

Strategische Unterstützung bei der Projektplanung zur Berücksichtigung von Klimawandelfolgen

E. Dallhammer, H. Formayer, A. Jiricka, F. Keringer, M. Leitner, S. McCallum, J. Schmied, G. Stanzer und S. Völler



© Stefan Heerdegen/pixelio.de

© WEBALDO/pixelio.de

© Lupo/pixelio.de

© ÖIR GmbH

Endbericht zum Forschungsprojekt

Environmental Impact Assessment Satisfying Adaptation Goals
Evolving from Climate Change (ENVISAGE-CC)

im Rahmen des Austrian Climate Research Programme (ACRP),
gefördert aus Mitteln des Klima- und Energiefonds



Institut für Meteorologie (BOKU-Met)
Department Wasser – Atmosphäre – Umwelt
Universität für Bodenkultur

Mai 2015

ISSN 1994-4179 (Print)
ISSN 1994-4187 (Online)

BOKU-Met Report 24

Strategische Unterstützung bei der Projektplanung zur Berücksichtigung von Klimawandelfolgen

Endbericht zum Forschungsprojekt
Environmental Impact Assessment Satisfying Adaptation
Goals Evolving from Climate Change (ENVISAGE-CC)

E. Dallhammer¹, H. Formayer², A. Jiricka³, F. Keringer¹, M. Leitner⁴,
S. McCallum⁴, J. Schmied³, G. Stanzer¹ und S. Völler⁴

¹ Österreichisches Institut für Raumplanung (ÖIR)

² Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur Wien

³ Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung, Universität für Bodenkultur Wien

⁴ Umweltbundesamt Wien

Diese Publikation sollte folgendermaßen zitiert werden:

Dallhammer E., Formayer H., Jiricka A., Keringer F., Leitner M., McCallum S., Schmied J., Stanzer G., Völler S. (2015): Strategische Unterstützung bei der Projektplanung zur Berücksichtigung von Klimawandelfolgen. *BOKU-Met Report 24*, 40 pp. ISSN 1994-4179 (Print), ISSN 1994-4187 (Online). Available at http://www.boku.ac.at/met/report/BOKU-Met_Report_24_online.pdf.

Impressum:

Medieninhaber und Herausgeber:

Universität für Bodenkultur, Department für Wasser – Atmosphäre – Umwelt
Institut für Meteorologie, Peter Jordan-Straße 82, 1190 Wien, Österreich
URL: <http://met.boku.ac.at>

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	6
1 Einleitung.....	7
1.1 Ausgangssituation	7
1.2 Ziele, Inhalt und Aufbau der strategischen Unterstützung.....	7
1.3 Herangehensweise	8
1.4 Projektergebnisse von ENVISAGE-CC	9
2 Klimawandel und mögliche Auswirkungen in Österreich	10
2.1 Szenarien des Klimawandels	10
2.2 Auswirkungen in Österreich	12
2.3 Grenzen der Aussagen	14
3 Auswirkungen des Klimawandels auf UVP-pflichtige Großprojekte	15
3.1 Bahnanlagen	16
3.2 Straßen	17
3.3 Starkstromleitungen	18
3.4 Windenergieanlagen	19
3.5 Wasserkraftwerke und Stauanlagen.....	20
3.6 Schifffahrtsstrecken.....	21
3.7 Schigebiete	22
3.8 Städtebauliche Vorhaben	23
3.9 Golfplätze	24
4 Auswirkungen des Klimawandels auf die Projektumwelt.....	25
4.1 Boden.....	25
4.2 Wasser.....	25
4.3 Flora / Fauna / Biodiversität	26
4.4 Mensch / Gesundheit	26
5 Der Klimawandelfolgen-Check.....	28
6 Schlussfolgerungen und Ausblick	33
Literaturverzeichnis	34

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über Klimaszenarien Quelle: IPCC 2012.	11
Tabelle 2: Übersicht über klimawandelbedingte Veränderung der meteorologischen Phänomene in Österreich	12

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Das durch den Klimawandel beeinflusste Wirkungsgefüge zwischen UVP-pflichtigen Großprojekten und Schutzgütern. Quelle: ÖIR, BOKU, Umweltbundesamt.	8
Abb. 2: Kurzübersicht über den Klimawandelfolgen-Check.	29

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Der Klimawandel ist kein Zukunftsszenario mehr. Folgen des Klimawandels sind auch schon heute spürbar. Wenngleich Veränderungen durch den Klimawandel eher im langfristigen Trend voraussehbar sind, so gilt es dennoch bereits jetzt, auf veränderte meteorologische Ereignisse, wie zum Beispiel auf zunehmende Starkniederschläge oder vermehrte Hitze- und Dürreperioden, zu reagieren.

Besonders große (Infrastruktur-)Projekte mit einer Nutzungsdauer von mehreren Jahrzehnten, wie z.B. Eisenbahnen, Straßen, Überland-Leitungen und Kraftwerke werden innerhalb ihres Lebenszyklus von den sich ändernden klimatischen Bedingungen betroffen sein. Daher ist es sinnvoll, bereits heute in der Planungs- und Konzeptionsphase solcher Großprojekte darüber nachzudenken, mit welchen spezifischen klimatischen Veränderungen sie sich in Zukunft auseinandersetzen müssen, um gezielt Maßnahmen zu setzen, damit den künftigen klimawandelbedingten Herausforderungen begegnet werden kann.

1.2 Ziele, Inhalt und Aufbau der strategischen Unterstützung

Die vorliegende „Strategische Unterstützung bei der Projektplanung zur Berücksichtigung von Klimawandelfolgen“ bietet einen komprimierten Überblick über den Stand des Wissens bezüglich der klimawandelbedingten Veränderung meteorologischer Phänomene in Österreich. Sie leitet daraus mögliche Auswirkungen auf Großprojekte ab. Ziel ist es, ProjektwerberInnen kompakte Informationen zur Verfügung zu stellen, mit deren Hilfe im Zuge der Projektplanung relativ einfach abgeklärt werden kann,

- a) ob es für ein konkretes Projekt prinzipiell sinnvoll ist, Klimawandelfolgen bereits in der Projektkonzeption zu berücksichtigen und
- b) welche klimawandelbedingten Veränderungen der meteorologischen Phänomene für eine konkrete Projektplanung von Relevanz sein könnten.

Die folgenden Kapitel bieten Anregungen und grundlegende fachliche Informationen für die Analyse der Frage, „Für welche Auswirkungen des Klimawandels auf mein konkretes Projekt ist eine vertiefte Auseinandersetzung sinnvoll und notwendig?“. Daraus kann als Ergebnis hervorgehen, ob und welche Klimawandelfolgen in der Projektplanung vertiefend untersucht werden sollten. Darauf aufbauend können dann jene Anpassungsmaßnahmen identifiziert werden, die man bereits in der Projektkonzeption und in der Bauphase umsetzen kann, um allenfalls künftige teure Adaptierungen/„Nachrüstungsmaßnahmen“ zu vermeiden.

