

# Kapitel 2: Veränderung der Gesundheitsdeterminanten

## **Coordinating Lead Authors/Koordinierende LeitautorInnen:**

Herbert Formayer, Christoph Matulla, Erich Striessnig

## **Lead Authors/LeitautorInnen:**

Florian Bachner, Sabine Haas, Ivan Frankovic, Alexander Hanika, Thomas Fent, Roman Hoffmann, Christian Gepp, Herbert Formayer, Matthias Schlögl, Julia Bobek, Christa Hammerl, Inge Auer, Hans Ressler, Karsten Schulz, Helfried Scheifinger, Martin Piringer, Maria Balas, Helga Kromp-Kolb, Kathrin Baumann-Stanzer, Marcus Hirtl, Wolfgang Schöner, Stana Simic, Theresia Widhalm

# Inhalt

|                                                                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Kernbotschaften</i> .....                                                                                                       | 129 |
| <i>2.1 Einleitung</i> .....                                                                                                        | 129 |
| <i>2.2 Entwicklung der gesundheitsrelevanten Klimaindikatoren: Klimavergangenheit und Klimaprojektionen</i> .....                  | 131 |
| 2.2.1 Klimawandel & Treibhausgase .....                                                                                            | 131 |
| 2.2.2 Gesundheitsrelevante Klimafaktoren.....                                                                                      | 135 |
| 2.2.3 Meteorologische Indikatoren heute & Zukunftsszenarien .....                                                                  | 139 |
| 2.2.4 Zusammenfassende Bewertung.....                                                                                              | 145 |
| <i>2.3 Veränderungen in der Bevölkerungsdynamik und -struktur</i> .....                                                            | 145 |
| 2.3.1 Bevölkerungsdynamik.....                                                                                                     | 145 |
| 2.3.2 Zukünftige Demographieentwicklung .....                                                                                      | 149 |
| 2.3.3 Gesundheitsauswirkungen bedingt durch Bevölkerungsdynamiken .....                                                            | 154 |
| 2.3.4 Zusammenfassende Bewertung.....                                                                                              | 156 |
| <i>2.4 Veränderungen der Wirtschaft</i> .....                                                                                      | 156 |
| 2.4.1 Wirtschaftswachstum in Österreich und der Welt, Auswirkungen des demographischen Wandels auf das<br>Wirtschaftswachstum..... | 157 |
| 2.4.2 Wirtschaftskrisen, Ungleichheit, Automatisierung .....                                                                       | 158 |
| 2.4.3 Auswirkungen des Klimawandels und der Klimaschutzmaßnahmen auf die Wirtschaft .....                                          | 159 |
| 2.4.4 Zusammenfassende Bewertung.....                                                                                              | 160 |
| <i>2.5 Veränderungen der Gesundheitssysteme</i> .....                                                                              | 161 |
| 2.5.1 Einfluss des Klimawandels auf Gesundheitssysteme global und in Österreich .....                                              | 162 |
| 2.5.2 Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheitsversorgung .....                                                            | 163 |
| 2.5.3 Auswirkungen auf Gesundheitsausgaben.....                                                                                    | 165 |
| 2.5.4 Zusammenfassende Bewertung.....                                                                                              | 167 |
| <i>2.6 Zusammenfassung</i> .....                                                                                                   | 167 |
| <i>Literaturverzeichnis</i> .....                                                                                                  | 167 |

## Kernbotschaften

**Getrieben von der Temperaturentwicklung, die mit beispielloser Geschwindigkeit voranschreitet, verändern sich weltweit wie auch in Österreich die klimatischen Bedingungen, welche über konkrete Witterungsverläufe auf die Gesundheit direkten und indirekten Einfluss haben.**

- Bei gesundheitsrelevanten Klimaphänomenen sind in folgenden Bereichen größere Veränderungen zu erwarten:
  - Extremereignisse hinsichtlich Auftrittshäufigkeit, Dauer und Intensität (z. B. Hitzewellen, Hochwasser, Starkniederschläge),
  - erhöhte Konzentrationen von Luftschadstoffen durch Klimawandel oder Klimaschutzmaßnahmen und
  - klimainduzierte Änderung der Verbreitungsgebiete lokal bisher nicht bekannter oder wenig verbreiteter allergener Pflanzen und krankheitsübertragender Organismen (z. B. Anopheles-Mücken).

Um die Resilienz der Gesellschaft gegenüber erwartbaren gesundheitsrelevanten Klimafolgen zu erhöhen, müssen mögliche relevante Systemwechselwirkungen erforscht und daraus Adaptionsstrategien abgeleitet werden.

**Die demographische Zusammensetzung der Bevölkerung spielt für die Analyse der Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit ebenfalls eine wichtige Rolle.**

- Bevölkerungsgruppen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Vulnerabilität, da diese verschiedenste Ursachen haben kann: Besonders vulnerable Gruppen sind ältere Menschen, Kinder, Menschen mit Behinderung, Personengruppen mit niedrigem Einkommen, die aufgrund struktureller, rechtlicher und kultureller Barrieren oft nur eingeschränkten Zugang zur Gesundheitsinfrastruktur oder zu Gesundheitsverständnis haben. Diese strukturellen Rahmenbedingungen sind allerdings von jenen, welche in der persönlichen Lebensführung verankert sind (Ernährung, sportliche Aktivitäten, Lebensstil), abzugrenzen.
- Infolge der fortschreitenden demographischen Alterung ist damit zu rechnen, dass ein zunehmender Anteil der Bevölkerung Österreichs Teil der Risikogruppe wird. Betrug die Zahl der Personen im Alter von 65 und mehr Jahren im Jahr 2017 1,63 Mio., so wird diese bis 2030 um eine halbe Million (31 %) auf 2,13 Mio. zunehmen.
- Weniger eindeutig sind die Vulnerabilitätseffekte von Migration, die als weitere wichtige Auswirkung klimatischer Veränderungen auf Bevölkerungen gesehen werden kann. Während diese zumeist innerhalb nationaler Grenzen stattfindet, deutet eine zunehmende Zahl an Studien darauf hin, dass Umwelteinflüsse auch internationale Migration hervorrufen können. Durch Migration nach Österreich ist mit einer Zunahme des Anteils der Risikogruppe an der österreichischen Bevölkerung zu rechnen.
- Nicht zu vernachlässigen ist auch der indirekte Einfluss von klimatischen Veränderungen auf Migrationstendenzen durch die Befeuerung von Konflikten, was zweifellos für eine Zunahme der Vulnerabilität sorgt. Zugleich leistet

Migration einen Beitrag zur Abschwächung des Effekts der Alterung, was tendenziell eher vulnerabilitätsmildernd wirken kann.

- Um die zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels auf vulnerable Bevölkerungsgruppen in Österreich gering zu halten, sind rechtzeitig Vorsorgemaßnahmen zu treffen, welche den Bedürfnissen der unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen gerecht werden. Die Nicht-Berücksichtigung demographischer Faktoren kann zu fehlgeleiteten Politikmaßnahmen führen.

**Auch ökonomische Veränderungen können die Bereitstellung von Gesundheitsleistungen beeinträchtigen und somit Vulnerabilität erhöhen.**

- Die prominentesten Faktoren sind steigende Ungleichheit, Alterung oder die Automatisierung der Produktion. Der Klimawandel kann zum einen Ursache ökonomischer Veränderungen sein, zugleich aber auch die vulnerabilitätssteigernde Wirkung der genannten ökonomischen Veränderungen verschärfen.
- Nachhaltige wirtschaftliche Rahmenbedingungen werden erforderlich sein, um Ungleichheit befördernde Wirtschaftssysteme und -krisen zu vermeiden und eine erfolgreiche Anpassung an den Klimawandel für alle zu gewährleisten.

**Der Klimawandel beeinflusst das Gesundheitssystem bzw. die Gesundheitsversorgung, wobei die Kompetenzen zur Vermeidung oder Abschwächung seiner direkten und indirekten gesundheitlichen Folgen fragmentiert sind und oft außerhalb des Gesundheitssystems liegen.**

- Um der erhöhten Inanspruchnahme des Gesundheitssystems infolge des Klimawandels zu begegnen, sind Maßnahmen erforderlich, die über den Verantwortungsbereich des Gesundheitssystems hinausgehen.
- Verstärkte Vorhaltung und Inanspruchnahme des Gesundheitssystems haben nicht nur gesundheitsökonomische Implikationen, sondern tragen ihrerseits selbst durch verstärkte Emissionen zum Klimawandel bei (z. B. durch Kühl- und Heizsysteme, Beschaffung und Transport etc.).
- Ökonomische Bewertungen, die Kosten und Nutzen von spezifischen Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit vor den Folgen des Klimawandels untersuchen, liegen kaum vor. Die erhöhte Krankheitslast führt jedoch unumstritten zu ökonomischen Folgekosten, u. a. bedingt durch erhöhte Präventionskosten und Inanspruchnahme, Produktivitätsausfälle (Krankenstände), direkte Schäden und Investitionsaufkommen.

## 2.1 Einleitung

In Anwendung des von der Weltgesundheitsorganisation bereitgestellten konzeptionellen Rahmens der Gesundheitsdeterminanten (WHO, 2010) beschäftigt sich dieses Kapitel mit den sozialen, politischen und ökologischen Kontexten,

die sich auf Gesundheit auswirken – speziell Bevölkerungsdynamik, Wirtschaft und das Gesundheitssystem. Besonderes Augenmerk wird auch auf Veränderungen in der Vulnerabilität gelegt. Ausgangspunkt ist aber einmal mehr der Klimawandel, dessen direkte, wie auch indirekte Gesundheitsauswirkungen im Kontext des komplexen Wechselspiels der drei genannten Determinanten gesehen werden muss. Eine Zunahme der Häufigkeit wie auch der Intensität von Extremwetterereignissen wie Flutkatastrophen, Dürren oder Hitzewellen können direkte körperliche und psychische Gesundheitsfolgen haben (McMichael & Lindgren, 2011). Beispiele für indirekte Gesundheitsfolgen des Klimawandels sind die Ausbreitung von Krankheitserregern und auch allergenen Pflanzen, die sich aus den Veränderungen des Ökosystems ergeben. Des Weiteren beeinflusst der Klimawandel das sozio-ökonomische und politische Umfeld, in dem Ungleichheiten im Gesundheitssystem entstehen können (Walpole u. a., 2009).

Dieses Kapitel berücksichtigt, dass die Gesundheitsdeterminanten nicht statisch bleiben, sondern einem ständigen Wandlungsprozess unterworfen sind. Die Finanzkrise von 2008 illustriert beispielsweise wie wirtschaftliche Veränderungen durch die Schwächung sozialer Sicherungssysteme Gesundheit negativ beeinflussen können. Infolge fiskalischer Einschnitte im Wohlfahrtsstaat geriet das Gesundheitssystem in vielen europäischen Ländern wie Griechenland, Spanien oder Portugal stark unter Druck (Karanikolos u. a., 2013). Tatsächlich zeigt eine Vielzahl an empirischen Studien konsistente Evidenz für einen Anstieg bei den Selbstmorden wie auch verschlechterte psychische Gesundheit infolge der europäischen Finanzkrise (Parmar u. a., 2016). In diesem Fall scheint die sich verschlechternde Wirtschaftslage die Gesundheitssituation der Bevölkerung durch Stress und Angst vor Jobverlust zu belasten sowie durch mangelnde Finanzierung des Gesundheitssystems die Versorgung zu gefährden. Dies erhöht die Vulnerabilität gegenüber den Folgen des Klimawandels.

Zugleich befand sich das Gesundheitssystem – als weitere wichtige Gesundheitsdeterminante – in einem permanenten Reformzustand. In vielen Ländern mit allgemeiner Gesundheitsversorgung herrscht Bedarf an der Reformierung des Gesundheitsmanagements wie auch der Finanzierung. Die Bandbreite der nötigen Veränderungen reicht dabei von Dezentralisierungsschritten auf der regionalen oder auch lokalen Ebene, wie z. B. in Italien, über die Entwicklung von Präventions- und Gesundheitsförderungskampagnen, wie z. B. in Spanien und Portugal, bis hin zur Standardisierung und Defragmentierung von Pflegeleistungen, wie z. B. in Österreich (Hofmarcher, 2014; Serapioni & Matos, 2014). Während einige Politikmaßnahmen darauf abzielten, die öffentliche Gesundheit zu verbessern und Gesundheitsleistungen aufrechtzuerhalten, handelte es sich oftmals auch um Maßnahmen zur Kürzung von Kosten infolge des ökonomischen Schocks. Das verringerte Ausmaß der Krankenversicherung in Spanien oder der Anstieg von Selbstbehalten in Dänemark, Frankreich und Italien können dabei als Beispiele gese-

hen werden, wie die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sich auf die Gleichheit im Gesundheitssystem auswirken können (Wenzl u. a., 2017).

Aber nicht nur Transformationen in der Wirtschaft und im Gesundheitssystem beeinflussen die Gesundheit der Bevölkerung, auch die Bevölkerung selbst verändert sich. Die Veränderung der Bevölkerung wird im Wesentlichen durch Fertilität, Mortalität und Migration bestimmt, woraus sich die Bevölkerungsgröße und -verteilung ergeben. In Österreich führen eine längere Lebenserwartung und langfristige Abwärtstrends in der Fertilität zu einer Alterung der Bevölkerung. Diese Veränderung der Altersstruktur wirkt sich durch den verringerten Anteil an erwerbstätiger Bevölkerung auf das Rentensystem und durch den vergrößerten Bedarf nach Langzeitpflege auf soziale Sicherungssysteme, wie das Gesundheitssystem, aus (Hsu u. a., 2015). In ähnlicher Weise trägt auch die Migration (nicht nur hinsichtlich der Bevölkerungszahl, sondern auch ihrer Zusammensetzung) zum demographischen Wandel bei (Philipov & Schuster, 2010). Zuletzt beeinflussen diese demographischen Veränderungen die Morbiditätsmuster, da sie sich auf den Anteil an gefährdeter Bevölkerung auswirken. Die Populationsdynamik ist somit als zentrale Gesundheitsdeterminante zu sehen.

Wenngleich nicht explizit im ursprünglichen konzeptionellen Rahmen der sozialen Gesundheitsdeterminanten genannt, hat auch der Klimawandel offensichtlich einen Einfluss auf Determinanten wie Wirtschaft, Gesundheitssystem und Bevölkerungsdynamik. Was die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wirtschaft anbelangt, dürften einige Länder in der nördlichen Hemisphäre sogar profitieren, da sich die landwirtschaftliche Produktion erhöhen und Heizkosten verringern könnten. Für den Großteil der restlichen Welt, speziell in den tropischen und subtropischen Gebieten, werden jedoch eher negative wirtschaftliche Effekte der Erderwärmung vorhergesagt, die vom Rückgang der Ernteerträge und der Arbeitsproduktivität bis hin zu Schäden an Produktionsstätten reichen (IPCC, 2007b). Weiters sagt der IPCC voraus, dass die positiven wirtschaftlichen Effekte des Klimawandels sich bei einem weiteren Anstieg der Emissionen (was mit einem Anstieg der globalen Durchschnittstemperaturen einhergeht) ins Negative kehren und zunehmend intensivieren.

Ebenso kann der Klimawandel sich auf das Gesundheitssystem auswirken. Gesundheitseinrichtungen können direkten Schaden nehmen, aber auch indirekte Schäden sind möglich, z. B. aufgrund des Wiederauftretens oder der erneuten Zunahme bestimmter Infektionskrankheiten, wobei zeitgerechtes Risikomanagement und Vorbereitungsmaßnahmen im öffentlichen Gesundheitssystem vonnöten sein werden, um mit den neuen Anforderungen Schritt zu halten. Antworten des öffentlichen Gesundheitswesens auf diese neuen Herausforderungen müssen hierbei sowohl die Möglichkeit der Klimawandelschwächung als auch der rechtzeitigen Anpassung sowie mögliche „Co-Benefits“ in Betracht ziehen (Frumkin u. a., 2008; Haines, 2017). Treibhausgase zu reduzieren, würde nicht nur helfen, den Klimawandel einzudämmen,

sondern auch gesundheitliche Vorteile bringen, weil klimabezogene Risiken verringert werden würden.

Was die Auswirkungen des Klimawandels auf die Bevölkerungsdynamik anbelangt, verdichtet sich die Evidenz, dass Extremwetterereignisse sowie eine Verschlechterung der Luftqualität mit beträchtlicher Überschussmortalität einhergehen (Forzieri u. a., 2017; Silva u. a., 2013). Zugleich wirkt sich der Klimawandel auf Migration aus, die Effekte können jedoch sowohl positiv als auch negativ sein: Während der Klimawandel einerseits Migration über kürzere Distanzen erhöht, verringert er gleichzeitig Migration über weitere Strecken. Weiters dürfte der Klimawandel Migration eher indirekt beeinflussen, und zwar indem er die ökonomischen, politischen und gesellschaftlichen Treiber von Migration anfeuert (Black, Adger u. a., 2011). Die damit einhergehenden Veränderungen in der Bevölkerungsverteilung und -struktur wirken sich zugleich wieder auf die dem Klimawandel ausgesetzte Bevölkerung aus. Tatsächlich sind die vom Klimawandel ausgehenden gesundheitlichen Gefahren nicht gleichmäßig über alle Bevölkerungsschichten verteilt und es gilt, demographische Unterschiede in der Vulnerabilität zu berücksichtigen (Mutarak u. a., 2016).

Der Klimawandel kann also als neue Form des Gesundheitsrisikos bezeichnet werden, welche Vorbereitungs- und Anpassungsmaßnahmen, sowohl vonseiten des Staates (z. B. Gesundheitssystem, Infrastruktur, Frühwarnsysteme) als auch vonseiten der Individuen (z. B. individuelle Vorbereitung, Diversifikation von Lebensgrundlagen, Anpassung des Lebensstils) erfordert. Die Auswirkungen des Klimawandels auf Gesundheit können nur dann in Grenzen gehalten werden, wenn man die von ihm hervorgerufenen Veränderungen in den Gesundheitsdeterminanten rechtzeitig erkennt und auf sie eingeht.

Diesem Ziel verpflichtet, widmet sich Kapitel 2.2 zunächst dem Klimawandel als Gesundheitsdeterminante. Die speziell für Österreich zu erwartenden Auswirkungen sich global verändernder klimatischer Bedingungen werden beschrieben und in Bezug auf ihre Folgen für die gesundheitlichen Rahmenbedingungen analysiert. Im Anschluss daran beschäftigt sich Kapitel 2.3 mit dem demographischen Wandel, der zeitgleich mit dem Klimawandel für Veränderungen in der österreichischen Gesundheitslandschaft sorgt. Hier gilt es einerseits das Phänomen der Alterung in Österreich und anderen industrialisierten Ländern zu thematisieren, andererseits das anhaltend starke Bevölkerungswachstum in anderen Teilen der Welt, das sich ebenfalls auf Österreich auswirkt, weil es den Migrationsdruck aber auch den ökologischen Fußabdruck der Menschheit im Allgemeinen erhöht. Kapitel 2.4 bezieht als weitere Gesundheitsdeterminante die Wirtschaft mit ein und stellt diese in den Kontext der bereits besprochenen Veränderungen in Umwelt und Demographie. Beide können zum Auslöser für Krisenerscheinungen werden, welche sich auf Produktivität, Ertrag und Wachstum auswirken. Zuletzt kommt Kapitel 2.5 noch auf das Gesundheitssystem zu sprechen, welches als Gesundheitsdeterminante von den zuvor genannten Einflussfaktoren einem permanenten

Reformdruck ausgesetzt ist. Um den Anforderungen öffentlicher Gesundheit im 21. Jahrhundert gerecht zu werden, muss sich das Gesundheitssystem mit den Folgewirkungen von Klimawandel und Demographie auseinandersetzen und Antworten auf neue Herausforderungen finden. Es gilt, vulnerable Gruppen aber auch Hochrisikogebiete zu identifizieren und spezifisch auf diese abgestimmte Vorsorgemaßnahmen zu entwickeln, um nicht leistbare Ineffizienzen zu vermeiden. Wie stark sich Klimawandel und demographischer Wandel letzten Endes auf die öffentliche Gesundheit auswirken, wird nicht zuletzt vom Erfolg oder Misserfolg dieser Bemühungen abhängen.

## 2.2 Entwicklung der gesundheitsrelevanten Klimaindikatoren: Klimavergangenheit und Klimaprojektionen

### 2.2.1 Klimawandel & Treibhausgase

Für die Entwicklung der Spezies Mensch war das Klima schon immer von großer Bedeutung. Das Holozän, in dem sich die Menschheit von der Steinzeit bis zur Gegenwart entwickelt hat, ist von geringen Temperaturschwankungen geprägt (siehe Abb. 2.1).

Das letzte Millennium (rechts in Abb. 2.1) wird in drei Abschnitte unterteilt: das „mittelalterliche Klimaoptimum“, die „kleine Eiszeit“ und der aktuelle Zeitraum anthropogener Erwärmung. Das „mittelalterliche Klimaoptimum“ wird u. a. mit warmen Meeresoberflächentemperaturen im Nordatlantik in Verbindung gebracht, die dazu führten, dass die vorherrschenden Westwinde im Vergleich zu anderen Perioden milde, feuchte Luftmassen in den europäischen Kontinent getragen haben. Dieser Effekt wurde durch häufige positive Phasen der NAO (Nordatlantische Oszillation; Hurrell, 1995) verstärkt. Abgesehen davon gab es während des „mittelalterlichen Klimaoptimums“ ungewöhnlich wenige Vulkaneruptionen (Glaser, 2001). Die „kleine Eiszeit“ hingegen war von besonders starken und häufig auftretenden Vulkanausbrüchen geprägt, die zu einer Abkühlung führten. Darüber hinaus war die Sonne während der „kleinen Eiszeit“ in ihrer (auf die letzten 2000 Jahre bezogenen) inaktivsten Phase und hat daher dem Klimasystem vergleichsweise wenig Energie zur Verfügung gestellt. Beide Effekte haben sich überlagert und niedrige Durchschnittstemperaturen zur Folge gehabt (siehe z. B. Pfister, 1999). Die Folge waren Hungersnöte und Epidemien in Eurasien, die beispielsweise in China sehr gut dokumentiert sind. Aus historischen Aufzeichnungen lässt sich ablesen, dass während kälterer Perioden die Wahrscheinlichkeit größerer Epidemien, die mehr als 3 chinesische Provinzen

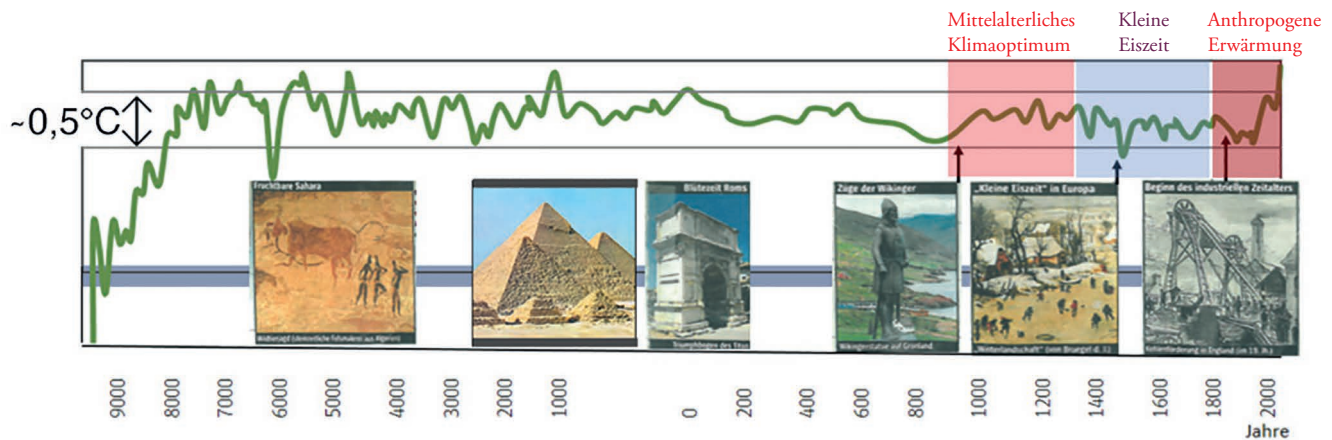


**Abb. 2.1 (Matulla, Ressler):** Temperaturverlauf im Holozän, in dem die Menschheit eine rasante, sich beschleunigende Entwicklung (von Pfeil und Bogen bis hin zur Erforschung des Weltraums) erfahren hat. Rechts oben sind die drei Phasen, in die das letzte Millennium unterteilt wird, benannt (siehe Text).

betrafen, gegenüber wärmeren Perioden um 40 % erhöht war (McMichael, 2012). Auch die Pestepidemie in Europa fällt in diesen Zeitraum. Die „anthropogene Warmzeit“ beginnt Mitte des 19. Jahrhunderts in der industriellen Revolution. Neben abnehmendem Vulkanismus und einer Zunahme der Sonnenaktivität haben vor allem steigende und seither stets wachsende, anthropogen verursachte Treibhausgasemissionen die Abstrahlung der Energie von der Erdoberfläche (im langwelligen Bereich) ins All erschwert und derart die beobachtete Erwärmung forciert (siehe z. B. IPCC, 2001).

Die gegenwärtige Klimaentwicklung unterscheidet sich von Klimaänderungen in der Vergangenheit einerseits dadurch, dass sie anthropogen verursacht ist, andererseits dadurch, dass sie bedeutend schneller voranschreitet, als das während des Holozäns jemals der Fall war. Gleichzeitig unterscheiden sich moderne Gesellschaften in vielen Aspekten von den Gesellschaften früherer Zeitalter. Technologische Errungenschaften und höherer Wohlstand haben neue Vulnerabilitäten mit sich gebracht.

## Der anthropogene Treibhauseffekt

Der Treibhauseffekt ist ein Phänomen, das das Leben auf der Erde überhaupt erst ermöglicht. Sonnenstrahlung trifft auf die Erde und etwa 30 % davon werden von der Atmosphäre und der Erdoberfläche zurück ins Weltall reflektiert. Die verbleibende Einstrahlung wird von der Atmosphäre und der Erdoberfläche absorbiert, diese erwärmen sich und geben die Energie in Form von langwelliger Wärmestrahlung wieder ab. Treibhausgase (THG) in der Atmosphäre verstärken die Absorption der Wärmestrahlung, die von der Erdoberfläche, der Atmosphäre selbst und von den Wolken emittiert wird, was dazu führt, dass sich Erdoberfläche und Atmosphäre zusätzlich erwärmen. Gäbe es keinen Treibhauseffekt, würde die Temperatur der Erdoberfläche bei durchschnittlich -18 °C liegen (IPCC, 2013).

Das Treibhausgas, das diesen Effekt überwiegend verursacht, ist Wasserdampf. Aber auch Spurengase, die durch

menschliche Aktivitäten in die Atmosphäre eingetragen werden, tragen dazu bei. Dies sind unter anderem Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O). Sie kommen zum Teil natürlich in der Atmosphäre vor, werden aber seit der industriellen und der Agrarrevolution verstärkt durch menschliche Aktivitäten ausgestoßen. Die Verbrennung fossiler Energieträger ist die primäre Quelle von atmosphärischem CO<sub>2</sub>, aber auch Entwaldung, Landnutzungsänderungen und Bodendegradation tragen zu höheren Raten an CO<sub>2</sub>-Emissionen bei. CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen werden beispielsweise durch landwirtschaftliche Aktivitäten – vor allem Rinderzucht –, die Abfallwirtschaft und die Verbrennung von Biomasse verursacht (EPA, 2017).

Messungen aus Eisbohrkernen belegen, dass die Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre eng mit der globalen Durchschnittstemperatur zusammenhängt (Abb. 2.2). Wegen starker Rückkoppelungsmechanismen zwischen Temperatur und CO<sub>2</sub>-Konzentration kann sowohl ein Temperaturanstieg einen CO<sub>2</sub>-Anstieg bedingen (astronomische Auslöser in Paläozoiten, Abb. 2.2), als auch umgekehrt (gegenwärtiger Eintrag von CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre). Die ständig steigende THG-Konzentration in der Atmosphäre – 2015 wurden erstmals seit Beginn der direkten CO<sub>2</sub>-Messungen in der Atmosphäre Mitte des vorigen Jahrhunderts 400 parts per million (1 ppm, entspricht 0,001 %) überschritten – führt daher zur Erwärmung. Die Tatsache, dass der Klimawandel stattfindet und menschengemacht ist, steht in der Wissenschaft außer Frage (Cook u. a., 2016).

Die Erhöhung der Durchschnittstemperatur führt bereits jetzt zu Veränderungen in der Phänologie der Pflanzen, die sich in weiterer Folge auf Prozesse in Ökosystemen und damit auch auf die Biodiversität auswirken. Die Wüstenbildung und andere Landschaftsveränderungen schreiten voran. Die Erwärmung der Meere hat bereits erhebliche Auswirkungen auf die Biodiversität in den Meeren, beispielsweise verlieren durch das Korallensterben viele Arten ihr Habitat. Das Verschwinden des Meereises in den Polarregionen und der Anstieg des Meeresspiegels sind bereits merkbar, ebenso regi-

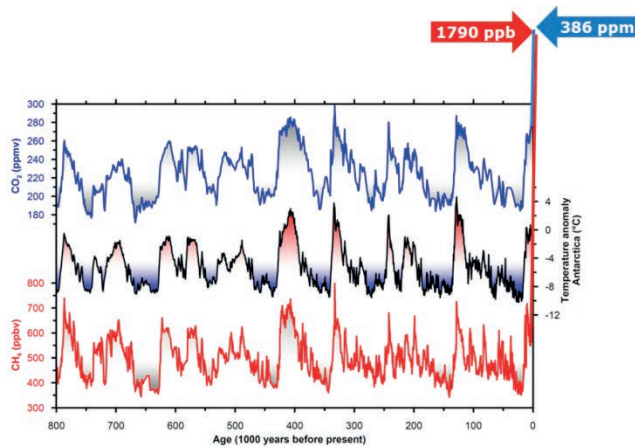


**Abb. 2.2:** Atmosphärische CO<sub>2</sub>- (in ppm, blau) und CH<sub>4</sub>- (in ppb, rot) Konzentration sowie Temperaturabweichungen in der Antarktis (in °C, schwarz) in den letzten 800.000 Jahren. Sichtbar wird die stark erhöhte THG-Konzentration der Gegenwart (rechts). Quelle: Centre for Ice and Climate (2018), Universität Kopenhagen, lt. Skeptikalscience.com

onale Einschränkungen in der Wasserverfügbarkeit. Diese Effekte werden mit zunehmender Erwärmung weiter verschärft. Der Klimawandel zeigt sich aber nicht nur in der Erhöhung der Durchschnittstemperaturen. Es ist eine Zunahme an Extremwetterereignissen wie Dürren, Hitzewellen, Starkregenereignissen und tropischen Wirbelstürmen (Hurrikans, Taifune, ) zu erwarten und auch zum Teil schon zu beobachten. Die Veränderungen können bewaffnete Konflikte und Fluchtbewegungen auslösen bzw. diese verstärken (IPCC, 2014).

### Anteile am THG-Ausstoß

Global gesehen tragen die Wirtschaftssektoren Produktion von Strom und Wärme, Land- und Forstwirtschaft und Landnutzung, Industrie sowie Transport am meisten zu den THG-Emissionen bei (Abb. 2.3).

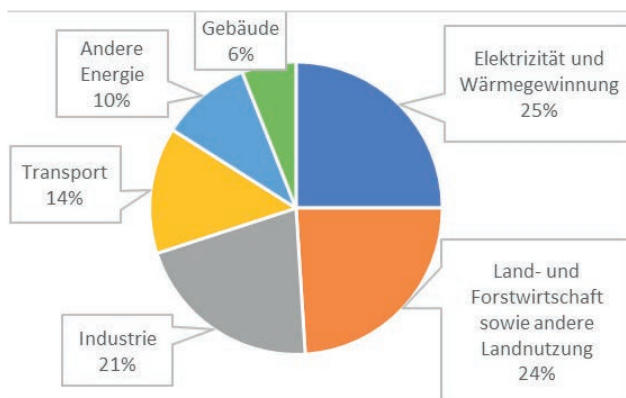


**Abb. 2.3:** Globale THG-Emissionen nach ökonomischen Sektoren. Elektrizität und Wärmeengewinnung sowie verschiedene Landnutzungsformen machen gemeinsam die Hälfte der anthropogen emittierten THGs aus. Quelle: IPCC, 2013

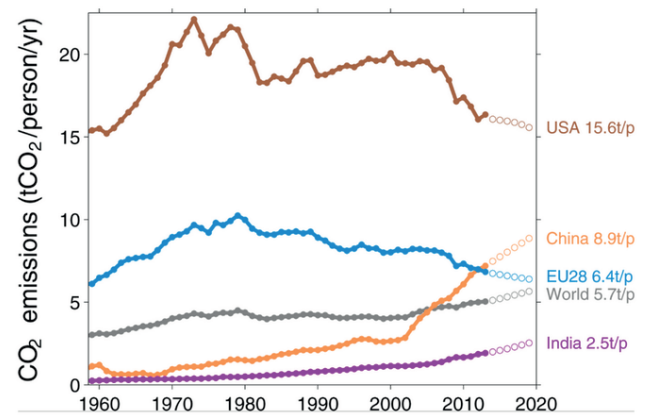


**Abb. 2.4:** Pro-Kopf-Emissionen in t CO<sub>2</sub> pro Person und Jahr verschiedener Länder im Vergleich zwischen 1960 und 2020. Quelle: Quéré u. a., 2016.

Betrachtet man die Emissionen der verschiedenen Länder, so weist China vor den USA und Europa die meisten CO<sub>2</sub>-Emissionen auf. Betrachtet man jedoch die Emissionen pro Kopf, liegen die USA nach wie vor mit Abstand vor den anderen Industrieländern und China. China hat unterdessen bei den Pro-Kopf-Emissionen die EU etwa 2010 überholt und auch die Pro-Kopf-Emissionen in Indien steigen deutlich an (siehe Abb. 2.4)

### Trends in Österreich

In Österreich lagen die Pro-Kopf-Emissionen 2013 mit 7,1 t geringfügig über dem EU-28-Mittel, jedoch deutlich über dem globalen Durchschnitt von 4,4 t (Umweltbundesamt, 2017). Beim Anteil der einzelnen Sektoren an den THG-Emissionen in Österreich zeigt sich im Vergleich mit den internationalen Daten (siehe Abb. 2.3) ein geringerer Anteil an Emissionen aus der Landwirtschaft und, besonders auffallend, ein doppelt so hoher Anteil aus dem Sektor Verkehr (verglichen mit dem Sektor Transport bei den internationalen Daten). Darüber hinaus sind die Emissionen im Verkehr im Vergleich zu 1990 drastisch angestiegen (siehe Abb. 2.5).

### RCP-Szenarien

Wie stark der globale Klimawandel in Zukunft ausfallen wird und welche Auswirkungen damit verbunden sind, hängt vom menschlichen Verhalten ab. Dieses bestimmt die Emissionen und damit die THG-Konzentration in der Atmosphäre. Um verschiedene Szenarien darzustellen, nutzt das *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) sogenannte „representative concentration pathways (RCPs)“, die verschiedene Maximalwerte und Zeitpunkte beschreiben, zu denen die THG-Emissionen ihr Maximum erreichen und wieder sinken (siehe Abb. 2.6).

Das im Pariser Klimaabkommen festgeschriebene Ziel einer Erwärmung um nicht mehr als 2°C gegenüber vorindustrieller Zeit entspricht dem ambitioniertesten IPCC Sze-

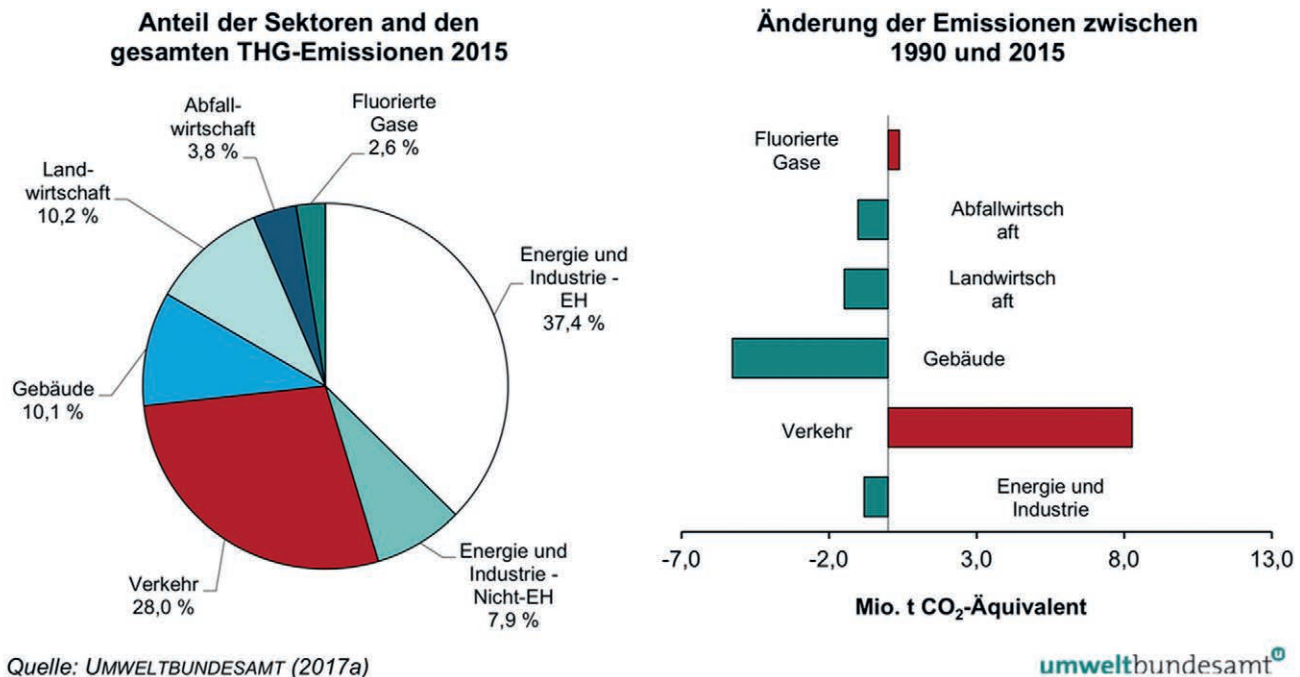


**Abb. 2.5:** Anteil der Sektoren an den gesamten THG-Emissionen 2015 (links) und Änderung der Emissionen zwischen 1990 und 2015 (rechts). Besonders der Sektor Verkehr verzeichnet einen starken Zuwachs. Der Anteil des Sektors Verkehr ist in Österreich doppelt so hoch wie im globalen Durchschnitt. Quelle: Umweltbundesamt, 2017

nario, dem RCP 2.6 Szenario. Unter realistischen Annahmen und Berücksichtigung der wirtschaftlichen Entwicklung muss der jährliche globale THG-Ausstoß nicht später als 2020 sein Maximum erreichen. Die Industriestaaten müssen zudem bis 2050 ihre THG-Emissionen um 80–95 % reduzieren.

