuchs, S., Khakzadeh, L.M., Weber, K. (Eds.), *Recht Im Naturgefahrenmanagement*. Studienverlag.
- Schieser, H.-H., 2003. Hagel, in: *Extremereignisse Und Klimaänderung, OcCC Bericht: Wissensstand und Empfehlungen*. OcCC Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung, Bern, Schweiz, pp. 65–68.
- Schubert, R., Schellnhuber, H.J., Buchmann, N., Epiney, A., Griefhammer, R., Kulesa, M., Messner, D., Rahmstorf, S., Schmid, J., 2008. *World in Transition: Climate Change as a Security Risk*. German Advisory Council on Global Change (WGBU). Earthscan, London, UK and Sterling, VA, USA.
- Scott, D., 2006. Global Environmental Change and Mountain Tourism, in: Gössling, S., Hall, C.M. (Eds.), *Tourism and Global Environmental Change: Ecological, Social, Economic and Political Interrelationships, Contemporary Geographies of Leisure, Tourism, and Mobility*. Routledge, London; New York, pp. 54–75.
- Scott, D., Jones, B., Konopek, J., 2007. Implications of climate and environmental change for nature-based tourism in the Canadian Rocky Mountains: A case study of Waterton Lakes National Park. *Tourism Management* 28, 570–579. doi:10.1016/j.tourman.2006.04.020
- Scott, D., Jones, B., Konopek, J., 2008. Exploring potential visitor response to climate-induced environmental changes in Canada's Rocky Mountain National Parks. *Tourism Review International* 12, 43–56. doi:10.3727/154427208785899939
- Seiler, W., 2006. Der Klimawandel im Alpenraum: Trends, Auswirkungen und Herausforderungen, in: BMLFUW (Ed.), *Klimawandel Im Alpenraum. Auswirkungen Und Herausforderungen*. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, pp. 7–20.

- Semenza, J.C., Menne, B., 2009. Climate change and infectious diseases in Europe. *The Lancet infectious diseases* 9, 365–375. doi:10.1016/S1473-3099(09)70104-5
- Serquet, G., Rebetz, M., 2011. Relationship between tourism demand in the Swiss Alps and hot summer air temperatures associated with climate change. *Climatic Change* 108, 291–300. doi:10.1007/s10584-010-0012-6
- Stark, P.D.K., Niedrig, M., Biederbick, W., Merkert, H., Hacker, J., 2009. Die Auswirkungen des Klimawandels. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 52, 699–714. doi:10.1007/s00103-009-0874-9
- Statistik Austria, 2009. Zeitverwendungserhebung 2008/09 – Ein Überblick über geschlechtsspezifische Unterschiede (Endbericht der Bundesanstalt Statistik Österreich an die Bundesministerin für Frauen und Öffentlichen Dienst (No. GZ: BKA-F140.300/0003-II/1/2008). Statistik Austria, Wien.
- Statistik Austria, 2011. Siedlungseinheiten [WWW Document]. URL http://www.statistik.at/web_de/klassifikationen/regionale_gliederungen/siedlungseinheiten/index.html (accessed 6.10.14).
- Statistik Austria, 2013. Stadtregionen [WWW Document]. URL http://www.statistik.at/web_de/klassifikationen/regionale_gliederungen/stadtregionen/index.html (accessed 6.10.14).
- Statistik Austria, WKÖ, BMWFJ, ÖHT, 2011. Tourismus in Österreich 2010. Ein Überblick in Zahlen. Statistik Austria, Wirtschaftskammer Österreich, Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend, Österr. Hotel- und Tourismusbank, Wien.
- Steiger, R., 2011. The impact of snow scarcity on ski tourism: an analysis of the record warm season 2006/2007 in Tyrol (Austria). *Tourism Review* 66, 4–13. doi:10.1108/16605371111175285
- Steiger, R., 2012. Scenarios for skiing tourism in Austria: integrating demographics with an analysis of climate change. *Journal of Sustainable Tourism* 20, 867–882. doi:10.1080/09669582.2012.680464
- Steiger, R., Abegg, B., 2011. Climate change impacts on Austrian ski areas, in: Borsdorf, A., Stötter, J., Vuelliet, E. (Eds.), *Managing Alpine Future II. „Inspire and Drive Sustainable Mountain Regions“ – Proceedings of the Innsbruck Conference November 21–23, 2011*. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, Österreich.
- Steiger, R., Abegg, B., 2013. The Sensitivity of Austrian Ski Areas to Climate Change. *Tourism Planning & Development* 10, 480–493. doi:10.1080/21568316.2013.804431
- Steiger, R., Stötter, J., 2013. Climate Change Impact Assessment of Ski Tourism in Tyrol. *Tourism Geographies* 1–24. doi:10.1080/14616688.2012.762539
- Stern, N., 2007. *The economics of climate change: the Stern review*. Cambridge University Press, Cambridge, UK; New York.
- Stiles, R., Loibl, W., Pauleit, S., 2013. UFT-ADI – Urban fabric types and microclimate response – assessment and design improvement (Zwischenbericht. Österreichischer Klima- und Energiefonds). TU Wien, Austrian Institute of Technology GmbH (AIT), TU München, Wien.
- Stötter, J., 2007. Zunahme des Schadenspotentials und Risikos in Tirol als Ausdruck der Kulturlandschaftsentwicklung seit den 1950er Jahren, in: Aistleitner, J. (Ed.), *Alpine Kulturlandschaft im Wandel: Hugo Penz zum 65. Geburtstag*. Innsbrucker Geograph. Ges., Innsbruck, pp. 164–178.
- Suklitsch, M., Gobiet, A., Truhetz, H., Leuprecht, A., Themeßl, M., 2007. Klimaschutz Salzburg: Ein regionales Klimaszenario für das Bundesland Salzburg – Ergebnisse. Wegener Zentrum für Klima und Globalen Wandel, Karl-Franzens-Universität Graz, Graz.
- Tazi-Preve, I.M., Kytir, J., Lehart, G., Münz, R., 1999. Bevölkerung in Österreich: demographische Trends, politische Rahmenbedingungen, entwicklungspolitische Aspekte. Institut für Demographie, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien.
- Töglhofer, C., Eigner, F., Prettenhaler, F., 2011. Impacts of snow conditions on tourism demand in Austrian ski areas. *Climate Research* 46, 1–14. doi:10.3354/cr00939
- Töglhofer, C., Formayer, H., Habsburg-Lothringen, C., Prettenhaler, F., Steininger, K., Tobin, A., 2007. Auswirkungen des Klimawandels auf Heiz- und Kühlenergiebedarf in Niederösterreich., in: Formayer, H. (Ed.), *Auswirkungen Des Klimawandels in Niederösterreich – NÖ Klimastudie 2007*. p. 367.
- Unbehaun, W., Pröbstl, U., Haider, W., 2008. Trends in winter sport tourism: challenges for the future. *Tourism Review* 63, 36–47. doi:10.1108/16605370810861035
- UNDP – United Nations Development Programme, 2007. *Human Development Report 2007/2008 Fighting climate change. Human solidarity in a divided world*, Palgrave MacMillan, New York., in: *Human Solidarity in a Divided World*, Palgrave MacMillan, New York. UNWTO/UNEP/WMO, 2008: *Climate Change and Tourism – Responding to Global Challenges*. Madrid: WMO.
- UNWTO – World Tourism Organization, UNEP – United Nations Environment Programme, 2008. *Climate change and tourism: responding to global challenges*. World Tourism Organization; United Nations Environment Programme, Madrid; Paris.
- Url, T., 2008. *Wahrscheinlichkeits-Überschreitungskurven für Hochwasserkatastrophen in Österreich*. WIFO Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, Wegener Center für Klima und Globalen Wandel, Inst. für Prozesstechnik/TU Graz, KWI Consultants, Inst. für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe, Montanuniversität Leoben, Inst. für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft/TU Wien.
- Vetters, N., 2006. *Finanzieller Risikotransfer von Hochwasserrisiken (Wissenschaftlicher Bericht No. 9-2006)*. Wegener Zentrum für Klima und Globalen Wandel, Karl-Franzens-Universität Graz, Graz.
- Walochnik, J., 2009. When sandflies move north. *Public Health* 30–37.
- Walochnik, J., Aspöck, H., 2010. Sandmücken, Leishmanien und Leishmaniosen – neue Dimensionen alter Krankheiten, in: Aspöck, H. (Ed.), *Krank Durch Arthropoden.*, *Denisia* 30. pp. 673–694.
- Watkiss, P., 2011. Aggregate economic measures of climate change damages: explaining the differences and implications. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 2, 356–372. doi:10.1002/wcc.111
- Watkiss, P., Downing, T., 2008. The social cost of carbon: Valuation estimates and their use in UK policy. *Integrated Assessment* 8, 85–105.
- Watkiss, P., Hunt, A., 2010. The costs and benefits of adaptation in Europe: review summary and synthesis, *ClimateCost Policy Brief* No 2.
- Watkiss, P., Hunt, A., 2012. Projection of economic impacts of climate change in sectors of Europe based on bottom up analysis: human health. *Climatic Change* 112, 101–126. doi:10.1007/s10584-011-0342-z