Die "Strategische Unterstützung" gliedert sich in folgende Teile:

- Das Kapitel 2 „Klimawandel und mögliche Auswirkungen in Österreich“ bietet einen kompakten Überblick über den Stand der wissenschaftlichen Diskussion zur Veränderung der meteorologischen Phänomene in Österreich.
- Die „Projektblätter“ im Kapitel 3 stellen die Auswirkungen des Klimawandels auf konkrete Projekttypen detaillierter dar. Sie ermöglichen eine Abschätzung, welche Klimawandelaspekte bei der spezifischen Projektplanung relevant sein könnten. Folgende Projekttypen werden betrachtet: Bahnanlagen, Straßen, Starkstromleitungen, Windenergieanlagen, Was-

serkraftwerke und Stauanlagen, Schifffahrtsstrecken, Schigebiete, Städtebauliche Vorhaben, Golfplätze.¹

- Im Kapitel 4 werden beispielhaft die wichtigsten, möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf die Projektumwelt für ausgewählte Projekttypen dargestellt.
- Der "Klimawandelfolgen-Check" im Kapitel 5 ist eine Checkliste zur Beantwortung der Frage, ob die Berücksichtigung von Klimawandelfolgen in der Planungsphase für ein konkretes Projekt sinnvoll bzw. erforderlich ist und welche Aspekte zu berücksichtigen sind.

1.3 Herangehensweise

Große (Infrastruktur-)projekte sind von den Folgen des Klimawandels zweifach betroffen: Einerseits kann sich die Änderung der meteorologischen Phänomene direkt auf das technische Bauwerk und den Betrieb einer Einrichtung auswirken. (Z.B. können verstärkt auftretende kleinräumige Starkwinde zu vermehrten direkten Schäden bei Gebäuden, Stromleitungen etc. führen.) Andererseits nimmt der Klimawandel Einfluss auf die Umwelt, in der ein Vorhaben eingebettet ist. (Z.B. können andere Temperaturverhältnisse die Lebensbedingungen von Tier- und Pflanzenarten verändern.) Die veränderte Umwelt kann wiederum Rückwirkung auf das Projekt zeigen (siehe folgende schematische Darstellung der Systemzusammenhänge).

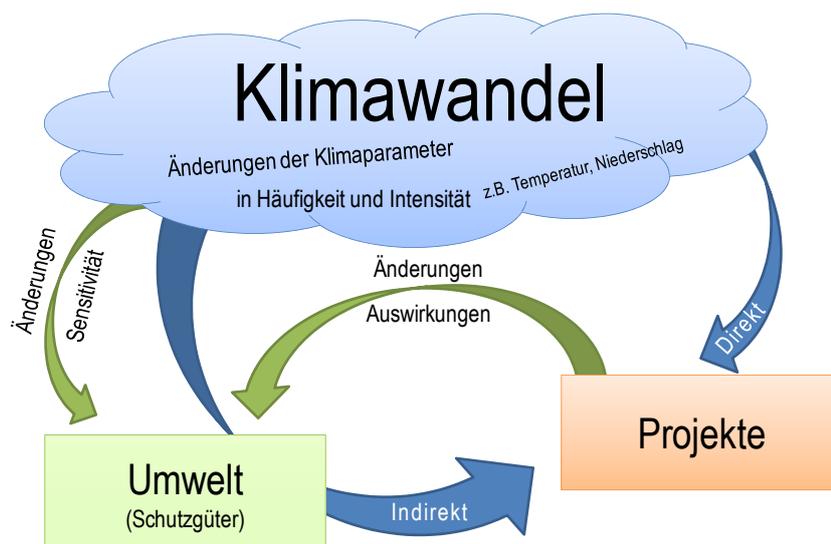


Abb. 1: Das durch den Klimawandel beeinflusste Wirkungsgefüge zwischen UVP-pflichtigen Großprojekten und Schutzgütern. Quelle: ÖIR, BOKU, Umweltbundesamt.

Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse basieren auf vier methodischen Elementen:

- In einer Literaturanalyse wurden bestehende Dokumente zum Thema Klimawandelfolgen und UVP analysiert und "Good-Practice"-Beispiele vergleichend in einem Bericht dokumentiert.
- In einer umfassenden Analyse wurde die relevante Literatur zu den Klimawandelfolgen und dessen Auswirkungen auf Großprojekte ausgewertet.
- Über qualitative Interviews mit österreichweit agierenden ProjektbetreiberInnen und Fachleuten für hochrangige Straßen-, Schienen- und Wasserverkehrswege, Starkstromleitungen,

¹ Ausgewählt wurden Projekttypen, die eine lange Lebens- bzw. Nutzungsdauer aufweisen. Damit werden auch etwa 60 % der Projekte, die zwischen 1995 und 2014 einer UVP unterzogen worden sind, abgedeckt. Quelle: UVP-Datenbank des Umweltbundesamts, Stand 14.7.2014.

Wasserkraftwerke, Windkraftanlagen, Skigebiete, Städtebauprojekte und Golfplätze wurde anhand eines standardisierten Interviewleitfadens mit offenen Fragen der konkrete Erfahrungshintergrund erhoben.

- In zwei Workshops mit StakeholderInnen und unter Begleitung eines wissenschaftlichen Advisory Boards wurden Zwischenergebnisse präsentiert, reflektiert und in die weitere Bearbeitung aufgenommen.

1.4 Projektergebnisse von ENVISAGE-CC

Die vorliegende „Strategische Unterstützung bei der Projektplanung zur Berücksichtigung von Klimawandelfolgen“ wurde im Rahmen des vom Klima- und Energiefonds geförderten Projektes ENVISAGE-CC „ENVironmental Impact assessment Satisfying Adaptation Goals Evolving from Climate Change“ erstellt. Als vertiefende Projektergebnisse wurden folgende zwei weitere Berichte im Rahmen von ENVISAGE-CC verfasst:

- Der Bericht „**Status Quo – Guidance documents**“ beschreibt (in englischer Sprache) den aktuellen politischen Rahmen, analysiert bestehende UVP-Planungsleitfäden, zeigt "Good-Practice"-Beispiele auf und war die Grundlage für die Entwicklung des Klimawandelfolgen-Check, welcher in dieser „Strategischen Unterstützung“ abgebildet ist.
- Der Bericht „**Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf Infrastrukturprojekte**“ bietet eine Übersicht über die Veränderung ausgewählter Klimaparameter und reflektiert den Stand der Klimawandelforschung. In konsequenter Auswertung der bestehender Literatur und der Interviews werden mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf Infrastrukturprojekte beschrieben, welche die Basis für die Projektblätter in der gegenständlichen „Strategischen Unterstützung“ bilden.