Weltweit muss 2030 das Emissionsniveau wieder auf jenes von 1990 gesenkt werden und bis 2050 weiter auf 20–30 % des Emissionsniveaus von 1990 sinken. Um das 1,5 °C Ziel zu erreichen, ist eine deutlich raschere Reduktion der Treibhausgasemissionen nötig.

In Österreich war die Temperatur um 2014 im Mittel mehr als 2 °C höher als die Durchschnittstemperatur Ende

des 19. Jahrhunderts – das ist ein etwa doppelt so hoher Anstieg wie die Erwärmung im globalen Durchschnitt. Auch bei Einhaltung des 2 °C Ziels könnte in Österreich die Durchschnittstemperatur um 4 °C bezogen auf Ende des 19. Jahrhunderts ansteigen (APCC, 2014).

## Das Pariser Klimaabkommen und Konsequenzen

Im Dezember 2015 wurde auf der COP21 in Paris zwischen den Regierungen von 195 Ländern ein Abkommen ausgehandelt, das 2016 schon von hinreichend vielen Parlamenten ratifiziert worden war, sodass es im November 2016 völkerrechtlich verbindlich in Kraft treten konnte. Auch Österreich und die EU haben das Pariser Klimaabkommen ratifiziert. Man hat sich darauf geeinigt, den Anstieg der Durchschnittstemperatur weltweit auf deutlich weniger als 2 °C im globalen Durchschnitt gegenüber dem vorindustriellen Stand zu beschränken und Anstrengungen zu machen, den Temperaturanstieg auf 1,5 °C zu beschränken (Europäische Kommission, 2016). Auch bei Erreichen des 1,5 °C Ziels muss noch mit erheblichen Auswirkungen auf Umwelt, Gesundheit und Wirtschaft gerechnet werden.

Im Pariser Übereinkommen wurden keine verbindlichen Maßnahmen für die einzelnen Länder festgesetzt, wie das vereinbarte Ziel zu erreichen ist, noch rechtliche Konsequenzen bei Nichteinhaltung des jeweiligen Ziels, aber es legt ein Verfahren der schrittweisen Anhebung der Reduktionen fest. Die derzeit von den Regierungen versprochenen Beiträge zur Emissionsreduktion (*Nationally Determined Contributions*, NDCs) decken nur etwa ein Drittel der für ein Erreichen

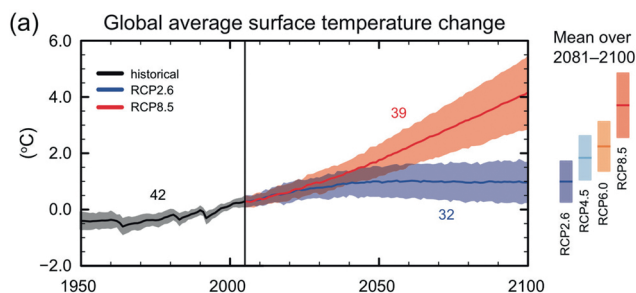


**Abb. 2.6:** Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur bis 2100 unter den zwei extremen RCP-Szenarien unter Berücksichtigung von 32 bzw. 39 Modellen. Rechts sind die durchschnittlichen Temperaturen zwischen 2081 und 2100 unter allen vier RCP-Szenarien dargestellt. Die größeren Unsicherheiten im RCP 8.5 Szenario sind darauf zurückzuführen, dass Vorhersagen schwerer werden, je weiter das Szenario sich von den Bedingungen der Gegenwart entfernt. Quelle: IPCC, 2013

einer Erwärmung deutlich unter 2°C benötigten Emissionsreduktion ab (UNEP, 2017).

In der Klima- und Energiestrategie „mission2030“ (BMNT & BMVIT 2018) bekennt sich die österreichische Bundesregierung zum Pariser Klimaziel, strebt allerdings gemäß aktuellen EU-Vorgaben bis 2030 nur eine 36%ige Reduktion der Treibhausgasemissionen gegenüber 2005 an (BMNT & BMVIT, 2018). Dies wird zu Einhaltung des Pariser Abkommens nicht genügen. Konkrete organisatorische Schritte und Instrumente zur Zielerreichung sind in der österreichischen Strategie nicht angeführt.

## 2.2.2 Gesundheitsrelevante Klimafaktoren

Der Klimawandel kann sich sowohl direkt als auch indirekt auf die menschliche Gesundheit auswirken. Unter den direkten Auswirkungen sind thermische Effekte von besonderer Bedeutung. Neben diesen treten aber auch Todesfälle, Verletzungen und Krankheiten als direkte Folge extremer Wetterereignisse, wie etwa Stürme oder Hochwasser, auf. Auch Traumata infolge erschreckender oder schmerzhafter Erlebnisse in Zusammenhang mit Extremereignissen zählen zu dieser Kategorie. Die indirekten Auswirkungen sind noch vielfältiger als die direkten: Höhere Temperaturen können sich beispielsweise auf die Menge und das saisonale Auftreten allergener Pollen auswirken, während sich durch eine Zunahme an Starkregenereignissen und eine darauffolgende Zunahme an krankheitsübertragenden Insekten zusätzliche gesundheitliche Auswirkungen ergeben können. In Tabelle 2.1 wurden meteorologische Veränderungen und deren gesundheitsrelevanten Wirkungen zusammenfassend dargestellt.

Im Folgenden wird die gegenwärtige Situation gesundheitsrelevanter Klimafaktoren in Österreich kurz umrissen.

### Direkte Auswirkungen

Im Bezug auf die direkten Auswirkungen ist es wichtig, zwischen Klimaveränderungen, also Veränderungen der klimatischen Verhältnisse im 30-jährigen Mittel, und Wetterextremen, die in täglichen oder noch kürzeren zeitlichen Skalen stattfinden, zu unterscheiden. Sowohl die Häufigkeit als auch das Ausmaß von Wetterextremen können sich im Zuge des Klimawandels ändern. Der statistische Nachweis dieser Änderungen ist oft schwierig, da die verfügbaren Zeitreihen meist eine zu geringe zeitliche wie räumliche Auflösung aufweisen (APCC, 2014).

### Thermische Effekte

Zu warme Temperaturen können in verschiedener Hinsicht unterschiedliche Wirkungen auf die Gesundheit haben. Sehr heiße Temperaturen können in Kombination mit Sonnen-

strahlung oder körperlicher Aktivität zu einer direkten Überhitzung des Körpers (Hitzschlag) führen. Weiter verbreitet ist jedoch eine generelle thermische Belastung, welche nicht nur von den absoluten Temperaturwerten, sondern auch von der Länge der Belastung abhängt, da diese kumuliert. Deshalb sind Hitzewellen besonders belastend. Dabei ist nicht nur die Maximaltemperatur unter Tag relevant, sondern auch die nächtliche Abkühlung, also die Minimumtemperatur. Die nächtliche Abkühlung spielt eine besondere Rolle für die Innenklimate der Gebäude, da nächtliches Lüften häufig die einzige Möglichkeit ist, Wohnbereiche während einer Hitzewelle zu kühlen. Die meteorologische Kenngröße zur Quantifizierung der akuten Hitzebelastung ist das Temperaturmaximum. Gerne werden hierfür in Österreich die Anzahl der Hitzetage (Höchsttemperatur  $\geq 30^\circ\text{C}$ ) verwendet. Als Indikator für die nächtliche Abkühlung dient das Temperaturminimum und als Grenzwert für Nächte mit geringer Abkühlung werden Tropennächte (Abkühlung nicht unter  $20^\circ\text{C}$ ) verwendet. Tropennächte sind derzeit noch recht selten in Österreich und werden überwiegend in städtischen Gebieten erreicht. In Wien wurden aber auch schon Nächte beobachtet, in denen das Temperaturminimum nicht unter  $25^\circ\text{C}$  absank.

Für Hitzewellen gibt es weltweit verschiedene Definitionen. Eine für Mitteleuropa sehr brauchbare Definition stammt aus Tschechien (Kysely, 2004) und klassifiziert eine Hitzewelle als Ereignis, das voraussetzt, dass an mindestens 3 aufeinanderfolgenden Tagen eine Maximaltemperatur von  $> 30^\circ\text{C}$  erreicht wird. Die Hitzewelle endet, wenn die maximale Temperatur an einem Tag unter  $25^\circ\text{C}$  oder die mittlere Maximaltemperatur aller Tage der Periode unter  $30^\circ\text{C}$  sinkt.

In Österreich hat die Temperatur im Jahresmittel seit den 1880er Jahren um mehr als  $2^\circ\text{C}$  zugenommen, was im Vergleich zur Temperaturzunahme im globalen Mittel eine doppelt so hohe Erwärmung bedeutet. Diese verlief in zwei Schüben, wobei vor allem die zweite Erwärmungsphase von 1980 bis heute von anthropogenen THGs angetrieben wurde (APCC, 2014). Obwohl die Temperaturzunahme in ganz Österreich sehr ähnlich ist, ist die Hitzebelastung durch die Seehöhenabhängigkeit der Temperatur räumlich stark unterschiedlich.

Als ein Beispiel für die wärmsten österreichischen Regionen im pannonischen Osten Österreichs kann die Station Wien Hohe Warte dienen. Sie liegt zwar im Stadtgebiet von Wien, jedoch am stark begrünten Stadtrand in den Ausläufern des Wienerwaldes. Dadurch ist sie nicht so stark durch den städtischen Wärmeineffekt beeinflusst (dem dicht bebauten städtischen Bereich ist ein eigener Abschnitt gewidmet, siehe Spezialfall Stadt). An der Station Wien Hohe Warte ist die Anzahl der Hitzetage (Tage mit Temperaturmaximum gleich oder über  $30^\circ\text{C}$ ) von 9,9 Tagen (Mittelwert für den Zeitraum 1961–1990) auf 15,3 Tage (Mittelwert für den Zeitraum 1981–2010) gestiegen, sie haben sich also praktisch verdoppelt. Auch die nächtliche Hitzebelastung zeigt einen zunehmenden Trend. Die mittlere jährliche Anzahl der warmen Nächte (Tage mit Temperaturminimum gleich oder über

17°C) ist an der Station der Hohen Warte in der gleichen Zeit von 18,4 auf 27,8 gestiegen. Tropennächte traten 1961–1990 auf der Hohen Warte im Durchschnitt 1,6 Mal pro Jahr auf, heute (1988–2017) bereits in 5,6 Nächten. Damit hat sich deren Anzahl mehr als verdreifacht.

Am anderen Ende der Temperaturskala stehen Kälteereignisse, die sich ebenfalls auf die menschliche Gesundheit auswirken. Frosttage mit einer Minimaltemperatur  $< 0^{\circ}\text{C}$  kommen in den Tieflagen Österreichs in etwa an 80 Tagen im Jahr vor, während sie im Hochgebirge an über 200 Tagen im Jahr auftreten können. An der Station Wien Hohe Warte wurden im Zeitraum 1961–1990 noch 72,0 Frosttage im Jahr gemessen, in den letzten 30 Jahren (1988–2017) hingegen nur mehr 62,8 Tage. Einen ähnlich starken Rückgang beobachtet man bei den Eistagen (Maximaltemperatur  $< 0^{\circ}\text{C}$ ). Hier nahmen die Werte von 24,1 Eistagen während der Klimanormalperiode 1961–1990 auf 18,6 während der letzten 30 Jahre ab.

In Abbildung 2.7 ist die zeitliche Entwicklung der Temperaturindikatoren Hitzetage, Tropennächte, Frosttage (Minimumtemperatur  $< 0^{\circ}\text{C}$ ) sowie Eistage für die Station Wien Hohe Warte seit Beginn des 20. Jahrhunderts dargestellt. Trotz der starken Schwankungen der Indikatoren von Jahr zu Jahr sind die Zunahme der Hitzebelastung sowie die Abnahme der Kältebelastung deutlich zu sehen. Am dramatischsten ist die Entwicklung bei den Tropennächten. Kamen Tropennächte in Wien zu Beginn des 20. Jahrhunderts nur alle paar Jahre vor, so war das letzte Jahr ohne Tropennacht das Jahr 1985. Seit den 1990er Jahren treten immer wieder Einzeljahre mit 10 und mehr Tropennächten auf. 2015 konnten sogar 23 Tropennächte beobachtet werden.

## Spezialfall Stadt

Das Klima im urbanen Raum unterscheidet sich deutlich vom Klima der ruralen Umgebung. Der hohe Anteil der Versiegelung, charakterisiert durch niedrige Reflexion und erhöhte Absorption der Sonneneinstrahlung, die Wärmespeicherung der Gebäude, die fehlende Vegetation, reduzierte Ventilation, die verhinderte Strahlungsabkühlung in bebauten Gebieten sowie die Freisetzung von anthropogener Wärme sind die wichtigsten Ursachen der veränderten Energiebilanz in Städten, die unter anderem zu einer deutlichen Temperaturunterschied zwischen Stadt und Umland führen (Landsberg, 1981; Oke, 1982; Oke u. a., 1991). Dieses Phänomen ist in der Literatur als städtische Wärmeinsel (*Urban Heat Island*; UHI) bekannt. Der UHI-Effekt ist besonders in der Nacht ausgeprägt und kann sowohl positive (z. B. geringerer Heizbedarf im Winter) als auch negative Auswirkungen (z. B. mehr Kühlbedarf im Sommer) haben.

Die extreme Wärmebelastung, besonders die Exposition gegenüber übermäßiger Hitzebelastung während länger andauernden Hitzewellen, erhöht das Risiko für die menschliche Gesundheit und kann schwere Erkrankungen hervorrufen (Souc & Grimmond, 2004; Tan u. a., 2007;

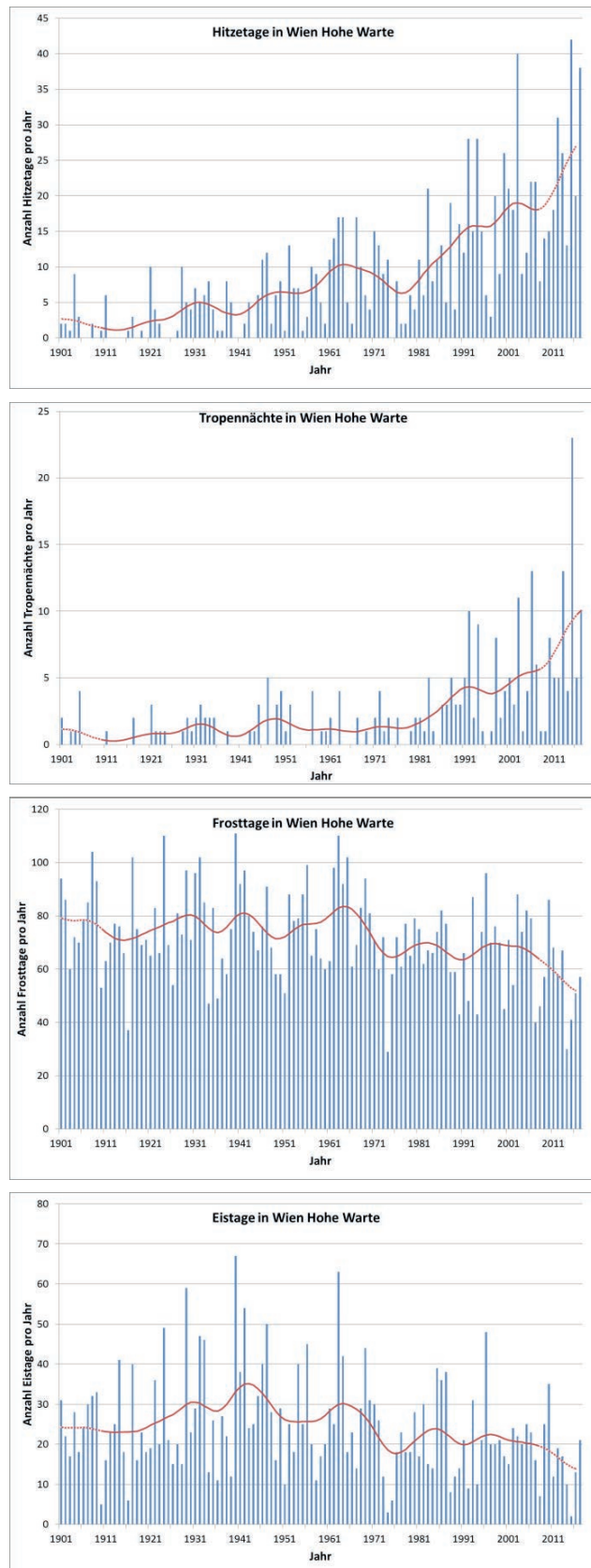


**Abb. 2.7:** Entwicklung der Hitzetage (links oben), der Tropennächte (rechts oben), der Frosttage (links unten) sowie der Eistage (rechts unten) seit Beginn des 20. Jahrhunderts an der Station Wien Hohe Warte. Datenquelle ZAMG.

Baccini u. a., 2008; Gabriel & Endlicher, 2011; Son u. a., 2012). Im Sommer beeinflusst Hitzestress durch hohe Temperaturen das Wohlbefinden und kann u. a. die Produktivität am Arbeitsplatz vermindern. Mit zunehmendem Klimawandel wird sich dieser Effekt noch weiter verstärken. Klimaszenarien (IPCC, 2007a, 2013) zeigen, dass im Zuge des Klimawandels die Auftretenshäufigkeit von extremen Lufttemperaturen im Sommer sowie die Intensität der Hitzewellen in Süd- und Mitteleuropa bis Ende des 21. Jahrhunderts steigen werden. Die zunehmende Urbanisierung und die Erweiterungen der Stadtgebiete können die Problematik der städtischen Wärmeinsel zusätzlich intensivieren (siehe OECD, 2010; Rosenzweig u. a., 2011; UN-HABITAT, 2011). Aus diesen Gründen können gesundheitliche Risiken im Zusammenhang mit extremer Hitze ein erhebliches Problem für die städtische Bevölkerung in der Zukunft darstellen.

Die Wärmebelastung in österreichischen Städten zeigt einen deutlichen Anstieg in den vergangenen Jahrzehnten. Obwohl Wien gut durchlüftet ist und einen hohen Vegetationsanteil hat, ist an der Station Wien Innere Stadt die Hitzebelastung deutlich höher als an der Station Wien Hohe Warte: Es werden jährlich durchschnittlich 21,2 Hitzetage und 53,5 warme Nächte, in mehreren Jahren schon über 30 Tropennächten, registriert. Die zunehmende Hitzebelastung ist sowohl auf regionale Klimaänderungen als auch auf die Stadtentwicklung zurückzuführen. Eine ähnliche Zunahme der Lufttemperaturen wurde auch in anderen österreichischen Landeshauptstädten beobachtet, wobei die Bevölkerung in der Hauptstadt Wien, und hier vor allem in den dicht verbauten Bezirken, der größten Hitzebelastung ausgesetzt ist.

## Andere Extremereignisse

Im Gegensatz zu extremen Temperaturereignissen sind andere Extremwetterereignisse von geringerer Bedeutung für die menschliche Gesundheit in Österreich. Windereignisse, wie Stürme, Windhosen oder Tornados, können Unfälle und Verletzungen verursachen, die Zahl der Betroffenen bleibt jedoch meist gering. Ebenso verhält es sich bei Massenbewegungen, also Muren, Lawinen, Erdbeben oder Steinschlägen. Selbst die recht häufigen Blitzschläge, immerhin mehr als 150.000 Entladungen im Mittel pro Jahr über Österreich (ALDIS, 2018), gefährden nur selten Menschen. Im Zeitraum 2000 bis 2014 gab es in Österreich 10 Todesopfer durch Blitzschlag (OVE, 2018), somit weniger als ein Todesopfer pro Jahr.

## Hydrologische Ereignisse

Von größerer Bedeutung sind hydrologische Ereignisse, die neben der direkten physischen Einwirkung von Wassermassen auf den Menschen auch Auswirkungen auf die Trinkwasser-

qualität und die Abwasserentsorgung haben können. Hierunter fallen kleinräumige Starkniederschläge, Überflutungsereignisse, Schneefall, Vereisung und Gewitter sowie Dürreperioden.

Von Starkniederschlägen wird meist gesprochen, wenn entweder Niederschlagsmengen gewisse Schwellenwerte überschreiten, wobei dazu mehr oder weniger willkürlich festgelegte Grenzwerte (z. B. 30 mm Tagesniederschlag) herangezogen werden, oder wenn die Niederschlagsmenge im Vergleich zum Durchschnittsniederschlag einer Region mit einer gewissen Seltenheit auftritt (z. B. 99er Perzentil). Ebenso werden Hochwasserereignisse nach der Häufigkeit, in der der Pegelstand im jeweiligen Ausmaß überschritten wird, klassifiziert (z. B. 100-jähriges Hochwasser, HQ100).

Aufgrund der topographischen Situation in Österreich ist es schwierig, einheitliche Niederschlagstrends zu erkennen. Grundsätzlich sind in der anthropogenen Erwärmungsphase beim Niederschlag die Veränderungen aber deutlich weniger signifikant als bei der Temperatur (Nemec u. a., 2011). In den vergangenen zwei Jahrhunderten ist keine Zunahme der exzessiv nassen oder exzessiv trockenen Monate in den großen Flusseinzugsgebieten des Großraums Alpen feststellbar. In der Periode 1976–2007 haben allerdings die maximalen jährlichen Hochwasserabflüsse in etwa 20 % der Einzugsgebiete in Österreich zugenommen, wobei 43 % der Jahreshöchst-hochwässer auf lange Niederschläge zurückzuführen waren (APCC, 2014).

Bei kleinräumigen kurzfristigen Starkniederschlägen mit einer Dauer von einer Stunde und kürzer gibt es aber einen eindeutigen Zusammenhang zwischen der Niederschlagsintensität und der Temperatur. Dies wurde erstmals von Lenderink und Van Meijgaard (2008) aufgezeigt und auch für Wien von Formayer und Fritz (2017) nachgewiesen. Für Wien ergibt sich ein Anstieg der Niederschlagsintensität von etwa 10 % pro Grad Erwärmung für derartige kleinräumige Starkniederschläge.

## Langanhaltende Ereignisse

Auch länger anhaltende Witterungsbedingungen können sich auf die Gesundheit auswirken. So führen etwa lange andauernde Inversionswetterlagen zu einer Kumulation von Feinstaub. Obwohl Feinstaubbelastung in Österreich leicht rückläufig ist, werden nach wie vor die EU-Grenzwerte für die Feinstaubbelastung überschritten. Episoden mit erhöhter Ozonkonzentration treten besonders in warmen, trockenen Sommern verstärkt auf. Auf die Trends bei der Schadstoffbelastung wird in der Spezialbox Luftschadstoffe (Kap. 3) genauer eingegangen.

Auch Nebellagen können langanhaltend und klimatisch beeinflusst sein und durch eine erhöhte Unfallgefahr die menschliche Gesundheit beeinflussen. Von Nebeltagen wird gesprochen, wenn die relative Luftfeuchte (RH) über 93 % liegt. Bisher liegt noch keine Untersuchung der zeitlichen Entwicklung der Nebelhäufigkeit in Österreich vor.

## Biotropie

Welche klimatischen Faktoren tatsächlich Biotropie („Wetterfühligkeit“) auslösen, ist nicht eindeutig geklärt. In einem vom deutschen Umweltbundesamt in Auftrag gegebenen Bericht wurde Empfindlichkeit gegenüber Kälte als häufigstes Phänomen genannt, gefolgt von stürmischem und warmem Wetter („Föhn“) (Zacharias & Koppe, 2015). Zur Entwicklung von Föhnereignissen in Österreich im Rahmen des Klimawandels liegen derzeit keine Daten vor. Kälte wurde bereits weiter oben behandelt. Ebenso biotropisch wirksam ist Schwüle, die in Tagen ausgedrückt werden kann, an denen der Dampfdruck einen Wert größer 18 hPa aufweist. In Österreich ist hier klimawandelbedingt ein steigender Trend zu verzeichnen, der besonders in niederen Lagen stark ausgeprägt ist (Matzarakis u. a., 2006).

## Indirekte Auswirkungen

Der Klimawandel nimmt Einfluss auf zahlreiche Umweltfaktoren, die wiederum Auswirkungen auf die Gesundheit haben. Meist beeinflusst nicht ein klimatischer Faktor (z. B. Häufung an Hitzetagen) einen Umweltfaktor (z. B. Pollenmenge) direkt, sondern es sind komplexe Wirkungszusammenhänge und Wechselwirkungen im Spiel, die überdies von wechselnden Rahmenbedingungen abhängig sind.

## Krankheitsvektoren

Das häufigere Auftreten bereits heimischer Krankheitsvektoren (z. B. Zecken) wie auch die Einwanderung bisher nicht in Österreich vorkommender Arten (z. B. *Aedes*-Mücken) wird je nach den Ansprüchen des jeweiligen Organismus von Änderungen im Klima beeinflusst. Da die meisten wirbellosen Tiere ektotherm sind, also ihre Körpertemperatur nicht selbst regulieren können, profitieren viele dieser Arten von einer höheren Umgebungstemperatur, die ihren Stoffwechsel beschleunigen und ihre Vermehrungsrate erhöhen kann. Mildere Winter ohne Bodenfröste, eine längere Vegetationsperiode und zunehmende Sommertrockenheit, wie sie in Österreich bereits spürbar sind (APCC, 2014), begünstigen ebenfalls das Überleben vieler Schadorganismen und Vektoren (Akademien der Wissenschaften Schweiz, 2016).

Auch Wirbeltiere, z. B. Nager und Wild, werden vermehrt von Krankheiten befallen, die zuvor nicht oder nur selten in Österreich auftraten. Durch sie können diese auf Menschen übertragen werden, insbesondere auf Jäger und Landwirte. Ein Beispiel dafür ist die Tularemie (StartClim 2016).

## Pollen

Änderungen der Verbreitungsgebiete allergener Pflanzen, Veränderungen des saisonalen Zyklus bei Pflanzen und damit Verschiebung der Pollensaison, Änderungen der erzeugten Pollenmengen und Änderung der Allergenität der Polleninhaltsstoffe können durch den Klimawandel, insbesondere die

steigenden Durchschnittstemperaturen, aber auch durch die erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre beeinflusst werden (Katelaris, 2016). Die dreigeteilte Abfolge der Pollensaison wird von Baumpollen im Spätwinter und Frühling eingeleitet, von den Graspollen im Frühsommer fortgesetzt und durch die Blüte der krautigen Pflanzen, die bis in den Herbst hinein andauern kann, beendet. Die Frühlingsphasen haben sich seit den fünfziger Jahren um etwa 7 bis 10 Tage nach vor verschoben und die Herbstphasen um wenige Tage nach hinten. Die Pollensaison hat sich daher verlängert. Auf Basis empirischer Beziehungen für verschiedene Klimaszenarien errechnete saisonale Pollenproduktionen und maximale Pollenkonzentrationen in der Atmosphäre liegen um das 1,3–8,0 bzw. 1,1–7,3-fache höher als die bisherigen Werte. Hinsichtlich der Allergenität der Pollen sind die wissenschaftlichen Befunde widersprüchlich, jedoch finden Veränderungen offenkundig statt. Besonders intensiv wurde in Österreich Ragweed (oder *Ambrosia artemisiifolia*) untersucht, das sich vom Südosten Europas vordringend mit zunehmenden Temperaturen systematisch in Österreich ausbreitet und Allergien zu einer Jahreszeit auslöst, in der PollenallergikerInnen bisher nur geringen Belastungen ausgesetzt waren. Näheres dazu findet sich in Kapitel 3.

Zu beachten ist insbesondere, dass Trockenperioden, Hitzewellen und hohe Pollenkonzentrationen zusammenhängen und so eine gesundheitswirksame Mehrfachbelastung auftritt.

## Aquatische Systeme

Zusätzlich zu den bereits oben behandelten hydrologischen Extremereignissen nehmen langsam voranschreitende Phänomene wie der Gletscherschwund und Veränderungen im Grundwasserstand Einfluss auf die Trinkwasserqualität und künftig eventuell auch -verfügbarkeit. Grundwasserstandsveränderungen gefährden überwiegend kleinräumig strukturierte Versorgungseinheiten, speziell in Gebieten mit schwach ausgeprägten, nicht zusammenhängenden Grundwasserkörpern, wie im Kristallin oder Flysch (APCC, 2014); die Auswirkungen des Klimawandels sind noch mit beträchtlichen Unsicherheiten behaftet.

Das Gletschervolumen Österreichs hat in den letzten Jahrzehnten massiv abgenommen – zwischen 1969 und 1998 um 16,6% (APCC, 2014). Zunehmend ist bei gletschergespeisten alpinen Flüssen im Sommer mit Niedrigwasser und daher höheren Wassertemperaturen zu rechnen. Temperaturerhöhungen in Oberflächengewässern können die Vermehrung von wärmebegünstigten Bakterien, zu denen auch Cholera Vibrionen zählen, fördern. Seit den 1980er Jahren betrug der Anstieg der Wassertemperaturen in österreichischen Fließgewässern 1,5°C im Sommer bzw. 0,7°C im Winter (APCC, 2014).

Die Trinkwasserqualität kann auch durch intensive Niederschläge im Einzugsgebiet von Quellen beeinträchtigt werden: Im Wiener Hochquellenwasser steigt z. B. bei starken Gewittern im zerklüfteten Karstgebiet infolge von Einschwemmungen von der Erdoberfläche die Bakterienzahl im

Wasser an. Desinfektionsmaßnahmen gewinnen daher an Bedeutung (Kromp & Knieli, 2012)

Überschwemmungsereignisse führen häufig zu Verunreinigung des Wassers aus Öltanks, Fahrzeugen, Industrielagern etc., sodass aus seichten Brunnen und Quellen – auch auf längere Zeit – kein Trinkwasser mehr zur Verfügung steht. Bei mangelnder mobiler Versorgung mit sauberem Trinkwasser oder fehlendem Verständnis für die Problematik können gesundheitliche Folgen nicht ausgeschlossen werden. Von den meisten Trinkwasserversorgern wird aber bereits an Lösungsmöglichkeiten gearbeitet.

## Lebensmittel

Die durch den Klimawandel verstärkt auftretenden Extremwetterereignisse, mögliche Wasserverknappung und durch warme Temperaturen begünstigte Schadinsekten wirken sich negativ auf die Landwirtschaft aus und können im Prinzip über geringere Lebensmittelverfügbarkeit die Gesundheit besonders einkommensschwacher Gruppen über hohe Lebensmittelpreise beeinflussen. Dies spielt in Österreich, das derzeit nicht auf lokale Lebensmittelproduktion angewiesen ist, kaum eine Rolle. Wichtiger ist, dass Keime, die über Lebensmittel übertragen werden können, von wärmeren Temperaturen begünstigt werden und das Gewährleisten der Kühlkette daher an Bedeutung gewinnt (siehe Kap. 3).

## Landwirtschaft und Biodiversität

Der Klimawandel und die Anpassung der Landwirtschaft an den Klimawandel (z. B. mehr Mahden pro Jahr) beeinflussen die Biodiversität in komplexer Weise: Die Artenzusammensetzung der Pflanzen ändert sich ebenso wie das Auftreten und die Abundanz von Pflanzenschädlingen sowie Pilz- und anderen Erkrankungen. Neben der Gefahr der Übertragung dieser Krankheiten auf den Menschen (siehe oben), kann vermehrter Pestizideinsatz bei den LandarbeiterInnen zu gesundheitlichen Folgen führen. KonsumentInnen können primär durch erhöhte Rückstände in Lebensmitteln betroffen sein.

## Migration

Die Auswirkungen des Klimawandels auf Migrationsbewegungen sind in den letzten Jahren in den Mittelpunkt wissenschaftlicher, politischer und öffentlicher Debatten gerückt. Migration kann u. a. ausgelöst werden durch plötzliche Extremereignisse, durch langfristige klimatische Veränderungen, bei denen Migration sehr oft als Adaptionsstrategie verstanden wird, und durch Vertreibungen aufgrund von Konflikten in Zusammenhang mit Klima- oder Umweltveränderungen. Sie stehen jedenfalls in enger Verbindung mit sozialen, ökonomischen, politischen und anderen Aspekten (Mayrhofer, 2017)

Schätzungen gehen davon aus, dass allein durch den Klimawandel, insbesondere den Meeresspiegelanstieg, Hunger-

und Dürrekatastrophen, bis Mitte des Jahrhunderts bis zu 200 Millionen Menschen migrieren werden. Verstärkt durch die erwartete Verdreifachung der Bevölkerung von Afrika und den erheblichen Anstieg im Nahen Osten muss mit zunehmenden Migrationsströmen nach Europa gerechnet werden. Nähere Ausführungen zu den daraus resultierenden gesundheitlichen Herausforderungen finden sich in Kapitel 3.

## 2.2.3 Meteorologische Indikatoren heute & Zukunftsszenarien

Im folgenden Abschnitt werden einige der für die oben beschriebenen gesundheitlichen Effekte relevanten meteorologischen Indikatoren im Istzustand und deren zukünftige Entwicklung aus Klimaszenarien beschrieben. Die Auswahl ist einerseits in der Relevanz der Gesundheitseffekte, andererseits in der Verfügbarkeit von meteorologischen Daten begründet.

### Datenbasis

Datenbasis für die Berechnung der gesundheitsrelevanten meteorologischer Indikatoren waren die gerasterten Temperatur- und Niederschlagsdatensätze SPARTACUS der ZAMG (Hiebl & Frei, 2016, 2018) für den historischen Beobachtungszeitraum 1981 bis 2010. Für die Klimaszenarien wurden die ÖKS 15 Klimaszenarien (Chimani u. a., 2016) verwendet. Die ÖKS 15 Szenarien basieren auf den aktuellsten regionalen Klimamodellen für Europa (EURO-CORDEX). Für jeweils 13 ausgewählte Regionalmodelle der Emissionsszenarien RCP 4.5 und RCP 8.5 wurden die Szenarien fehlerkorrigiert und auf 1 × 1 km Auflösung für ganz Österreich ermittelt. Im Rahmen des ACRP Forschungsprojektes CLIMAMAP (2018) wurden daraus Indikatoren für jedes einzelne Klimamodell berechnet. Basierend auf den CLIMAMAP Ergebnissen wurden für diesen Bericht die ausgewählten Indikatoren für ganz Österreich visualisiert. Hierbei wurde jeweils der Istzustand, also die Werte aus den Beobachtungsdaten für den Zeitraum 1981–2010, dargestellt. Für die Visualisierung des Klimawandels wurde nur das Ensembledittel (Median) des Emissionsszenarios RCP 8.5 für das Ende des 21. Jahrhunderts (2071–2100) dargestellt. Dies stellt die langfristige Entwicklung ohne die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen dar und gibt damit die extremste Entwicklung innerhalb des 21. Jahrhunderts wider. Für alle Zeiträume davor und für das Emissionsszenario RCP 4.5 fallen die Klimaänderungssignale schwächer aus. Ergebnisse für andere Zeiträume und RCP 4.5 können auf Bundeslandebene vom Projekt CLIMAMAP bezogen werden.

Für die Abschätzung der zukünftigen Gewitterwahrscheinlichkeit musste auf die Originalergebnisse der EURO-CORDEX Modelle (Jacob u. a., 2014) zurückgegriffen werden, da für die Berechnung des Showalter Indexes (Showalter, 1953)

auch Informationen von höheren Luftschichten benötigt werden, welche nicht im ÖKS 15 Datensatz enthalten sind. Dabei wurden jedoch dieselben Modelle wie in ÖKS 15 verwendet. Die Auswertungen des Showalter-Indexes erfolgten im ACRP Projekt SWITCH-OFF.

## Unsicherheiten

Bei Klimaszenarien handelt es sich um Projektionen für die Zukunft, bei denen bestimmte Annahmen getroffen werden müssen. Unsicherheiten von Klimaprojektionen stammen daher einerseits aus den Limitierungen der verwendeten Klimamodelle und ihrer statistischen Nachbearbeitung sowie aus den Annahmen, wie sich das menschliche Verhalten – insbesondere die Emission von Treibhausgasen – in den nächsten Jahrzehnten entwickeln wird.

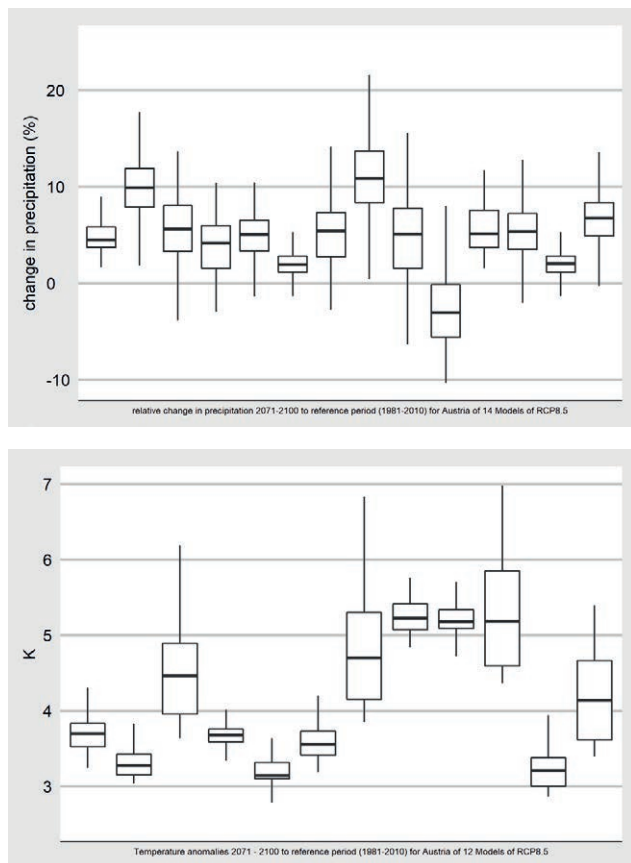


**Abb. 2.8:** Klimawandelsignale für die Jahresmitteltemperatur (links) sowie den Jahresniederschlag (rechts) aller ÖKS 15 Modelle für das RCP 8.5 am Ende des 21. Jahrhunderts. Die Boxen und Balken geben die Bandbreite des Klimawandelsignals eines Modells innerhalb von Österreich wieder. Bei der Temperatur zeigen alle Modelle eine klare Erwärmung und der regionale Unterschied innerhalb eines Modells als auch der Unterschied zwischen den Modellen ist deutlich geringer als das Klimaänderungssignal. Beim Niederschlag sind sowohl die räumlichen Unterschiede als auch die Unterschiede zwischen den Modellen deutlich stärker ausgeprägt. Wiewohl die meisten Modelle eine Niederschlagszunahme erwarten lassen, gilt dies nicht für alle Teile Österreichs.