- Weissenböck, H., Hubálek, Z., Bakonyi, T., Nowotny, N., 2010. Zoonotic mosquito-borne flaviviruses: Worldwide presence of agents with proven pathogenicity and potential candidates of future emerging diseases. *Veterinary Microbiology* 140, 271–280. doi:10.1016/j.vetmic.2009.08.025
- WHO – World Health Organization, 2009. Protecting health from climate change. Connecting science, policy and people. WHO Press, Geneva, Switzerland.
- Williamson, L.E., Connor, H., Moezzi, M., 2009. Climate-proofing energy systems. Helio International.
- WKO, 2012. Factsheet – Die Österreichischen Seilbahnen in Zahlen (Winter 2010/11).
- Women's Environmental Network, 2010. Gender and the Climate Change Agenda. London, UK.
- Zebisch, M., Tappeiner, U., Elmi, M., Hoffmann, C., Niedrist, G., Pedoth, L., Pinzger, S., Pistocchi, A., Tasser, E., 2011. Klimareport Südtirol. EURAC (Europäische Akademie Bozen), Bozen.
- ZENAR, 2003. Ereignisdokumentation Hochwasser August 2002, Plattform Hochwasser. ZENAR, Universität für Bodenkultur Wien; BM für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- Zuvela-Aloise, M., Koch, R., Nemeč, J., Anders, I., Barbara, F., Koßmann, M., 2012. Zukunftsszenarien der Wärmebelastung in Wien. Poster im Zuge des 13. Klimatags, 14.–15. Juni 2012.

Band 3: Klimawandel in Österreich: Vermeidung und Anpassung

Volume 3: Climate Change in Austria: Mitigation and Adaptation

Kapitel 1: Emissionsminderung und Anpassung an den Klimawandel

Kapitel 2: Land- und Forstwirtschaft, Wasser, Ökosysteme und Biodiversität

Kapitel 3: Energie und Verkehr

Kapitel 4: Gesundheit, Tourismus

Kapitel 5: Produktion und Gebäude

Kapitel 6: Transformationspfade