In Kombination mit den beiden Hintergrundberichten bietet die „Strategische Unterstützung bei der Projektplanung zur Berücksichtigung von Klimawandelfolgen“ eine gute Grundlage, um Klimawandelfolgen in der Projektentwicklung frühzeitig einzubeziehen.

2 Klimawandel und mögliche Auswirkungen in Österreich

Im letzten Jahrzehnt ist der Klimawandel zu einem zentralen Thema in Wissenschaft und Öffentlichkeit geworden. Seit der Veröffentlichung des dritten Sachstandsberichts des Weltklimarates (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC²]) im Jahr 2000 wird in Wissenschaftskreisen an einem anthropogen (menschlich) verursachten Klimawandel nicht mehr gezweifelt. Zahlreiche Studien zeigen, dass Österreich dem weltweiten Klimawandel stark ausgesetzt ist. So stieg die durchschnittliche Jahrestemperatur in Österreich seit dem 19. Jahrhundert um rund 2 °C an (Auer et al. 2007; Böhm 2009) und somit mehr als doppelt so stark als im globalen Mittel.

Die Auswirkungen des Klimawandels manifestieren sich räumlich sehr unterschiedlich und sind bereits heute vielerorts sichtbar. Beste Beispiele hierfür sind der zunehmende Rückgang und Zerfall der Eis- und Gletscherflächen, das Auftauen der Permafrostböden in höheren Breiten sowie im Hochgebirge, saisonale Verschiebung der Niederschlagsverteilung, veränderte Abflussregime von Flüssen, sowie vermehrt auftretende Hitze- und Dürreperioden. Eine Vielzahl von Ökosystemen reagiert besonders sensitiv auf diese klimatischen Veränderungen.

2.1 Szenarien des Klimawandels

Um die Komplexität des Klimasystems erfassen und vergangene und zukünftige Entwicklungen abschätzen zu können, werden komplexe Klimamodelle erarbeitet. Diese Klimamodelle bilden die wichtigsten klimarelevanten physikalischen Vorgänge in der Atmosphäre, den Ozeanen und auf der Erdoberfläche, sowie deren gegenseitigen Wechselwirkungen nach. Globale Klimamodelle (GCMs – global circulation models) benötigen derart hohe Rechenleistungen, dass sie weltweit nur an wenigen großen Rechenzentren (z.B. das Deutsche Klimarechenzentrum DKRZ in Hamburg) durchgeführt werden.

Für die Berechnung von Klimaprojektionen sind neben der Modellierung des Klimasystems aber auch zusätzliche Angaben zur künftigen Entwicklung der Treibhausgaskonzentration erforderlich. Die Emissionsszenarien gehen von der Annahme aus, dass die zukünftige demographische, wirtschaftliche und technologische Entwicklung eine unmittelbare Auswirkung auf den weiteren Verlauf des Treibhausgasausstoßes haben und somit den Klimawandel unterschiedlich stark vorantreiben. Die neuesten Szenarien des fünften Sachstandsbericht des IPCC sind in so genannte RCP-Szenarien eingeteilt „Repräsentative Konzentrationspfade“ (Representative Concentration Pathways – RCPs) und lösten die SRES-Emissionsszenarien ("Special Report on Emissions Scenarios") ab. Sie sind insgesamt in vier Hauptszenarien zusammengefasst, die in Tabelle 1 beschrieben werden.

Das breite Spektrum dieser Szenarien spiegelt auch die Unsicherheit der zugrunde liegenden Annahmen wider. Alle Klimaprojektionen weisen für die nächsten Jahrzehnte auf eine Temperaturerhöhung hin. Bis zum Jahr 2020 zeigen die Projektionen keine großen Unterschiede zwischen den verschiedenen Emissionsszenarien. Der Temperaturanstieg um weitere 0,2 °C auf eine globale Erwärmung von 1 °C bis 2020 ist unabhängig von unserem Verhalten und kann daher nicht mehr beeinflusst werden (IPCC 2007). Bis zum Ende des Jahrhunderts zeigen sich jedoch deutliche Temperaturunterschiede. Je nach Emissionsszenario – und somit abhängig vom menschlichen Verhalten – gehen die dargestellten Klimaprojektionen von einer weiteren weltweiten Erwärmung zwischen 0,5°-5°C bis 2100 aus. Selbst unter Annahme des optimisti-

² IPCC ist der zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen, welcher gemeinsam von der Welt-Meteorologie-Organisation (WMO) und dem Umwelt-Programm der Vereinten Nationen (UNEP) gegründet wurde, mit der Aufgabe, eine verbindliche internationale Erklärung zum wissenschaftlichen Verständnis der Klimaänderung zu verfassen. Die periodischen Sachstandsberichte des IPCC zu den Ursachen und Auswirkungen sowie von möglichen Reaktionen auf die Klimaänderung sind die umfassendsten und aktuellsten verfügbaren Berichte zu diesem Thema (www.ipcc.ch).

schen Emissionsszenarios RCP 4,5, in dem sich die Menschheit sehr umweltbewusst verhält und alle Staaten im Sinne des Klimaschutzes kooperieren, kann ein weiterer globaler Temperaturanstieg von rund 1,4 C bis 2100 nicht mehr verhindert werden.

Tabelle 1: Übersicht über Klimaszenarien Quelle: IPCC 2012.

RCP-Szenario (5. Sachstandsbericht)	Kurzbeschreibung der angenommenen Parameter (Imbery Plagemann 2011)	Äquivalentes SRES-Szenario (4. Sachstandsbericht)
RCP 8,5	Über 1370 ppm CO ₂ -Äquivalent im Jahr 2100, der Strahlungsantrieb bleibt bis 2300 auf hohem Niveau	A2 – langsame wirtschaftliche Entwicklung, langsamer Technologiewandel, hohes Bevölkerungswachstum
RCP 6,0	Stabilisierung des Strahlungsantriebs im Jahr 2100 bei ca. 850 CO ₂ -Äquivalent, ähnlich dem A1B-Szenario, danach abnehmender Strahlungsantrieb bis 2300	A1B – rasches Wirtschaftswachstum, rückläufige Weltbevölkerung ab Mitte des 21. Jahrhunderts, rasche Einführung neuer Technologien
RCP 4,5	Moderate Entwicklung, ähnlich dem B1-Szenario. Anstieg des CO ₂ -Äquivalent bis 2100 auf 650 ppm, der Strahlungsantrieb bleibt bei abnehmenden Emissionskonzentrationen bis 2300 auf gleichem Niveau	B1 – Änderung der Wirtschaft in Richtung Dienstleistungs- und Informationswirtschaft, rückläufige Weltbevölkerung ab Mitte des 21. Jahrhunderts
RCP 2,6	Markante Reduktion der Treibhausgasemissionen. Noch vor 2020 wird die maximale globale Emission erreicht und das maximale CO ₂ -Äquivalent wird um 2040 mit etwas mehr 450 ppm erreicht. Bis zum Ende des Jahrhunderts sinkt dieses wieder leicht.	Dieses Emissionsszenario gab es unter SRES nicht. Dieses Szenario ist das einzige, bei dem mit hinreichender Wahrscheinlichkeit das 2 Grad Ziel erreicht wird.