Den Unsicherheiten aufgrund des menschlichen Verhaltens wird durch das Verwenden verschiedener Emissionsszenarien Rechnung getragen. Grundsätzlich zeigt sich, je höher die angenommenen Emissionen ausfallen, umso stärker wird das Klimaänderungssignal (siehe Abb. 2.8). Wie erwähnt, wurden für die Berechnung die Emissionsszenarien RCP 4.5 und RCP 8.5 verwendet, wobei es beim RCP 4.5 bis zum Ende des Jahrhunderts gelingt, die Treibhausgaskonzentrationen zu stabilisieren und beim RCP 8.5 keine internationalen Klimaschutzmaßnahmen umgesetzt werden.

Um eine Abschätzung der modellbedingten Unsicherheiten zu ermöglichen, wird nicht nur ein Klimamodell verwendet, sondern ein Ensemble von verschiedenen Modellen sowie Modellkombinationen aus Global- und Regionalmodellen. In Abb. sind die Klimaänderungssignale für die Jahresmitteltemperatur (links) und den Jahresniederschlag (rechts) für das RCP 8.5 am Ende des 21. Jahrhunderts dargestellt. Bei der Temperatur zeigen alle Modelle eine klare Erwärmung und der Unterschied zwischen den Modellen ist deutlich geringer (ca. 1,5 °C) als das Klimaänderungssignal (ca. 4 °C). Auch ist die Erwärmung relativ gleichmäßig in ganz Österreich. Bei den meisten Modellen beträgt die maximale räumliche Differenzierung etwa 1 °C, nur bei vier Varianten ist diese etwas größer und reicht bis zu 2 °C.

Beim Niederschlag sind sowohl die räumlichen Unterschiede als auch die Unterschiede zwischen den Modellen deutlich größer. Da die Niederschlagsverhältnisse in Österreich durch den Einfluss der Alpen stark differenziert sind, ist ein unterschiedliches Klimaänderungssignal in verschiedenen Regionen durchaus zu erwarten. Jedoch ergeben die Klimamodelle keine eindeutigen regionalen Trends und für ganz Österreich gemittelt zeigen sich doch deutliche Unterschiede zwischen den Modellen von einer Niederschlagsabnahme von etwa 4 % im Median (dicke Linie in der Box) bis zu einem Anstieg von 11 %.

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass die Klimaszenarien für die Temperatur und alle darauf aufbauenden Indikatoren sehr robust und belastbar sind. Beim Niederschlag sind die Unterschiede zwischen den Modellen deutlich größer, besonders was Niederschlagssummen betrifft. Bei Starkniederschlägen, sowohl als ein- wie auch mehrtägige Ereignisse, zeigen die meisten Modelle eine Intensitätszunahme. Da jedoch relevante Prozess, wie Gewitter für kleinräumige Ereignisse, sowie Vb-Lagen und „cut-off lows“, welche für mehrtägige großflächige Starkniederschläge in Österreich verantwortlich sind, nicht oder nur unzulänglich in den Modellen abgebildet sind, müssen diese Szenarien mit großer Vorsicht interpretiert werden. Um den unterschiedlichen Unsicherheitsverhalten der Klimaszenarien gerecht zu werden, wurde in der Tabelle 2.1 für jeden Indikator separat eine Aussage zur Sicherheit angegeben.

## Thermische Effekte

Wie schon in den letzten Jahrzehnten zeigen alle thermischen Indikatoren einen klaren Trend im 21. Jahrhundert. Betracht-

tet man die Hitzetage (Abb. 2.9), also Tage mit einem Temperaturmaximum von zumindest  $30^{\circ}\text{C}$ , so treten derzeit in der wärmsten Region Österreichs, dem Seewinkel im Burgenland, knapp 20 Hitzetage im Jahr auf. In den Tieflagen und den inneralpinen Tällagen werden Werte von 10 bis 15 Hitzetagen erreicht und ab Lagen um 1000 m Seehöhe kommen keine Hitzetage mehr vor. Sollten keine Klimaschutzmaßnahmen gesetzt werden, so muss man am Ende des 21. Jahrhunderts in den wärmsten Regionen Österreichs mit mehr als 50 Hitzetagen im Jahr rechnen. Großflächig werden in den Tieflagen um die 40 Hitzetage erreicht und eine Hitzebelastung, wie wir sie derzeit im Seewinkel haben, kommt dann in den Hochlagen des Wald- und Mühlviertels vor. Hitzetage sind dann auch in Mittelgebirgsregionen bis zu 2000 m Seehöhe zu erwarten.

Tropennächte (siehe Abb. 2.10), also Nächte mit einem Temperaturminimum von mindestens  $20^{\circ}\text{C}$  sind heute noch sehr selten und kommen nur im Seewinkel, dem östlichen Niederösterreich und dem Rheintal in Vorarlberg sowie innerstädtisch in Wien, im oberösterreichischen Zentralraum und im Grazer Becken vor. Dabei liegen die Mittelwerte zwischen 1 und 5 Tropennächte pro Jahr und nur in der Wiener Innenstadt werden Werte über 5 erreicht. Nach dem RCP 8.5 Szenario werden am Ende des 21. Jahrhunderts Tropennächte flächendeckend in Österreich auftreten und in den Tieflagen in 20 bis 30 Nächten vorkommen. Im Seewinkel und in der Wiener Innenstadt werden sogar Werte über 30 Tropennächte erreicht. Damit wird die fehlende nächtliche Abkühlung ein

österreichweites Problem und speziell während Hitzewellen wird diese Belastung über mehrere Tage hinweg akkumulieren.

Die Kältebelastung wird im 21. Jahrhundert sukzessive abnehmen. Als Beispiel hierfür ist in Abbildung 2.11 die Entwicklung der Eistage, also Tage mit einem Temperaturmaximum unter  $0^{\circ}\text{C}$ , dargestellt. Derzeit treten in den wärmsten Regionen im Mittel rund 20 Eistage pro Jahr auf. Mit der Seehöhe nimmt die Anzahl zu und in 1.000 m Seehöhe werden in etwa 50 Eistage erreicht. Bis zum Ende des 21. Jahrhunderts werden die Eistage deutlich abnehmen und in den Tieflagen werden im Mittel weniger als 10 Eistage auftreten und in 1.000 m Seehöhe werden sie auf etwa 25 Tage zurückgehen. Aufgrund der hohen Variabilität der Witterung bei uns in Österreich im Winter werden die Eistage in den Tieflagen nicht vollständig verschwinden. Dadurch wird sich frostempfindliche mediterrane Vegetation bei uns nicht langfristig etablieren können. Es werden aber in Einzeljahren Winter vorkommen, in denen es keine Eistage geben wird. Dadurch wird sich die Überlebenswahrscheinlichkeit von Krankheitserregern bzw. Vektoren deutlich verändern.

## Extremwetterereignisse

Bei der Prognose von Extremereignissen stoßen die regionalen Klimamodelle teilweise an ihre Grenzen und viele relevante Prozesse werden von den Modellen gar nicht oder nur unzureichend abgebildet. Bei vielen Extremereignissen spielen Starkniederschläge eine zentrale Rolle. Sie sind nicht nur

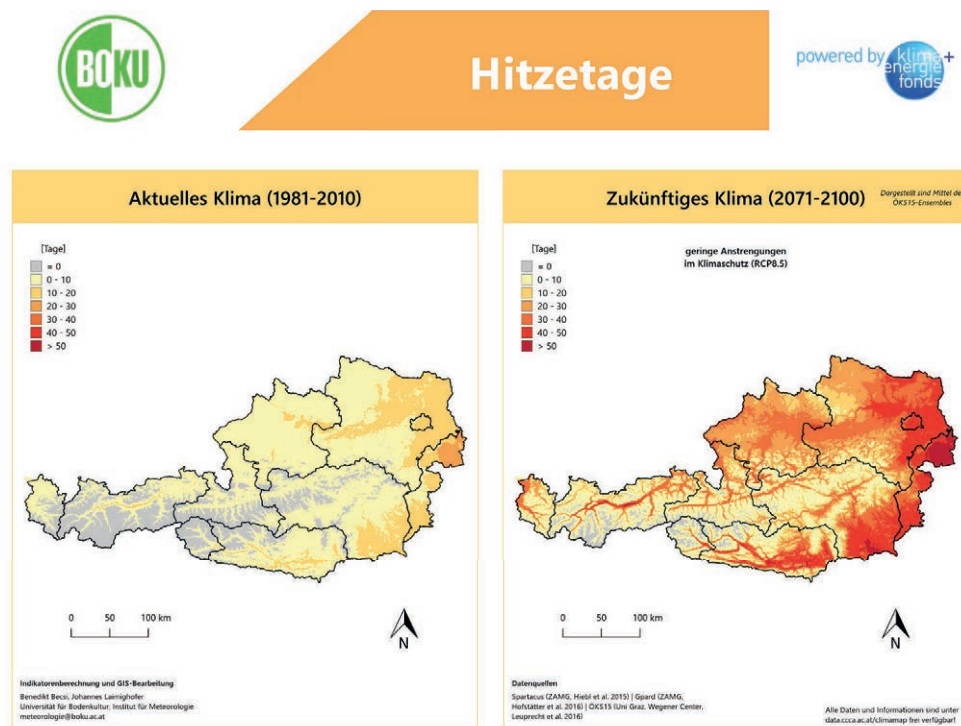


**Abb. 2.9:** Räumliche Verteilung der Hitzetage ( $T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$ ) in Österreich in der Periode 1981–2010 (links) sowie das Ensemblemittel der ÖKS 15 Modelle für das Emissionsszenario RCP 8.5 am Ende des Jahrhunderts (2071–2100). Liegen derzeit die Werte in den wärmsten Regionen Österreichs bei etwa 15 Hitzetagen pro Jahr, so werden diese bis zum Ende des Jahrhunderts auf über 50 Hitzetage ansteigen und Werte, wie sie derzeit im Seewinkel oder in Wien vorkommen, erreichen die Mittelgebirgslagen.

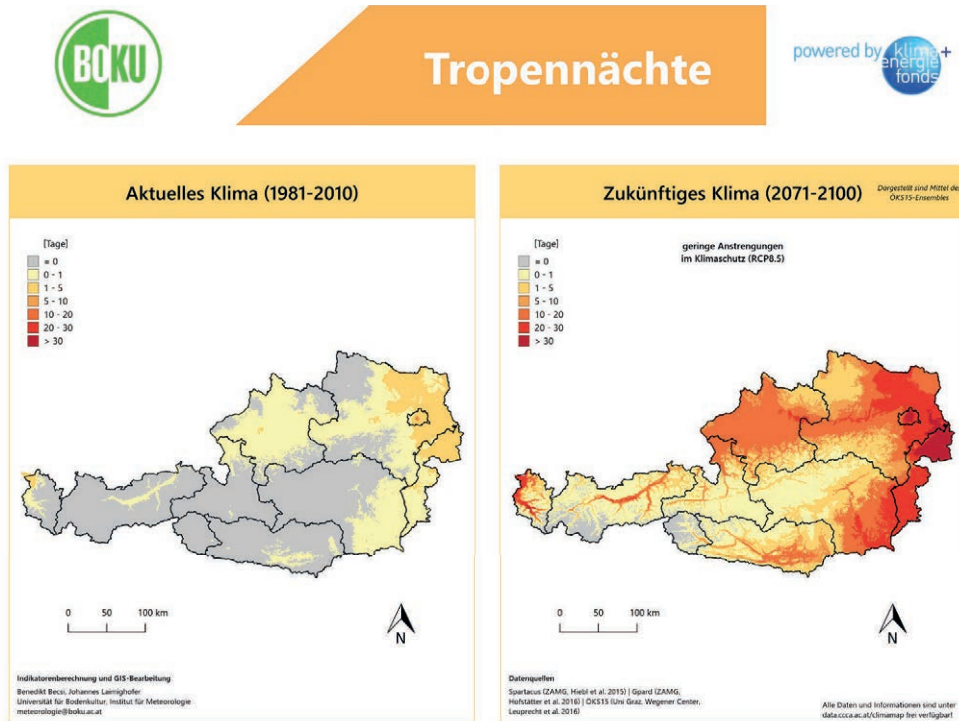


**Abb. 2.10:** Räumliche Verteilung der Tropennächte ( $T_{min} \geq 20^\circ\text{C}$ ) in Österreich in der Periode 1981–2010 (links) sowie das Ensemblemittel der ÖKS 15 Modelle für das Emissionsszenario RCP 8.5 am Ende des Jahrhunderts (2071–2100). Derzeit werden in den wärmsten Regionen Österreichs bis zu 5 Tropennächte pro Jahr beobachtet, nur innerstädtisch in Wien werden höhere Werte erreicht. Am Ende des 21. Jahrhunderts werden in den Flachlandbereichen und auch in den inneralpinen Tälern Werte von 20 Tropennächten im Mittel erreicht und im Seewinkel und in Wien sogar über 30 Tropennächte.

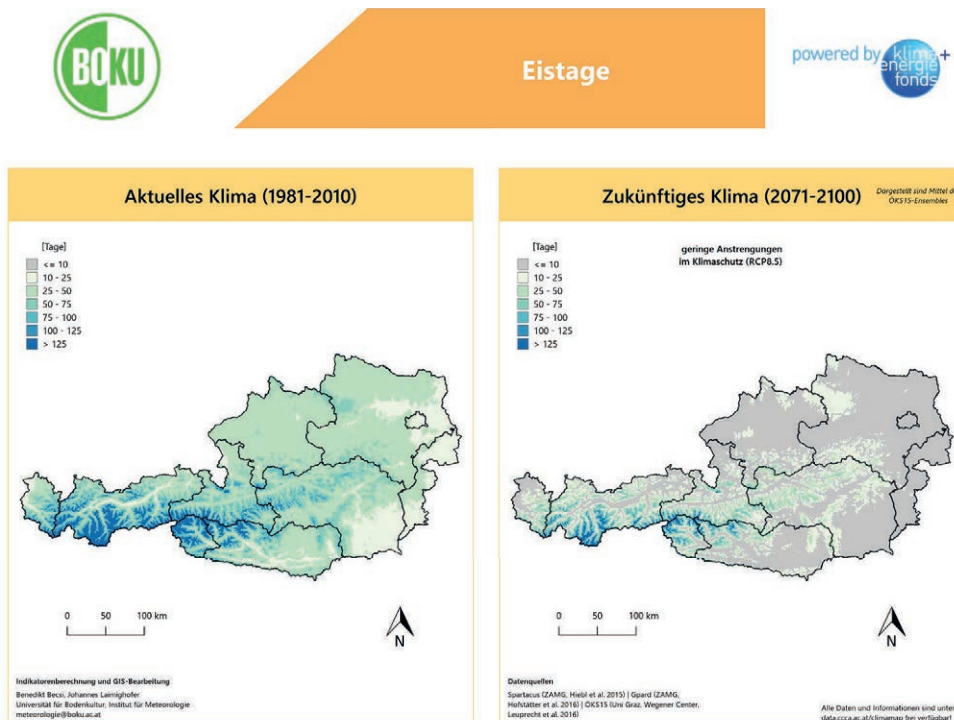


**Abb. 2.11:** Räumliche Verteilung der Eistage ( $T_{max} < 0^\circ\text{C}$ ) in Österreich in der Periode 1981–2010 (links) sowie das Ensemblemittel der ÖKS 15 Modelle für das Emissionsszenario RCP 8.5 am Ende des Jahrhunderts (2071–2100). Derzeit werden in den wärmsten Regionen Österreichs weniger als 25 Eistage pro Jahr beobachtet. Mit der Seehöhe nehmen diese rasch zu und auf 1000 m Seehöhe liegen die Werte bereits um 50 Eistage pro Jahr. Bis zum Ende des 21. Jahrhunderts werden die Eistage flächendeckend abnehmen und selbst in Lagen um 1000 m Seehöhe werden weniger als 25 Eistage pro Jahr auftreten.

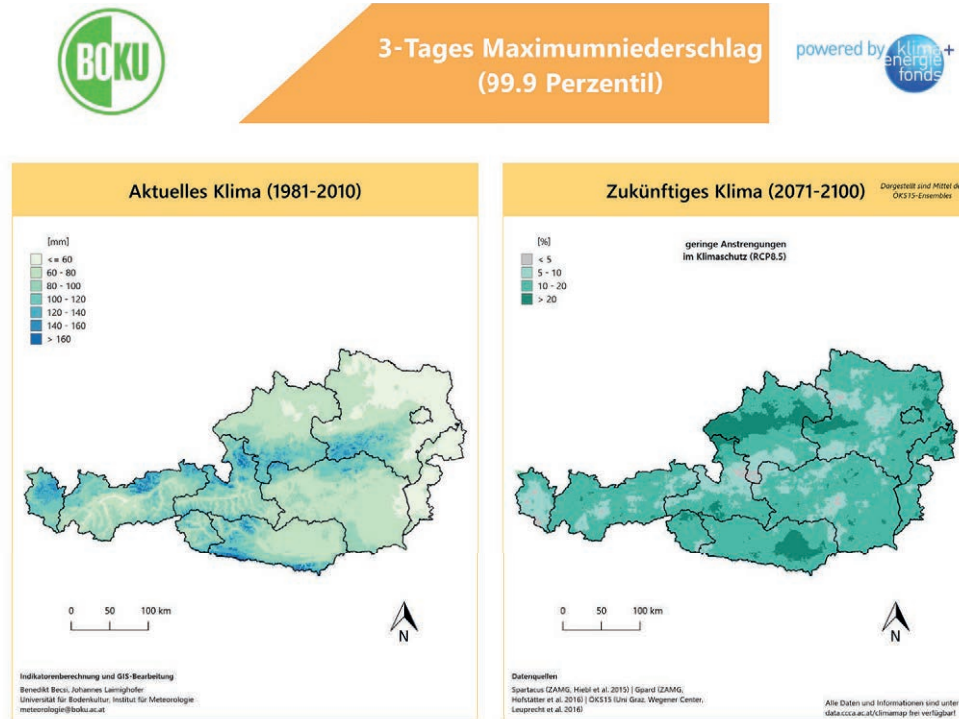


**Abb. 2.12:** Räumliche Verteilung von 3-tägigen Starkniederschlägen (99,9 Perzentile) in Österreich in der Periode 1981–2010 (links) sowie das Klimaänderungssignal des Ensemblemittels der ÖKS 15 Modelle für das Emissionsszenario RCP 8.5 am Ende des Jahrhunderts (2071–2100). Derzeit werden die höchsten Niederschlagswerte mit rund 150 mm entlang des Nord- und Südtaus der Alpen erreicht.

direkt für Überschwemmungen, sondern sind auch für Murgänge, Erdbeben oder Lawinen eine Voraussetzung. Aufgrund der unterschiedlichen zugrundeliegenden Prozesse muss man hierbei zwischen großräumigen, langanhaltenden Starkniederschlägen und kleinräumigen, kurzfristigen Gewittern unterscheiden.

Für ersteres haben wir als Indikator die dreitägige Niederschlagssumme der 99.9 Perzentile (Abb. 2.12) verwendet. Dies entspricht in etwa einem Niederschlagsereignis, das alle zwei bis drei Jahre stattfindet. Auf der linken Seite von Abb. 2.12 sieht man die heutige Verteilung dieses dreitägigen Extremniederschlages. In den Stauregionen werden hierbei bis zu 160 mm Niederschlag erreicht, im Weinviertel und dem Seewinkel hingegen lediglich Werte um 60 mm. Betrachtet man das Klimaänderungssignal für diesen Indikator (rechte Seite), so sieht man, dass es in ganz Österreich zu einem Anstieg der Niederschlagssumme kommt. In einigen kleinen Regionen in Vorarlberg, dem Salzkammergut und in Niederösterreich liegt der Anstieg unter 5 %, im Großteil des Bundesgebietes beträgt der Anstieg um 10 % und im Zentralraum Oberösterreichs, sowie in Unterkärnten liegt der Anstieg sogar über 20 %. Trotz der Unsicherheiten bei den Niederschlagsszenarien muss man daher von einem Anstieg von Extremereignissen ausgehen, die langanhaltende großräumige Starkniederschläge beinhalten bzw. von diesen verursacht werden.

Bei kleinräumigen, kurzfristigen Starkniederschlägen wurde schon in Kapitel 2.2.2 ausgeführt, dass temperaturbe-

dingt mit einem Anstieg der Niederschlagsintensität um etwa 10 % je Grad Temperaturanstieg zu rechnen ist. Dies sagt jedoch nichts über die zukünftige Häufigkeit von schweren Gewittern aus. Im ACRP Projekt SWITCH-OFF wurden hierzu Auswertungen des Showalter-Indexes durchgeführt. Der Showalter-Index ist ein Maß für die Labilität der Luftschichtung. Bei Werten unter Null sind Gewitter möglich und bei Werten unter -3 sind schwere Gewitter wahrschein-

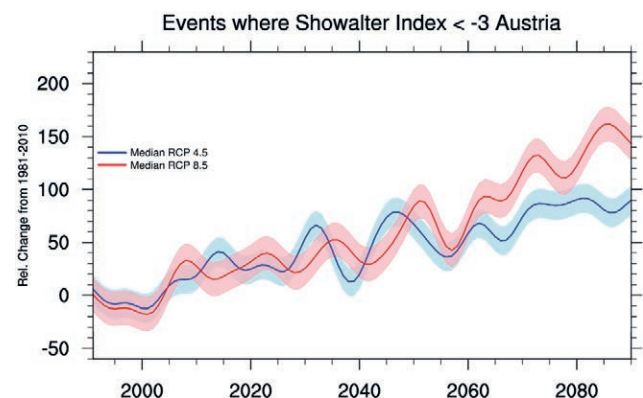
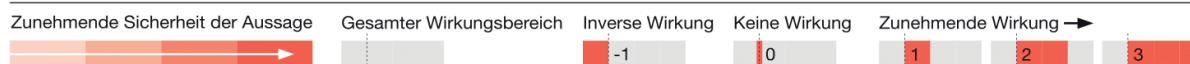


**Abb. 2.13:** Zeitlicher Verlauf der Änderung der relativen Häufigkeit von starken Gewittern (Showalterwerte < -3) in Österreich bezogen auf den Zeitraum 1981–2010 für die ÖKS 15 Ensemblemittel der Emissionsszenarien RCP 4.5 (blau) sowie RCP 8.5 (rot). Die farblich unterlegten Flächen repräsentieren den Wertebereich  $\pm$  einer Standardabweichung. Beide Emissionsszenarien zeigen eine deutliche Zunahme, wobei diese im RCP 8.5 stärker ausfällt (Formayer u. a., 2018).

| Klima-induzierte Phänomene        | Indikatoren mit potentiellen gesundheitsschädlichen Entwicklungen | Mögliche Gesundheitsfolgen                                                                     | Ausmaß der Veränderung |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| <b>Lang-anhaltende Ereignisse</b> | Anstieg der Zahl an Hitzetagen                                    | Hitzestress                                                                                    | 2                      |
|                                   | kontinuierlicher Temperaturanstieg im Sommerhalbjahr              | thermische Belastung                                                                           | 3                      |
|                                   | verlängerte Dauer der Hitzeperiode                                | kumulierende Hitzebelastung                                                                    | 2                      |
|                                   | verringerte nächtliche Abkühlung                                  | Erholungsphase fehlt                                                                           | 2                      |
|                                   | Gleichzeitigkeit von Hitze und hoher Luftfeuchte                  | thermische Belastung                                                                           | 2                      |
|                                   | rasche Temperaturänderungen                                       | thermische Belastung                                                                           | 1                      |
| <b>Kälte</b>                      | steigende Zahl an Kältetagen                                      | Erfrierungen, Immunsystem belastet                                                             | -1                     |
|                                   | Dauer der Kälteperiode verlängert                                 | kumulierende Kältebelastung                                                                    | -1                     |
|                                   | sinkende Durchschnittstemperatur                                  | Immunsystem belastet                                                                           | -1                     |
| <b>Hydro-logische Ereignisse</b>  | vermehrte Dürre                                                   | indirekte Wirkung durch Wasser- und Lebensmittelverknappung                                    | 3                      |
|                                   | intensivere und/oder häufigere kleinräumige Starkniederschläge    | Unfälle, Verletzungen, Traumata                                                                | 2                      |
|                                   | häufigere und/oder intensivere Hochwasserereignisse               | Unfälle, Verletzungen, Traumata; Trinkwasserversorgung                                         | 1                      |
|                                   | vermehrte und/oder heftigere Gewitter                             | Blitzschlag; Unfälle                                                                           | 2                      |
|                                   | zunehmende Ereignisse mit großen Schneemassen                     | Unfälle, Verletzungen; Basisversorgung                                                         | 1                      |
|                                   | häufigere Vereisungsereignisse                                    | Unfälle, Verletzungen                                                                          | 0                      |
| <b>Wind-ereignisse</b>            | vermehrte und extremere Stürme                                    | Unfälle, Verletzungen                                                                          | 0                      |
|                                   | vermehrte und extremere Windhosen                                 | Unfälle, Verletzungen                                                                          | 1                      |
|                                   | vermehrte und extremere Tornados                                  | Unfälle, Verletzungen                                                                          | 1                      |
| <b>Lang-anhaltende Ereignisse</b> | höhere Anzahl an Tagen mit Feinstaub-Grenzwertüberschreitung      | Dauerbelastung der Atemwege und des Herz-Kreislauf-Systems                                     | -1                     |
|                                   | höhere Anzahl an Tagen mit Ozon-Grenzwertüberschreitung           | Belastung der Atemwege und des Herz-Kreislauf-Systems                                          | 1                      |
|                                   | vermehrte Nebellagen                                              | Unfälle                                                                                        | 1                      |
| <b>Massen-bewegungen</b>          | häufigere Muren                                                   | physische Einwirkung                                                                           | 2                      |
|                                   | häufigere Erdbeben                                                | physische Einwirkung                                                                           | 2                      |
|                                   | häufigere Felsstürze                                              | physische Einwirkung                                                                           | 1                      |
|                                   | häufigere Lawinen                                                 | physische Einwirkung                                                                           | 1                      |
| <b>Krankheits-vektoren</b>        | zunehmende Anzahl und Verbreitung von Zecken                      | FSME, Lyme-Borreliose                                                                          | 1                      |
|                                   | zunehmende Anzahl und Verbreitung von Nagern                      | Leptospirose, HFRS, Tularämie                                                                  | 1                      |
|                                   | zunehmende Anzahl und Verbreitung von <i>Anopheles</i> -Mücken    | Malaria                                                                                        | 2                      |
|                                   | zunehmende Anzahl und Verbreitung von <i>Aedes</i> -Mücken        | Dengue-Fieber, Gelbfieber, Chikungunyafieber                                                   | 2                      |
|                                   | zunehmende Anzahl und Verbreitung von Sandmücken                  | Leishmaniose                                                                                   | 2                      |
|                                   | zunehmende Anzahl und Verbreitung von <i>Culex</i> -Mücken        | West-Nil-Fieber                                                                                | 2                      |
| <b>Pollen</b>                     | Verlängerung der Saison                                           | Allergien                                                                                      | 2                      |
|                                   | jahreszeitliche Verschiebung                                      | Allergien                                                                                      | 2                      |
|                                   | stärkeres Auftreten allergener Pflanzen                           | Allergien                                                                                      | 1                      |
|                                   | Einwanderung von allergenen Neobiota                              | Allergien                                                                                      | 2                      |
| <b>Aquatische Systeme</b>         | erhöhter Wasserbedarf                                             | Wasserverknappung                                                                              | 2                      |
|                                   | geringere Schneemengen in tiefen Lagen                            | Wasserverknappung durch verstärkten Winterabfluss                                              | 2                      |
|                                   | geringerer Grundwasseraufbau                                      | Wasserverknappung                                                                              | 1                      |
|                                   | Zunahme der Krankheitserreger im Süßwasser                        | <i>Giardia lamblia</i> -, <i>E. coli</i> -, Vibrionen- und <i>Cryptosporidium</i> -Infektionen | 1                      |
| <b>Nahrungs-mittel</b>            | lebensmittelbedingte Erkrankungen                                 | <i>Campylobacter</i> -, Salmonellen-, <i>E. coli</i> - und Vibrionen-Infektionen; Mykotoxine   | 1                      |
|                                   | Ernteeinbußen und -ausfälle                                       | Lebensmittelverknappung                                                                        | 1                      |
|                                   | erhöhter Pestizideinsatz durch vermehrte Schädlinge               | Rückstände in Nahrungsmitteln, Wirkungen auf AnwenderInnen                                     | 2                      |



**Tab. 2.1:** Zusammenstellung der meteorologischen Indikatoren und der potentiellen gesundheitlichen Wirkung und der Wirkungsweisen basierend auf den Ausführungen des vorangegangenen Kapitels sowie Ausmaß der Änderung und Sicherheit der Aussage auf Basis einer ExpertInneneinschätzung (es konnte in allen Fällen Konsens der drei beteiligten KlimawissenschaftlerInnen erzielt werden).

lich. Eine Auswertung dieser Showalter-Werte von allen ÖKS 15 Modellen differenziert nach den Emissionsszenarien ist in Abbildung 2.13 dargestellt. Dabei wurde die Unterschreitungshäufigkeit von Showalter-Werten unter -3 für ganz Österreich aggregiert und als relative Änderung gegenüber dem Referenzzeitraum 1981–2010 dargestellt. Dabei zeigt sich eine deutliche Zunahme der niedrigen Showalter-Werte, was mit einer Zunahme von schweren Gewittern gleichzusetzen ist. Der Anstieg ist bei dem RCP 8.5 deutlich stärker als beim RCP 4.5.

Da jedoch die räumlichen Strukturen der Showalter-Indexwerte im Alpenraum sowie das saisonale Auftreten der niedrigen Werte in einigen Regionalmodellen nur sehr schlecht reproduziert werden, dürfen diese Ergebnisse nicht überinterpretiert werden. Belastbare Szenarien zur Gewitterhäufigkeit und Intensität werden erst in einigen Jahren verfügbar sein, wenn konvektionsauflösende Modelle mit hinreichender Qualität zur Verfügung stehen. Dennoch muss man aus heutiger Sicht eher von einem Anstieg der Häufigkeit von schweren Gewittern in Österreich und den damit einhergehenden Problemen durch Hagel, Blitzschlag, Sturmböen, kleinräumigen Überflutungen und Murgängen ausgehen.

## 2.2.4 Zusammenfassende Bewertung

Die vorangegangenen Ausführungen zeigen, dass die Zusammenhänge zwischen Klimawandel und Gesundheit sehr vielfältig und zum Teil ziemlich komplex sind. Tabelle 2.1 gibt einen Überblick über die im Vorangegangenen angeführten Veränderungen meteorologischer oder klimatologischer Art als Folge des Klimawandels und der Wirkungsweise dieser Veränderungen. Das Ausmaß der Veränderung und die Sicherheit der Aussage (Spalte 4) wurden von KlimaexpertInnen eingeschätzt. In Übereinstimmung mit der internationalen Literatur werden Hitze und Dürre als die stärksten Veränderungen eingeschätzt, bei gleichzeitig hoher Sicherheit der Aussage. Sie gehen einher mit geringerer Abkühlung bei Nacht. Als sehr relevant bei gesicherter Aussage wird auch die zeitliche Verschiebung des Auftretens von Allergien eingeschätzt. Viele hydrologische Extremereignisse sind sowohl bezüglich Ausmaß als auch Sicherheit der Aussage etwas niedriger bewertet. Interessanterweise laufen Sicherheit der Aussage und Ausmaß der Änderung im Bereich niedriger Werte sehr parallel. Dies könnte bedeuten, dass es auf diesem Gebiet noch zu wenig Forschung gibt, um die Aussagen zu erhärten und Überraschungen daher durchaus möglich wären.

## 2.3 Veränderungen in der Bevölkerungsdynamik und -struktur

### 2.3.1 Bevölkerungsdynamik

Wie im vorangegangenen Kapitel erörtert, führt der Klimawandel zu einer Zunahme an Extremwetterereignissen, was noch nicht vollständig vorhersehbare Folgen für Mensch und Infrastruktur hat. Infolge der fortschreitenden demographischen Alterung und der altersbedingten höheren Vulnerabilität wird ein zunehmender Anteil der Bevölkerung Teil der Risikogruppe. Hier gilt es, rechtzeitig Vorsorgemaßnahmen zu treffen, um die zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels gering zu halten.

#### Bevölkerungsdynamik: Globale Ebene

Dank verbesserter Hygiene und medizinischer Möglichkeiten, insbesondere der Erfindung von Antibiotika, erlebte die Weltbevölkerung seit dem Ende des 2. Weltkrieges ein bis dahin nie dagewesenes Wachstum. Ausgehend von 2,5 Milliarden im Jahr 1950 leben inzwischen mehr als 7 Milliarden Menschen auf dem Planeten. Dieser starke Anstieg ist auch dadurch zu erklären, dass der Rückgang der Geburtenraten in vielen Ländern jenem der Sterberaten erst mit einem gewissen zeitlichen Abstand folgte. Ob hinter dieser Entwicklung eine globale Konvergenz demographischer Regime steckt und alle Gesellschaften zeitversetzt durch denselben Prozess des „demographischen Übergangs“ gehen, ist weiterhin Gegenstand akademischer Auseinandersetzungen (Wilson, 2011). Fest steht, dass diese radikalen Umwälzungen nicht alle Länder der Welt zur selben Zeit erfasst haben und mit zunehmender Dauer immer stärkere Auswirkungen auf die Bevölkerungsstruktur hatten.

Dies resultiert – noch ehe wir den Klimawandel zu berücksichtigen beginnen – in unterschiedlichen demographischen Herausforderungen, die es zu bewältigen gilt. Länder mit zum Teil bis heute anhaltend hohen Geburtenraten weisen einen sehr hohen Anteil an Kindern und Jugendlichen auf, deren Ernährung gesichert und deren Ausbildung finanziert werden muss, ehe sie hoffentlich einen Zugang zum Arbeitsmarkt finden und sich selbst versorgen können. Infolge des explosionsartigen Bevölkerungswachstums, mit dem die landwirtschaftlichen Erträge nicht Schritt halten können, kommt es zur erhöhten Abhängigkeit von Nahrungsmittelimporten, oftmals konfliktträchtiger Überbeanspruchung natürlicher Ressourcen und Produktivitätseinbußen sowie zu nicht nachhaltigen Umwidmungen von Landgebieten. In Ermangelung von Kenntnissen moderner landwirtschaftlicher Produktionsverfahren führte dies bereits im 20. Jahrhundert immer wieder zu verheerenden Hungerkatastrophen, die mit Kämpfen um knappe Ressourcen, der Gefahr von Bürgerkriegen und

der Entwurzelung breiter Bevölkerungsschichten einhergehen (Kelley u. a., 2015; Missirian & Schlenker, 2017). Der Klimawandel droht diese gefährliche Gemengelage noch zu verschärfen.

Auch Länder in der Spätphase des demographischen Übergangs kämpfen mit den Folgen einer unausgewogenen Bevölkerungsstruktur. Einer immer kleiner werdenden Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter steht hier ein zunehmender Anteil an nicht mehr erwerbstätiger Bevölkerung gegenüber, was mit einem Rückgang an gesellschaftlicher Innovationskraft, wirtschaftlicher Dynamik und sogar mit gerontokratischen Verhältnissen in Verbindung gebracht wird. Solche „Untergangsszenarien“ ergeben sich – nebst anhaltend niedriger Frauenerwerbsquoten (Loichinger, 2015) – in erster Linie aus der vermeintlichen Unverrückbarkeit von Altersgrenzen (Lutz, 2014). Können gesellschaftliche Institutionen flexibel an den Anstieg der Lebenserwartung angepasst werden, fallen die Prognosen weitaus weniger pessimistisch aus. Längst nicht alle Menschen über 65 sind abhängig oder pflegebedürftig. Immer mehr Menschen erreichen bei anhaltend guter Gesundheit ein immer höheres Alter. Hinzu kommt, dass die Alten von heute wesentlich besser gebildet sind, als sie es früher waren. Dieser Vorsprung an Humanressourcen kann einen großen Teil der altersbedingten Nachteile wettmachen (Sanderson & Scherbov, 2013; Skirbekk u. a., 2012), sodass der Reichtum nach wie vor eher in den alten Gesellschaften zu finden ist und hier aufgrund der größeren finanziellen Möglichkeiten zwar von potentiell größeren Sachschäden, aber auch einer geringeren altersbedingten Vulnerabilität gegenüber dem Klimawandel ausgegangen werden kann.

Aus den starken ökonomischen Disparitäten zwischen dem „globalen Süden“ und dem „globalen Norden“, die auch der Asynchronizität des demographischen Übergangs geschuldet sind, kommt es zu einer Zunahme der Migrationsströme. Die Feststellung, dass die globalen Migrationsströme seit 1995 lediglich in absoluten Zahlen, nicht jedoch relativ zur Bevölkerungsanzahl zugenommen haben und der Großteil der Wanderungsbewegungen regional stattfindet (Abel & Sander, 2014), überrascht dabei zumeist. Neuere Studien zu diesem Thema, die auch die Bevölkerungsbewegungen im Zusammenhang mit dem arabischen Frühling miteinbeziehen, sind jedoch noch ausständig.

Als eine andere Art der geographischen Bevölkerungsverteilung, die im 20. Jahrhundert auf dramatische Weise vorangeschritten ist, gilt die Urbanisierung. Lebten um 1950 um die 30 % der Weltbevölkerung in urbanen Ballungsräumen, so waren es im Jahr 2015 bereits 54 %. Für das Jahr 2050 wird global ein Anteil von 66,5 % vorhergesagt (United Nations, 2014), wobei es auch hier wiederum starke regionale Unterschiede gibt: In den bereits heute stärker urbanisierten Industrieländern wird sich der Anteil sogar auf 88 % belaufen. Die Zunahme der urbanen Bevölkerung erfolgt sowohl durch endogenes Bevölkerungswachstum als auch durch den starken Zuzug aus ländlichen Gebieten, die ihrerseits der Gefahr beschleunigter Alterung ausgesetzt sind. Laut Vereinten Nationen wird sich beinahe das gesamte Wachstum der Welt-

bevölkerung in den nächsten Jahrzehnten in Städten zutragen.