Aufgrund der groben räumlichen Auflösung der GCMs können die Ergebnisse nur im globalen bzw. kontinentalen Maßstab interpretiert werden (Kromp-Kolb und Formayer 2005). Regional können sehr große Unterschiede auftreten, da Klimacharakteristika stark von lokalen Gegebenheiten wie Topographie, Landnutzung, Wasser-Land-Verteilung oder Schneebedeckung abhängen (Gobiet 2010). Da allerdings für die Klimafolgenforschung im Besonderen regionale bzw. lokale Klimacharakteristika ausschlaggebend sind, wurde seit Beginn der 1990er Jahre zunehmend daran gearbeitet, globale Klimaszenarien mit Hilfe von dynamischen und/oder empirisch-statistischen Methoden zu verfeinern (Gobiet 2010). Bei diesem so genannten „Downscaling-Verfahren“ werden die Ergebnisse von globalen Klimamodellläufen mit regionaler Information konsistent verbunden. Dabei wird vorausgesetzt, dass die regionalen Klimabedingungen von den großskaligen Randbedingungen abhängig sind (Matulla 2009). Bei regionalen dynamischen Modellen wird die Maschenweite soweit verkleinert, dass auch kleinskalige Klimaprozesse erfasst werden. Die räumliche Auflösung der derzeit feinsten regionalen Klimamodelle (RCMs – *regional climate models*) erreichen eine Gitternetzweite von 10 km.

Für Österreich wurden bereits erste hochaufgelöste regionale Klimamodelle im Rahmen der Mitte 2003 gestarteten Forschungsprojekte reclip:more (Loibl et al. 2006) und reclip:century³ berechnet. Dadurch sind durchgängige Klimaszenarien von 1961 bis 2100 in hoher räumlicher Auflösung (Rasterweite 10 km) in absehbarer Zeit verfügbar und stellen eine solide Basis für die Klimafolgenforschung dar.

Hinsichtlich der Klimamodellierung ist grundsätzlich auf die gegebenen Unsicherheiten zu verweisen. Bei der Erstellung von Klimaänderungsszenarien wirkt eine Reihe von Unsicherheitsfaktoren mit, welche von Beobachtungsdaten, über Regionalisierungs- und Lokalisierungsmethoden, bis hin zu Modellen der Klimafolgenforschung reichen (Formayer 2010). Zusätzlich gehören auch das mangelnde Wissen über den Ist-Zustand sowie das zukünftige Verhalten der Menschen (Emissionsszenarien) zu den Hauptquellen der Unsicherheit (Formayer 2010).

2.2 Auswirkungen in Österreich

Aufgrund der Lage im Übergangsbereich verschiedener Klimaeinflüsse kann im Alpenraum grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass auch der Klimawandel sehr inhomogen verläuft und deutliche lokale Unterschiede auftreten.

Erste Einschätzungen der bis zum Ende des Jahrhunderts zu erwartenden Klimaänderungen in Österreich können aus den Ergebnissen der Projekte PRUDENCE, ENSEMBLE und reclip:more abgeleitet werden. Da sich die reclip:more sowie die ENSEMBLE Ergebnisse auf die Mitte des 21. Jahrhunderts beziehen, sind diese nicht direkt mit den Ergebnissen aus PRUDENCE vergleichbar. Die folgende Tabelle bietet einen Überblick über Grundcharakteristika jener Klimaparameter und möglicher sich daraus entwickelnder Extremereignisse, die für heimische Infrastrukturprojekte – abgeleitet aus den Ergebnissen der zuvor angesprochenen Projekte – relevant sind.

Tabelle 2: Übersicht über klimawandelbedingte Veränderung der meteorologischen Phänomene in Österreich

Bezeichnung des meteorologischen Phänomens	Beschreibung	Klimatrend *)	Wahrscheinlichkeit des Eintritts des Trends
TEMPERATUR			
Temperaturschwankungen	Starke Tagesgänge, bzw. Zunahme der Tag zu Tag Variabilität	⇒	Tagesgang im Sommer wahrscheinlich, Tag zu Tag Variabilität sehr unsicher
Frost-/Tauwechsel	Positive Temperaturen bei Tag und Frost bei Nacht.	⇨	In tiefen und mittleren Höhenlage ist eine Abnahme, sowie eine zeitliche Verschiebung sehr wahrscheinlich.
Hitzewelle	Mehrere Tage mit Maximaltemperaturen über 30 °C	↗	Es ist eine Zunahme der Hitzetage sowie das Auftreten neuer Hitzerekorde in allen Höhenlagen sehr wahrscheinlich
Kältewelle	Mehrere Tage mit Maximaltemperaturen unter 0 °C	⇨	Es ist eine Abnahme von Kältewellen sehr wahrscheinlich, jedoch können sie bis zum Ende des Jahrhunderts noch auftreten.
mittlere Temperaturveränderung (Anstieg)	Anstieg der Temperatur	↗	Ein Anstieg der Temperatur zu allen Jahreszeiten ist sehr wahrscheinlich.

³ http://reclip.ait.ac.at/reclip_century/

Bezeichnung des meteorologischen Phänomens	Beschreibung	Klimatrend *)	Wahrscheinlichkeit des Eintritts des Trends
mittlere Temperaturverschiebung der Jahreszeiten	Veränderung des Jahresgangs der Temperatur sowie der phänologischen Phasen der Pflanzen	↗	Eine Verlängerung der Vegetationsperiode und damit verbundene Phänophasen ist sehr wahrscheinlich.
NIEDERSCHLAG			
Starkniederschläge (großräumig)	Großflächige Starkniederschläge über mehrere Tage. Große Flusseinzugsgebiete reagieren	⇒ ↗	Im Winter ist eine Zunahme möglich bis wahrscheinlich. Im Sommer hingegen unsicher aber möglich, da Mittelmeertiefs zwar generell seltener auftreten werden, aber wenn sie auftreten, können sie zu stärkeren Niederschlägen führen.
Starkniederschläge (kleinräumig)	Kleinräumige Starkniederschläge meist in Verbindung mit Gewittern. Betrifft Gebiete von einigen 10 bis einigen 100 km ² .	⇒ ↗	Die Gewitterintensität wird in einer wärmeren Atmosphäre zunehmen, jedoch sind Aussagen zu Gewitterwahrscheinlichkeit nicht belastbar. Eine Zunahme daher möglich aber unsicher
Trockenheit/Trockenperioden	Längere niederschlagsfreie Perioden verbunden mit hoher Evapotranspiration	↗	Im Sommerhalbjahr ist eine Zunahme wahrscheinlich.
Schneefall (Nassschnee)	Starker Schneefall bei Temperaturen um den Gefrierpunkt.	⇒ ↘	Verlagerung sowohl zeitlich als auch räumlich wahrscheinlich. In der zweiten Hälfte des Jahrhunderts ist eine Abnahme in tiefen Lagen wahrscheinlich.
Schneefall (generell)	Starker Schneefall	↗ ↘	In Höhenlagen über 1500 m ist eine Zunahme wahrscheinlich, in tiefen Lagen hingegen eine Abnahme
Eisregen	Regen fällt auf Untergrund mit Temperaturen unter dem Gefrierpunkt	⇒ ↘	Aussagen für die nächsten Jahrzehnte unsicher, in der zweiten Jahrhunderthälfte Abnahme wahrscheinlich.
WEITERE KLIMAPARAMETER			
Verschiebung der Wetterlagen	Veränderung der großräumigen Druckfelder. Auswirkung auf die Witterungsabfolge von	↗	Eine Veränderung der großräumigen Druckfelder mit Auswirkung auf Österreich ist möglich (NAO, Arktische Oszillation).
Wind (großräumig – Atlantische Stürme, Föhn)	Atlantische Orkantiefs die bis zum Alpenraum vordringen, sowie extreme Föhnlagen	⇒	Keine Veränderung der Atlantischen Orkantiefs in Österreich wahrscheinlich. Aussagen zu Föhnstürmen derzeit nicht möglich
Wind (kleinräumig – Gewitterstürme)	Sturmböen und Tomados in Verbindung mit Gewitter	↗	Die Gewitterintensität wird in einer wärmeren Atmosphäre zunehmen, jedoch sind Aussagen zu Gewitterwahrscheinlichkeit nicht belastbar. Eine Zunahme daher möglich aber unsicher
Legende: ⇒ Keine Veränderung/↗ Steigender Trend/↘ Abnehmender Trend *) Klimatrend für Österreich/Quelle: Formayer/Jiricka			

2.3 Grenzen der Aussagen

Es ist wissenschaftlich unumstritten, dass der Mensch durch sein Verhalten einen Einfluss auf das globale Klimasystem und eine Erwärmung in der Vergangenheit stattgefunden hat. Unumstritten ist ebenso, dass der anthropogen verursachte Klimawandel auch zukünftig weiter voran schreiten wird. In dieser Aussage stimmen alle Klimaprojektionen überein.

Allerdings bestehen – wie bei allen Prognosen – Unsicherheiten. Die Ergebnisse der Klimamodellrechnungen liefern keine sicheren Vorhersagen über einen bestimmten zukünftigen Verlauf, sondern Szenarien, die eine Bandbreite von möglichen Entwicklungen beschreiben.

Zudem verändert sich das Klimasystem nicht linear und so kann nicht mit Sicherheit gesagt werden, ob und wann das Klima bei Überschreitung gewisser Grenzzustände „Sprünge“ machen wird, d. h. plötzlich in einen anderen Zustand umkippt („Kippeffekte“). Werden bestimmte Temperaturwerte überschritten, geraten zentrale Elemente unseres Klimasystems, z.B. das atlantische Tiefenwasser, aus dem Gleichgewicht. Dadurch könnten Prozesse mit unumkehrbaren und verheerenden Folgen in Gang gesetzt werden (Formayer in ÖWAV, 2010:31).

3 Auswirkungen des Klimawandels auf UVP-pflichtige Großprojekte

Trotz der Unsicherheiten bei Detailfragen zum Klimawandel ist schon umfangreiches Wissen vorhanden, das bei der Projektplanung berücksichtigt werden kann. Aufbauend auf der Auswertung wissenschaftlicher Studien und den Interviews mit relevanten StakeholderInnen bietet das folgende Kapitel einen Überblick über mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf ausgewählte Projekttypen in Form von Projektblättern. Folgende Projekttypen werden betrachtet: Bahnanlagen, Straßen, Starkstromleitungen, Windenergieanlagen, Wasserkraftwerke und Stauanlagen, Schifffahrtsstrecken, Schigebiete, Städtebauliche Vorhaben, Golfplätze⁴. Jedes Projektblatt enthält folgende Angaben:

- Kurzbeschreibung des Projekttyps
- Auflistung der meteorologischen Phänomene, Klimatrends und den daraus resultierenden direkten und indirekten Wirkungen
- Differenzierung der Wirkungen nach räumlichem Bezug (wenn relevant)
- Beispielhafte Auflistung möglicher Folgen für das Projekt

Damit bieten die Projektblätter für jeden behandelten Projekttyp eine Darstellung möglicher Klimawandelfolgen. Sie dienen als Checkliste, um in einem Dialog mit Fachleuten jene relevanten Aspekte des Projektes herauszufiltern, in denen Klimawandelfolgen langfristig auf den Betrieb, die Sicherheit und die Funktionsfähigkeit des Projekts Einfluss haben könnten. Die Projektblätter können damit als Startpunkt für eine vertiefende Diskussion dienen, ob und welche Klimawandelfolgen in der Projektplanung im Detail untersucht werden sollten.

⁴ Ausgewählt wurden Projekttypen, die eine lange Lebens- bzw. Nutzungsdauer aufweisen. Damit werden auch etwa 60 % der Projekte, die zwischen 1995 und 2000 einer UVP unterzogen worden sind, abgedeckt., Quelle: UVP-Datenbank des Umweltbundesamts, Stand 14.7.2014