Die Urbanisierung ist dabei, wie schon seit ihren historischen Anfängen, mit der Hoffnung auf bessere Erwerbsmöglichkeiten, Zugang zu Gesundheitsleistungen und höhere Lebensstandards einerseits, aber auch mit Befürchtungen zunehmender Verelendung marginalisierter Bevölkerungsschichten andererseits verbunden (Henderson, 2003; Lucas & Robert, 2004). Während beispielsweise der Anteil der Slumbevölkerung an der gesamten städtischen Bevölkerung Afrikas südlich der Sahara seit 1990 im Sinne der *Millennium Development Goals* leicht abgenommen hat, betrug dieser im Jahr 2014 noch immer 55,2 % (United Nations, 2015). Umso wichtiger wird es sein, das städtische Wachstum nachhaltig zu planen und die wachsende städtische Bevölkerung vor den gesundheitsschädigenden Auswirkungen schlechter werdender Umweltbedingungen zu beschützen.

Noch ergibt die systematische Literaturübersicht der Auswirkungen von Urbanisierung auf die menschliche Gesundheit ein gemischtes Bild (Eckert & Kohler, 2014). Demnach kann Urbanisierung viele der gesundheitlichen Probleme in den Entwicklungsländern – insbesondere Mangelernährung – abmildern. Sie muss dabei aber von einer informierten und vorausschauenden Gesundheitspolitik begleitet werden. Fraglich ist, ob dieser Befund auch in Zeiten globaler Erwärmung aufrechterhalten werden kann (Jones u. a., 2015). Aufgrund des „urban heat island“-Effekts (Georgescu u. a., 2014; Oke, 1982) erwärmen sich Städte sehr viel stärker und geben Hitze auch langsamer wieder ab, als dies in ländlichen Gebieten der Fall ist. Womöglich kommt es dadurch sogar zu einer Trendwende im Urbanisierungsprozess (Rizwan u. a., 2008). In vielen Entwicklungsländern ist zudem die Besiedlung von sogenannten klimatischen „Hazard-Zones“ durch sozioökonomisch benachteiligte Bevölkerungsgruppen zu beobachten, welche sich die städtischen Preise nicht leisten können, aber dennoch der Urbanisierung folgen (für einen Überblick über die spezifisch österreichische Situation siehe Kap. 2.2.2).

Umgekehrt kann man auch von Auswirkungen der Urbanisierung auf den Klimawandel ausgehen. Durch veränderte Landnutzung und Versiegelung der Böden in städtischen Gebieten führt der Klimawandel tendenziell eher zu einer Zunahme der Oberflächentemperatur (Kalnay & Cai, 2003). Dies hängt jedoch von der Ausdehnung der Städte in ihre Umländer ab („urban sprawl“). Je nach lokalen klimatischen Bedingungen kann die stärkere Bevölkerungskonzentration mittels verringerter Transportwege zu geringeren Emissionswerten beitragen (Bart, 2010) oder durch verbesserte Anbindung an das Energienetz auch zu erhöhtem Energiekonsum führen (Liddle & Lung, 2010; Madlener & Sunak, 2011). Unabhängig davon ist jedoch im Zuge der Globalisierung von einer Zunahme und Intensivierung der Transportwege im Personen- und Güterverkehr auszugehen.

## Bevölkerungsdynamik: Österreich

Die Bevölkerung Österreichs wächst und altert. Das Wachstum ist in erster Linie auf die internationale Zuwanderung zurückzuführen, die Alterung ist hauptsächlich eine Folge des Baby-Booms der Nachkriegszeit, welcher nun an der Schwelle zum Pensionsalter steht.

| Demographische Struktur Österreichs   |           |
|---------------------------------------|-----------|
| Bevölkerungsstand 1.1.2017            | 8.772.865 |
| Anteil bis 19 Jahre                   | 19,60%    |
| Anteil 20 bis 64 Jahre                | 61,90%    |
| Anteil 65 und mehr Jahre              | 18,50%    |
| Anteil ausländische Staatsang.        | 15,30%    |
| Anteil im Ausland geboren             | 18,90%    |
| Bevölkerungswachstum 2007-17          | 489.881   |
| Geburtenbilanz 2007-16                | 17.534    |
| Wanderungsbilanz 2007-16 <sup>1</sup> | 472.347   |

**Tab. 2.2:** Statistik Austria, Statistik des Bevölkerungsstandes und der Bevölkerungsbewegung, eigene Berechnungen.

In den 10 Jahren vom 1.1.2007 bis zum 1.1.2017 ist die Bevölkerungszahl Österreichs um eine ½ Million von 8,28 Millionen auf 8,77 Millionen gestiegen. 96 % dieses Zuwachses waren Wanderungsgewinne, nur 4 % entfielen auf die Geburtenbilanz. Der Bevölkerungsanteil mit ausländischer Staatsangehörigkeit stieg in diesem Zeitraum von 9,7 % auf 15,3 %, der Anteil der im Ausland Geborenen von 14,7 % auf 18,9 %.

Mehr als die Hälfte (52 %) der in diesem Zeitraum aus dem Ausland nach Österreich Zugewanderten sind Angehörige anderer EU- bzw. EFTA-Staaten. Die größte Gruppe bilden die Deutschen, gefolgt von Rumänen und Ungarn. Rechnet man aus dem Ausland zurückkehrende österreichische Staatsangehörige mit, entfallen nahezu ⅔ (63 %) der Zuwanderung der letzten zehn Jahre auf BürgerInnen aus EU- bzw. EFTA-Staaten.

Weitere 16 % der Zugewanderten kommen aus europäischen Staaten außerhalb der EU, im Wesentlichen Menschen aus nicht zur EU gehörigen Nachfolgestaaten Jugoslawiens, der Russischen Föderation und der Türkei.

Der Anteil der Zugewanderten aus außereuropäischen Ländern machte in den vergangenen zehn Jahren in Summe ein gutes Fünftel aus (21 %). Die größte Gruppe sind Angehörige asiatischer Staaten mit 15 % (Afghanistan, Syrien, Iran), gefolgt von Afrikanern (Nigeria, Somalia, Ägypten) und Amerikanern (USA, Brasilien, Kanada) mit jeweils rund 3 %.

Die Struktur der EmigrantInnen ist ein Spiegel der Immigration mit zwei Ausnahmen: Es wandern deutlich mehr österreichische Staatsangehörige ab als zu, im Saldo waren das in den letzten zehn Jahren jährlich rund 7.000 Personen. Infolge der hohen Anteile von Flüchtlingen aus asiatischen Kriegsgebieten beträgt der Anteil asiatischer Staatsangehöriger bei der Abwanderung bloß 9 %.

Knapp 40 % der internationalen Zuwanderung geht nach Wien. Dies ist der Hauptgrund des starken Bevölkerungswachstums in der Bundeshauptstadt (siehe unten). Jeweils 12 % entfallen auf die Bundesländer Nieder- und Oberösterreich, 10 % auf die Steiermark, 9 % auf Tirol und 6 % auf das Land Salzburg. Nach Kärnten und Vorarlberg kommen jeweils 4 % der ImmigrantInnen, ins Burgenland nur 2 %.

1,72 Millionen bzw. 19,6 % der 8,77 Millionen Einwohner Österreichs sind Kinder und Jugendliche im Alter unter 20 Jahren. 5,43 Millionen Menschen (61,9 %) zählen zum Erwerbsalter zwischen 20 und 64 Jahren, 1,63 Millionen bzw. 18,5 % befinden sich im Pensionsalter von 65 und mehr Jahren. Während der Anteil des Erwerbsalters in den letzten Jahren relativ konstant war, ist der Anteil der jüngeren Menschen leicht gesunken, jener der älteren Menschen hingegen gestiegen. So wie viele westliche Gesellschaften altert auch die österreichische Bevölkerung. Dafür gibt es mehrere Ursachen:

Durch die Alterung der Baby-Boom-Generationen rücken stärkere Jahrgänge in höhere Alter nach, die Personen im Pensionsalter bekommen ein immer größeres Gewicht. Zudem steigt die Lebenserwartung stetig an, pro Jahrzehnt gewinnen wir 2,5 bis 3 Jahre an zusätzlichen Lebensjahren. Außerdem kommen mehr von Kriegsverlusten unversehrt gebliebene Männergenerationen in höhere Alter. Dies bewirkt auch, dass der Frauenüberschuss unter den älteren Menschen sinkt. Auf der anderen Seite liegt das Fertilitätsniveau deutlich unter 2 Kindern pro Frau und somit unter dem sogenannten Bestandserhaltungsniveau, bei dem sich langfristig eine Elterngeneration durch ihre Kinder ersetzt. Die Zuwanderung nach Österreich schwächt jedoch den Alterungsprozess ab. ImmigrantInnen sind im Durchschnitt deutlich jünger als die Gesamtbevölkerung, somit verstärken sie die Bevölkerung im

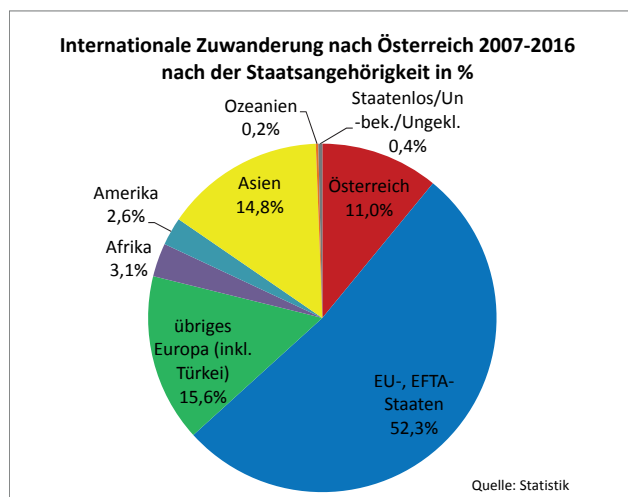


**Abb. 2.14:** Statistik Austria, Internationale Zuwanderung nach Österreich 2007–2016

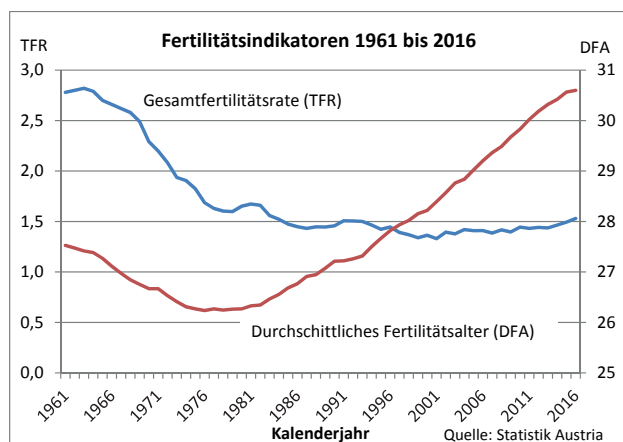


Abb. 2.15: Statistik Austria, Fertilitätsindikatoren 1961–2016

jungen Erwachsenenalter. Ohne Zuwanderung würde die Bevölkerung Österreichs nicht mehr zunehmen und stärker altern.

Österreichs Bevölkerung wächst hauptsächlich in den urbanen Regionen der großen Städte, während periphere und strukturschwache Bezirke Bevölkerungsrückgänge verzeichnen. Diese Verluste sind weitgehend auf bildungs- und arbeitsplatzbedingte Abwanderung zurückzuführen. Die Binnenwanderungsverluste führen auch dazu, dass die Geburtenzahlen in den Abwanderungsregionen sinken und es somit zu Sterbefallüberschüssen kommt.

Eine weitere Folge des Urbanisierungsprozesses ist die stärkere Alterung in den Abwanderungsgebieten. Junge Menschen gehen in die Städte, die älteren bleiben zurück und bekommen somit ein demographisch höheres Gewicht. In den urbanen Regionen werden hingegen die jüngeren Generationen durch die Zuwanderung aus dem In- und Ausland verstärkt, was zu einer jüngeren Altersstruktur als im Bundesdurchschnitt führt.

Die Gesamtfertilitätsrate (TFR) Österreichs lag 2016 bei 1,53 Kindern pro Frau. Damit ist sie seit dem Jahr 2001 mit dem Nachkriegsminimum von 1,33 wieder deutlich gestiegen und hat das Niveau des Jahres 1984 erreicht. Im Jahr 1963, dem Höhepunkt des Baby-Booms, lag sie bei 2,82 Kindern pro Frau. Der Wiederanstieg der Fertilität im 21. Jahrhundert kommt nicht unerwartet. Die Rückgänge in der Vergangenheit hingen mit gesellschaftlichen Veränderungen zusammen. Die verstärkte Bildungs- und höhere Erwerbsbeteiligung junger Frauen, damit verbundene Berufs- und Karriereplanungen sowie zu einem gewissen Maß auch Probleme bei der Vereinbarkeit von Beruf und Familie, veranlasste junge Paare zu einem Aufschub ihrer Kinderwünsche in eine spätere Lebensphase. Dies spiegelt sich im durchschnittlichen Fertilitätsalter wider, welches zwischen 1976 und 2001 von 26,2 auf 28,4 Jahre gestiegen ist. 2016 betrug es bereits 30,6 Jahre. Bei vielen Paaren ist bereits der Zeitpunkt gekommen, wo in der Vergangenheit aufgeschobene Kinderwünsche realisiert werden. Längerfristig könnte sich die TFR bei einem Wert von 1,6 Kindern pro Frau einpendeln. Dieses Niveau haben in der Nachkriegszeit alle Frauenjahrgänge, die ihre reproduktive Phase bereits abgeschlossen haben, niemals unterschritten (Bongaarts & Sobotka, 2012).

Österreichweit ist die Lebenserwartung bei der Geburt seit Mitte des 20. Jahrhunderts stark angestiegen. Betrug sie 1951 noch 62,4 Jahre für Männer und 67,7 Jahre für Frauen, so lag sie 2016 bereits bei 79,1 Jahren für Männer und 84,0 Jahren für Frauen. Mit den beginnenden 1970er Jahren ist ein nahezu stetiger Zuwachs der Lebenserwartung eingetreten. Im Jahr 2015 ist die Lebenserwartung leicht gesunken, dies wird auf die Grippewelle im Spätwinter sowie auf die extreme Hitzewelle im Hochsommer zurückgeführt (Klotz & Wisbauer, 2017).

Zur Abschätzung der Lebenserwartung in Gesundheit stehen für Österreich mehrere Quellen zur Verfügung. Für den

### Lebenserwartung in Gesundheit

Österreich, 1978 bis 2014



Quelle: STATISTIK AUSTRIA; Sterbetafeln bzw. Mikrozensus-Sonderprogramme 1978, 1983, 1991, 1999 und Gesundheitsbefragung 2006/7 und 2014.

Abb. 2.16: Statistik Austria, Lebenserwartung in Gesundheit in Österreich 1978–2014

Vergleich über längere Zeiträume gibt es die Daten aus Sondermodulen des Mikrozensus, aus Gesundheitsbefragungen und dem EU-SILC (Eurostat, 2015). Obwohl diese Erhebungen teilweise unterschiedlichen Konzepten folgen, zeigen sie im Trend die gleiche Entwicklung: Die Zuwächse in der Lebenserwartung sind gewonnene Jahre in subjektiv gutem Gesundheitszustand. Zwischen den Jahren 1978 und 2014 ist die Lebenserwartung der Männer um 10,4 Jahre, jene der Frauen um 8,0 Jahre gestiegen. Der Zuwachs bei den Lebensjahren in (sehr) guter Gesundheit fiel mit 13,5 Jahren (Männer) bzw. 13,7 Jahren (Frauen) deutlich stärker aus, die Lebensjahre in mittelmäßiger bzw. (sehr) schlechter Gesundheit gingen zurück. Bei den Männern waren dies 1,6 bzw. 1,5 Jahre, bei den Frauen sogar 3,2 Jahre bzw. 2,4 Jahre. Somit verbringen Männer 84 % und Frauen 80 % ihrer Lebenszeit in (sehr) guter Gesundheit. Bezogen auf die über 65-jährige Bevölkerung liegen diese Werte bei 63 % (Männer) bzw. 53 % (Frauen). Rund drei Viertel der Lebenszeit von Männern und etwa 70 % jener der Frauen werden ohne chronische Gesundheitsprobleme bzw. ohne Einschränkungen bei Tätigkeiten des normalen Alltagslebens durch gesundheitliche Probleme verbracht (Statistik Austria, 2017a).

Mortalität und Lebenserwartung sind eng verknüpft mit Bildung und sozialem Status. Je höher der Bildungsgrad, desto höher auch die Lebenserwartung. So hatten 2011/12 35-jährige Akademiker eine um 7 Jahre höhere Restlebenserwartung als Männer, die keine über die Pflichtschule hinausgehenden Bildungsabschlüsse erwerben konnten. Bei den Frauen betrug die Differenz 2,8 Jahre. Dahinter steckt unter anderem auch die Tatsache, dass Menschen mit niedrigeren Bildungsabschlüssen häufig in Berufen mit höherer körperlicher Belastung und stärkerem Unfallrisiko beschäftigt sind, was sich in der Mortalität widerspiegelt. Insbesondere armuts- und ausgrenzungsgefährdete Männer haben signifikant höhere Sterberisiken als nicht gefährdete Personen (EU-SILC, 2008).

## 2.3.2 Zukünftige Demographieentwicklung

Während Prognosen zukünftiger Bevölkerungsentwicklung mit zunehmender Entfernung zur Gegenwart immer stärker von ihren ungewissen Annahmen abhängen und sich bisweilen in ihren Vorhersagen stark voneinander unterscheiden können, sind die Trends für die nächsten Jahrzehnte zu einem großen Teil bereits im starken Bevölkerungswachstum des 20. Jahrhunderts grundgelegt. Infolge der Trägheit des Bevölkerungssystems (DemographInnen sprechen von „*Population Momentum*“), aber auch als Konsequenz der stetig ansteigenden Lebenserwartung, können wir trotz der bereits stark im Sinken begriffenen Geburtenraten bis weit in die zweite Hälfte des 21. Jahrhunderts mit einer weiter anwachsenden Weltbevölkerung rechnen.

## Zukünftige Demographieentwicklung: Globale Ebene

Dieses Bevölkerungswachstum verteilt sich aber keineswegs gleichmäßig über den Globus. Während die Bevölkerungszahlen in einigen Ländern Osteuropas und Ostasiens bereits rückläufig sind, führen anhaltend hohe Geburtenraten in weiten Teilen Afrikas zu einem starken Anstieg der Bevölkerung. Unterdessen befindet sich Indien auf dem besten Weg, zukünftig das bevölkerungsreichste Land der Welt zu werden, während China dank der mittlerweile aufgegebenen Ein-Kind-Politik, sowie intensiver Bemühungen im Bereich der Bildung langsam auf Stabilisierung zusteuert und längerfristig mit einer schrumpfenden Bevölkerung zu rechnen hat.

Was den ökologischen Fußabdruck anbelangt, gilt es an dieser Stelle festzuhalten, dass dieser sich nicht nur aus der Anzahl, sondern auch den Konsumgewohnheiten der Menschen ergibt, sodass das vergleichsweise geringe Wachstum bzw. „Nicht-Schrumpfen“ der Bevölkerung in den fortgeschrittenen Industrienationen als wesentlich größere Herausforderung angesehen werden muss (Cohen, 1995; Raftery u. a., 2017). Der noch weit verbreiteten Ansicht, wonach eine optimale Geburtenrate in der Nähe des Bestandserhaltungsniveaus (etwa 2,1 Kinder im Durchschnitt pro Frau) zu liegen habe, muss im Lichte neuerer Forschungsergebnisse (Striessnig & Lutz, 2014) widersprochen werden: Geht man davon aus, dass die kleineren Geburtskohorten der Zukunft mit einem höheren Bildungsniveau und somit höherer Produktivität ausgestattet sein werden als ihre Eltern und Großeltern, so lässt sich zeigen, dass Geburtenraten weit unterhalb des Bestandserhaltungsniveaus zu bevorzugen sind, da ein Bevölkerungsrückgang auch zur Abschwächung des Klimawandels beitragen würde.

Ein weiterer Trend, der sich bereits heute stark abzeichnet, ist die zunehmende Alterung, insbesondere in jenen Teilen der Welt, die sich schon in der Spätphase des demographischen Übergangs von einstmalig hohen zu mittlerweile sehr niedrigen Geburten- und Sterberaten befinden. Die Bevölkerungspyramiden dieser Gesellschaften weisen längst keine klassische Pyramidenform mehr auf, da ein stetig zunehmender Anteil der Bevölkerung den höheren Altersgruppen angehört. Diese Entwicklung wird sich zwar langfristig wieder abschwächen, wenn geburtenschwächere Jahrgänge das Pensionsantrittsalter erreichen, kann die sozialen Sicherungssys-

| Bevölkerungsprognose Österreichs<br>(Hauptvariante) |                          |            |          |        |
|-----------------------------------------------------|--------------------------|------------|----------|--------|
| Jahr<br>(1.1.)                                      | Bevölkerung<br>insgesamt | In Prozent |          |        |
|                                                     |                          | –19 J.     | 20–64 J. | 65+ J. |
| 2017                                                | 8.772.865                | 19,6 %     | 61,9 %   | 18,5 % |
| 2020                                                | 8.981.218                | 19,4 %     | 61,7 %   | 18,9 % |
| 2030                                                | 9.417.982                | 19,6 %     | 57,8 %   | 22,6 % |
| 2050                                                | 9.767.122                | 18,7 %     | 54,0 %   | 27,3 % |
| 2080                                                | 10.006.302               | 18,8 %     | 52,1 %   | 29,2 % |

**Tab. 1.2:** Statistik Austria, Statistik des Bevölkerungsstandes und der Bevölkerungsbewegung, eigene Berechnungen.

teme, wie Pensions- oder Krankenversicherung, in den betroffenen Ländern mittelfristig jedoch vor große Herausforderungen stellen (siehe Kap. 2.4). Zugleich führt die demographische Alterung aber auch zu einer erhöhten Vulnerabilität gegenüber klimatischen Veränderungen, da ältere Menschen zumeist über geringere Anpassungsfähigkeiten verfügen und klimatische Einwirkungen (z.B. Kälte- und Hitzewellen) dadurch stärker wirksam sind, was in (siehe Kap. 3) noch genauer ausgeführt wird.

Ein möglicher Beitrag zur Lösung, zumindest des aus der gesellschaftlichen Alterung resultierenden Problems des verringerten Anteils an Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter, könnte von Zuwanderung kommen. Diese dürfte sich in der Zukunft in nicht geringem Ausmaß auch als Folge des Klimawandels ergeben und zusätzlich zu den Alten eine weitere Gruppe mit erhöhter Vulnerabilität erzeugen. Aufgrund der politischen Sensibilität des Themas lässt sich aber schwer abschätzen, in welchem Ausmaß die alternden Gesellschaften der Zukunft die Zuwanderung von Arbeitskräften zulassen werden. Migration ist daher auch die unsicherste der demographischen Komponenten, die zum zukünftigen Bevölkerungswandel beitragen.

## Zukünftige Demographieentwicklung: Österreich

Die Bevölkerung Österreichs wächst und altert. Dieser Prozess wird sich auch in Zukunft fortsetzen. Das Bevölkerungswachstum beruht auf Wanderungsgewinnen, die Alterung ist in erster Linie eine Folge des Baby-Booms der Nachkriegszeit welcher nun sukzessive ins Pensionsalter nachrückt, aber auch der unter dem einfachen Reproduktionsniveau liegenden Fertilität und der steigenden Lebenserwartung.

Ausgehend von den 8,77 Millionen (2017) wird die Bevölkerungszahl gemäß Hauptvariante der Bevölkerungsprognose von Statistik Austria aus 2016 im Jahr 2020 die 9-Millionengrenze überschreiten und 2030 mit 9,42 Millionen um 7,3 % höher liegen als heute. Bis 2050 steigt die Bevölkerung auf 9,77 Millionen (+11,4 % bzw. +1 Million gegenüber 2017, bis 2080 schließlich auf 10,0 Millionen (+14,0 %).

In den nächsten 10 Jahren wird zu diesem Bevölkerungswachstum neben den starken Wanderungsgewinnen auch noch eine leicht positive Geburtenbilanz beitragen. Nach 2030 jedoch, wenn die starken Baby-Boom-Jahrgänge zur Gänze im Pensionsalter stehen werden, wird die Zahl der Sterbefälle über jene der Geburten steigen. Während die Zahl der jährlichen Geburten bei rund 90.000 relativ konstant bleibt, nimmt dann die Zahl der Sterbefälle auf über 100.000 zu, der Sterbefallüberschuss erreicht sein Maximum in der 2. Hälfte mit einer Differenz von mehr als 20.000.

Diese Entwicklung basiert auf der Annahme, dass die TFR langfristig auf 1,60 steigt (2016: 1,53; siehe Kap. 2.3.1) und die Lebenserwartung für beide Geschlechter auch in Zukunft weiter wächst: 2016 betrug sie für Männer 79,1 und für Frauen 84,0 Jahre. In der Hauptvariante wird unterstellt, dass sie bis 2080 bei den Männern auf 89,2 und bei den Frauen auf 92,3 Jahre steigt.

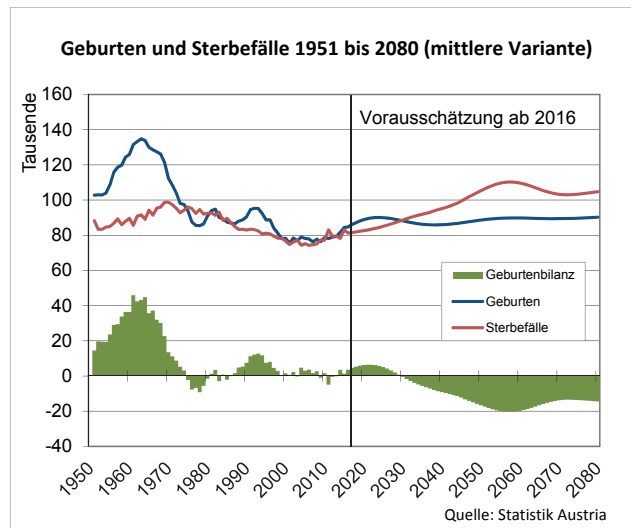


Abb. 2.17: Statistik Austria, Geburten und Sterbefälle 1951–2080 (mittlere Variante)

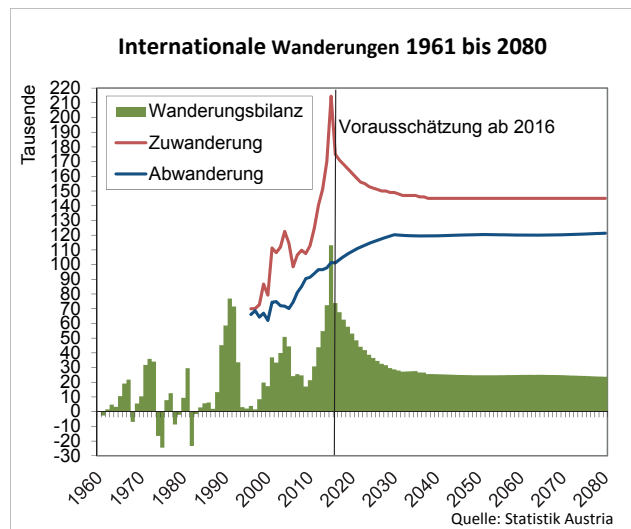


Abb. 2.18: Statistik Austria, Internationale Wanderungen 1961–2080

Aufgrund der aktuellen geopolitischen Lage ist die Zahl der ImmigrantInnen nach Österreich vergleichsweise hoch. Dennoch sind im langjährigen Durchschnitt mehr als die Hälfte aller Zuwandernden Angehörige von EU- bzw. EFTA-Staaten. Dies wurde nur durch die außerordentliche Flüchtlingswelle im Jahr 2015 unterbrochen. In diesem Jahr wanderten insgesamt über 214.000 Personen nach Österreich zu. 2016 waren es nur mehr 174.000, etwa so viele Personen wie 2014. Langfristig wird in der Hauptvariante der Prognose angenommen, dass die internationale Zuwanderung auf 145.000 Personen zurückgeht (Zu der Frage möglicher Migrationsströme infolge des Klimawandels siehe Kap. 2.3.3 Migration durch Klimawandel). Gleichzeitig steigt die Zahl der aus Österreich abwandernden Personen an (2016: knapp 110.000 Personen), sodass sich der jährliche Wanderungssaldo langfristig bei etwa 25.000 einpendeln dürfte. In allen

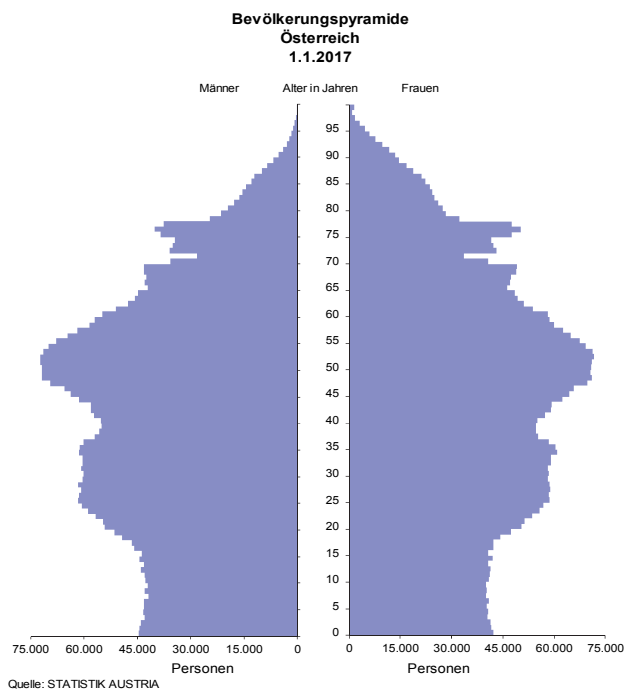
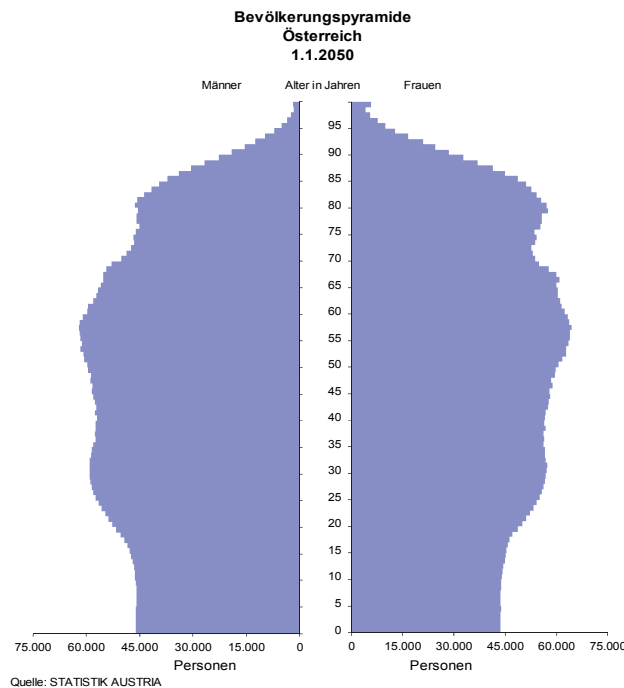


**Abb. 2.19 und 2.20:** Statistik Austria, Bevölkerungspyramiden für Österreich 2017 und 2050

Prognosejahren bis 2080 sollte der Wanderungsgewinn Österreichs höher sein als das erwartete Geburtendefizit, somit wird in Zukunft ein kontinuierliches Bevölkerungswachstum prognostiziert.

Neben dem Bevölkerungswachstum setzt sich künftig auch der Alterungsprozess fort. Derzeit befinden sich die starken Baby-Boom-Jahrgänge noch im Erwerbsalter, 2030 wird der Großteil bereits ins Pensionsalter gewechselt sein. Die

Zahl der Bevölkerung im Alter von 65 und mehr Jahren nimmt zwischen 2017 und 2030 um eine halbe Million von derzeit 1,63 Millionen auf 2,13 Millionen zu. Ihr Anteil an der Gesamtbevölkerung steigt von 18,5 % auf 22,6 %. Der Altenquotient, welcher das Verhältnis der Bevölkerung im Pensionsalter zu jener im Erwerbsalter misst, steigt zwischen 2017 und 2030 von 29,9 auf 39,1. Auf 100 Personen im Alter von 20 bis 64 Jahren entfallen somit 39,1 Menschen, die 65 Jahre und älter sind.

Die Bevölkerung im Alter von 20 bis 64 Jahren steigt nur minimal an, nämlich von 5,43 Millionen auf 5,44 Millionen. Wegen des starken Wachstums der älteren Bevölkerung sinkt der Anteil des Erwerbspotentials an der Gesamtbevölkerung bis 2030 von 61,9 % auf 57,8 %. Die Zahl der Kinder und Jugendlichen bis 19 Jahre nimmt von 1,72 Millionen auf 1,84 Millionen zu, ihr Anteil bleibt jedoch bei 19,6 % konstant. Der Jugendquotient (Verhältnis der Altersgruppen bis 19 Jahre zu 20 bis 64 Jahre) steigt leicht an, von 31,6 auf 33,9.

Längerfristig (bis zum Jahr 2080) steigt die Zahl der älteren Menschen weiterhin stark an, die Zahl der Kinder und Jugendlichen nimmt tendenziell leicht zu. Die Bevölkerung im Erwerbsalter sinkt jedoch ab. Grosso modo werden dann jährlich mehr Menschen ins Pensionsalter wechseln als Jugendliche und ImmigrantInnen zum Erwerbspotenzial hinzukommen. Der Altenquotient steigt bis dahin auf 56,1 weiterhin stark an, der Jugendquotient nur leicht auf 36,0. Der Gesamtquotient (Summe aus Jugend- und Altenquotient) steigt langfristig auf 92,1. Eine demographische Abhängigkeit in dieser Größenordnung wurde in Österreich bereits um 1971 gemessen, also in der Zeit nach dem Baby-Boom.

Damals war der Jugendquotient jedoch noch doppelt so hoch wie der Altenquotient; 2080 wird der Altenquotient den Jugendquotienten jedoch um mehr als die Hälfte übersteigen.

Der Alterungsprozess der Bevölkerung ist im Wesentlichen durch die aktuelle Bevölkerungsstruktur bestimmt. Höhere oder niedrigere Zuwanderung, schwächer oder stärker steigende Lebenserwartung sowie unterschiedliche Fertilitätsentwicklungen können diesen Prozess abschwächen oder verstärken, aber nicht verhindern. Tatsache ist, dass die Zuwanderung den Alterungsprozess der Bevölkerung mildert, da ImmigrantInnen im Durchschnitt deutlich jünger sind als die Gesamtbevölkerung. So betrug das Durchschnittsalter der Bevölkerung im Jahr 2016 42,4 Jahre, jenes der ImmigrantInnen 29,8 Jahre. Ohne Zuwanderung nach Österreich würde der Alterungsprozess demnach extrem stark ausfallen, nach diesem Szenario steigt der Anteil der Bevölkerung im Pensionsalter langfristig auf über 36 %. Die neun Bundesländer Österreichs werden unterschiedliche Entwicklungen erleben. Das stärkste Wachstum wird für Wien prognostiziert. Knapp 40 % der internationalen Zuwanderung entfallen auf die Bundeshauptstadt, deshalb wird Wien künftig auch die jüngste Altersstruktur aller Bundesländer ausweisen. Anfang der 2020er Jahre sollte Wien, so wie am Ende der Monarchie, wieder mehr als zwei Millionen Einwohner zählen. Kärnten hingegen wird langfristig infolge von Geburtendefiziten und Binnenwanderungsverlusten an Bevölkerung verlieren und

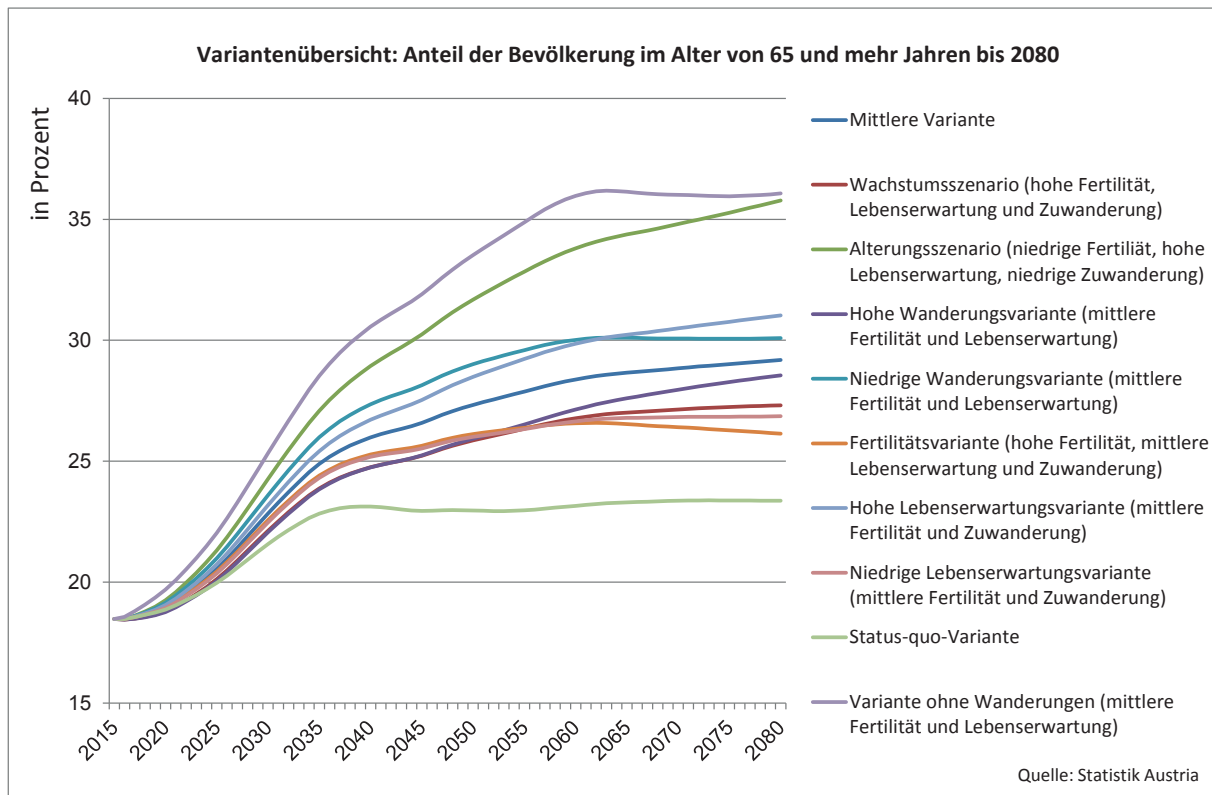


**Abb. 2.22:** Statistik Austria, Anteil der Bevölkerung im Alter 65 und mehr Jahren bis 2080 (Variantenübersicht)

bald vom Bundesland Salzburg einwohnermäßig überflügelt werden. Neben Wien werden in der Ostregion auch Niederösterreich und Burgenland ein überdurchschnittlich starkes Bevölkerungswachstum erfahren. Das langfristige Wachstum Tirols liegt im Bundesschnitt. Abgesehen von Kärnten wird auch in Oberösterreich, Salzburg, Steiermark und Vorarlberg das künftige Bevölkerungswachstum unterdurchschnittlich stark ausfallen.