3.1 Bahnanlagen				
BESCHREIBUNG: Zu Bahnanlagen werden alle Projekte im Bereich der Planung, des Baus und des Betriebes gezählt. Auch Bahnhöfe sowie infolge von Bahnprojekten errichtete Entwässerungsanlagen, Technikgebäude, Straßenbauten, etc. werden darunter zusammengefasst.				
Meteorologische Phänomene	Klimatrend*	Direkte und indirekte Wirkungen	Räumlicher Bezug	Beispielhafte Folgen für das Projekt in Bezug auf Bauwerk/Betrieb
TEMPERATUR				
Temperaturschwankungen	⇒	Frost-/Tauwechsel	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> • Materialermüdung^{3), 4), 9)} • Gefahr durch Frostsprengungen und der damit verbundenen zeitlichen und räumlichen Verlagerung der Gefahr für Geröll^{3), 4), 9)} • Steinschlag und Rutschungen führen zu eingeschränkter Befahrbarkeit auf Nebenstrecken^{3), 4), 9)} • Volkswirtschaftliche Schäden durch Betriebsunterbrechungen³⁾
		Nebel	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> • Gefahr durch eingeschränkte Sicht an Eisenbahnkreuzen³⁾
Hitzewelle/Dürre	↗	Direkte Hitzewirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> • Negative Einflüsse auf die Elektronik und das Kühlsystem^{3), 6)} • Betriebsunterbrechungen durch Defekte an Kühlsystemen o.ä.^{3), 6)} • Erschwerte Bedingungen bei Bau und Wartung³⁾
		Brände	Waldnähe	<ul style="list-style-type: none"> • Deformation an Gleisanlagen⁶⁾ • Betriebsunterbrechungen³⁾
Mittlere Temperaturveränderung	↗	Direkte Wirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> • Saisonale Veränderungen der Verkehrsströme (z.B. durch verändertes Urlaubsverhalten)³⁾
		Verlust von Permafrostböden	Alpiner Raum	<ul style="list-style-type: none"> • Schäden an der Infrastruktur infolge erhöhter Massenbewegung, Hangrutschungen, Muren⁴⁾ • Betriebsunterbrechungen durch Schäden infolge erhöhter Massenbewegung, Hangrutschungen, Muren^{3), 4)}
Kältewelle	↘	Direkte Kältewirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> • Veränderter Energiebedarf³⁾ • Veränderte Bedingungen bei Bau und Wartung³⁾ • Veränderte Umsetzungsdauer und Kosten bei Bauprojekten³⁾
NIEDERSCHLAG				
Großräumige Starkniederschläge	~	Überschwemmungen (Hochwasser)	Gewässernähe	<ul style="list-style-type: none"> • Direkte Auswirkungen auf die Bausubstanz durch Hochwasser³⁾ • Überflutungen und Absenkungen des Schienenkörpers und der Gebäude³⁾ • Unterspülungen, Erosion oder Treibgut kann die Infrastruktur beschädigen^{1), 3), 6)} • Bedarf an Anpassung der Dimensionierung der Entwässerungssysteme zur Aufnahme erhöhter Durchflussmengen³⁾ • Wiederherstellungs- und Austauschkosten nach Hochwasserereignissen³⁾ • Lange Unterbrechungen durch Prioritätensetzung bei der Bearbeitung der Problembereiche³⁾ • Bedarf an mobilem Einsatzpersonal³⁾
Lokale Starkniederschläge	~	Steinschlag Kriechhänge Muren Lawinen	Hang/Hangfuß (Alpiner Raum)	<ul style="list-style-type: none"> • Schäden an der Infrastruktur durch direkte Druckwirkung^{1), 3)} • Instabilität durch Unterspülung^{1), 3), 6)} • Wirtschaftliche Schäden durch Betriebsunterbrechungen aufgrund von Austausch- bzw. Wiederherstellung der Infrastruktur³⁾ • Erhöhte Kosten durch reaktiven Bau von Sicherungsmaßnahmen³⁾
Trockenheit/ Trockenperioden	↗	Brände	Vegetationsnähe (z.B. Wald)	<ul style="list-style-type: none"> • Deformationen an Gleisanlagen³⁾ • Betriebsunterbrechungen bei Brandereignissen⁹⁾ • Austausch bzw. Wiederherstellung der Infrastruktur benötigt monetäre, zeitliche und energetische Ressourcen³⁾
Schneefall (Nassschnee)	~x	Direkte Wirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> • Schäden am Material wie z.B. Weichen und elektrische Infrastruktur³⁾ • Beeinträchtigung der Stabilität der Dächer durch die erhöhte Schneelast^{7), 9)} • Veränderte Befahrbarkeit der Strecken durch Schnee und Eis^{3), 9)} • Erhöhter Ressourcenaufwand (Personal) zur Wiederherstellung der Verwendbarkeit (Schneeräumung)³⁾ • Sicherheit der Passagiere³⁾
Schneefall über 1500m	↗			
Schneefall unter 1500m	↘			
Eisregen	~xx			
WIND				
Wind (kleinräumige – Gewitterstürme)	↗	Tornados, Windwurf, Blitzschlag, windbedingte Sedimentablagerungen	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> • Direkte Schäden an der Oberleitung^{2), 3)} • Indirekte Schäden durch Windwurf^{2), 3)} • Stabilität von Bahnhöfen bei Gewittersturmereignisse^{2), 3), 7), 8)} • Behinderungen am Gleiskörper^{7), 8)} • Erhöhter Wartungsaufwand³⁾
Wind (großräumig – Atlantische Stürme, Föhn)	⇒			
Quellen: ¹⁾ Dora (2010), ²⁾ Enei (2011), ³⁾ Input der Stakeholder, ⁴⁾ Joachim und Schade (2009), ⁵⁾ Nolte et. Al (2011), ⁶⁾ Rachoy (2011), ⁷⁾ RSSB (2008), ⁸⁾ Savonis (2003), ⁹⁾ Transportation Research Board (2008) * Klimatrend bezieht sich auf ganz Österreich x Für Starken Schneefall bei Temperaturen um den Gefrierpunkt ist eine Verlagerung sowohl zeitlich als auch räumlich wahrscheinlich. Weiters ist in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts eine Abnahme in tiefen Lagen wahrscheinlich. xx Aussagen für die nächsten Jahrzehnte unsicher, in der zweiten Jahrhunderthälfte Abnahme wahrscheinlich.				
Erklärung der Zeichen: ⇒ Keine Veränderung/↗ Steigender Trend/↘ Abnehmender Trend/~ Unsicherer Trend, kann sowohl steigen als auch abnehmen				

3.2 Straßen

BESCHREIBUNG:

Zu Straßen werden alle Projekte im Bereich des Baus und des Betriebes von Straßen gezählt. Dazu gehören auch Technikgebäude, elektronische Anlagen oder das Sicherheitsmanagement.