Kleinräumiger differenziert sind es im Wesentlichen die Ballungsräume, also die Städte und deren Umland, wo die Bevölkerung künftig weiter wachsen wird. In Wien gilt dies für alle Gemeindebezirke außer der Inneren Stadt. Periphere Bezirke haben hingegen mit Bevölkerungsrückgängen zu rechnen. Dazu zählen das nördliche Wald- und Mühlviertel, das südwestliche Niederösterreich, die Ober- und Oststeiermark, das südliche Burgenland sowie Osttirol und die nicht zentralen Bezirke Kärntens. Dort, wo die Bevölkerung wächst, wird künftig auch die Altersstruktur vergleichsweise jünger sein als in den schrumpfenden Abwanderungsbezirken.

### Unterschiedliche Vulnerabilität demographischer und sozioökonomischer Gruppen

Um Vulnerabilitäten zu reduzieren ist es wesentlich, besonders betroffene Gruppen und die konkreten Ursachen der Vulnerabilität zu identifizieren. Im Einklang mit dem Sustainable Development Goal 10, das die Gleichberechtigung für alle zum Ziel hat, gilt es, das Konzept der demographisch dif-

ferentiellen Vulnerabilität (*differential demographic vulnerability*) in Vulnerabilitätsanalysen und damit verbundenen politischen Maßnahmen zu berücksichtigen. Als wesentlicher Bestandteil einer nachhaltigen Entwicklung wurde dieser Ansatz bereits von mehreren ExpertInnengruppen herangezogen: Zunächst in Vorbereitung des *United Nations (UN) World Summit on Sustainable Development in 2002* (Lutz u. a., 2002) und ein Jahrzehnt später für den *RIO+20 Earth Summit* (Lutz u. a., 2012). Im Kern wird bei dem Ansatz davon ausgegangen, dass die individuelle Vulnerabilität und die Fähigkeit sich an wandelnde Umweltgegebenheiten anzupassen nicht nur maßgeblich zwischen Ländern, Regionen, Gemeinschaften und Haushalten variiert, sondern selbst innerhalb einzelner Familien, wobei hierbei die Faktoren Alter und Geschlecht eine wesentliche Rolle spielen. Die fehlende Berücksichtigung einer solchen demographischen Heterogenität kann zu einer fehlgeleiteten Politik führen, die nicht ausreichend auf die gefährdeten Gruppen ausgerichtet ist (Muttarak u. a., 2016).

Weshalb bestimmte Gruppen innerhalb einer Population eine höhere Vulnerabilität gegenüber sich wandelnden Umweltbedingungen haben, kann anhand des Zusammenspiels verschiedener Risikofaktoren analysiert und verstanden werden. Abweichungen in der individuellen Vulnerabilität können unterschiedliche Ursachen haben wie Ungleichheiten in der physiologischen Anfälligkeit, der Exponiertheit sowie sozioökonomische und psychosoziale Faktoren, die die Risikowahrnehmung und Reaktionsfähigkeit beeinflussen.

## Physiologische Anfälligkeit

Biologische Unterschiede machen unterschiedliche demographische Gruppen mehr oder weniger anfällig gegenüber extremen Wetterereignissen und klimatischen Schocks. So war der Großteil der Todesfälle während der Hitzewelle im Sommer 2003 in 12 europäischen Ländern in der ältesten Bevölkerungsgruppe (> 65 Jahre) zu verzeichnen, da es für diese im Vergleich zu jüngeren Kohorten schwieriger ist, die Körpertemperatur zu regulieren (Robine u. a., 2008). Gleichermaßen bewirken Unterschiede in der Physiognomie und dem Kreislaufsystem eine höhere Anfälligkeit von jungen Kindern (insbesondere < 5) gegenüber starken Temperaturschwankungen. Diese sind auch besonders anfällig gegenüber Malariaerregern, was im Falle einer Ausbreitung der Malaria aufgrund eines Temperaturanstiegs zu einem Anstieg der Morbidität und Mortalität in dieser Altersgruppe führen kann (Loevinsohn, 1994; WHO, 2011). Zudem sind gerade Kinder und ältere Menschen beim Eintreten einer Naturkatastrophe oder eines extremen Wetterereignisses benachteiligt, da sie im Schnitt über geringere körperliche Bewältigungsressourcen verfügen. Unterschiedliche Vulnerabilität kann dementsprechend bis zu einem gewissen Grad durch physiologische Unterschiede in der Bevölkerung erklärt werden.

## Unterschiede in der Exponiertheit

Neben biologischen Faktoren beeinflussen auch soziale Faktoren das Risiko, nachteilig vom Klimawandel betroffen zu sein. Frauen sind (unabhängig vom Alter) stärker von Hitzewellen betroffen. Dieser Umstand ist nicht nur auf physiologische Unterschiede, wie eine verminderte Transpirationsfähigkeit zurückzuführen, sondern auch auf Unterschiede im Lebensstil (D'Ippoliti u. a., 2010). Soziale Isolation und Alleinleben stellen wesentliche Risikofaktoren während einer Hitzewelle dar. Da Frauen im Alter häufiger alleine leben als Männer, weisen sie eine um 15 % höhere Sterblichkeitsrate während extremer Hitzewellen auf. Im Gegensatz hierzu haben Männer, da sie häufiger außerhalb des Hauses tätig sind, eine höhere Wahrscheinlichkeit bei Flutkatastrophen und Stürmen zu sterben (Zagheni u. a., 2016). In diesen Fällen werden die Unterschiede in der Vulnerabilität durch sozial konstruierte demographische Faktoren und damit einhergehende Normen hervorgerufen.

Die Wahrscheinlichkeit von Naturkatastrophen und extremen Wetterereignissen betroffen zu sein, wird auch durch den sozioökonomischen Status bedingt. Verschiedene Studien zeigen, dass sozial und finanziell benachteiligte Gruppen häufiger in Gebieten leben, die ein erhöhtes Umweltrisiko aufweisen, etwa weil sie in der Nähe einer Müllverbrennungs- oder Industrieanlage liegen (Braubach & Fairburn, 2010). Außerdem befinden sich Niedrigeinkommenshaushalte vermehrt in Küsten- und Flutgebieten und sind damit häufiger Sturmfluten und Überschwemmungen ausgesetzt, wie Studien aus Vietnam (Bangalore u. a., 2017), Großbritannien (Walker u. a., 2006) und Indien (De Sherbinin & Bardy, 2015) zeigen.

Ueland und Warf (Ueland & Warf, 2006) nennen Diskriminierung am Arbeits- und Wohnungsmarkt sowie eingeschränkten Zugang zu Hypothekenkrediten als Hauptursachen für diese wohnräumliche Benachteiligung von finanziell schwächer gestellten Haushalten, von der oft auch ethnische Minderheiten betroffen sind (Ard, 2015; Mohai u. a., 2009; Mohai & Saha, 2007). Die soziale Stellung in der Gesellschaft kann damit die ungleiche Verteilung von Umweltrisiken zwischen Bevölkerungsgruppen erklären.

## Differentielle Vulnerabilität

Des Weiteren sind demographische und sozioökonomische Merkmale wesentliche Einflussfaktoren, ob und inwieweit Bevölkerungen in der Lage sind, sich gegen nachteilige Auswirkungen des Klimawandels abzusichern und auf diese zu reagieren. In der Literatur werden häufig ältere Menschen, Kinder, Frauen, Menschen mit Behinderung, Minderheiten und Personen mit niedrigem Einkommen als besonders vulnerabel gegenüber Umweltschocks beschrieben (Cutter, 1995; Fothergill u. a., 1999; Masozera u. a., 2007). Diese Gruppen haben aufgrund ihrer gesellschaftlich benachteiligten Position in der Regel weniger Ressourcen zur Verfügung, um Klimaschocks vorzubeugen und auf diese angemessen zu reagieren.

Die Benachteiligung ist hierbei häufig mehrdimensional: Sie kann u. a. sozial wegen eines Minderheitenstatus (z. B. Mitglieder bestimmter religiöser/ethnischer Gruppen), ökonomisch aufgrund eines niedrigen Einkommens- und Wohlstandsniveaus und politisch durch fehlende Repräsentation und politische Entscheidungsmacht (z. B. Frauen und Kinder) assoziiert sein (Gaillard, 2010). Die demographischen und sozioökonomischen Merkmale, die die Vulnerabilität bedingen, hängen entscheidend von der gesellschaftlichen Position und den sozialen Identitäten ab. Einige Gruppen haben aufgrund ihrer benachteiligten Stellung geringeren Zugang zu ökonomischen und sozialen Ressourcen sowie Wissen und Informationen, die helfen würden, auf Katastrophen und negative Umwelteinflüsse zu reagieren (Flatø u. a., 2017).

Faktoren, die eine erhöhte Vulnerabilität bedingen, sind nicht statisch, sondern hängen von dem jeweiligen Risiko ab. So sind Frauen nicht immer vulnerabler als Männer. Studien zeigen, dass gerade junge und mittelalte Männer wegeneiner niedrigeren Risikowahrnehmung und einer erhöhten Risikobereitschaft (z. B. Fahren eines Autos in überfluteten Straßen, Überqueren von überfluteten Brücken) ein höheres Risiko haben, bei Flutkatastrophen zu sterben (Ashley & Ashley, 2008; Doocy u. a., 2013; Pereira u. a., 2017). Auch fällt es manchen ethnischen Minderheiten – trotz ihres oft benachteiligten sozialen Status – aufgrund eines engen Zusammenhalts leichter, sich von Katastrophen zu erholen, wie beispielsweise die vietnamesische Minderheit in New Orleans, die nach Hurrikan Katrina schneller als die übrige Bevölkerung in die betroffenen Gebiete zurückgekehrt ist (Vu u. a., 2009). Dies zeigt, dass Vulnerabilitäten dynamisch sind und durch eine Vielzahl unterschiedlicher Einflüsse variieren.

## 2.3.3 Gesundheitsauswirkungen bedingt durch Bevölkerungsdynamiken

### Vorzeitige Mortalität durch Klimawandel und klimainduzierte Naturkatastrophen

Mit Hilfe von statistischen Verfahren hat die Weltgesundheitsorganisation die zukünftige Entwicklung klimabedingter Todesursachen geschätzt, wie etwa extreme Temperaturen, Überflutungen, Durchfallerkrankungen, Malaria und Unterernährung (WHO, 2014). Aufgrund klimatischer Veränderungen ist weltweit zwischen 2030 und 2050 mit beinahe 250.000 zusätzlichen Todesfällen jährlich zu rechnen. Für das Jahr 2030 wird etwa von 38.000 zusätzlichen Todesfällen aufgrund von Hitze, 48.000 aufgrund von Durchfallerkrankungen, 60.000 aufgrund von Malaria und 95.000 zusätzlichen Todesfällen aufgrund von Unterernährung im Kindesalter ausgegangen. Es ist anzunehmen, dass die tatsächlichen Zahlen der klimainduzierten Mortalität sogar noch höher liegen werden, da die Schätzungen lediglich ausgewählte Todesursachen und nicht indirekte Einflüsse auf die Gesundheit berücksichtigen, etwa den Effekt des Klimas auf Konflikte, ökonomische Ressourcen und Migration.

Für Europa zeigt eine kürzlich veröffentlichte Studie von Forzieri u. a. (2017), die das Risikomodell des *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) zur Schätzung von klimabedingten Mortalitätsrisiken verwendet, dass für den Zeitraum von 2071–2100 mit einem fünfzigfachen Anstieg klimainduzierter Todesfälle (152.000 zusätzliche Todesfälle) im Vergleich zur Referenzperiode 1981–2010 (3.000 klimabedingte Todesfälle) zu rechnen ist. Der Anstieg des Mortalitätsrisikos, das vor allem auf dem häufigeren Auftreten von Hitzewellen gründet, ist besonders in südeuropäischen Ländern stark ausgeprägt.

Veränderungen in der Luftqualität sind ein weiterer klimabedingter Faktor, der einen entscheidenden Einfluss auf die Sterblichkeitsrate hat. So verhindern unregelmäßige oder verminderte Regenfälle die Reinigung der Luft von verschmutzenden Partikeln wie z.B. „volatile organic compounds“ (VOCs) und Feinstaub. Auch Bäume emittieren vermehrt Schadstoffe bei erhöhten Temperaturen. Eine Reihe von Studien haben versucht, den Einfluss derartiger Veränderungen der Luftqualität auf die menschliche Gesundheit zu schätzen (Silva u. a., 2013). Ausgehend von diesen Studien ist zu erwarten, dass die mit dem Klimawandel einhergehende Verschlechterung der Luftqualität ungefähr 60.000 zusätzliche Todesfälle im Jahr 2030 verursachen wird. Diese Zahl soll auf bis zu 260.000 Todesfälle im Jahr 2100 ansteigen.

Die genauen Vorhersagen hängen entscheidend von dem zukünftigen Emissionsausstoß und der weiteren sozioökonomischen Entwicklung ab. Während Vermeidungsstrategien (Mitigation) dazu beitragen können, das Risiko des Eintretens negativer Klimaereignisse zu verringern, können Maß-

nahmen zur Vulnerabilitätsreduktion und zur verbesserten Anpassungsfähigkeit (Adaptation) helfen, die klimabedingte Sterblichkeit zu verringern. Empirische Studien zeigen, dass die Anpassungsfähigkeit entscheidend durch die sozioökonomische Entwicklung eines Landes, besonders im Gesundheits- und Bildungsbereich, bedingt wird. Bildung verbessert maßgeblich die kognitiven Fähigkeiten und die Problemlösungskompetenzen und gibt Zugang zu Wissen und Informationen, die hilfreich sind, um auf Umweltschocks zu reagieren und diese zu verarbeiten (Hoffmann & Muttarak, 2017). Die AutorInnen Lutz u. a. (2014) zeigen in ihrer Studie, dass Länder mit höherem Bildungsgrad – vor allem dem von Frauen – eine signifikant niedrigere Sterblichkeit aufgrund von Naturkatastrophen aufweisen. Eine verbesserte Bildung kann somit entscheidend dazu beitragen, Vulnerabilitäten und damit die klimabedingte Sterblichkeit zu reduzieren (Pamuk u. a., 2011; Montez & Friedman, 2015).

### Migration durch Klimawandel

In den vergangenen Jahren hat sich die Anzahl und Intensität von extremen Wetterereignissen wie schweren Stürmen, Überflutungen oder Dürren deutlich erhöht (Hoffmann & Muttarak, 2017). In vielen Regionen der Welt untergraben die sich verschlechternden klimatischen Bedingungen die Lebensgrundlage von Haushalten. Besonders betroffen sind arme Haushalte in ländlichen Gebieten von Entwicklungsländern, deren Existenz von Subsistenzwirtschaft abhängig ist.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten für die Betroffenen, auf die sich verändernden Bedingungen zu reagieren. Eine Adaptionsstrategie stellt die Migration dar. Die Abwanderung aus klimatisch unwirtschaftlichen Regionen ist ein globales Phänomen, das während der gesamten Menschheitsgeschichte eine große Rolle gespielt hat (Black, Bennett u. a., 2011; Hunter u. a., 2015). Auch aus gesundheitlicher Sicht ist das Thema von Bedeutung, da Migrationsbewegungen vielfältige Auswirkungen auf die Gesundheit sowohl der MigrantInnen als auch der Bevölkerung in den Zielländern haben können.

Umweltbedingte Migration bezeichnet jede Form von Mobilität von Menschen, die durch klimatische Einflüsse ausgelöst wird. Diese kann sowohl intern, also innerhalb der Grenzen eines Landes, wie auch international sein. Es lassen sich Migrationsbewegungen, die durch plötzliche klimatische Veränderungen ausgelöst werden und die häufig zu einer dauerhaften Übersiedlung des Haushalts führen (Klimaflicht), von solchen unterscheiden, die als Anpassungsstrategie auf langfristige Veränderungen, etwa dem Verlust von kultivierbarer Fläche, erfolgen.

Schätzungen gehen von derzeit mehreren Millionen UmweltmigrantInnen weltweit aus, wobei bislang wenige verlässliche Zahlen existieren, die den genauen Umfang, insbesondere der internationalen Umweltmigration, erfassen (Bremner & Hunter, 2014; Morton, 2007; Myers, 2002). Die geschätzte Zahl der aufgrund von Naturkatastrophen, also kurzfristigen Ereignissen, Vertriebenen lag in den Jahren 2008–2013 bei jährlich durchschnittlich 27,5 Millionen

(IDMC, 2014). Gewaltsame Konflikte stellen einen weiteren von der Umwelt bedingten Faktor dar, der zu kurzfristigen Fluchtbewegungen führen kann. So können beispielsweise Dürrekatastrophen zum Ausfall von Ernten führen, was Konflikte über die knapper werdenden Nahrungsmittel zur Folge haben kann (Burrows & Kinney, 2016; Hsiang u. a., 2013; Mayrhofer, 2017; Reuveny, 2007).

Migrationsentscheidungen werden in der Regel als Kollektiventscheidungen von Haushalten getroffen (Klaiber, 2014). Als langfristige Anpassungsstrategie ist Migration meist dadurch gekennzeichnet, dass nur einzelne Mitglieder des Haushalts die zumeist ländliche Herkunftsregion mit dem Ziel verlassen, Arbeit zu finden, um den Haushalt mit einem zusätzlichen Einkommen zu unterstützen. Die Erwirtschaftung von Einkommen außerhalb des stark von Umwelteinflüssen abhängigen landwirtschaftlichen Sektors ermöglicht dem Haushalt, Risiken effektiv zu streuen und unempfindlicher gegen mögliche Umweltschäden zu sein, die aufgrund fehlender oder gering entwickelter Kredit-, Kapital- und Versicherungsmärkte nicht ausreichend abgesichert werden können. Kommt es zu klimatischen Veränderungen oder einem Umweltschock (z. B. eine Naturkatastrophe), kann die Familie auf die zusätzliche Einkommensquelle zurückgreifen (Findley, 1994; Gray, 2009). Neben der Erwirtschaftung von zusätzlichem Einkommen verringert die Migration einzelner Familienmitglieder aber auch den zu deckenden Nahrungsmittelbedarfs, was zu einer Steigerung der Resilienz, d. h. der Widerstandsfähigkeit eines Haushalts, beitragen kann.

Umweltbedingte Mobilität findet in den meisten Fällen innerhalb der Grenzen des Herkunftslandes statt, da für viele Haushalte die politischen und sozioökonomischen Kosten einer grenzüberschreitenden Migration zu hoch sind (Hugo, 1996; Hunter u. a., 2015). Typischerweise vollzieht sich der Migrationsprozess in unterschiedlichen Etappen wobei zunächst Destinationen im unmittelbaren Umfeld der Herkunftsregionen bevorzugt werden, bevor anschließend weiter entfernte Ziele ausgewählt werden. Nicht selten ist umweltbedingte Migration zirkulär bzw. saisonal (temporäre Migration), d. h. der/die MigrantIn kehrt nach einer gewissen Zeit in die Herkunftsregion zurück, bevor er/sie möglicherweise erneut emigriert. Aufgrund der (vermeintlich) besseren Arbeitssituation sind städtische Ballungszentren häufig das Ziel der Migration aus dem ländlichen Raum, was in vielen Ländern zu einer zunehmenden Urbanisierung und damit einhergehenden Herausforderungen (negative Auswirkungen auf die Umwelt, Verarmung, Gesundheitsprobleme etc.) führt. Der Zustrom von MigrantInnen (auch ausgelöst durch Umwelteinflüsse) kann einen erhöhten Druck auf den Arbeitsmarkt und die Löhne in Städten zur Folge haben, was wiederum verstärkte Mobilitätsbewegungen, auch in andere Länder, auslösen kann (Maurel & Tuccio, 2016). So kann umweltbedingte Migration, selbst wenn sie sich primär innerhalb eines Landes vollzieht, indirekt zu einem Anstieg der internationalen Arbeitsmigration beitragen.

Die komplexe Verzahnung unterschiedlicher Wanderungsbewegungen verdeutlicht die Schwierigkeiten, die mit einer

genauen Messung und Vorhersage von umweltbedingten Migrationsprozessen einhergehen. Hinzu kommt, dass Migrationsbewegungen durch eine Vielzahl sozialer, kultureller, politischer, rechtlicher und ökonomischer Kontextfaktoren (die sowohl in zeitlicher wie auch geographischer Hinsicht variieren können) beeinflusst wird, was die Analyse und Abgrenzung zusätzlich erschwert (Hunter u. a., 2015). Umweltbedingte Migration ist eng verknüpft mit Armut, die sich sowohl verstärkend als auch hemmend auf die Mobilität von Haushalten auswirken kann. Gerade den ärmsten Haushalten, die häufig am stärksten von sich verschlechternden Umweltbedingungen betroffen sind, fehlt es an Ressourcen, um sich gegen Extremereignisse abzusichern und diese zu bewältigen (erhöhte Vulnerabilität). So können verschlechternde Umweltbedingungen in armen Gegenden paradoxerweise zu einem Rückgang der Mobilität führen, weil Haushalten die benötigten Ressourcen fehlen, um die betroffene Region zu verlassen (Gray, 2009; Nawrotzki & Bakhtsiyarava, 2016). Bei den Haushalten, die Migration als Adaptionsstrategie nutzen, handelt es sich deshalb im Regelfall nicht um die ärmsten Haushalte, sondern oftmals jüngere Haushalte, die durch weniger starke Bindungen und einen kürzeren Zeithorizont gekennzeichnet sind. Innerhalb des Haushalts sind es meist die Mitglieder ohne tiefere familiäre Bindungen, die ein besonders hohes Maß an Mobilität aufweisen.

Österreich ist, wie andere west- und mitteleuropäische Länder, von umweltbedingter Migration – wenn auch in geringem Umfang – hauptsächlich als potentiell Zielland von MigrantInnen betroffen (Millock, 2015) (siehe Kap. 2.3.1). Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass auch innerhalb Österreichs und Europas sich verändernde klimatische Bedingungen zu verstärkten Mobilitätsprozessen führen werden. So sind beispielsweise die Länder, die an die Nordsee grenzen, stark vom Anstieg des Meeresspiegels und dem daraus resultierenden Verlust von Landfläche betroffen (Mulligan u. a., 2014; Science for Environment Policy, 2015). Eine Form der Mobilität in Europa, die bereits heute eine wesentliche Rolle spielt und die stark durch Umwelteinflüsse beeinflusst wird, ist der Tourismus. Auch für diese Form der kurzfristigen Mobilität sind weitere Veränderungen in den nächsten Jahren, z. T. auch induziert durch sich verändernde klimatische Gegebenheiten, zu erwarten.

Migration ist eng mit gesundheitlichen Fragestellungen verknüpft. Durch Migrationsbewegungen entstehen neue Anforderungen an die Gesundheitssysteme der Zielländer, die es rechtzeitig zu berücksichtigen gilt. So verfügen MigrantInnen im Schnitt im Zielland über geringe sozioökonomische Ressourcen (wie Bildung oder finanzielle Mittel) und haben aufgrund verschiedener struktureller, rechtlicher und kultureller Barrieren oft nur eingeschränkten Zugang zur lokalen Gesundheitsinfrastruktur (Hoffmann, 2016; Rechel u. a., 2013). Gerade geflüchtete Menschen, die aus dem außereuropäischen Ausland nach Österreich kommen, sind als Folge der entbehrungsreichen Flucht häufig hohen gesundheitlichen Belastungen ausgesetzt. Zudem können traumatische Fluchterfahrungen und Unsicherheiten sowie die damit ver-

bundenen Belastungen zu psychischen Krankheitszuständen wie Depressionen führen (Anzenberger u. a., 2015). Darüber hinaus können unter Geflüchteten mit der Flucht assoziierte infektiöse und akut behandlungsbedürftige Krankheiten auftreten (z. T. aufgrund fehlenden Impfschutzes). Auch wenn einzelne Übertragungen bei engem Kontakt möglich sind, besteht laut medizinischen Studien nur ein sehr geringes Risiko für die Allgemeinbevölkerung (Beermann u. a., 2015; Robert Koch Institut, 2008). Um möglichen negativen gesundheitlichen Folgen und zusätzlichen Belastungen des Gesundheitssystems durch Migration vorzubeugen, gilt es, rechtzeitig adäquate Präventionsstrategien (wie Informationskampagnen, Behandlungsprogramme etc.) zu entwickeln, die Verantwortliche wie medizinisches Personal informieren und auf die spezifischen gesundheitlichen Herausforderungen vorbereiten.

### 2.3.4 Zusammenfassende Bewertung

Wie alle modellbasierten Aussagen über die Zukunft hängen auch Bevölkerungsprognosen mit zunehmender Länge des Prognosezeitraums immer stärker von den getroffenen Annahmen in Bezug auf zukünftige Fertilität, Mortalität und Migration ab. Bei den hier getätigten auf Bevölkerungsprognosen basierenden Aussagen, sind daher stets gewisse Schwankungsbreiten zu berücksichtigen (Abel u. a., 2016). Zugleich fallen diese aufgrund der Trägheit des Bevölkerungssystems aber geringer aus als beispielsweise bei Vorhersagen in Bezug auf das Klimasystem, wie sie in Kapitel 2.2 vorgestellt wurden. Aufgrund der Persistenz gesellschaftlicher Normen verändern sich Fertilitätsraten in den seltensten Fällen innerhalb weniger Jahre, sondern zumeist eher über Generationen. Nur unter extremen Bedingungen, wie sie z. B. im Iran der 1980er Jahre vorherrschten, kann dieser Prozess schneller ablaufen (Abbasi-Shavazi & McDonald, 2006). Auch die bestimmenden Faktoren von Mortalität ändern sich meistens nur schleichend.

Insofern lässt sich sagen, dass die für Österreich in den kommenden Jahrzehnten zu erwartenden demographischen Wandlungsprozesse, wie sie in diesem Unterkapitel beschrieben wurden, zu einem Großteil bereits in der aktuellen Bevölkerungsstruktur grundgelegt sind. Größere Unsicherheit besteht freilich in Bezug auf das Ausmaß zukünftiger Migration, welche sowohl von „push-Faktoren“ in den Ursprungsländern als auch von „pull-Faktoren“ in den Zielländern abhängen. Inwieweit die zukünftige politische und klimatische Instabilität in den Ursprungsländern zunehmen wird, lässt sich genauso schwer vorhersagen wie die von den jeweiligen politischen Umständen in den Zielländern abhängige Einwanderungspolitik. Wie im nächsten Kapitel noch genauer besprochen wird, könnte Österreich in Zukunft mit anderen alternenden Gesellschaften in einen Wettbewerb um knapper werdende Arbeitskräfte eintreten, die zum Teil „importiert“ werden müssten. Infolge der zunehmenden

Automatisierung kann es aber auch zu einem Schwinden der Nachfrage nach menschlicher Arbeitskraft kommen (Acemoglu & Restrepo, 2018).

Ein weiterer Unsicherheitsfaktor in Hinblick auf die Bevölkerung erwächst aus der geographischen Verteilung derselben. Das Fortschreiten der Urbanisierung in den Industrieländern gilt zwar weitestgehend als Konsens, in Bezug auf das Ausmaß sowie die daraus resultierenden sozioökonomischen, gesundheitlichen und klimarelevanten Folgen herrscht aber Ungewissheit. Für eine detaillierte Behandlung des Themas Unsicherheit sei in diesem Zusammenhang auf die Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) verwiesen (KC & Lutz, 2017; O'Neill u. a., 2014).

## 2.4 Veränderungen der Wirtschaft

Dieses Unterkapitel ist den Auswirkungen der Wirtschaft auf die Gesundheit und Vulnerabilität der Bevölkerung bzw. besonderer Risikogruppen gewidmet. Da die medizinische Versorgung, vorbeugende Präventionsmaßnahmen und auch Anpassungen an den Klimawandel mit Kosten verbunden sind, bestimmt die wirtschaftliche Entwicklung maßgeblich, ob und wie weit die Bevölkerung in der Lage ist, sich auf die Folgen des Klimawandels einzustellen. Dabei kommt der Nachhaltigkeit der wirtschaftlichen Entwicklung entscheidende Bedeutung zu. Nachhaltigkeit bedeutet in diesem Zusammenhang, die Bedürfnisse der Gegenwart zu befriedigen, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können (Hauff, 1987). Kapitel 2.4.1 behandelt die Auswirkungen des demographischen Wandels auf das Wirtschaftswachstum. Dieses bestimmt im Wesentlichen, ob in einer Volkswirtschaft ausreichend materieller Wohlstand erwirtschaftet wird. Die Verteilung dieses Wohlstands wiederum bestimmt, wer davon profitiert. Im Falle einer besonders ungleichen Verteilung besteht trotz guter wirtschaftlicher Entwicklung die Gefahr einer Unterversorgung von Teilen der Bevölkerung. Kapitel 2.4.2 widmet sich daher dem Themenbereich Wirtschaftskrisen, Ungleichheit und Automatisierung. Kapitel 2.4.3 behandelt die Auswirkungen des Klimawandels bzw. von Klimaschutzmaßnahmen auf die Wirtschaft. Insbesondere werden die Auswirkungen auf die Arbeitsproduktivität und auf Produktionsanlagen und Infrastruktur in den Fokus genommen.

## 2.4.1 Wirtschaftswachstum in Österreich und der Welt, Auswirkungen des demographischen Wandels auf das Wirtschaftswachstum

Der Output einer Volkswirtschaft, gemessen als Bruttoinlandsprodukt, wird durch den Einsatz von Produktionsfaktoren (z. B. Arbeit, Kapital und Boden) erwirtschaftet. Der demographische Wandel (siehe Kap. 2.3.1) führt zu einem Rückgang des Produktionsfaktors Arbeit. Stark vereinfacht wäre ein Rückgang des Bruttoinlandsprodukts bzw. des materiellen Wohlstands zu erwarten. Es stellt sich die Frage, ob es gelingt diesen Rückgang durch andere Produktionsfaktoren oder Produktionsprozesse zu kompensieren. Die aktuellen Prognosen zum Wirtschaftswachstum erlauben einen optimistischen Ausblick. Mittelfristig wird für den Zeitraum von 2017 bis 2021 für den Euroraum im Durchschnitt ein reales Wachstum von 1,8% erwartet, für die EU 1,9%, für die OECD Staaten 2,1% und für die gesamte Weltwirtschaft 3,5% (Institut für höhere Studien, 2017a). Diese Aussicht stützt sich auf das Wachstum von Konsum und Investitionen. Die Bereitschaft zu Investitionen hängt vom Zinssatz und von der in Zukunft zu erwartenden wirtschaftlichen Entwicklung ab. Nur bei positiven Zukunftserwartungen bleibt das Investitionsniveau hoch.

Der im langfristigen Vergleich niedrige Ölpreis (nach Preisen von über 100 USD je Barrel bis in den Sommer 2014 liegt der Preis seit Ende 2014 unter 70 USD je Barrel), die niedrigen Zinsen und der im Vergleich zu anderen wichtigen Währungen eher schwache Euro könnten in der Eurozone kurzfristig für positive Impulse sorgen. Die aus österreichischer Sicht wichtigsten Exportmärkte sind mittel- und westeuropäische Staaten (Deutschland, Italien, Schweiz, Frankreich und Großbritannien), die USA, Staaten aus dem CEE Raum (Tschechien, Ungarn und Polen) und China. Eine kleine Volkswirtschaft ist von der Entwicklung der Exportmärkte besonders abhängig. Da diese eine ähnliche demographische Dynamik aufweisen, ist Österreich von den Auswirkungen des demographischen Wandels besonders stark betroffen. Im Sinne einer Diversifikation wäre es auf lange Sicht sinnvoll, die Handelsbeziehungen mit Ländern mit einer „jungen“ Bevölkerung zu intensivieren.

Die Alterung führt zu einem Rückgang der Personen im erwerbsfähigen Alter; wenn weniger Arbeitskräfte weniger Wohlstand erwirtschaften, der wegen der steigenden Lebenserwartung auf mehr Leute aufzuteilen ist, ergibt das weniger Wohlstand für jeden Einzelnen. Bedeutet das für alternde Gesellschaften zwangsläufig härtere Verteilungskämpfe? Im neoklassischen Wachstumsmodell nach Solow (1956) und Swan (1956) werden Bevölkerungswachstum und das Wachstum der Arbeitskräfte als konstant angenommen, der Anteil der Arbeitskräfte an der Gesamtbevölkerung bleibt daher gleich, das Bildungsniveau wird nicht berücksichtigt. Mit

schnellerem Bevölkerungswachstum sinken der Kapitalstock pro Kopf und das Einkommen pro Kopf, es kommt zu Wohlstandsverlusten. Eine alternde Bevölkerung wächst (unter Vernachlässigung von Migration) nur langsam bzw. schrumpft. Somit müsste eine alternde Bevölkerung einen höheren Wohlstand erzielen. Diese Schlussfolgerung ist irreführend, weil das Modell keine Veränderungen der Altersstruktur berücksichtigt und daher, wie eingangs erwähnt, der Anteil der erwerbstätigen Bevölkerung konstant bleibt – was in einer realen alternenden Bevölkerung nicht zutrifft.

Mankiw u. a. (1992) erweitern dieses Modell um die Bildung und zeigen deren positiven Einfluss auf das Wirtschaftswachstum. Der positive Effekt von Investitionen (Kapital) wird durch die Erweiterung abgeschwächt, bleibt aber bestehen. Rasches Bevölkerungswachstum wirkt sich weiterhin negativ auf Wirtschaftswachstum, Einkommen und Wohlstand aus. Lutz u. a. (2008) bauen auf diesen Arbeiten auf, verfeinern aber die Einflüsse von Bildungs- und Altersstruktur und zeigen, dass Arbeitskräfte mit tertiärer Bildung die Produktivität am stärksten prägen. Die Einführung neuer Technologien wird von den 40–65-Jährigen mit Sekundarschulbildung und den 15–39-Jährigen mit tertiärer Bildung bestimmt. Die AutorInnen folgern, dass die 40–65-Jährigen mit höherer Schulbildung die Übernahme vorhandener Neuentwicklungen vorantreiben und die 15–39-Jährigen mit akademischer Bildung für Innovationen sorgen. Investitionen in die Bildung führen nicht nur für die Einzelnen zu höherem Einkommen und einem geringeren Risiko von Arbeitslosigkeit, sondern unterstützen auch langfristiges Wirtschaftswachstum.

Die endogene Wachstumstheorie erklärt technischen Fortschritt als Folge wirtschaftlicher Aktivitäten. Investitionen in neue Technologien und Humankapital erhöhen die Produktivität und ermöglichen so langfristiges Wachstum. In Romer (1990) bestimmt der Bestand an Humankapital die Wachstumsrate. Die Kosten für Investitionen in Forschung und Entwicklung (F&E) fallen sofort an, der dadurch erzielte Zugewinn an Produktivität erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt. Deshalb beeinflusst der Zinssatz die Rate des technischen Fortschritts. Im Rahmen der Modellannahmen bleiben weniger entwickelte Länder mit geschlossener Volkswirtschaft langfristig auf einem Pfad mit niedrigem Wachstum. Selbst Länder mit einer großen Bevölkerung und damit vielen AkteurInnen, die ihr Wissen und ihre Ideen in den Wertschöpfungsprozess einbringen, können ohne internationale Vernetzungen nicht aufholen. Intensive Handelsbeziehungen bzw. Wissenstransfer mit hoch entwickelten Ländern sind eine grundlegende Voraussetzung für beschleunigtes Wachstum. Prettnner (2013) zeigt, dass die steigende Lebenserwartung das Wachstum des Pro-Kopf-Outputs beschleunigt, wenn sie aufgrund zusätzlicher Kapitalbildung zu einem Sinken des Zinssatzes führt (Aksoy u. a., 2017), und dass eine Verringerung der Fertilität das Wachstum des Pro-Kopf-Outputs bremst. Unter der Annahme endogenen Wachstums übertrifft der positive Effekt der steigenden Lebenserwartung den negativen Effekt der sinkenden Fertilität und die Alte-

rung der Bevölkerung begünstigt das langfristige Wirtschaftswachstum.

Der sinkende Anteil von Personen im erwerbsfähigen Alter führt nicht zwangsläufig zu einer Verringerung des Wohlstands. Ein Vergleich mit anderen hoch entwickelten Ländern macht plausibel, dass die Beschäftigungsquoten in Österreich steigerungsfähig sind. Eine Steigerung stimuliert nicht nur das Wirtschaftswachstum, sie entlastet auch die Sozialsysteme, was wiederum Investitionen in die Bildung erleichtert. Bessere und effizientere Bildungssysteme könnten zu einem früheren Eintritt in den Arbeitsmarkt und zu geringerer Arbeitslosigkeit führen. Der frühere Eintritt in den Arbeitsmarkt könnte zu einer etwas höheren Fertilität führen, weil die wirtschaftliche Unsicherheit am Beginn der Karriere oft zu einer Verschiebung des Kinderwunsches führt. Besser ausgebildete Arbeitskräfte gehen außerdem im Durchschnitt später in Pension. Die Bevölkerungsalterung bedeutet keine Bedrohung für den Wohlstand, sondern stellt vielmehr eine Herausforderung dar, die demographischen Trends zu nutzen. Bildung und Fortbildung über das gesamte Erwerbsleben, Maßnahmen, die die Gesundheit und Arbeitsfähigkeit lange erhalten sowie ein investitionsfreundliches Umfeld sind dabei entscheidend.

## 2.4.2 Wirtschaftskrisen, Ungleichheit, Automatisierung

Die allgemeine wirtschaftliche Entwicklung beeinflusst, wie eine Gesellschaft insgesamt für die Herausforderungen durch den Klimawandel und die demographischen Veränderungen gewappnet ist. Für ärmere bzw. weniger entwickelte Länder mit geringer Wirtschaftsleistung sind die Folgen des Klimawandels bedrohlicher als für die hochentwickelten Industriestaaten. Die Verteilung des Wohlstands innerhalb der Gesellschaft bestimmt, welche Gruppen besonders gefährdet bzw. vulnerabel sind. Die unterschiedliche Verwundbarkeit ergibt sich z. B. aus dem ungleichen verfügbaren Einkommen oder über ungleichen Zugang zu Bildungs- und Informationsangeboten sowie zur Gesundheitsvorsorge (siehe Kap. 2.3.1 und 2.5.2). Die zunehmende Häufigkeit oder Verschärfung von Naturereignissen – wie Hochwasser oder Tornados – ist grundsätzlich kein gesellschaftliches, sondern ein durch Wetterphänomene verursachtes Problem; in Bezug auf die Vulnerabilität wird daraus aber ein gesellschaftliches Problem (Beck, 2010). Menschen die armutsgefährdet bzw. von Armut betroffen sind, werden durch den Klimawandel stärker und unmittelbarer bedroht als Wohlhabende, die über ausreichend Ressourcen verfügen, um Anpassungsmaßnahmen (z. B. Klimaanlage, gesunde Ernährung, Erholung in kühleren Regionen, Verlegung des Wohnsitzes) vorzunehmen. Ungleichheit besteht auch in Bezug auf die Verfügbarkeit von leistbarer Energie. Viele Menschen in südlichen Ländern sind nicht mit Elektrizität versorgt und daher beim Kochen und

Heizen auf einfache Verbrennungsöfen angewiesen. Zudem sind die Auswirkungen des Klimawandels regional unterschiedlich und verstärken damit die Ungleichheit (Kopatz u. a., 2010).

Die Ungleichheit in der Verteilung des Wohlstands bedingt daher in Zeiten des Klimawandels auch eine Ungleichheit in Bezug auf die Bedrohung durch den Klimawandel. Das gilt sowohl auf der Makroebene (für die Ungleichheit zwischen Ländern) als auch auf der Mikroebene (für die Ungleichheit innerhalb einer Gesellschaft). Arbeitslose, Frauen, ältere Menschen, Kinder in Ein-Eltern-Haushalten oder in Mehrpersonenhaushalten mit mindestens drei Kindern und Menschen mit Migrationshintergrund sind eher armutsgefährdet und somit vulnerabler in Bezug auf den Klimawandel (Lamei u. a., 2013). Durch Wirtschaftskrisen können auch zunächst resiliente Gesellschaften bzw. Gesellschaftsschichten zunehmend vulnerabel werden, z. B. durch Arbeitslosigkeit oder Sparmaßnahmen im Gesundheitssektor (Karanikolos u. a., 2013).

Die Arbeitslosenquote nach Eurostat-Definition ist in Österreich als Folge des Krisenquintetts (Subprimekrise – Finanzkrise – Wirtschaftskrise – Staatsschuldenkrise – Russland-Sanktionen) von ursprünglich 4,7 % zwischen 2007 und 2011 auf 5,5 % (2012–2015) angestiegen und erreichte 2016 mit 6,0 % einen vorläufigen Höhepunkt (Institut für Höhere Studien, 2017a, 2017b; Statistik Austria, 2017b). Als Folge des wieder beschleunigten Wirtschaftswachstums nimmt auch die Beschäftigung zu. Die Zahl der unselbstständig Beschäftigten stieg 2016 um 1,6 %; für 2017 wird ein Anstieg von 1,8 % bzw. 1,4 % erwartet. Da gleichzeitig die Zunahme des Arbeitskräftepotenzials zurückgeht, nimmt die Arbeitslosigkeit ab. Im Euroraum ist die Arbeitslosenquote seit dem Höhepunkt von 12 % im Jahr 2013 sogar um mehr als 2,5 Prozentpunkte auf rund 9,5 % gesunken (Österreichische Nationalbank, 2017), in den EU-28 ging sie von 10,9 % im Jahr 2013 auf 8,6 % zurück. Zusammen mit der Steuerreform führt das zu einem Anstieg beim privaten Konsum. Dieser Anstieg unterstützt wiederum das Wirtschaftswachstum.

Die Alterung der Bevölkerung führt zu einem Rückgang der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter (siehe Kap. 2.3.1). Die Arbeitslosigkeit sollte damit langfristig eher abnehmen, es wird sogar häufig ein Arbeitskräftemangel vorausgesagt. Ob dieser Fall tatsächlich eintritt, hängt nicht nur von der demographischen und wirtschaftlichen Entwicklung, sondern auch von der Gestaltung der Produktionsprozesse ab. Die zunehmende Automatisierung (auch unter den Schlagworten Digitalisierung bzw. Industrie 4.0 besprochen) erhöht für viele Berufsgruppen das Risiko, arbeitslos zu werden. Aktuell werden unterschiedliche Zukunftsszenarien entworfen, in denen vor allem im niedrig qualifizierten Bereich Arbeitsplätze verloren gehen, während die Nachfrage nach hoch qualifizierten Arbeitskräften weiter zunimmt (Bonekamp & Sure, 2015; Roblek u. a., 2016; Weber, 2016). Im Gegensatz dazu vertreten Autor und Dorn (2013) die These, dass vor allem die Arbeitsplätze von Beschäftigten mit mittlerer Qualifikation und mittlerem Einkommen bedroht sind. Sie begründen

diese Entwicklung damit, dass Computer effizient und präzise Routineaufgaben erledigen können, bei denen vorgegebene Regeln befolgt werden müssen. Hochqualifizierte Tätigkeiten, die Intuition, Kreativität und Eigenständigkeit erfordern, können nur eingeschränkt automatisiert werden. Außerdem fehlt Computern bzw. von Computern gesteuerten Robotern eine Schnittstelle zur Interaktion mit Menschen oder mit Objekten, deren Form und Lage nicht vorhersehbar ist. Deshalb ist die Automatisierung von Tätigkeiten, die eine verbale Kommunikation mit anderen Menschen oder die Erkennung und physische Handhabung unterschiedlicher Gegenstände erfordern, mit hohen Kosten verbunden und mitunter unwirtschaftlich. Im von Autor und Dorn skizzierten Szenario würde die Ungleichheit sogar noch stärker steigen, weil gerade die Arbeitsplätze im mittleren Einkommenssegment verloren gehen. Beschäftigte, denen der Aufstieg in hochqualifizierte und hochbezahlte Berufe nicht gelingt, sind in diesem Szenario von Arbeitslosigkeit bedroht bzw. müssen in den Niedriglohnsektor wechseln. Insgesamt würde die Zahl der Beschäftigten abnehmen. Sollte dieser Fall tatsächlich eintreten, stellt die Alterung der Gesellschaft keine Bedrohung für den Arbeitsmarkt dar, sondern mildert die Auswirkungen der zunehmenden Digitalisierung und Automatisierung.

### 2.4.3 Auswirkungen des Klimawandels und der Klimaschutzmaßnahmen auf die Wirtschaft

#### Auswirkungen auf die Wirtschaftsleistung und das Wachstum

Zahlreiche Studien gehen von negativen Auswirkungen des Klimawandels auf die Wirtschaftsleistung aus. Vor allem in den letzten Jahren konnten hierzu empirische Belege gefunden werden, basierend auf historischen Wirtschafts- und Temperaturdaten. So zeigen beispielsweise Dell u. a. (2009), dass höhere Jahresdurchschnittstemperaturen mit geringerer Wirtschaftsleistung assoziiert sind, sowohl im Ländervergleich als auch im Vergleich von Regionen innerhalb eines Landes. Außerdem weisen die AutorInnen in Dell u. a. (2012) ebenfalls deutliche und negative Auswirkungen von höheren Temperaturen auf das Wirtschaftswachstum nach, jedoch lediglich für arme Länder. Obwohl diese Literatur klimabedingte wirtschaftliche Schäden bisher hauptsächlich in armen Ländern feststellen kann, so könnten zukünftige, bisher nicht dagewesene, Temperatur- und allgemeine Wetterextrema auch Länder wie Österreich wirtschaftlich betreffen. Dann sind direkte Auswirkungen auf die österreichische Wirtschaft im Bereich der Land- und Forstwirtschaft zu erwarten. Mehrere Studien weisen darauf hin, dass erhöhte Temperaturen und damit einhergehende verlängerte Wachstumsphasen sowie der CO<sub>2</sub>-Düngeeffekt Erntemengen zunächst positiv beeinflussen könnten (Mitter u. a., 2015;

Schönhart u. a., 2014). Diese Vorteile könnten jedoch teilweise oder womöglich vollständig durch negative Klimafolgen verloren gehen, insbesondere durch häufiger werdende extreme Wetterereignisse und der Störung natürlicher Ökosysteme (Zulka & Götzl, 2015). Die Forstwirtschaft wird wahrscheinlich negativ durch den Klimawandel betroffen sein, da sich wärmere Winter positiv auf die Anzahl der schädlichen Borkenkäfer auswirken. Zudem werden häufiger vorkommende Stürme das Waldwachstum bremsen (Lexer u. a., 2015). Ebenso sind negative Klimafolgen für das produzierende Gewerbe zu erwarten. Diese umfassen neben erhöhten Kühlungskosten bei wärmeempfindlicher Ware oder Produktionsprozessen vor allem die Verzögerungen von (*Just-in-time*) Lieferketten durch Störungen der Infrastruktur (Urban & Steininger, 2015). Im Hinblick auf den österreichischen Tourismus stehen sich wirtschaftliche Schäden in der Wintersaison und Zugewinne im Sommer gegenüber. Der Wintertourismus wird dabei durch die klimabedingte fallende Schneesicherheit besonders stark getroffen. Dessen wirtschaftliche Einbußen übersteigen bei weitem die positiven Auswirkungen auf den Sommertourismus, welche sich durch längere Warmwetterphasen ergeben (Köberl u. a., 2015). Eine Anpassung durch künstlichen Schnee wird aufgrund der zukünftig zu hohen Wintertemperaturen als keine durchführbare Adaptionsstrategie angesehen (Steiger & Abegg, 2011). In Steininger u. a. (2016) wurde eine umfassende Betrachtung, bei welcher nicht nur die Auswirkungen des Klimawandels auf einzelne Sektoren in Betracht gezogen wird, sondern ebenfalls die gesamtwirtschaftlichen Beziehungen berücksichtigt werden, vorgenommen. Darin kommen die AutorInnen zum Schluss, dass insgesamt negative Auswirkungen des Klimawandels auf das Bruttonationaleinkommen als auch auf die Wohlfahrt zu erwarten sind.

#### Auswirkungen auf die Arbeitsproduktivität

Der globale Klimawandel erhöht langfristig Temperaturen und verändert somit die Bedingungen, unter welchen Menschen arbeiten. Dies betrifft nicht nur die Arbeit im Freien, sondern bei ungenügendem Schutz auch die Beschäftigung in Innenräumen. Die wissenschaftliche Evidenz belegt eindeutige negative Auswirkungen auf die Arbeitsproduktivität durch Hitze (Kjellstrom, Kovats u. a., 2009). Studien auf globaler Ebene identifizieren dabei die größten Produktivitätsschäden in ohnehin warmen Weltregionen (Kjellstrom, Holmer u. a., 2009, Dunne u. a., 2013). Es sind jedoch auch negative Konsequenzen für Österreich zu erwarten. Im Rahmen des Projekts COIN wurden die Produktivitätsauswirkungen des Klimawandels bewertet, basierend auf Projektionen hinsichtlich regionaler Temperaturen, Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit in Österreich (Urban & Steininger, 2015). Gesamtwirtschaftlich verursachen demnach klimatische Veränderungen Produktivitätsverluste in Österreich. Am stärksten sind arbeitsintensive Wirtschaftszweige betroffen, wie etwa die Sektoren Gesundheit, Einzelhandel, Immobilien und der öffentliche Sektor. Die größten Auswirkungen

in Österreich sind dabei in Wien, dem Wiener Umland sowie dem Burgenland zu erwarten.

### Auswirkungen auf Produktionsanlagen und die Infrastruktur

Durch höhere Temperaturen und damit häufiger auftretende Extremwetterereignisse wird der Klimawandel die öffentliche Infrastruktur und die Produktionsanlagen beeinflussen. Weltweit sind hier vor allem Küstenregionen aufgrund des vom Klimawandel ausgelösten steigenden Meeresspiegels betroffen (McGranahan u. a., 2007). Außerdem stellen erhöhte Niederschlagsmengen sowie häufiger auftretende Wetterextreme als Folge wachsender Durchschnittstemperaturen eine Gefahr für die öffentliche und private Infrastruktur auch abseits der Küstenregionen dar. In Österreich sind die Auswirkungen von Wetterereignissen auf die Straßeninfrastruktur von großer wirtschaftlicher Bedeutung. Bereits jetzt verursachen Niederschläge Schäden von jährlich ca. 18 Millionen Euro. Die Schadenskosten werden sich unter Berücksichtigung von Projektionen hinsichtlich Niederschlagsmengen und Straßennutzung im Laufe der nächsten 40 Jahre voraussichtlich mehr als verdoppeln (Bednar-Friedl u. a., 2015). Ebenso ist zu erwarten, dass die durch Hochwasser von Fließgewässern in Österreich verursachten Kosten steigen werden. Die wirtschaftlichen Auswirkungen variieren zwischen den verschiedenen Wirtschaftszweigen. Durch notwendige Wiederherstellungsarbeiten werden die Sektoren Produktion und Handel eher profitieren, wohingegen öffentliche Ausgaben durch finanzielle Leistungen zur Schadensabdeckung belastet werden (Prettenthaler u. a., 2015).

### Auswirkungen durch Klimaschutzmaßnahmen

Die oben genannten negativen Auswirkungen auf die Wirtschaft machen, neben anderen Gründen, eine entschiedene Reduktion von Treibhausgasemissionen notwendig. Es ist jedoch zu erwarten, dass Klimaschutzmaßnahmen sich ebenfalls auf die Wirtschaft auswirken können. So gehen die häufig genannten Klimaschutzinstrumente, CO<sub>2</sub>-Steuern sowie -Zertifikathandel notwendigerweise mit Preissteigerungen von karbonintensiven Gütern einher, welche sich negativ auf die Wettbewerbsfähigkeit nationaler Sektoren auswirken können und beispielsweise in Österreich zu steigender Arbeitslosigkeit und Einkommensverlusten führen könnten. Besonders für die USA weisen mehrere Studien starke negative Wettbewerbseffekte durch Klimaschutzmaßnahmen nach (Levinson & Taylor, 2008; Aldy & Pizer, 2015). Internationale Abkommen können jedoch Anreize zur Abwanderung von karbonintensiver Produktion vermindern oder eliminieren. Ebenso können Klimaschutzmaßnahmen die Entwicklung und Verbreitung neuer umweltfreundlicher Technologie fördern (Kemp & Pontoglio, 2011), sodass heimische Sektoren international kompetitiver werden.

Neben den Folgen für die produzierende Wirtschaft, haben Klimaschutzmaßnahmen auch direkte Auswirkungen

auf die Haushalte. So führen beispielsweise höhere Energiepreise zu einer stärkeren finanziellen Belastung. Da der Anteil der Ausgaben für Energie in einkommensschwächeren Haushalten höher liegt, können sich CO<sub>2</sub>-Steuern regressiv auswirken und die bereits vulnerablen ärmeren Bevölkerungsgruppen noch stärker gefährden (Fullerton, 2008). Empirische Evidenz verortet in der Regel einen existenten aber schwachen Regressivitätscharakter von Klimaschutzmaßnahmen (Baranzini u. a., 2000; Fullerton & Heutel, 2011). Die Regressivität kann jedoch abgemildert werden durch eine entsprechende progressive Umverteilung von Steuereinnahmen (Barker & Köhler, 1998). Außerdem kann der Umstieg auf umweltfreundliche Technologien über den gesamten Lebenszyklus eines Produkts sogar zu Kosteneinsparungen führen, wie z. B. bei einem Elektroauto (Samaras & Meisterlin, 2008).

## 2.4.4 Zusammenfassende Bewertung

Bedingt durch den demographischen Wandel wird der Anteil der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter abnehmen. In einem optimistischen Szenario kann dieser Rückgang durch Bildung und zunehmende Automatisierung ausgeglichen werden. Im günstigen Fall kann so das erreichte Wohlstandsniveau aufrechterhalten bzw. sogar weiter gesteigert werden. Die höhere (gesunde) Lebenserwartung kann sich positiv auf die wirtschaftliche Entwicklung auswirken, indem z. B. das Pensionsantrittsalter angepasst wird und steigende Kapitalbildung für Investitionen genutzt wird. Weiters kann eine intensivere internationale Vernetzung den technischen Fortschritt und damit auch das Wirtschaftswachstum beschleunigen. Abgesehen vom Wachstum kommt der Verteilung des Wohlstands eine große Bedeutung zu. Zu den armutsgefährdeten Personen gehören insbesondere Arbeitslose, Frauen, ältere Menschen, Kinder in Ein-Eltern-Haushalten oder in Mehrpersonenhaushalten mit mindestens drei Kindern und Menschen mit Migrationshintergrund. Diese sind wiederum stärker vom Klimawandel bedroht, da sie nicht über die erforderlichen Ressourcen verfügen, um sich vor den negativen Auswirkungen zu schützen. Verteilungspolitische Maßnahmen und die Reintegration in das Erwerbsleben werden daher in Zukunft eine größere Bedeutung erlangen. Der Klimawandel verursacht z. B. durch Stürme, Starkregen, Hagel, Hochwasser oder Vermurungen direkte Schäden an der öffentlichen Infrastruktur sowie an Produktionsanlagen. Darüberhinaus verringern höhere Temperaturen die Arbeitsproduktivität und damit die Wirtschaftsleistung.

## 2.5 Veränderungen der Gesundheitssysteme

Das österreichische Gesundheitssystem ist ein zentraler Sektor des Staates. Im Jahr 2015 waren knapp 400.000 Personen bzw. rund 7 % der Erwerbstätigen im Gesundheits- und Sozialsektor beschäftigt (Statistik Austria, 2017a). Die Gesundheitsausgaben beliefen sich auf rund 35 Milliarden Euro oder 10,3 % des Bruttoinlandproduktes (Statistik Austria, 2018). Das österreichische Gesundheitssystem ist durch hohe Ressourcenausstattung und Inanspruchnahme charakterisiert, rund 270 Spitäler und mehr als 45.000 Ärzte stehen zur Verfügung. Österreich hat eine der höchsten Krankenhaushäufigkeiten (Aufenthalte im Verhältnis zur Bevölkerung) und Ärztedichten (Ärzte im Verhältnis zur Bevölkerung) der Welt (Bachner u. a., 2013).

Bisher wurde das Thema Klimawandel in der österreichischen gesundheitspolitischen Debatte wenig prominent behandelt, zunehmende klimabedingte Ereignisse stellen das Gesundheitssystem jedoch vor zentrale Herausforderungen. Einerseits ist eine Verantwortung als zentraler Wirtschaftszweig und Emittent von Treibhausgasen gegeben, andererseits werden die gesundheitlichen Folgen des Klimawandels zu erhöhter Inanspruchnahme führen. Beide Prozesse bedingen vielseitige Anpassungsstrategien. Im Folgenden werden diese Herausforderungen dargestellt und gleichzeitig eine inhaltliche Brücke zu Kapitel 4 geschlagen, das u. a. Lösungs- und Anpassungsstrategien aufarbeitet.

### Entwicklung des österreichischen Gesundheitssystems

Eine wesentliche Basis des Gesundheitssystems in Österreich stellt die gesetzliche Regelung der Sozialversicherung dar. 1889 wurde die österreichische Sozialversicherung als Selbstverwaltung, im heutigen Sinne, erstmals eingeführt.

Die sinkende Volksgesundheit und somit die verminderte Verfügbarkeit wehrtauglicher Männer und die aufstrebende Arbeiterbewegung waren vorrangig die treibenden Kräfte für die Initiierung einer solchen Sozialversicherung nach dem Vorbild der Bismarckschen staatlichen Sozialgesetze (Eckhart, 2009).

Die Wurzeln für eine soziale Absicherung reichen bis ins Mittelalter zurück, wobei u. a. den sogenannten Bruderladen der Bergleute große Bedeutung zukam. Im 19. Jahrhundert gab es im Kaisertum Österreich (später Österreich-Ungarn) bereits – allerdings meist wirkungslose – Verordnungen zur sozialen Absicherung, wie z. B. die Dienstbotenordnung von 1810, die Gewerbeordnung von 1859 oder die Einführung der Allgemeinen Arbeiter-, Kranken- und Invalidenunterstützungskasse 1868 in Wien, um nur einige zu nennen.

Der Einführung der österreichischen Sozialversicherung im Jahr 1889 gingen zahlreiche Beratungen voraus, 1887 sanktionierte schlussendlich Kaiser Franz Joseph das Arbeiter-

und Unfallversicherungsgesetz (Teschner, 1994), 1888 das erste österreichische Krankenversicherungsgesetz (Horr, 1963) und 1889 das Bruderladengesetz (Rudolf, 1989), das die Knappschaftskassen mit den übrigen Krankenkassen gleichstellte.

Die Erste Republik (nach dem Zusammenbruch der österreichisch-ungarischen Monarchie 1918) ist durch einen bedeutenden Ausbau der Sozialpolitik gekennzeichnet. Dazu gehören nach der Einführung der Arbeitslosenversicherung im Jahre 1920, der weitere Ausbau der Sozialversicherung mit den Regelungen für Angestellte, Land- und Forstarbeiter, die Ausweitung der Krankenversicherung auf alle in einem Arbeits-, Dienst- oder Lohnverhältnis stehenden Personen sowie 1926 durch das Angestelltenversicherungsgesetz die Regelung der Kranken-, Unfall- und Pensionsversicherung für Privatangestellte (Hofmarcher, 2013).

Die Zwischenkriegszeit wurde maßgeblich durch den Mediziner Julius Tandler geprägt, der 1919 in den Wiener Gemeinderat gewählt und zum Unterstaatssekretär und Leiter des Volksgesundheitsamtes bestellt wurde. 1920 schuf er das Krankenanstaltengesetz und sicherte damit den österreichischen Krankenhäusern die Übernahme der Kosten durch Bund, Länder und Gemeinden. Als amtsführender Stadtrat für das Wohlfahrts- und Gesundheitswesen der Stadt Wien kämpfte Tandler mit großem Engagement gegen die auch noch kriegsbedingte katastrophale Situation auf dem Gesundheitssektor und für den Ausbau der Fürsorge. Ganz besonders engagierte er sich in der Bekämpfung der hohen Säuglingssterblichkeit und der Tuberkulose (Maderthaner, 1997).

Im Gegensatz zu dieser Entwicklung – Sozialausgaben in Österreich nahmen von 10,7 % an den Staatsausgaben 1923 auf 23,5 % 1932 zu (Tálos, 1995) – stand die Politik ganz im Zeichen des Austrofaschismus. Es kam zu Kürzungen des Krankengeldes, zur Einschränkung der Familienversicherung und der Einführung der Beitragspflicht zur Krankenversicherung für Rentenempfänger.

Der „Anschluss“ an das Deutsche Reich 1938 brachte auch bezüglich der Sozialversicherung mit der Reichsversicherungsordnung deutsche Rechtsvorschriften mit sich. Die Selbstverwaltung der Sozialversicherung wurde abgeschafft und durch das „Führerprinzip“ ersetzt (Rudolf, 1989).

Nach dem Ende des Zweiten Weltkrieges und der Wiedererrichtung der Republik Österreich wurde am 12. Juni 1947 das Sozialversicherungs-Überleitungsgesetz eingeführt, die Selbstverwaltung war damit wieder hergestellt. Als Dachorganisation wurde 1948 der Hauptverband der österreichischen Sozialversicherungsträger eingerichtet.

Das ab 1.1.1956 geltende Allgemeine Sozialversicherungsgesetz (ASVG) löste die bis dahin geltenden Gesetze auf dem Gebiet der Sozialversicherung ab. Es fasste die Kranken-, Unfall- und Pensionsversicherung für ArbeiterInnen und Angestellte in Industrie, Bergbau, Gewerbe, Handel, Verkehr und Land- und Forstwirtschaft zusammen und regelte außerdem die Krankenversicherung der PensionistInnen. Die Krankenversicherung sah nun z. B. vor, Arbeitsunfähigkeit infolge einer Krankheit als eigenen Versicherungsfall anzuer-

kennen, das Krankengeld wurde erhöht und der Mutterschutz ins Krankenversicherungsrecht übernommen (Horr, 1963).

Die stetige Novellierung des ASVG verbesserte einerseits die soziale Situation deutlich – waren 1955 70,20 % der Bevölkerung versichert, so waren es 1980 99,4 % (Tálos, 1981) –, andererseits machte sich schon bald die Problematik der Finanzierung des Gesundheitswesens in Österreich bemerkbar.

Im Gesundheitsbereich wurden zahlreiche neue Leistungen präventiven Charakters eingeführt, darunter z. B. die Gesundenuntersuchungen seit 1974. Ab 1980 traten erneut Finanzierungsprobleme des österreichischen Sozialversicherungsmodells auf, ausgelöst durch Konjunkturschwankungen und die überproportional steigenden Aufwendungen für Krankenhäuser. Dies lag sowohl am laufenden Ausbau von Leistungen als auch an der steigenden Lebenserwartung. Diese demographische Entwicklung führt durch die Behandlung von Alterskrankheiten zu erhöhten Kosten.

1978 (bis 1996) wurde zur Bewältigung der Finanzierungsprobleme der KrankenanstaltenZusammenarbeitsfonds (KRAZAF) gegründet. Gleichzeitig setzte man sich das Ziel, die österreichische Krankenanstaltenfinanzierung zu reformieren. Der KRAZAF finanzierte sich aus Mitteln der Umsatzsteuer und der Sozialversicherung. Mit einer Vereinbarung über die Reform des Gesundheitswesens und der Krankenanstaltenfinanzierung wurde der KRAZAF mit Beginn 1997 durch einen Strukturfond auf Bundesebene und neun Landesfonds abgelöst und die angestrebte leistungsorientierte Krankenanstaltenfinanzierung (LKF) eingeführt (Eckhart, 2009).

Seit 1889 besteht nun in Österreich das soziale Krankenversicherungssystem, das seit 2010 durch die Einbeziehung von EmpfängerInnen der bedarfsorientierten Mindestsicherung 99,9 % der Bevölkerung Zugang zu medizinisch hochwertigen Leistungen ermöglicht. Das Gesundheitssystem finanziert sich aus Steuer- und Sozialversicherungsmitteln, die Belastungen der Lohnkosten durch die Krankenversicherungsbeiträge sind daher relativ gering. Zu den Herausforderungen des Systems gehört nach wie vor die Stärkung von Gesundheitsförderung und Prävention.

## Aktuelle Gesundheitsreformen

Die Gesundheitsreformen der letzten Jahre widmeten sich vor allem einer Verbesserung der Koordination und Steuerung des Gesundheitswesens ohne explizit auf den Klimawandel einzugehen. Nachhaltige Finanzierung soll u. a. durch Entlastungen des bettenführenden intramuralen Bereichs erreicht werden. Qualitativ gleichwertige ambulante Leistungen sind dabei der vollstationären Leistungserbringung (Aufenthalt mit mindestens einer Nächtigung) vorzuziehen. Einige der verfolgten Strategien der aktuellen Gesundheitsreform „Zielsteuerung-Gesundheit“ wirken sich jedoch begünstigend auf klimabedingte Anpassungsstrategien und Erfordernisse aus.

In diesem Kontext legt die aktuelle Gesundheitsreform „Zielsteuerung-Gesundheit“ einen Fokus auf den Ausbau der

niedergelassenen Primärversorgung (insbesondere der Allgemeinmedizin). Hier ergibt sich auch eine der größten Herausforderungen des Systems, da aufgrund der Altersverteilung große Pensionierungswellen vor allem in ländlichen Gebieten prognostiziert werden. Gleichzeitig wird es für die Sozialversicherungsträger zunehmend schwerer, Kassenstellen in ruralen Gebieten nachzubeseetzen. Hier soll vor allem mit Primärversorgungszentren gegengesteuert werden, die mehrere ÄrztInnen beschäftigen können und somit attraktivere Arbeitsplätze darstellen als der derzeitige Regelfall der Einzelordination des Allgemeinmediziners.

Der Primärversorgung wird auch eine Schlüsselrolle hinsichtlich der Prävention und Behandlung von klimainduzierten Gesundheitsfolgen zugeschrieben. Angesichts der mannigfaltigen gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels werden vor allem regionale Antworten auf diese Phänomene benötigt werden. Die lokalen Gesundheitsdiensteanbieter – und dabei insbesondere die Allgemeinmediziner als erste lokale Anlaufstelle – nehmen dabei eine tragende Rolle ein (Blashki u. a., 2007).

Neben hoher Zufriedenheit mit dem Gesundheitssystem und Gewährleistung nachhaltiger Finanzierung legt die aktuelle Gesundheitsreform (2016–2021) auch einen Schwerpunkt auf die Steigerung der Gesundheitskompetenz, die ebenfalls eine große Bedeutung hinsichtlich des Umgangs mit klimainduzierten Ereignissen hat. Die Stärkung der individuellen Gesundheitskompetenz ist als eine der wesentlichsten und effektivsten Anpassungsstrategien zu sehen (siehe Kap. 4). Durch Wissensvermittlung und Aufklärung kann Verhalten beeinflusst werden (z. B. das Vermeiden von übermäßiger Sonnenexposition, ausreichende Flüssigkeitszufuhr etc.).

## 2.5.1 Einfluss des Klimawandels auf Gesundheitssysteme global und in Österreich

Die gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels sind mittlerweile unumstritten und durch zahlreiche Studien und Publikationen belegt (APCC, 2014). Damit wird der Klimawandel nicht nur zu einer umweltpolitischen, sondern auch zu einer der zentralsten gesundheitspolitischen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts (Costello u. a., 2009). Zu aktuellen Schwierigkeiten für nationale Gesundheitssysteme, wie z. B. die Auswirkungen des demographischen Wandels, kommt somit noch eine weitere hinzu, deren Stärke und Ausmaß stark von der Vulnerabilität von Regionen, Bevölkerungsgruppen und (Gesundheits-)Systemen abhängt. Obgleich die Entwicklungsländer des Südens unter wesentlich stärkeren direkten und indirekten Auswirkungen des Klimawandels leiden, sind auch die Länder Europas – und damit Österreich – zunehmend betroffen (Krämer u. a., 2013).

Direkte Folgen ergeben sich aufgrund von Schäden und Krankheiten, beispielsweise als Folge von extremen Wetterer-

eignissen. Die direkt belasteten Umweltsysteme vermitteln weitere Einflüsse, wie zunehmende Luftverschmutzung und sich verändernde Muster von vektor-, nahrungs- bzw. wasserbasierten Erkrankungen, die zu einer unmittelbaren Nachfragesteigerung von Gesundheitsleistungen sowohl präventiver als auch kurativer Natur führen. Für den Public Health Bereich ergeben sich spezifische Herausforderungen, die Anpassungsstrategien in mehreren mit dem Gesundheitssystem verwobenen Bereichen notwendig machen.

### Status Quo und Herausforderungen aus der Public Health Perspektive

Einflüsse auf die Bevölkerungsgesundheit sind gleichzeitig direkte oder indirekte Einflüsse auf das Gesundheitssystem. Im engeren Sinne definiert die WHO Gesundheitssysteme als die Gesamtheit aller Organisationen, Menschen und Handlungen, deren primäres Ziel es ist, Gesundheit zu fördern, wiederherzustellen und zu erhalten (WHO, 2018). Im Sinne eines determinantenorientierten Ansatzes hat die Definition in den letzten Jahren eine Erweiterung erfahren und so sind nun auch Anstrengungen, die zur Verbesserung der Gesundheitsdeterminanten (siehe Kap. 2.2) beitragen, als „*Health in all Policies*“-Ansatz miteingefasst. Gesundheitliche Folgen des Klimawandels sind demnach durch eine gesundheitsorientierte Gesamtpolitik zu beeinflussen, die in Österreich meist außerhalb des Gesundheitssystems verortet ist, dennoch aber vom Gesundheitssystem im engeren Sinne adressiert werden kann (Blashki u. a., 2007).

Die vielen unterschiedlichen klimabedingten Gesundheitsrisiken zeigen die Notwendigkeit eines breiten Handlungsspektrums auf, das nicht nur die AkteurInnen des Gesundheitssystems umfasst, sondern darüber hinaus koordinatives Handeln erfordert. Insbesondere in Österreich ist die Akteurslandschaft durch starke Fragmentierung hinsichtlich der Zuständigkeiten geprägt. Dies erhöht nicht nur die Komplexität des Gesundheitssystems selbst, sondern stellt auch eine über alle Sektoren hinweg zentrale Herausforderung dar.

Im österreichischen Gesundheitssystem wurde in diesem Zusammenhang mit den Gesundheitszielen Österreich ein breiter Stakeholderprozess aufgesetzt, der mit dem Gesundheitsziel 4 „Luft, Wasser, Boden und alle Lebensräume für künftige Generationen sichern“, versucht, im Sinne eines „*Health in all Policies*“-Ansatzes den Zusammenhang zwischen Gesundheit und Klima in anderen Politikfeldern zu positionieren und mit Maßnahmen zu hinterlegen. Derzeit sind mehr als 20 staatliche und nicht staatliche Institutionen unter der Koordination des Bundesministeriums für Gesundheit und Frauen beteiligt.

Ein ähnlicher Ansatz wird auch in der österreichischen Klimawandelanpassungsstrategie verfolgt, deren Ziel es ist, nachteilige Auswirkungen des Klimawandels auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft zu vermeiden und die sich ergebenden Chancen zu nutzen (BMLFUW, 2017). Der Prozess wird vom Lebensministerium koordiniert und entwickelt entlang von 14 Aktivitätsfeldern schrittweise Handlungsempfehlun-

gen. Das Aktivitätsfeld 9 adressiert unmittelbar Gesundheit und nennt 8 Handlungsempfehlungen, die meist präventiver Natur sind (siehe Kap. 4.3.1). Beide Prozesse sollen sich gegenseitig verstärken.

## 2.5.2 Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheitsversorgung

Die gesundheitlichen Folgen des Klimawandels werden in Kapitel 3 ausführlich beschrieben, gemein ist ihnen der mittelbare oder auch unmittelbare Einfluss auf die Gesundheitssysteme bzw. die Gesundheitsversorgung, wobei die Effekte äußerst vielfältig und oftmals schwer kausal fassbar sind. In Anlehnung an den APCC Sachstandsbericht 2014 können Gesundheitsfolgen des Klimawandels und damit verbunden systemische Auswirkungen in direkte (primäre), indirekte (sekundäre) und tertiäre Auswirkungen unterschieden werden.

Zu den offensichtlichsten direkten gesundheitlichen Auswirkungen zählen beispielsweise steigende Inzidenzen von Verletzungen durch extreme Wetterereignisse oder akute Herz-Kreislauf-Erkrankungen aufgrund von Hitze. Sekundäre gesundheitliche Klimafolgen ergeben sich durch Viruserkrankungen bedingt durch regional neuartig auftretende Insekten, Atemwegserkrankungen durch Verschlechterung der Luftqualität, Allergien durch regional neu auftretende Pflanzen, Haut- und Krebserkrankungen durch intensivere Sonneneinstrahlung und Hitze, bakterielle Infektionen durch abnehmende Lebensmittel- und Wasserqualität und auch psychische Traumata durch Extremereignisse (Gerlinger, 2013). Schließlich können noch tertiäre Auswirkungen genannt werden, die ebenfalls indirekte Einflüsse haben, indem beispielsweise Klimastressoren in anderen Weltregionen zu Migrationsbewegungen führen, die die Gesundheitssysteme zusätzlich belasten (APCC, 2014).

Dies bedeutet für das Gesundheitssystem, dass eine verstärkte Vorhaltung entsprechender präventiver, notfalltechnischer und kurativer Kapazitäten für den Katastrophenfall aber auch für langfristige gesundheitliche Auswirkungen, wie etwa zunehmende Prävalenzen von chronischen (Atemwege, Tumore, Allergien) oder akuten herzkreislaufbedingten Erkrankungen notwendig ist. Die Bereitstellung und die Inanspruchnahme bewirken nicht nur gesundheitsökonomische Implikationen (siehe Kap. 2.5.3), sondern tragen ihrerseits selbst durch verstärkte Emissionen zum Klimawandel bei (z. B. durch Kühl- und Heizsysteme, Beschaffung und Transport etc.).

Wissenschaftliche Studien zu klimainduzierten zukünftigen Vorhaltekapazitäten in Österreich liegen derzeit nicht vor, es existiert jedoch eine fragmentierte Evidenz zur Krankheitslast (siehe Kap. 3) etwa im Falle von vermehrten Hitzetagen. So kamen Hutter u. a. (2007) zum Ergebnis, dass im Zeit-

raum 1998–2004 an Hitzetagen die Anzahl der Todesfälle unter der älteren Bevölkerungsschicht (65+) in Wien signifikant anstieg. Im Jahr 2003 gab es eine Häufung von Hitzetagen, die zu 180 zusätzlichen Todesfällen führte. Zumindest 130 dieser Todesfälle hätten gemäß Hutter u. a. durch prompte medizinische Hilfe und rechtzeitige Aufklärung der Risikogruppen zum Verhalten bei extremer Hitze verhindert werden können. Moshhammer u. a. (2009) konnten zeigen, dass ebenso in ländlichen Regionen (Mühlviertel) die Sterblichkeit signifikant von Temperaturschwankungen beeinflusst wird (Moshhammer u. a., 2009). Auf ähnliche Zahlen kommen auch andere AutorInnen, daher ist davon auszugehen, dass alleine in Europa jährlich mehrere tausend hitzebedingte Todesfälle vermeidbar wären (Kovats & Ebi, 2006).

Evidenz aus den USA zeigt, dass sich die Hospitalisierungsraten aufgrund von Hitzeexposition um 393 % für jeden Anstieg um 10° Fahrenheit über der Durchschnittstemperatur erhöhen. Ischämische Schlaganfälle führten zu einem 3%igen und akutes Nierenversagen zu einem 15%igen Anstieg der Spitalsaufnahmen in Kalifornien (Basu u. a., 2012).

## Vulnerable Gruppen und Hoch-Risiko-Gebiete

Das Phänomen gesundheitlicher Ungleichheit wird durch klimaassoziierte Veränderungen vielfach verstärkt. Meist sind die (auch ohne Klimawandel) vulnerablen Bevölkerungsgruppen (siehe Kap. 2.3.1) besonders betroffen und hinsichtlich präventiver Maßnahmen in den Vordergrund zu stellen. Diesbezüglich gilt es, auch aufseiten des Gesundheitssystems, verschiedene Faktoren zu beachten.