Meteorologische Phänomene	Klimatrend*	Direkte und indirekte Wirkungen	Räumlicher Bezug	Beispielhafte Folgen für das Projekt in Bezug auf Bauwerk/Betrieb
TEMPERATUR				
Frost-/Tauwechsel	↘ ^x	Direkte Wirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> • Erhöhter Sanierungsbedarf durch Schäden an der Infrastruktur⁶⁾ • Auswirkungen auf die Standfestigkeit von Bauten⁶⁾
		Steinschlag	Hang/Hangfuß	<ul style="list-style-type: none"> • Direkte Schäden an der Infrastruktur^{6), 13)} • Betriebsunterbrechungen⁶⁾
Hitzewelle	↗	Direkte Hitzewirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> • Überhitzung der Fahrbahn → Schäden am Straßenbelag^{3), 4)} • Probleme an der Elektronikinfrastruktur (Verkehrsleitzentrale)^{6), 8)} • Erschwerte Bedingungen bei Bau- und Wartungsarbeiten⁶⁾
		Brände	Waldnähe	<ul style="list-style-type: none"> • Schäden an der Infrastruktur durch Böschungsbrände oder Brände in naheliegenden Schutzwäldern^{6), 8)}
Mittlere Temperaturveränderung	↗	Direkte Wirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> • Wärmebedingter Anstieg des Wurzelwachstums der Vegetation an Straßenrändern kann zu Schäden an der Infrastruktur führen¹¹⁾ • Verändertes Urlaubsverhalten führt zu saisonaler Veränderungen der Verkehrsströme⁶⁾
		Verlust von Permafrostböden	Alpiner Raum	<ul style="list-style-type: none"> • Kann zu Instabilität sehr hoch gelegener Straßeninfrastruktur und verstärkter Gefahr in Hanglagen führen⁷⁾
Kältewelle	↘	Vereisungen	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> • Unfallgefahr (zunehmenden Bedeutung von Frühwarnsystemen)⁶⁾
		Frostbruch	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> • Schäden am Straßenbelag²⁾
		Direkte Kältewirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> • Veränderte Bedingungen bei Bau- und Wartungsarbeiten⁶⁾
NIEDERSCHLAG				
Großräumige Starkniederschläge	~	Überschwemmungen (Hochwasser)	Gewässernähe	<ul style="list-style-type: none"> • Direkte Auswirkungen auf die Bausubstanz durch Hochwasser^{12), 13)} • Unterspülungen, Erosion oder Treibgut kann die Infrastruktur beschädigen^{12), 13)} • Überlastung von Drainagesystemen^{5), 6), 9), 12)}
Lokale Starkniederschläge	~	Steinschlag Kriechhänge Muren Lawinen	Hang/Hangfuß (Alpiner Raum)	<ul style="list-style-type: none"> • Instabilität durch Unterspülung^{12), 13)} • Betriebsunterbrechungen aufgrund von Austausch- bzw. Wiederherstellung der Infrastruktur^{5), 6), 9), 12)} • Erhöhte Kosten durch reaktiven Bau von Sicherungsmaßnahmen⁶⁾
Trockenheit/ Trockenperioden	↗	Brände	Vegetationsnähe (z.B. Wald)	<ul style="list-style-type: none"> • vorübergehende Unterbrechung von Streckenabschnitten^{6), 12), 13)}
Schneefall (Nassschnee)	~ ^{xx}	Direkte Wirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> • Lawinenabgänge und Schneesverwehungen vermindern die Befahrbarkeit von Straßen^{6), 13)} • Langanhaltender starker Schneefall führt zu einem erhöhten Ressourcen Einsatz und damit zu erhöhten Kosten^{6), 13)}
Schneefall über 1500m	↗			
Schneefall unter 1500m	↘			
Eisregen	~ ^{xxx}	Direkte Wirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> • schlechtere Befahrbarkeit und Unfallbildung^{6), 13)} • Stromausfälle und Probleme für VerkehrsteilnehmerInnen und auch für die Verkehrsleitzentrale¹³⁾ • Erhöhter Streubedarf⁶⁾
WIND				
Wind (kleinräumige – Gewitterstürme)	↗	Tornados, Windwurf, Blitzschlag, windbedingte Sedimentablagerungen	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> • Schäden durch Windwurf führen zu Unterbrechungen oder Verzögerungen^{1), 6)}
Wind (großräumig – Atlantische Stürme, Föhn)	□			
Quellen: ¹⁾ Enei (2011), ²⁾ Enei et al. (2011), ³⁾ Galbraith et al. (2005), ⁴⁾ Harvey (2004), ⁵⁾ Haurie et al. (2009), ⁶⁾ Input der Stakeholder, ⁷⁾ Jochem&Schade (2009), ⁸⁾ Leidinger et al. (2013), ⁹⁾ Peterson et al. (2008), ¹⁰⁾ Regmi&Hanaoka (2009), ¹¹⁾ Savonis et al. (2008), ¹²⁾ Swart&Biesbroek (2008), ¹³⁾ Transport Research Board (2008)				
* Klimatrend bezieht sich auf ganz Österreich				
²⁾ In tiefen und mittleren Höhenlage ist eine Abnahme sowie eine zeitliche Verschiebung von positiven Temperaturen bei Tag und Forst bei Nacht sehr wahrscheinlich				
^{xx)} Für Starken Schneefall bei Temperaturen um den Gefrierpunkt ist eine Verlagerung sowohl zeitlich als auch räumlich wahrscheinlich. Weiters ist in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts eine Abnahme in tiefen Lagen wahrscheinlich.				
^{xxx)} Aussagen für die nächsten Jahrzehnte unsicher, in der zweiten Jahrhunderthälfte Abnahme wahrscheinlich.				
Erklärung der Zeichen: ⇒ Keine Veränderung/↗ Steigender Trend/↘ Abnehmender Trend/~ Unsicherer Trend, kann sowohl steigen als auch abnehmen				