Eine wichtige Rolle spielen biologische Unterschiede: Kinder (hier vor allem Säuglinge und Kleinkinder) sowie ältere (und vor allem sehr alte) Menschen haben eine höhere Vulnerabilität ebenso chronisch kranke bzw. gesundheitlich beeinträchtigte Menschen.

Darüber hinaus ergeben sich aus der spezifischen Lebenssituation unterschiedliche Vulnerabilitäten, wobei u. a. die Arbeits- und die Wohnsituation von besonderer Relevanz sind. Menschen, die vorrangig im Freien arbeiten (z. B. auf Baustellen, in der Landwirtschaft) und/oder körperlich sehr anstrengende Arbeit leisten (z. B. viele Formen der Fabriksarbeit, Lagerarbeit, Pflege, Erntearbeiter) sind Klimaveränderungen viel stärker ausgesetzt als Menschen, die körperlich weniger anstrengende Arbeit in (klimatisierten) Büros leisten. Desgleichen sind Bevölkerungsgruppen, die in stark verbauten Gebieten leben, von den Klimafolgen stärker betroffen als Menschen, die in oder nah bei Grünräumen wohnen. Besonders vulnerabel sind obdachlose Menschen sowie Personen, die in Wohnungen mit schlechter Bausubstanz (z. B. ohne ausreichende Isolierung) und/oder Überbelag leben.

Besonders relevant in Hinblick auf die Vulnerabilität sind sozioökonomische Faktoren.

1. Zunächst zeigt sich bei fast allen Gesundheitsindikatoren ein „sozialer Gradient“, d. h. sozial benachteiligte Gruppen (sichtbar durch Armutsgefährdung, geringere Bildung,

Arbeitslosigkeit etc.) weisen fast durchgängig einen schlechteren Gesundheitszustand auf.

2. Des Weiteren sind sozioökonomisch benachteiligte Gruppen deutlich stärker von den oben ausgeführten – tendenziell die Vulnerabilität erhöhenden – Lebensbedingungen betroffen als besser gestellte Gruppen. So sind z. B. Menschen mit geringerem Einkommen und Bildung viel häufiger in Berufen zu finden, die in Hinblick auf Klimaveränderungen besondere Belastungen mit sich bringen und in Wohnsituationen (sowohl hinsichtlich Lage und Qualität als auch Wohnform), die eine erhöhte Vulnerabilität bedingen. Besonders ausgeprägt ist dies bei der großen Gruppe von MigrantInnen, die in sozial prekären Verhältnissen lebt.
3. Außerdem sind die Kompensations- bzw. Anpassungsmöglichkeiten an Klimaveränderungen ungleich verteilt. Personen mit geringerem Einkommen haben viel seltener die Chance, beispielsweise über die Gestaltung oder Ausstattung der Wohnung (Begrünung, „Verschattung“, Klimaanlagen etc.) oder durch Urlaube, die Belastungen aufgrund der Klimaveränderungen zu reduzieren.

Dies bedeutet, dass sozioökonomisch benachteiligte Personen eine besonders hohe Vulnerabilität aufweisen, weil sich die Belastungen auf mehreren Ebenen gegenseitig verstärken und zugleich wenig Kompensations- oder Anpassungsmöglichkeiten vorliegen. Entsprechend zeigte sich in der Vergangenheit bei spezifischen durch Klimaveränderungen verursachten besonderen Belastungen (Hitze, klimabedingte Naturkatastrophen etc.) eine besondere Betroffenheit von sozioökonomisch benachteiligten Gruppen – oft nochmals verstärkt, wenn dies mit anderen Vulnerabilitäten (z. B. Alter) einhergeht. So war bei der Hitzewelle in Wien im Jahr 2003 die Sterblichkeit in den einkommensschwachen Bezirken besonders hoch (Hutter u. a., 2007).

Laut aktuellen SILC-Daten sind 14 Prozent der in Österreich lebenden Menschen als armuts- und ausgrenzungsgefährdet einzustufen. Ein deutlich erhöhtes Risiko der Armutsgefährdung haben kinderreiche Familien, Ein-Eltern-Haushalte, MigrantInnen, Frauen im Pensionsalter, arbeitslose Menschen sowie HilfsarbeiterInnen und Personen mit geringer Bildung (Eurostat, 2018).

Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass Wohlfahrt je nach Bevölkerungsgruppe unterschiedlich wahrgenommen wird. Sind zwei Personen mit unterschiedlichem Einkommen von demselben gesundheitlichen Effekt betroffen, so werden sie diesen unterschiedlich wahrnehmen. Aus diesem Grund ist es empfehlenswert, dass die Ergebnisse ökonomischer Bewertungen zu den gesundheitlichen Folgen, die durch die Folgen des Klimawandels entstehen, nicht nur auf aggregierter Ebene betrachtet werden, sondern auch differenziert nach unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen (Schmitt u. a., 2016; WHO, 2013).

## Prävention des Klimawandels im Gesundheitssystem

Die Primärprävention des Klimawandels an sich ergibt sich durch staatliche oder globale Maßnahmen, die seine direkte Bekämpfung im Fokus haben (CO<sub>2</sub>-Reduktion). Sie finden meist außerhalb des Gesundheitssystems im engeren Sinne statt und erfordern u. a. Interventionen in Umwelt-, Wirtschafts-, Verkehrs- und Technologiepolitik.

Zwar erzeugt der Gesundheitssektor selbst eine beachtliche Menge an klimasensitiven Emissionen, dieses Phänomen steht jedoch selten im Fokus der Klimadebatte. Studien haben gezeigt, dass Maßnahmen im Gesundheitswesen (z. B. hohe thermische Gebäudestandards, effizientes Energiemanagement, Umstieg auf erneuerbare Energieträger) ein nennenswertes Reduktionspotenzial besitzen (z. B. NHS Carbon Footprint, siehe Kap. 4.3). Gesundheitsförderung und Krankheits-Prävention reduzieren zudem die Nutzung des Gesundheitssystems und fördern somit indirekt den Klimaschutz.

Die gesundheitspolitische Agenda ist meist von Bemühungen geprägt, deren eigentliche Intention Effizienzsteigerungen und Kostensenkungen darstellen und u. a. die Reduktion von vermeidbaren Aufenthalten bezwecken. Diese Ziele stehen nicht notwendigerweise in Wettbewerb mit Klimaschutzziele, sondern ergänzen sich vielmehr gegenseitig. Programme wie die aktuelle Gesundheitsreform Zielsteuerung-Gesundheit, die die Steigerung der Gesundheitskompetenz, den Ausbau von gesundheitsförderlichen und präventiven Maßnahmen sowie die Inanspruchnahme ambulanter vor stationärer Behandlung fordern, unterstützen so implizit den Klimaschutz (BMGF, 2017, Zielsteuerungsvertrag).

Derzeit finden die aktiven Bemühungen des Gesundheitswesens hinsichtlich Klimaschutzes eher punktuell und auf regionaler Ebene statt. Da die Gesundheitsversorgung vielfach in die Verantwortung der Bundesländer fällt, kommt es zu regionalen Unterschieden. Das österreichische Netzwerk gesundheitsfördernder Krankenhäuser und Gesundheitseinrichtungen, an dem zur Zeit 35 Einrichtungen teilnehmen, hat sich u. a. explizit das Ziel gesetzt, als Energie- und Ressourcenverbraucher durch strategische Optimierung des Einkaufs- und des Abfallmanagements erheblich zum Umweltschutz beizutragen (BMGFJ, 2008). Manche Einrichtungen konnten bereits Mobilitätskonzepte, nachhaltige Müllkonzepte, Einkaufsgemeinschaften und Energiegewinnungskonzepte umsetzen (APCC, 2014).

## Prävention der Folgen des Klimawandels im Gesundheitssystem

Die prominenteste Präventionsebene im Zusammenhang mit Klimawandel und Gesundheit bezieht sich auf die Prävention seiner Symptome. Es geht meist um Vermeidung oder Abschwächung von direkten und indirekten gesundheitlichen Folgen. Aus präventiver Sicht ergeben sich dabei Brennpunkte

hinsichtlich Hoch-Risiko-Gebieten und vulnerablen Bevölkerungsgruppen.

## 2.5.3 Auswirkungen auf Gesundheitsausgaben

Der Klimawandel bringt eine breite Palette an Implikationen für die menschliche Gesundheit und damit verbunden auch für die nationalen Gesundheitssysteme mit sich. Extreme Temperaturen bzw. extreme Wetterereignisse sowie Luftverschmutzung haben Einfluss auf die Morbidität und Mortalität einer Bevölkerung. Dies wirkt sich im Gesundheitssystem durch eine erhöhte Inanspruchnahme von Leistungen aus; in der Wirtschaft werden die Effekte durch krankenstandsbedingte Produktivitätseinbußen sichtbar. Durch den Klimawandel induzierte gesundheitliche Belastungen betreffen somit nicht nur Einzelpersonen, sondern auch die Gesamtgesellschaft und gehen mit zusätzlichen, teilweise vermeidbaren, Verlusten an Lebensqualität und Einkommen einher.

Diese Wirkungsmechanismen können monetär bewertet werden, wobei anzumerken ist, dass sich Prognosen als schwierig darstellen, da mitunter das Versursacherprinzip, ein sonst gängiger Mechanismus in Umweltfragen, für den Klimawandel praktisch nicht anwendbar ist. Internationale Organisationen wie die Weltgesundheitsorganisation (WHO, 2013, 2015) geben dennoch Anhaltspunkte für die Berechnung der wirtschaftlichen Kosten, die im Zusammenhang mit dem Klimawandel und dem Fehlen geplanter Anpassungsmaßnahmen entstehen. Durch die monetäre Bemessung gesundheitlicher Effekte aufgrund der Folgen des Klimawandels soll Entscheidungsträgern eine evidenzbasierte Informationsgrundlage geliefert werden, um das Ausmaß der Effekte abschätzen zu können und darauf aufbauend entsprechende Gegenmaßnahmen einzuleiten.

Für Aussagen über die Auswirkungen des Klimawandels auf die nationalen Gesundheitsausgaben ist die Datenverfügbarkeit hinsichtlich Morbidität und Mortalität, Behandlungskosten (stationär und ambulant) und gegebenenfalls potenzieller Produktivitäts- und Lebensqualitätseinbußen Voraussetzung (WHO, 2013). Diese Daten sind jedoch nicht immer bzw. teilweise nur schwer verfügbar, wodurch internationale Evidenz zum Thema Klimawandel und Gesundheitsausgaben nur in sehr limitierter und fragmentierter Form vorliegt. Ökonomische Bewertungen, die Kosten und Nutzen von spezifischen Gesundheitsmaßnahmen zum Schutz der Gesundheit vor den Folgen des Klimawandels untersuchen, liegen kaum vor (Hutton, 2011; Hutton & Menne, 2014).

Guy Hutton und Menne (2014) zeigen in einem Review ökonomische Evidenz zu gesundheitlichen Effekten des Klimawandels für Europa (siehe Tab. ). Insgesamt konnten vierzig Studien zu diesem Thema identifiziert werden, wovon acht Studien die Kosten von Gesundheitsschäden, die in Zusammenhang mit dem Klimawandel stehen, berechnet

| Diagnose                                              | Region                  | Jahr      | Methode    | Jährliche Kosten bzw. Einsparungspotenzial | Quelle                   |
|-------------------------------------------------------|-------------------------|-----------|------------|--------------------------------------------|--------------------------|
| Herz-Kreislauf-, Atemwegs- und Durchfallserkrankungen | EU                      | 2050      | CGE**      | 38 Milliarden Euro Ersparnis               | (Bosello u. a., 2006)    |
| Hitze, Salmonellen, Flut                              | EU                      | 2080      | Bottom-up* | 46–147 Milliarden Euro Kosten              | (Kovats u. a., 2011)     |
| Hitze                                                 | EU                      | 2080      | Bottom-up* | 50–118 Milliarden Euro                     | (Watkins u. a., 2009)    |
| Salmonellen                                           | EU                      | 2011–2040 | Bottom-up* | 70–140 Millionen Euro                      | (Watkins u. a., 2009)    |
| Herz und Atemwege                                     | EU                      | 2050      | Bottom-up* | 125 Milliarden Euro                        | (Holland u. a., 2011)    |
| Luftverschmutzung                                     | OECD Europa, Ost-Europa | 2100      | CGE**      | 0,0 2 % des BIP                            | (Nordhaus & Boyer, 2000) |

\*Bottom-up bedeutet, dass unterschiedliche Effekte der wirtschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels nach Sektoren untersucht wurden, ohne die Verbindung zwischen sektoralen Auswirkungen und der breiteren Wirtschaft, wo es Auswirkungen auf die Preise von Waren und Dienstleistungen und die daraus resultierende Nachfrage geben könnte, zu untersuchen.

\*\*CGE (Computable General Equilibrium) ist ein ökonometrisches Simulationsmodell, bei dem mittels spezieller Software Auswirkungen in unterschiedlichen Wirtschaftssektoren berechnet werden können.

**Tab. 2.3:** Evidenz für ökonomische Effekte klimabedingter Gesundheitsschäden

haben. Insgesamt zeigt die Evidenzsammlung ein sehr heterogenes Bild hinsichtlich der zugrundeliegenden Diagnosen (Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Salmonellen bzw. nicht weiter spezifizierte Diagnosen bedingt durch Hitze und Luftverschmutzung), Zeithorizont (2011–2100), Berechnungsmethode (CGE Modelle, Bottom-up Modellierungen) sowie Kosten bzw. Einsparungspotenzialen (38 Milliarden jährliche Ersparnisse bis 147 Milliarden Euro jährliche Kosten).

Sowohl in Guy Hutton und Menne (2014) als auch bei anderen Quellen (Hübler u. a., 2008; Kovats u. a., 2011; Merrill u. a., 2006; Schmeltz u. a., 2016; Watkins u. a., 2009) wird ersichtlich, dass die erhöhte Mortalität aufgrund von Hitzewellen ein verbreiteter Maßstab für die ökonomische Bewertung des Klimawandels und seiner Effekte auf die Gesundheit ist.

Für Österreich liegt kaum gesundheitsökonomische Evidenz vor, die klimainduzierte Effekte auf die Gesundheit evaluiert. Ein Versuch, den Effekt von klimabedingten Veränderungen auf die Gesundheitsausgaben monetär zu bemessen, wurde im Projekt ClimBHealth unternommen. Der Fokus der Untersuchung lag dabei auf den Bereichen urbane Mobilität sowie Ernährung. Um die gesundheitlichen Effekte ökonomisch zu bewerten, wurden direkte medizinische Kosten (nicht-medizinische Kosten für Transporte, Aufenthalte für Angehörige etc. wurden aufgrund fehlender Datengrundlage in den Berechnungen nicht berücksichtigt) für die stationären Aufenthalte von PatientInnen sowie für Medikamente herangezogen. Die Berechnung der indirekten Kosten basierte auf Veränderungen in der Zahl der Krankenstandstage sowie der Sterblichkeit. Bei der ökonomischen Bewertung von Veränderungen im Bereich urbaner Mobilität wurden folgende Diagnosen berücksichtigt: Atemwegserkrankungen, Herz-

Kreislauf-Erkrankungen und Lungenkrebs. Ökonomische Effekte wurden einerseits verbesserter Luftqualität sowie andererseits erhöhter gesundheitsfördernder physischer Aktivität zugerechnet. Je nach gewähltem Szenario kann durch eine Verbesserung der Luftqualität ein Einsparungspotenzial (direkte und indirekte Kosten) der Gesundheitsausgaben in Höhe von 7,4 Millionen Euro (*Green Mobility*) bis 9,8 Millionen Euro (*Zero Emissions*) erzielt werden. Die Spanne des Einsparungspotenzials durch eine erhöhte gesundheitsförderliche physische Aktivität reicht von 4,4 Millionen Euro (*Green Mobility*) bis 9,2 Millionen Euro (*Zero Emissions*). Die ökonomische Bewertung der Veränderung des Ernährungsverhaltens und die damit verbundenen Veränderungen auf Gesundheit wurden mittels direkter Kosten aufgrund von vermiedenen Diabetes- und Darmkrebserkrankungen und der reduzierten Gesamtsterblichkeit berechnet und je nach Szenario auf 15,8 Millionen Euro (*Happier Animals*) bzw. 24,2 Millionen Euro (*Healthier People*) geschätzt. Indirekte Kosteneinsparungen aufgrund eines Rückgangs der Krankenstände bedingt durch verminderte Morbidität und Mortalität werden auf 65,4 Millionen Euro (*Happier Animals*) bzw. 179,2 Millionen Euro (*Healthier People*) geschätzt (Haas u. a., 2016).

Richter u. a. (2013) konzentrierten sich in einer Untersuchung auf mit dem Klimawandel in Verbindung stehende Allergien und deren Kosten. Unter Annahme unterschiedlicher Szenarien wurde die Verbreitung von Ambrosiapollen in Österreich und Bayern simuliert. Unter den extremer gewählten Klimaszenarien und ohne entsprechende Anpassungsmaßnahmen wurden jährliche Behandlungskosten für Allergien zwischen 290–365 Millionen Euro (Zeithorizont 2050) geschätzt.

## 2.5.4 Zusammenfassende Bewertung

Die in Kapitel 2.5 getroffenen Aussagen hängen stark von der Güte der zugrundeliegenden Prognosen und deren Annahmen ab. Als Konsens gilt jedoch, dass klimainduzierte Effekte zu verstärkter Nachfrage im Gesundheitssystem und damit zu erhöhten Folgekosten führen. Insbesondere die Ergebnisse der gesundheitsökonomischen Studien unterliegen häufig gewissen Schwankungsbreiten und bauen üblicherweise auf unterschiedlichen Szenarien auf. Wie stark sich die mannigfaltigen klimainduzierten direkten und indirekten Effekte letztlich in den Gesundheitssystemen auswirken, ist unsicher und in hohem Maße von (geo)politischen Faktoren abhängig.

## 2.6 Zusammenfassung

Zusammenfassend muss festgehalten werden, dass es in der Menschheitsgeschichte zwar immer wieder zu Schwankungen im mittleren Temperaturverlauf gekommen ist, diese sich jedoch noch nie in einem so kurzen Zeitraum zugetragen haben, wie es seit der industriellen Revolution der Fall ist. Auch wenn viele Menschen das angepeilte Klimaziel einer Zunahme von „lediglich“ 2 °C innerhalb einiger Dekaden als akzeptabel oder gar begrüßenswert ansehen, gilt es doch darauf hinzuweisen, dass die Konsequenzen der damit einhergehenden klimatischen Veränderungen noch nicht eindeutig zu bestimmen sind und mitunter katastrophal ausfallen können.

Mit überaus hoher Wahrscheinlichkeit lässt sich – auch für Österreich – von einer Zunahme an Extremwetterereignissen ausgehen. Die Folgewirkungen des Klimawandels können sich aber regional stark unterscheiden und in ländlichen Regionen gänzlich anders ausfallen als in städtischen Ballungsräumen, wo im Sommer mit erhöhter Wärmebelastung zu rechnen sein wird. Zugleich kommt es durch die klimatischen Veränderungen zu Anpassungsprozessen in der Biosphäre, die mit einem verstärkten Auftreten von Allergenen, aber auch Veränderungen in der geographischen und jahreszeitlichen Verbreitung von Krankheitserregern einhergehen.

Parallel zu diesem Umweltszenario laufen gesellschaftliche Veränderungsprozesse ab, die in ihrem Einfluss auf zukünftige Gesundheitsfolgen mit dem Klimawandel interagieren. Wie in fast allen fortgeschrittenen Industrienationen ist auch in Österreich ein demographischer Wandel zu beobachten, der zur graduellen Alterung der Bevölkerung führt und das aus dem Klimawandel resultierende Gesundheitsrisiko zusätzlich erhöht, zumal ältere Menschen tendenziell eher als gefährdet einzustufen sind. Auf globaler Ebene bewirkt der demographische Übergang eine weitere Zunahme der Bevölkerung, welche den Klimawandel beschleunigt, und zugleich ein Anwachsen der globalen Migrationsströme, insbesondere aus den stark vom Klimawandel betroffenen Regionen in die gemäßigten Temperaturzonen.

Vor dem Hintergrund ökonomischer Veränderungen, die sich stark auf Produktionsprozesse und den globalen Gütertausch auswirken, hat der Klimawandel das Potential, bestehende Ungleichheiten zu verschärfen und neue Ungleichheiten zu erzeugen. Menschen am unteren Ende der Einkommensverteilung weisen sowohl im globalen als auch im nationalen Rahmen eine größere Vulnerabilität auf, was durch den Klimawandel noch verschärft wird, weil sie infolge reduzierten Wachstums den Großteil der ökonomischen Einbußen zu schultern haben werden (siehe Kap. 2.4.2). Dieser Entwicklung gilt es entgegenzuwirken, indem die Rahmenbedingungen globalen Wirtschaftens nachhaltig gestaltet werden.

## Literaturverzeichnis

- Abbasi-Shavazi, M. J., & McDonald, P. (2006). Fertility Decline in the Islamic Republic of Iran: 1972–2000. *Asian Population Studies*, 2(3), 217–237. <https://doi.org/10.1080/17441730601073789>
- Abel, G. J., Barakat, B., Kc, S., & Lutz, W. (2016). Meeting the Sustainable Development Goals leads to lower world population growth. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(50), 14294–14299. <https://doi.org/10.1073/pnas.1611386113>
- Abel, G. J., & Sander, N. (2014). Quantifying global international migration flows. *Science*, 343(6178), 1520–1522. <https://doi.org/10.1126/science.1248676>
- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2018). The Race between Man and Machine: Implications of Technology for Growth, Factor Shares, and Employment. *American Economic Review*, 108(6), 1488–1542. <https://doi.org/10.1257/aer.20160696>
- Akademien der Wissenschaften Schweiz. (2016). Brennpunkt Klima Schweiz. Grundlagen, Folgen und Perspektiven. Bern.
- Aksoy, Y., Basso, H. S., & Smith, R. P. (2017). Medium-run implications of changing demographic structures for the macro-economy. *National Institute Economic Review*, 241, R58–R64. <https://doi.org/10.1177/002795011724100114>
- ALDIS. (2018). Flashes (Bundesländer) Jahresstatistik. Abgerufen 24. Juni 2018, von [https://www.aldis.at/blitzstatistik/diagramme/flashes-bundeslaender-jahresstatistik/?ADMCMCD\\_noBeUser=1%27A%3D0](https://www.aldis.at/blitzstatistik/diagramme/flashes-bundeslaender-jahresstatistik/?ADMCMCD_noBeUser=1%27A%3D0)
- Aldy, J. E., & Pizer, W. A. (2015). The Competitiveness Impacts of Climate Change Mitigation Policies. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 2(4), 565–595. <https://doi.org/10.1086/683305>
- Anzenberger, J., Bodenwinkler, A., & Breyer, E. (2015). Migration und Gesundheit. Literaturbericht zur Situation in Österreich. Wissenschaftlicher Ergebnisbericht. Wien: Gesundheit Österreich GmbH. Abgerufen von [https://media.arbeiterkammer.at/wien/PDF/studien/Bericht\\_Migration\\_und\\_Gesundheit.pdf](https://media.arbeiterkammer.at/wien/PDF/studien/Bericht_Migration_und_Gesundheit.pdf)

- APCC – Austrian Panel on Climate Change. (2014). Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014: Austrian assessment report 2014 (AAR14). Wien: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.
- Ard, K. (2015). Trends in exposure to industrial air toxins for different racial and socioeconomic groups: A spatial and temporal examination of environmental inequality in the U.S. from 1995 to 2004. *Social Science Research*, 53, 375–390. <https://doi.org/10.1016/j.ssresearch.2015.06.019>
- Ashley, S. T., & Ashley, W. S. (2008). Flood Fatalities in the United States. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 47(3), 805–818. <https://doi.org/10.1175/2007JAMC1611.1>
- Autor, D. H., & Dorn, D. (2013). The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market. *American Economic Review*, 103(5), 1553–1597. <https://doi.org/10.1257/aer.103.5.1553>
- Baccini, M., Biggeri, A., Accetta, G., Kosatsky, T., Katsouyanni, K., Analitis, A., ... Michelozzi, P. (2008). Heat Effects on Mortality in 15 European Cities. *Epidemiology*, 19(5), 711–719.
- Bachner, F., Ladurner, J., Habimana, K., Ostermann, H., Stadler, I., & Habl, C. (2013). Das österreichische Gesundheitswesen im internationalen Vergleich. Ausgabe 2012. Wien: Gesundheit Österreich GmbH / ÖBIG. Abgerufen von <https://goeg.at/sites/default/files/inline-files/Das%20%C3%B6sterreichische%20Gesundheitswesen%20im%20internationalen%20Vergleich%202012.pdf>
- Bangalore, M., Smith, A., & Veldkamp, T. (2017). Exposure to Floods, Climate Change, and Poverty in Vietnam. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*, 1–28. <https://doi.org/10.5194/nhess-2017-100>
- Baranzini, A., Goldemberg, J., & Speck, S. (2000). A future for carbon taxes. *Ecological Economics*, 32(3), 395–412. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00122-6](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00122-6)
- Barker, T., & Köhler, J. (1998). Equity and Ecotax Reform in the EU: Achieving a 10 per cent Reduction in CO<sub>2</sub> Emissions Using Excise Duties. *Fiscal Studies*, 19(4), 375–402. <https://doi.org/10.1111/j.1475-5890.1998.tb00292.x>
- Bart, I. L. (2010). Urban sprawl and climate change: A statistical exploration of cause and effect, with policy options for the EU. *Land Use Policy*, 27(2), 283–292. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.03.003>
- Basu, R., Pearson, D., Malig, B., Broadwin, R., & Green, R. (2012). The Effect of High Ambient Temperature on Emergency Room Visits. *Epidemiology*, 23(6), 813–820.
- Beck, U. (2010). Remapping social inequalities in an age of climate change: for a cosmopolitan renewal of sociology\*. *Global Networks*, 10(2), 165–181. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0374.2010.00281.x>
- Bednar-Friedl, B., Wolking, B., König, M., Bachner, G., Formayer, H., Offenthaler, I., & Leitner, M. (2015). Transport. In K.W. Steininger, M. König, B. Bednar-Friedl, L. Kranzl, W. Loibl, & F. Prettenhaler (Hrsg.), *Economic Evaluation of Climate Change Impacts* (S. 279–300). Cham: Springer International Publishing.
- Beermann, S., Kirchner, M., Vygen, S., & Gilsdorf, A. (2015). Asylsuchende und Gesundheit in Deutschland. Überblick über epidemiologisch relevante Infektionskrankheiten. *Deutsches Ärzteblatt*, 112(42). Abgerufen von <https://edoc.rki.de/bitstream/handle/176904/2151/25d2DtdjKhxo.pdf?sequence=1>
- Black, R., Adger, N., Arnell, N., Dercon, S., Geddes, A., & Thomas, D. (2011). Migration and global environmental change: Future challenges and opportunities. Final Project Report. London: The Government Office for Science. Abgerufen von <http://eprints.soas.ac.uk/22475/1/11-1116-migration-and-global-environmental-change.pdf>
- Black, R., Bennett, S. R. G., Thomas, S. M., & Beddington, J. R. (2011). Climate change: Migration as adaptation. *Nature*, 478, 447–449.
- Blashki, G., McMichael, T., & Karoly, D. J. (2007). Climate change and primary health care. *Australian Family Physician*, 36(12), 986–989.
- BMGF – Bundesministerium für Gesundheit und Frauen. (2017). Gesundheitsziele Österreich. Richtungsweisende Vorschläge für ein gesünderes Österreich – Langfassung (Report). Wien: Bundesministerium für Gesundheit und Frauen. Abgerufen von [https://gesundheitsziele-oesterreich.at/website2017/wp-content/uploads/2018/08/gz\\_langfassung\\_2018.pdf](https://gesundheitsziele-oesterreich.at/website2017/wp-content/uploads/2018/08/gz_langfassung_2018.pdf)
- BMGFJ – Bundesministerium für Gesundheit, Familie und Jugend. (2008). Gesundheitsfördernde Krankenhäuser und Gesundheitseinrichtungen Konzept und Praxis in Österreich. Wien: BMGFJ. Abgerufen von [http://www.das-nachhaltige-krankenhaus.at/Dokumente/docs/Dietscher%20et%20al.%202008\\_Gesundheitsfoerderung.pdf](http://www.das-nachhaltige-krankenhaus.at/Dokumente/docs/Dietscher%20et%20al.%202008_Gesundheitsfoerderung.pdf)
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. (2017). Die österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel. Teil 1 – Kontext. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Abgerufen von [https://www.bmnt.gv.at/dam/jcr:b471ccd8-cb97-4463-9e7d-ac434ed78e92/NAS\\_Kontext\\_MR%20beschl\\_\(inklBild\)\\_18112017\(150ppi\)%5B1%5D.pdf](https://www.bmnt.gv.at/dam/jcr:b471ccd8-cb97-4463-9e7d-ac434ed78e92/NAS_Kontext_MR%20beschl_(inklBild)_18112017(150ppi)%5B1%5D.pdf)
- BMNT – Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, & BMVIT – Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. (2018). #mission2030 Die Klima- und Energiestrategie der Österreichischen Bundesregierung. Abgerufen 30. August 2018, von <https://mission2030.info/>
- Bonekamp, L., & Sure, M. (2015). Consequences of Industry 4.0 on Human Labour and Work Organisation. *Journal of Business and Media Psychology*, 6(1), 33–40.
- Bongaarts, J., & Sobotka, T. (2012). A Demographic Explanation for the Recent Rise in European Fertility. *Popula-*

- tion and Development Review, 38(1), 83–120. <https://doi.org/10.1111/j.1728-4457.2012.00473.x>
- Bosello, F., Roson, R., & Tol, R. S. J. (2006). Economy-wide estimates of the implications of climate change: Human health. *Ecological Economics*, 58(3), 579–591. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.07.032>
- Braubach, M., & Fairburn, J. (2010). Social inequities in environmental risks associated with housing and residential location—a review of evidence. *European Journal of Public Health*, 20(1), 36–42. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckp221>
- Bremner, J. L., & Hunter, L. M. (2014). Migration and the Environment. *Population Bulletin*, 69(1). Abgerufen von <http://www.prb.org/pdf14/migration-and-environment.pdf>
- Burrows, K., & Kinney, P. L. (2016). Exploring the climate change, migration and conflict nexus. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(4), 443. <https://doi.org/10.3390/ijerph13040443>
- Centre for Ice and Climate. (2018). Past atmospheric composition and greenhouse gases. Niels Bohr Institute. Abgerufen 20. September 2018, von [http://www.iceandclimate.nbi.ku.dk/research/past\\_atmos/composition\\_greenhouse/](http://www.iceandclimate.nbi.ku.dk/research/past_atmos/composition_greenhouse/)
- Chimani, B., Heinrich, G., Hofstätter, M., Kerschbaumer, M., Kienberger, S., Leuprecht, A., Truhetz, H. (2016). ÖKS15 – Klimaszenarien für Österreich. Daten, Methoden und Klimaanalyse. Projektendbericht. Wien. Abgerufen von <https://data.ccca.ac.at/dataset/endbericht-oks15-klimaszenarien-fur-osterreich-daten-methoden-klimaanalyse-v01>
- CLIMAMAP. (2018). Homepage. Abgerufen 30. August 2018, von <https://clima-map.com/>
- Cohen, J. E. (1995). How Many People Can the Earth Support? *The Sciences*, 35(6), 18–23. <https://doi.org/10.1002/j.2326-1951.1995.tb03209.x>
- Cook, J., Oreskes, N., Doran, P. T., Anderegg, W. R. L., Verheggen, B., Maibach, E. W., ... Rice, K. (2016). Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming. *Environmental Research Letters*, 11(4), 048002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/4/048002>
- Costello, A., Abbas, M., Allen, A., Ball, S., Bell, S., Bellamy, R., ... Patterson, C. (2009). Managing the health effects of climate change: Lancet and University College London Institute for Global Health Commission. *The Lancet*, 373(9676), 1693–1733. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)60935-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)60935-1)
- Cutter, S. L. (1995). The forgotten casualties: women, children, and environmental change. *Global Environmental Change*, 5(3), 181–194. [https://doi.org/10.1016/0959-3780\(95\)00046-Q](https://doi.org/10.1016/0959-3780(95)00046-Q)
- De Sherbinin, A., & Bardy, G. (2015). Social vulnerability to floods in two coastal megacities: New York City and Mumbai. *Vienna Yearbook of Population Research*, 13, 131–165.
- Dell, M., Jones, B. F., & Olken, B. A. (2009). Temperature and Income: Reconciling New Cross-Sectional and Panel Estimates. *American Economic Review*, 99(2), 198–204. <https://doi.org/10.1257/aer.99.2.198>
- Dell, M., Jones, B. F., & Olken, B. A. (2012). Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 4(3), 66–95. <https://doi.org/10.1257/mac.4.3.66>
- D'Ippoliti, D., Michelozzi, P., Marino, C., de'Donato, F., Menne, B., Katsouyanni, K., ... Perucci, C. A. (2010). The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project. *Environmental Health*, 9(1), 37. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-9-37>
- Doocy, S., Daniels, A., Murray, S., & Kirsch, T. D. (2013). The Human Impact of Floods: a Historical Review of Events 1980–2009 and Systematic Literature Review. *PLoS Currents Disasters*. <https://doi.org/10.1371/currents.dis.f4deb457904936b07c09daa98ee8171a>
- Dunne, J. P., Stouffer, R. J., & John, J. G. (2013). Reductions in labour capacity from heat stress under climate warming. *Nature Climate Change*, 3(6), 563–566. <https://doi.org/10.1038/nclimate1827>
- Eckert, S., & Kohler, S. (2014). Urbanization and Health in Developing Countries: A Systematic Review. *World Health & Population*, 15(1), 7–20. <https://doi.org/10.12927/whp.2014.23722>
- Eckhart, E. (2009). Krankenversicherung in Österreich – Struktur, Finanzierungsprobleme und Reformansätze (Diplomarbeit). Universität Wien, Wien. Abgerufen von [https://othes.univie.ac.at/4559/1/2009-04-08\\_9505663.pdf](https://othes.univie.ac.at/4559/1/2009-04-08_9505663.pdf)
- EPA – Environmental Protection Agency. (2017). Global Greenhouse Gas Emissions Data. Abgerufen 30. August 2018, von <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>
- EU-SILC. (2008). Armutsgefährdung in Österreich. EU-SILC 2008. Eingliederungsindikatoren. Statistik Austria im Auftrag des BMASK. Bundesministerium für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz. Abgerufen von [http://www.statistik.at/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET\\_PDF\\_FILE&dDocName=043350](http://www.statistik.at/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET_PDF_FILE&dDocName=043350)
- Eurostat (2015). EU SILC - Statistics of Income and Living Conditions. Abgerufen von [https://www.unicef-irc.org/datasets/SILC\\_matrix.pdf](https://www.unicef-irc.org/datasets/SILC_matrix.pdf)
- Eurostat. (2018). Datenbank der Europäischen Kommission, Bevölkerung und soziale Bedingungen. Abgerufen 30. August 2018, von <https://ec.europa.eu/eurostat/>
- Findley, S. E. (1994). Does drought increase migration? A study of migration from rural Mali during the 1983–1985 drought. *The International Migration Review*, 28(3), 539–553. <https://doi.org/10.2307/2546820>
- Flatø, M., Muttarak, R., & Pelsier, A. (2017). Women, Weather, and Woes: The Triangular Dynamics of Female-Headed Households, Economic Vulnerability, and Climate Variability in South Africa. *World Development*,

- 90, 41–62. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.08.015>
- Formayer, H., Reichl, J., Offenthaler, I., Nadeem, I., Schmidthaler, M., König, M., Laimighofer, J. (2018). Shifts in Weather Incidents Threatening reliability of the electricity distribution and transmission /economic performance due to climate Change & Opportunities For Foresight planning. Final Report. Finanziert von: Finanziert von: Klima- und Energiefonds – Austrian Climate Research Programme, 37 (No. ACRP7- SWITCH- OFF-KR14AC7K11859). Wien: Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur Wien.
- Formayer, H., & Fritz, A. (2017). Temperature dependency of hourly precipitation intensities – surface versus cloud layer temperature. *International Journal of Climatology*, 37(1), 1–10. <https://doi.org/10.1002/joc.4678>
- Forzieri, G., Cescatti, A., e Silva, F. B., & Feyen, L. (2017). Increasing risk over time of weather-related hazards to the European population: a data-driven prognostic study. *The Lancet Planetary Health*, 1(5), e200–e208. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30082-7](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30082-7)
- Fothergill, A., Maestas, E. G. M., & Darlington, J. D. (1999). Race, Ethnicity and Disasters in the United States: A Review of the Literature. *Disasters*, 23(2), 156–173. <https://doi.org/10.1111/1467-7717.00111>
- Frumkin, H., Hess, J., Luber, G., Malilay, J., & McGeehin, M. (2008). Climate Change: The Public Health Response. *American Journal of Public Health*, 98(3), 435–445. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2007.119362>
- Fullerton, D. (2008). Distributional Effects of Environmental and Energy Policy: An Introduction (Working Paper No. 14241). National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w14241>
- Fullerton, D., & Heutel, G. (2011). Analytical General Equilibrium Effects of Energy Policy on Output and Factor Prices. *The B.E. Journal of Economic Analysis & Policy*, 10(2). <https://doi.org/10.2202/1935-1682.2530>
- Gabriel, K. M. A., & Endlicher, W. R. (2011). Urban and rural mortality rates during heat waves in Berlin and Brandenburg, Germany. *Environmental Pollution*, 159(8), 2044–2050. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.01.016>
- Gaillard, J. C. (2010). Vulnerability, capacity and resilience: Perspectives for climate and development policy. *Journal of International Development*, 22(2), 218–232. <https://doi.org/10.1002/jid.1675>
- Georgescu, M., Morefield, P. E., Bierwagen, B. G., & Weaver, C. P. (2014). Urban adaptation can roll back warming of emerging megapolitan regions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(8), 2909–2914. <https://doi.org/10.1073/pnas.1322280111>
- Gerlinger, T. (2013). Klimawandel und Gesundheitssystem: Über die Schwierigkeiten der Anpassung an neue Herausforderungen. In H. J. Jahn, A. Krämer, & T. Wörmann (Hrsg.), *Klimawandel und Gesundheit: Internationale, nationale und regionale Herausforderungen und Antworten* (S. 113–122). Berlin, Heidelberg: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-38839-2\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-642-38839-2_7)
- Glaser, R. (2001). *Klimageschichte Mitteleuropas. 1000 Jahre Wetter, Klima, Katastrophen*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Gray, C. L. (2009). Rural out-migration and smallholder agriculture in the southern Ecuadorian Andes. *Population and Environment*, 30(4–5), 193–217. <https://doi.org/10.1007/s11111-009-0081-5>
- Haas, W., Weisz, U., Lauk, C., Hutter, H.-P., Ekmekcioglu, C., Kundi, M., ... Theurl, M. (2016). ClimBHealth. Climate and health co-benefits from changes in urban mobility and diet: an integrated assessment for Austria. Wien: Alpen-Adria Universität. Abgerufen von <https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/6/20171116ClimBHealthACRP6EBB368593KR13AC6K10969.pdf>
- Haines, A. (2017). Health co-benefits of climate action. *The Lancet Planetary Health*, 1(1), e4–e5. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30003-7](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30003-7)
- Hauff, V. (1987). *Unsere gemeinsame Zukunft – der Brundtlandbericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung*. Technical Report. Greven: Eggenkamp Verlag.
- Henderson, V. (2003). The Urbanization Process and Economic Growth: The So-What Question. *Journal of Economic Growth*, 8(1), 47–71. <https://doi.org/10.1023/A:1022860800744>
- Hiebl, J., & Frei, C. (2016). Daily temperature grids for Austria since 1961 – concept, creation and applicability. *Theoretical and Applied Climatology*, 124(1), 161–178. <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1411-4>
- Hiebl, J., & Frei, C. (2018). Daily precipitation grids for Austria since 1961 – development and evaluation of a spatial dataset for hydroclimatic monitoring and modelling. *Theoretical and Applied Climatology*, 132(1), 327–345. <https://doi.org/10.1007/s00704-017-2093-x>
- Hoffmann, R. (2016). Gesundheitliche Ungleichheit: Ursachen und empirische Befunde. In N. Tomaschek & J. Fritz (Hrsg.), *University – Society – Industry* (S. 117–133). Münster: Waxmann.
- Hoffmann, R., & Muttarak, R. (2017). Learn from the Past, Prepare for the Future: Impacts of Education and Experience on Disaster Preparedness in the Philippines and Thailand. *World Development*, 96, 32–51. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.02.016>
- Hofmarcher, M. M. (2013). *Das österreichische Gesundheitssystem. Akteure, Daten, Analysen*. Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft. Abgerufen von [https://www.bmgf.gv.at/cms/home/attachments/0/6/3/CH1066/CMS1379591881907/oe\\_gesundheitssystem.pdf](https://www.bmgf.gv.at/cms/home/attachments/0/6/3/CH1066/CMS1379591881907/oe_gesundheitssystem.pdf)
- Hofmarcher, M. M. (2014). The Austrian health reform 2013 is promising but requires continuous political ambition. *Health Policy*, 118(1), 8–13. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2014.09.001>

- Holland, M., Amann, M., Heyes, C., Rafaj, P., Schoepp, W., Hunt, A., & Watkiss, P. (2011). Technical Policy Briefing Note 6: Ancillary Air Quality Benefits. The reduction in air quality impacts and associated economic benefits of mitigation policy: Summary of results from the EC RTD ClimateCost Project. Stockholm: Stockholm Environment Institute. Abgerufen von <http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/9714/>
- Horr, F. (Hrsg.). (1963). Die gesetzliche Krankenversicherung – einst und jetzt. Soziale Sicherheit, 7.
- Hsiang, S. M., Burke, M., & Miguel, E. (2013). Quantifying the Influence of Climate on Human Conflict. *Science*, 341(6151), 1235367–1235367. <https://doi.org/10.1126/science.1235367>
- Hsu, M., Huang, X., & Yupho, S. (2015). The development of universal health insurance coverage in Thailand: Challenges of population aging and informal economy. *Social Science & Medicine*, 145, 227–236. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2015.09.036>
- Hübler, M., Klepper, G., & Peterson, S. (2008). Costs of climate change: The effects of rising temperatures on health and productivity in Germany. *Ecological Economics*, 68(1), 381–393. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.04.010>
- Hugo, G. (1996). Environmental concerns and international migration. *International Migration Review*, 30(1), 105–131. <https://doi.org/10.2307/2547462>
- Hunter, L. M., Luna, J. K., & Norton, R. M. (2015). Environmental dimensions of migration. *Annual Review of Sociology*, 41(1), 377–397. <https://doi.org/10.1146/annurev-soc-073014-112223>
- Hurrell, J. W. (1995). Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation: Regional Temperatures and Precipitation. *Science*, 269(5224), 676–679. <https://doi.org/10.1126/science.269.5224.676>
- Hutter, H.-P., Moshhammer, H., Wallner, P., Leitner, B., & Kundi, M. (2007). Heatwaves in Vienna: effects on mortality. *Wiener Klinische Wochenschrift*, 119(7), 223–227. <https://doi.org/10.1007/s00508-006-0742-7>
- Hutton, G. (2011). The economics of health and climate change: key evidence for decision making. *Global Health*, 7, 18. <https://doi.org/10.1186/1744-8603-7-18>
- Hutton, G., & Menne, B. (2014). Economic Evidence on the Health Impacts of Climate Change in Europe. *Environmental Health Insights*, 8, 43–52. <https://doi.org/10.4137/EHI.S16486>
- IDMC – Internal Displacement Monitoring Centre. (2014). Global Estimates 2014. People displaced by disasters. Geneva: Norwegian Refugee Council. Abgerufen von <http://www.internal-displacement.org/sites/default/files/inline-files/201409-global-estimates2.pdf>
- Institut für Höhere Studien. (2017a). Mittelfristige Prognose der österreichischen Wirtschaft 2017 – 2018. Heimisches Konjunkturhoch gestützt von weltweitem Aufschwung. Wien. Abgerufen von [https://www.ihs.ac.at/fileadmin/public/2016\\_Files/Documents/Presseinfo\\_SeptemberPrognose2017.pdf](https://www.ihs.ac.at/fileadmin/public/2016_Files/Documents/Presseinfo_SeptemberPrognose2017.pdf)
- Institut für Höhere Studien. (2017b). Prognose der österreichischen Wirtschaft 2017 – 2021. Österreichs Wirtschaft auf Wachstumskurs. Wien. Abgerufen von [https://www.ihs.ac.at/fileadmin/public/2016\\_Files/Documents/20170719\\_Presseinfo\\_mittelfPrognoseJuli2017.pdf](https://www.ihs.ac.at/fileadmin/public/2016_Files/Documents/20170719_Presseinfo_mittelfPrognoseJuli2017.pdf)
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. (2001). The Scientific Basis. Contribution of the Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007a). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge: Cambridge University Press. Abgerufen von [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4\\_wg2\\_full\\_report.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4_wg2_full_report.pdf)
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007b). Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. Klimaänderung 2007: Wissenschaftliche Grundlagen. Bern, Wien, Berlin: IPCC. Abgerufen von <https://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/deutsch/IPCC2007-WG1.pdf>
- IPCC – Intergovernmental Panel on 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, New York: Cambridge University Press.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change. Abgerufen von <http://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B., Alias, A., Christensen, O. B., Bouwer, L. M., ... Yiou, P. (2014). EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional Environmental Change*, 14(2), 563–578. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0499-2>
- Jones, B., O'Neill, B. C., McDaniel, L., McGinnis, S., Mearns, L. O., & Tebaldi, C. (2015). Future population exposure to US heat extremes. *Nature Climate Change*, 5(7), 652–655. <https://doi.org/10.1038/nclimate2631>
- Kalnay, E., & Cai, M. (2003). Impact of urbanization and land-use change on climate. *Nature*; London, 423(6939), 528–531. <https://doi.org/10.1038/nature01675>
- Karanikolos, M., Mladovsky, P., Cylus, J., Thomson, S., Basu, S., Stuckler, D., ... McKee, M. (2013). Financial crisis, austerity, and health in Europe. *The Lancet*, 381(9874), 1323–1331. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)60102-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60102-6)
- Katelaris, C. (2016). Impacts of Climate Change on Allergic Diseases. In P. Beggs (Hrsg.), *Impacts of Climate Change*

- on Allergens and Allergic Diseases (S. 157–178). Cambridge: Cambridge University Press.
- KC, S., & Lutz, W. (2017). The human core of the shared socioeconomic pathways: Population scenarios by age, sex and level of education for all countries to 2100. *Global Environmental Change*, 42, 181–192. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.004>
- Kelley, C. P., Mohtadi, S., Cane, M. A., Seager, R., & Kushnir, Y. (2015). Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(11), 3241–3246. <https://doi.org/10.1073/pnas.1421533112>
- Kemp, R., & Pontoglio, S. (2011). The innovation effects of environmental policy instruments – A typical case of the blind men and the elephant? *Ecological Economics*, 72, 28–36. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.09.014>
- Kjellstrom, T., Holmer, I., & Lemke, B. (2009). Workplace heat stress, health and productivity – an increasing challenge for low and middle-income countries during climate change. *Global Health Action*, 2(1), 2047. <https://doi.org/10.3402/gha.v2i0.2047>
- Kjellstrom, T., Kovats, R. S., Lloyd, S. J., Holt, T., & Tol, R. S. J. (2009). The Direct Impact of Climate Change on Regional Labor Productivity. *Archives of Environmental & Occupational Health*, 64(4), 217–227. <https://doi.org/10.1080/19338240903352776>
- Klaiber, H. A. (2014). Migration and household adaptation to climate: A review of empirical research. *Energy Economics*, 46, 539–547. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.04.001>
- Klotz, J., & Wisbauer, A. (2017). Zum Anstieg der Mortalität im Jahr 2015 (Statistische Nachrichten No. 9/2017) (S. 740–742). Wien: Statistik Austria.
- Köberl, J., Prettenthaler, F., Nabernegg, S., & Schinko, T. (2015). Tourism. In K.W. Steininger, M. König, B. Bednar-Friedl, L. Kranzl, W. Loibl, & F. Prettenthaler (Hrsg.), *Economic Evaluation of Climate Change Impacts* (S. 367–388). Cham: Springer International Publishing.
- Kopatz, M., Spitzer, M., & Christanell, A. (2010). *Energiewende: Stand der Forschung, nationale Programme und regionale Modellprojekte in Deutschland, Österreich und Großbritannien*. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH. Abgerufen von <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:101:1-201011032778>
- Kovats, S., & Ebi, K. L. (2006). Heatwaves and public health in Europe. *European Journal of Public Health*, 16(6), 592–599. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckl049>
- Kovats, S., Lloyd, S., Hunt, A., & Watkiss, P. (2011). Technical Policy Briefing Note 5. Health. The impacts and economic costs on health in Europe and the costs and benefits of adaptation. In *The ClimateCost Project* (Bd. 1: Europe). Stockholm: Stockholm Environment Institute.
- Krämer, A., Wörmann, T., & Jahn, H. J. (2013). Klimawandel und Gesundheit: Grundlagen und Herausforderungen für den Public Health-Sektor. In H. J. Jahn, A. Krämer, & T. Wörmann (Hrsg.), *Klimawandel und Gesundheit: Internationale, nationale und regionale Herausforderungen und Antworten* (S. 1–21). Berlin, Heidelberg: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-38839-2\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-642-38839-2_1)
- Kromp, B., & Knieli, M. (2012). *Ökologische und ökonomische Bereitstellung von Trinkwasser* (mit Erläuterungen). Positionspapier. Programm für umweltgerechte Leistungen, „ÖkoKauf Wien“ und Die Umweltberatung Wien. Abgerufen von <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/oekokauf/pdf/trinkwasser-bereitstellung.pdf>
- Kysely, J. (2004). Mortality and displaced mortality during heat waves in the Czech Republic. *International Journal of Biometeorology*, 49(2), 91–97. <https://doi.org/10.1007/s00484-004-0218-2>
- Lamei, N., Till, M., Plate, M., Glaser, T., Heuberger, R., Kafka, E., & Skina-Tabue, M. (2013). *Armuts- und Ausgrenzungsgefährdung in Österreich: Ergebnisse aus EU-SILC 2011*. Wien: Bundesministerium für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz.
- Landsberg, H. E. (1981). *The Urban Climate*. New York, London, Toronto, Sydney, San Francisco: Academic Press.
- Lenderink, G., & Van Meijgaard, E. (2008). Increase in hourly precipitation extremes beyond expectations from temperature changes. *Nature Geoscience*, 1(8), 511–514. <https://doi.org/10.1038/ngeo262>
- Levinson, A., & Taylor, M. S. (2008). Unmasking the pollution haven effect. *International Economic Review*, 49(1), 223–254. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2354.2008.00478.x>
- Lexner, M. J., Jandl, R., Nabernegg, S., & Bednar-Friedl, B. (2015). Forestry. In *Economic Evaluation of Climate Change Impacts* (S. 147–167). Cham: Springer International Publishing.
- Liddle, B., & Lung, S. (2010). Age-structure, urbanization, and climate change in developed countries: revisiting STIRPAT for disaggregated population and consumption-related environmental impacts. *Population and Environment*, 31(5), 317–343. <https://doi.org/10.1007/s11111-010-0101-5>
- Loevisohn, M. E. (1994). Climatic warming and increased malaria incidence in Rwanda. *The Lancet*, 343(8899), 714–718. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(94\)91586-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(94)91586-5)
- Loichinger, E. (2015). Labor force projections up to 2053 for 26 EU countries, by age, sex, and highest level of educational attainment. *Demographic Research*, 32(15), 443–486. <https://doi.org/10.4054/DemRes.2015.32.15>
- Lucas, J., Robert E. (2004). Life Earnings and Rural-Urban Migration. *Journal of Political Economy*, 112(S1), S29–S59. <https://doi.org/10.1086/379942>
- Lutz, W. (2014). The truth about aging populations. *Harvard Business Review*, 1, F1401E.
- Lutz, W., Butz, W. P., Castro, M., Dasgupta, P., Demeny, P. G., Ehrlich, I., ... Yeoh, B. (2012). *Demography's Role*

- in Sustainable Development. *Science*, 335(6071), 918–918. <https://doi.org/10.1126/science.335.6071.918-a>
- Lutz, W., Cuaresma, J. C., & Sanderson, W. (2008). The demography of educational attainment and economic growth. *Science*, 319(5866), 1047–1048.
- Lutz, W., Mutarak, R., & Striessnig, E. (2014). Universal education is key to enhanced climate adaptation. *Science*, 346(6213), 1061–1062. <https://doi.org/10.1126/science.1257975>
- Lutz, W., & Shah, M. (2002). Population should be on the Johannesburg agenda. Abgerufen 31. August 2018, von <https://www.nature.com/articles/418017a>
- Maderthaner, W. (1997). Hugo Breitner, Julius Tandler: Architekten des Roten Wien. Wien: Verein für Geschichte der Arbeiterbewegung.
- Madlener, R., & Sunak, Y. (2011). Impacts of urbanization on urban structures and energy demand: What can we learn for urban energy planning and urbanization management? *Sustainable Cities and Society*, 1(1), 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2010.08.006>
- Mankiw, N. G., Romer, D., & Weil, D. N. (1992). A Contribution to the Empirics of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 107(2), 407–437. <https://doi.org/10.2307/2118477>
- Masozera, M., Bailey, M., & Kerchner, C. (2007). Distribution of impacts of natural disasters across income groups: A case study of New Orleans. *Ecological Economics*, 63(2), 299–306. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.06.013>
- Matzarakis, A., Endler, C., Neumcke, R., Koch, E., & Rudel, E. (2006). Auswirkungen des Klimawandels auf das klimatische Tourismuspotential. Endbericht von StartClim 2006.D2. in StartClim<sup>2</sup>006: Klimawandel und Gesundheit, Tourismus, Energie. Wien: Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur Wien. Abgerufen von [http://www.startclim.at/fileadmin/user\\_upload/reports/StCl06\\_endbericht.pdf](http://www.startclim.at/fileadmin/user_upload/reports/StCl06_endbericht.pdf)
- Maurel, M., & Tuccio, M. (2016). Climate Instability, Urbanisation and International Migration. *Journal of Development Studies*, 52(5), 735–752. <https://doi.org/10.1080/00220388.2015.1121240>
- Mayrhofer, M. (2017). Migration, Climate Change and Social and Economic Inequalities. Endbericht von StartClim 2016 in StartClim<sup>2</sup>016: Weitere Beiträge zur Umsetzung der österreichischen Anpassungsstrategie. BMLFUW, BMWF, ÖBf, Land Oberösterreich. Abgerufen von [http://www.startclim.at/fileadmin/user\\_upload/StartClim<sup>2</sup>016\\_reports/StCl2016\\_en\\_final\\_report.pdf](http://www.startclim.at/fileadmin/user_upload/StartClim<sup>2</sup>016_reports/StCl2016_en_final_report.pdf)
- McGranahan, G., Balk, D., & Anderson, B. (2007). The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *Environment and Urbanization*, 19(1), 17–37. <https://doi.org/10.1177/0956247807076960>
- McMichael, A. J., & Lindgren, E. (2011). Climate change: present and future risks to health, and necessary responses. *Journal of Internal Medicine*, 270(5), 401–413. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2796.2011.02415.x>
- McMichael, A. J. (2012). Insights from past millennia into climatic impacts on human health and survival. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(13), 4730–4737. <https://doi.org/10.1073/pnas.1120177109>
- Merrill, C. T., Miller, M., & Steiner, C. (2006). Hospital Stays Resulting from Excessive Heat and Cold Exposure Due to Weather Conditions in U.S. Community Hospitals, 2005: Statistical Brief #55. In *Healthcare Cost and Utilization Project (HCUP) Statistical Briefs*. Rockville: Agency for Healthcare Research and Quality (US). Abgerufen von <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK56045/>
- Millock, K. (2015). Migration and Environment. *Annual Review of Resource Economics*, 7(1), 35–60. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100814-125031>
- Missirian, A., & Schlenker, W. (2017). Asylum applications respond to temperature fluctuations. *Science*, 358(6370), 1610–1614. <https://doi.org/10.1126/science.aao0432>
- Mitter, H., Schönhart, M., Meyer, I., Mechtler, K., Schmid, E., Sinabell, F., ... Bednar-Friedl, B. (2015). Agriculture. In *Economic Evaluation of Climate Change Impacts* (S. 123–146). Cham: Springer International Publishing.
- Mohai, P., Lantz, P. M., Morenoff, J., House, J. S., & Mero, R. P. (2009). Racial and Socioeconomic Disparities in Residential Proximity to Polluting Industrial Facilities: Evidence From the Americans' Changing Lives Study. *American Journal of Public Health*, 99(S3), S649–S656. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2007.131383>
- Mohai, P., & Saha, R. (2007). Racial Inequality in the Distribution of Hazardous Waste: A National-Level Reassessment. *Social Problems*, 54(3), 343–370. <https://doi.org/10.1525/sp.2007.54.3.343>
- Montez, J. K., & Friedman, E. M. (2015). Educational attainment and adult health: Under what conditions is the association causal? *Social Science & Medicine*, 127, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2014.12.029>
- Morton, J. F. (2007). The impact of climate change on smallholder and subsistence agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50), 19680–19685. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701855104>
- 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. Wien: BOKU-Met. Abgerufen von [https://meteo.boku.ac.at/report/BOKU-Met\\_Report\\_13\\_online.pdf](https://meteo.boku.ac.at/report/BOKU-Met_Report_13_online.pdf)
- Mulligan, M., Burke, S. M., & Douglas, C. (2014). Environmental Change and Migration Between Europe and Its Neighbours. In *People on the Move in a Changing Climate. The Regional Impact of Environmental Change on Migration* (S. 49–79). [https://doi.org/10.1007/978-94-007-6985-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-94-007-6985-4_3)
- Muttarak, R., Lutz, W., & Jiang, L. (2016). What can demographers contribute to the study of vulnerability? *Vienna*

- Yearbook of Population Research, 2015, 1–13. <https://doi.org/10.1553/populationyearbook2015s1>
- Myers, N. (2002). Environmental refugees: a growing phenomenon of the 21st century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 357(1420), 609–613. <https://doi.org/10.1098/rstb.2001.0953>
- Nawrotzki, R. J., & Bakhtsiyarava, M. (2016). International Climate Migration: Evidence for the Climate Inhibitor Mechanism and the Agricultural Pathway. *Population, Space and Place*, 23(4). <https://doi.org/10.1002/psp.2033>
- Nemec, J., Chimani, B., Gruber, C., & Auer, I. (2011). Ein neuer Datensatz homogenisierter Tagesdaten (ÖGM Bulletin No. 1) (S. 19–20). Wien: Österreichische Gesellschaft für Meteorologie. Abgerufen von [http://www.meteorologie.at/docs/OEGM\\_bulletin\\_2011\\_1.pdf](http://www.meteorologie.at/docs/OEGM_bulletin_2011_1.pdf)
- Nordhaus, W., & Boyer, J. (2000). *Warming the World: Economic Models of Global Warming*. Cambridge: MIT Press.
- OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development. (2010). *Cities and Climate Change*. Paris: OECD Publishing. Abgerufen von <http://www.oecd.org/env/cities-and-climate-change-9789264091375-en.htm>
- Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1–24. <https://doi.org/10.1002/qj.49710845502>
- Oke, T. R., Johnson, G. T., Steyn, D. G., & Watson, I. D. (1991). Simulation of surface urban heat islands under ‘ideal’ conditions at night part 2: Diagnosis of causation. *Boundary-Layer Meteorology*, 56(4), 339–358. <https://doi.org/10.1007/BF00119211>
- O’Neill, B. C., Kriegl, E., Riahi, K., Ebi, K. L., Hallegatte, S., Carter, T. R., ... van Vuuren, D. P. (2014). A new scenario framework for climate change research: the concept of shared socioeconomic pathways. *Climatic Change*, 122(3), 387–400. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0905-2>
- Österreichische Nationalbank. (2017). *Gesamtwirtschaftliche Prognose der OeNB für Österreich 2017 bis 2019*. Wien: Österreichische Nationalbank. Abgerufen von [https://www.oenb.at/dam/jcr:7cc1332b-c5a6-443a-a0ab-90ef8ff51980/SH\\_Prognose\\_Juni%202018.pdf](https://www.oenb.at/dam/jcr:7cc1332b-c5a6-443a-a0ab-90ef8ff51980/SH_Prognose_Juni%202018.pdf)
- OVE – Österreichischer Verband für Elektronik. (2018). Archiv. Abgerufen 30. August 2018, von <https://www.ove.at/presse/archiv/>
- Pamuk, E. R., Fuchs, R., & Lutz, W. (2011). Comparing Relative Effects of Education and Economic Resources on Infant Mortality in Developing Countries. *Population and Development Review*, 37(4), 637–664. <https://doi.org/10.1111/j.1728-4457.2011.00451.x>
- Parmar, D., Stavropoulou, C., & Ioannidis, J. P. A. (2016). Health outcomes during the 2008 financial crisis in Europe: systematic literature review. *BMJ*, 354, i4588. <https://doi.org/10.1136/bmj.i4588>
- Pereira, S., Diakakis, M., Deligiannakis, G., & Zêzere, J. L. (2017). Comparing flood mortality in Portugal and Greece (Western and Eastern Mediterranean). *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 22, 147–157. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.03.007>
- Pfister, C. (1999). *Wetternachhersage. 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen*. Bern: Haupt.
- Philipov, D., & Schuster, J. (2010). Effect of migration on population size and age composition in Europe. Vienna Institute of Demography. Abgerufen von [https://www.oeaw.ac.at/fileadmin/subsites/Institute/VID/PDF/Publications/EDRP/edrp\\_2010\\_02.pdf](https://www.oeaw.ac.at/fileadmin/subsites/Institute/VID/PDF/Publications/EDRP/edrp_2010_02.pdf)
- Pretenthaler, F., Kortschak, D., Hochrainer-Stigler, S., Mechler, R., Urban, H., & Steininger, K. W. (2015). Catastrophe management: riverine flooding. In *Economic Evaluation of Climate Change Impacts* (S. 349–366). Cham: Springer International Publishing.
- Prettner, K. (2013). Population aging and endogenous economic growth. *Journal of Population Economics*, 26(2), 811–834. <https://doi.org/10.1007/s00148-012-0441-9>
- Quéré, C. L., Andrew, R. M., Canadell, J. G., Sitch, S., Korsbakken, J. I., Peters, G. P., Zaehle, S. (2016). Global Carbon Budget 2016. *Earth System Science Data*, 8(2), 605–649. <https://doi.org/10.5194/essd-8-605-2016>
- Raftery, A. E., Zimmer, A., Frierson, D. M. W., Startz, R., & Liu, P. (2017). Less than 2°C warming by 2100 unlikely. *Nature Climate Change*. <https://doi.org/10.1038/nclimate3352>
- Rechel, B., Mladovsky, P., Ingleby, D., Mackenbach, J. P., & McKee, M. (2013). Health in Europe 5 Migration and health in an increasingly diverse Europe. *The Lancet*, 381(9873), 1235–1245. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)62086-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)62086-8)
- Reuveny, R. (2007). Climate change-induced migration and violent conflict. *Political Geography*, 26(6), 656–673. <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2007.05.001>
- 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. *Journal of Applied Ecology*, 50(6), 1422–1430. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12156>
- Rizwan, A. M., Dennis, L. Y. C., & Liu, C. (2008). A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of Environmental Sciences*, 20(1), 120–128. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(08\)60019-4](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(08)60019-4)
- Robert Koch Institut. (2008). *Migration und Gesundheit. Schwerpunktbericht der Gesundheitsberichterstattung des Bundes*. Berlin: Robert Koch Institut. Abgerufen von [https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsT/migration.pdf?sessionid=8B2FBCCC06A1F807575DB0DA7D5EB4D1.1\\_cid298?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsT/migration.pdf?sessionid=8B2FBCCC06A1F807575DB0DA7D5EB4D1.1_cid298?__blob=publicationFile)
- 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 sum-

- mer of 2003. *Comptes Rendus Biologies*, 331(2), 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2007.12.001>
- Roblek, V., Meško, M., & Krapež, A. (2016). A Complex View of Industry 4.0. *SAGE Open*, 6(2). <https://doi.org/10.1177/2158244016653987>
- Romer, P. M. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98(5, Part 2), S71–S102. <https://doi.org/10.1086/261725>
- Rosenzweig, C., Solecki, W. D., Hammer, S. A., & Mehrotra, S. (2011). *Climate Change and Cities – First Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rudolf, G. (Hrsg.). (1989). *100 Jahre österreichische Sozialversicherung, Soziale Sicherheit*, 9.
- Samaras, C., & Meisterling, K. (2008). Life Cycle Assessment of Greenhouse Gas Emissions from Plug-in Hybrid Vehicles: Implications for Policy. *Environmental Science & Technology*, 42(9), 3170–3176. <https://doi.org/10.1021/es702178s>
- Sanderson, W. C., & Scherbov, S. (2013). The characteristics approach to the measurement of population aging. *Population and Development Review*, 39(4), 673–685. <https://doi.org/10.1111/j.1728-4457.2013.00633.x>
- Schmeltz, M. T., Petkova, E. P., & Gamble, J. L. (2016). Economic Burden of Hospitalizations for Heat-Related Illnesses in the United States, 2001–2010. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(9), 894. <https://doi.org/10.3390/ijerph13090894>
- Schmitt, L. H. M., Graham, H. M., & White, P. C. L. (2016). Economic Evaluations of the Health Impacts of Weather-Related Extreme Events: A Scoping Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(11), 1105. <https://doi.org/10.3390/ijerph13111105>
- Schönhart, M., Mitter, H., Schmid, E., Heinrich, G., & Gobiet, A. (2014). Integrated Analysis of Climate Change Impacts and Adaptation Measures in Austrian Agriculture. *German Journal of Agricultural Economics*, 0(3), 1–21.
- Science for Environment Policy. (2015). *Migration in response to environmental change* (No. 51). Bristol: European Commission DG Environment by the Science Communication Unit. Abgerufen von [http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/migration\\_in\\_response\\_to\\_environmental\\_change\\_51si\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/migration_in_response_to_environmental_change_51si_en.pdf)
- Serapioni, M., & Matos, A. R. (2014). Citizen participation and discontent in three Southern European health systems. *Social Science & Medicine*, 123, 226–233. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2014.06.006>
- Showalter, A. K. (1953). A Stability Index for Thunderstorm Forecasting. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 34(6), 250–252.
- Silva, R. A., West, J. J., Zhang, Y., Anenberg, S. C., Lamarque, J.-F., Shindell, D. T., ... Zeng, G. (2013). Global premature mortality due to anthropogenic outdoor air pollution and the contribution of past climate change. *Environmental Research Letters*, 8(3), 034005. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/3/034005>
- Skirbekk, V., Loichinger, E., & Weber, D. (2012). Variation in cognitive functioning as a refined approach to comparing aging across countries. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(3), 770–774. <https://doi.org/10.1073/pnas.1112173109>
- Solow, R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65–94.
- Son, J.-Y., Lee, J.-T., Anderson, G. B., & Bell, M. L. (2012). The Impact of Heat Waves on Mortality in Seven Major Cities in Korea. *Environmental Health Perspectives*, 120(4), 566–571. <https://doi.org/10.1289/ehp.1103759>
- Souch, C., & Grimmond, C. S. B. (2004). Applied climatology: 'heat waves'. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 28(4), 599–606. <https://doi.org/10.1191/0309133304pp428pr>
- StartClim. (2016). *Untersuchung zur Verbreitung der Tularämie unter dem Aspekt des Klimawandels. StartClim<sup>2</sup>005. C2. Teilprojekt von StartClim<sup>2</sup>005 „Klimawandel und Gesundheit!“*. Wien: StartClim<sup>2</sup>005. Abgerufen von [http://www.startclim.at/fileadmin/user\\_upload/reports/StCl05C2.pdf](http://www.startclim.at/fileadmin/user_upload/reports/StCl05C2.pdf)
- Statistik Austria. (2017a). *Jahrbuch der Gesundheitsstatistik 2017*. Wien: Statistik Austria. Abgerufen von [http://www.statistik.at/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET\\_PDF\\_FILE&RevisionSelectionMethod=LatestReleased&dDocName=111556](http://www.statistik.at/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET_PDF_FILE&RevisionSelectionMethod=LatestReleased&dDocName=111556)
- Statistik Austria. (2017b). *Arbeitslose und Arbeitslosenquoten nach ILO-Konzept nach Alter und Geschlecht*. Abgerufen von [http://www.statistik.at/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET\\_PDF\\_FILE&RevisionSelectionMethod=LatestReleased&dDocName=063260](http://www.statistik.at/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET_PDF_FILE&RevisionSelectionMethod=LatestReleased&dDocName=063260)
- Statistik Austria. (2018). *Gesundheitsausgaben*. Abgerufen 30. August 2018, von [http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/menschen\\_und\\_gesellschaft/gesundheit/gesundheitsausgaben/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/gesundheit/gesundheitsausgaben/index.html)
- Steiger, R., & Abegg, B. (2011). Climate change impacts on Austrian ski areas. In A. Borsdorf, J. Stötter, & E. Vuillet (Hrsg.) (Bd. *Proceedings of the Innsbruck conference November 21–23, 2011 Managing Alpine future II*, S. 288–297). Wien: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.
- Steininger, K. W., Bednar-Friedl, B., Formayer, H., & König, M. (2016). Consistent economic cross-sectoral climate change impact scenario analysis: Method and application to Austria. *Climate Services*, 1, 39–52. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2016.02.003>
- Striessnig, E., & Lutz, W. (2014). How does education change the relationship between fertility and age-dependency under environmental constraints? A long-term simulation exercise. *Demographic Research*, 30, 465–492. <https://doi.org/10.4054/DemRes.2014.30.16>
- Swan, T. W. (1956). Economic growth and capital accumulation. *The Economic Record*, 32(2), 334–361.

- Tálos, E. (1981). Staatliche Sozialpolitik in Österreich – Rekonstruktion und Analyse (2. Aufl.). Wien: Verlag für Gesellschaftskritik.
- Tálos, E. (1995). Sozialpolitik in der Ersten Republik. In E. Tálos, H. Dachs, E. Hanisch, & A. Staudinger (Hrsg.), *Handbuch des politischen Systems Österreichs. Erste Republik 1918–1933* (S. 371–394). Wien: Manz.
- Tan, J., Zheng, Y., Song, G., Kalkstein, L. S., Kalkstein, A. J., & Tang, X. (2007). Heat wave impacts on mortality in Shanghai, 1998 and 2003. *International Journal of Biometeorology*, 51(3), 193–200. <https://doi.org/10.1007/s00484-006-0058-3>
- Teschner, H. (1994). 1889 – 1989. 100 Jahre Sozialversicherung im Spiegel der Literatur. In *100 Jahre österreichische Sozialversicherung* (S. 259–274). Wien.
- Ueland, J., & Warf, B. (2010). Racialized Topographies: Altitude and Race in Southern Cities. *Geographical Review*, 96(1), 50–78. <https://doi.org/10.1111/j.1931-0846.2006.tb00387.x>
- Umweltbundesamt. (2017). Klimaschutzbericht 2017. Wien: Umweltbundesamt. Abgerufen von <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0622.pdf>
- UNEP – United Nations Environment Programme. (2017). The Emissions Gap Report 2017. A UN Environment Synthesis Report. UNEP. Abgerufen von [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22070/EGR\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22070/EGR_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- UN-HABITAT. (2011). Cities and Climate Change: Global Report on Human Settlements 2011. UN-HABITAT.
- United Nations. (2014). World urbanization prospects: The 2014 revision (No. ST/ESA/SER.A/352). New York: Department of Economic and Social Affairs, Population Division, United Nations. Abgerufen von <http://esa.un.org/unpd/wup/Highlights/WUP2014-Highlights.pdf>
- United Nations. (2015). The Millennium Development Goals Report 2015. New York: United Nations. Abgerufen von <http://mdgs.un.org/unsd/mdg/Resources/Static/Products/Progress2015/English2015.pdf>
- Urban, H., & Steininger, K. W. (2015). Manufacturing and Trade: Labour Productivity Losses, Chapter 16. In *Economic Evaluation of Climate Change Impacts* (S. 301–322). Springer.
- Vu, L., VanLandingham, M. J., Do, M., & Bankston, C. L. (2009). Evacuation and Return of Vietnamese New Orleanians Affected by Hurricane Katrina. *Organization & Environment*, 22(4), 422–436. <https://doi.org/10.1177/1086026609347187>
- Walker, G., Burningham, K., Fielding, J., Smith, G., Thrush, D., & Fay, H. (2006). Addressing environmental inequalities : Flood risk (Report). Bristol: Environment Agency. Abgerufen von [https://www.staffs.ac.uk/assets/SC020061\\_SR1%20report%20-%20inequalities%20flood%20risk\\_tcm44-21951.pdf](https://www.staffs.ac.uk/assets/SC020061_SR1%20report%20-%20inequalities%20flood%20risk_tcm44-21951.pdf)
- Walpole, S. C., Rasanathan, K., & Campbell-Lendrum, D. (2009). Natural and unnatural synergies: climate change policy and health equity. *Bulletin of the World Health Organization*, 87, 799–801. <https://doi.org/10.1590/S0042-96862009001000017>
- Watkiss, P., Horrocks, L., Pye, S., Searl, A., & Hunt, A. (2009). Impacts of climate change in human health in Europe. PESETA-Human health study. Seville: European Commission, Institute for Prospective Technological Studies. Abgerufen von <http://www.oscc.gob.es/docs/documentos/19.PESETA.pdf>
- Weber, E. (2016). Industry 4.0: Job-producer or employment-destroyer? (Research Report No. 2/2016). Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft Leibniz Information Centre for Economics. Abgerufen von <https://www.econstor.eu/handle/10419/161710>
- Wenzl, M., Naci, H., & Mossialos, E. (2017). Health policy in times of austerity—A conceptual framework for evaluating effects of policy on efficiency and equity illustrated with examples from Europe since 2008. *Health Policy*, 121(9), 947–954. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2017.07.005>
- WHO – World Health Organization. (2010). A conceptual framework for action on the social determinants of health. Geneva: World Health Organization. Abgerufen von [www.who.int/sdhconference/resources/ConceptualframeworkforactiononSDH\\_eng.pdf](http://www.who.int/sdhconference/resources/ConceptualframeworkforactiononSDH_eng.pdf)
- WHO – World Health Organization. (2011). World Malaria Report 2011. Geneva: World Health Organization. Abgerufen von [http://www.who.int/malaria/world\\_malaria\\_report\\_2011/en/](http://www.who.int/malaria/world_malaria_report_2011/en/)
- WHO – World Health Organization. (2013). Climate Change and Health: A tool to estimate health and adaptation costs. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. Abgerufen von [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0018/190404/WHO\\_Content\\_Climate\\_change\\_health\\_DruckIII.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0018/190404/WHO_Content_Climate_change_health_DruckIII.pdf)
- WHO – World Health Organization. (2014). Quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s. Geneva: World Health Organization. Abgerufen von <http://apps.who.int/iris/handle/10665/134014>
- WHO – World Health Organization. (2015). Operational framework for building climate resilient health systems. Geneva: World Health Organization. Abgerufen von [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/189951/9789241565073\\_eng.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/189951/9789241565073_eng.pdf)
- WHO – World Health Organization. (2018). Health Systems Strengthening Glossary. Abgerufen 30. August 2018, von [http://www.who.int/healthsystems/hss\\_glossary/en/index5.html](http://www.who.int/healthsystems/hss_glossary/en/index5.html)
- Wilson, C. (2011). Understanding global demographic convergence since 1950. *Population and Development Review*, 37(2), 375–388. <https://doi.org/10.1111/j.1728-4457.2011.00415.x>

- Zacharias, S., & Koppe, C. (2015). Einfluss des Klimawandels auf die Biotropie des Wetters und die Gesundheit bzw. die Leistungsfähigkeit der Bevölkerung in Deutschland. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. Abgerufen von <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/einfluss-des-klimawandels-auf-die-biotropie-des>
- Zagheni, E., Muttarak, R., & Striessnig, E. (2016). Differential mortality patterns from hydro-meteorological disasters: Evidence from cause-of-death data by age and sex. *Vienna Yearbook of Population Research*, 2015, 47–70. <https://doi.org/10.1553/populationyearbook2015s47>
- Zulka, K. P., & Götzl, M. (2015). Ecosystem Services: Pest Control and Pollination. In *Economic Evaluation of Climate Change Impacts* (S. 169–189). Cham: Springer International Publishing.