3.3 Starkstromleitungen				
BESCHREIBUNG: Unter Starkstromleitungen werden alle Starkstromleitungsprojekte einschließlich der zugehörigen Nebeneinrichtungen (Umspannwerke, Transformatorstationen etc.) zusammengefasst.				
Meteorologische Phänomene	Klimatrend	Direkte und indirekte Wirkungen	Räumlicher Bezug	Beispielhafte Folgen für das Projekt in Bezug auf Bauwerk/Betrieb
TEMPERATUR				
Frost-/Tauwechsel	↘ ^x	Direkte Wirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Zusätzliche Beanspruchung des Materials kann zu Schäden an der Infrastruktur führen → ggf. Betriebsunterbrechungen⁵⁾
		Steinschlag	Hang/Hangfuß	<ul style="list-style-type: none"> Schäden an der Infrastruktur⁵⁾ ggf. Betriebsunterbrechungen und Leitungsengpässe⁵⁾
Hitzewelle	↗	Direkte Hitzewirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Geringere Durchlaufkapazitäten^{1), 3), 7)} Erschwerte Bedingungen bei Bau- und Wartungsarbeiten⁵⁾ Veränderter Energiebedarf (wie z.B. Entwicklung der Lastspitzen bei Hitzewellen)⁵⁾ Probleme bei der Durchleitung speziell auf N-S-Trasse Richtung Italien, da hoher Importbedarf Italiens bei Hitzewellen⁵⁾ Im städtischen Raum (z.B. Wien) Probleme mit Wärmeabfuhr bei Erdkabeln⁵⁾
		Brände	Waldnähe	<ul style="list-style-type: none"> Auswirkungen auf den Stromleitungsbetrieb durch Waldbrände → ggf. Betriebsunterbrechungen und Leitungsengpässe^{1), 2), 3), 7)}
Mittlere Temperaturveränderung	↗	Verlust von Permafrostböden	Alpiner Raum	<ul style="list-style-type: none"> Instabilitäten von Fundamenten der Infrastruktur⁹⁾
Kältewelle	↘	Direkte Kältewirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Erschwerte Bedingungen bei Bau- und Wartungsarbeiten⁵⁾
		Vereisungen	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Schäden an den Leiterseilen^{1), 2), 5)} Erhöhte Gefahr bei Wartungsarbeiten durch Eisabfall; Blitzeis^{1), 2), 5)}
NIEDERSCHLAG				
Großräumige Starkniederschläge	↘	Überschwemmungen (Hochwasser) und gravitative Massenbewegungen (s.u.)	Gewässernähe und Hänge/Hangfuß	<ul style="list-style-type: none"> Schäden an der Infrastruktur durch Unterspülung, Erosion und Treibgutanschwemmung → ggf. Betriebsunterbrechungen und Leitungsengpässe²⁾ Veränderte Dimensionierung von Entwässerungsanlagen^{1), 5), 6)} Beeinträchtigungen bei Bau und Wartung^{1), 5), 6)} Wassereintritt/Kurzschluss an Transformatoren und (selten) Umspannwerken^{1), 5), 6)}
Lokale Starkniederschläge	↘	Hangrutschungen Steinschlag Kriechhänge Muren Lawinen	Hang/Hangfuß (Alpiner Raum)	<ul style="list-style-type: none"> Schäden an der Infrastruktur → ggf. Betriebsunterbrechungen und Leitungsengpässe^{1), 5), 6)} Mastverschiebung, Leitungsrisse, Mastbruch^{1), 5), 6)} Beeinträchtigungen bei Bau und Wartung⁵⁾
Schneefall (Nassschnee)	↘ ^{xx}	Direkte Wirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Schäden an der Infrastruktur, z.B. durch festfrierenden Schnee^{1), 2)} Schneelast und Abriss der Leitungen an der Leitungsinfrastruktur^{1), 2)} ggf. „Blackouts“ und Leitungsengpässe^{1), 2)}
Schneefall über 1500m	↗	Direkte Wirkung	Alpiner Raum	<ul style="list-style-type: none"> Nassschneedeponierung auf Oberleitungen wirkt sich auf die Belastbarkeit der Leitungsseile aus⁵⁾
Schneefall unter 1500m	↘	Direkte Wirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Erschwerte Bedingungen und Erreichbarkeit bei Bau- und Wartungsarbeiten⁵⁾
Eisregen	↘ ^{xxx}	Direkte Wirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Schäden an der Infrastruktur, z.B. durch Eislast an der Leitungsinfrastruktur → ggf. Betriebsunterbrechungen und Leitungsengpässe⁵⁾
WIND				
Wind (kleinräumige – Gewitterstürme)	↗	Tornados, Windwurf, Blitzschlag, windbedingte Sedimentablagerungen	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Direkte Windwirkung: Schäden an der Infrastruktur (v.a. Reißen der Abstandhalter bzw. selten auch Mastbrüche)^{2), 4), 5), 8)} Bei Windwurf (Bäume) Abriss der Leitungen → ggf. Betriebsunterbrechungen und Leitungsengpässe^{2), 4), 5), 8)}
Wind (großräumig – Atlantische Stürme, Föhn)	□			
Quellen: ¹⁾ Altwater et al. (2011), ²⁾ Birkmann et al. (2010), ³⁾ Eskeland et al. (2008), ⁴⁾ Gobiet et al. (20013), ⁵⁾ Input der Stakeholder, ⁶⁾ McCallum et al. (2013), ⁷⁾ Jayant et al. (2013), ⁸⁾ Natural Gas Week (2007), ⁹⁾ Nelson et al. (2001) * Klimatrend bezieht sich auf ganz Österreich ^x In tiefen und mittleren Höhenlage ist eine Abnahme sowie eine zeitliche Verschiebung von positiven Temperaturen bei Tag und Forst bei Nacht sehr wahrscheinlich ^{xx} Für starken Schneefall bei Temperaturen um den Gefrierpunkt ist eine Verlagerung sowohl zeitlich als auch räumlich wahrscheinlich. Weiters ist in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts eine Abnahme in tiefen Lagen wahrscheinlich. ^{xxx} Aussagen für die nächsten Jahrzehnte unsicher, in der zweiten Jahrhunderthälfte Abnahme wahrscheinlich.				
Erklärung der Zeichen: ⇒ Keine Veränderung/↗ Steigender Trend/↘ Abnehmender Trend/↘ Unsicherer Trend, kann sowohl steigen als auch abnehmen				

3.4 Windenergieanlagen

BESCHREIBUNG:

Unter Windenergieanlagen fallen alle Projekte zur Erzeugung von Elektrizität mittels Windanlagen („Windräder“) einschließlich der Nebenanlagen, jedoch ohne Starkstromleitungen.

Meteorologische Phänomene	Klimatrend*	Direkte und indirekte Wirkungen	Räumlicher Bezug	Beispielhafte Folgen für das Projekt in Bezug auf Bauwerk/Betrieb
TEMPERATUR				
Hitzewelle	↗	Direkte Hitzewirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Überhitzung der Materialien und der Leitungselektronik^{1), 9), 12), 13)} Erschwerte Bedingungen bei Bau- und Wartungsarbeiten¹²⁾
		Brände	Waldnähe	<ul style="list-style-type: none"> Durch Überhitzung der Turbine können Brände entstehen welche auf weiter entfernte Windparkinfrastruktur einwirken können^{5), 14), 18)}
Mittlere Temperaturveränderung	↗	Direkte Wirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Durch veränderte Druckverhältnisse und somit veränderte Windverhältnisse: Auswirkungen auf den Ertrag von Windenergie¹²⁾
Kältewelle	↘	Direkte Kältewirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Erschwerte Bedingungen bei Bau- und Wartungsarbeiten¹²⁾
		Vereisung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Änderungen bei der Vereisung von Rotorblättern führen zu verändertem Gefahrenpotenzial für die Infrastruktur und Menschen (Konflikt mit Erholungsnutzung)^{4), 11), 12), 17), 19)} Geändertes Abschaltverhalten der Anlage¹²⁾
NIEDERSCHLAG				
Großräumige Starkniederschläge	~	Überschwemmungen (Hochwasser)	Gewässernähe	<ul style="list-style-type: none"> Beschädigungen an der Kraftwerkselektronik und Bodenmechanik^{6), 15)} Schäden durch Absenkung des Fundaments¹⁵⁾ Dimensionierung von Drainagen und Entwässerungsanlagen⁶⁾
Lokale Starkniederschläge	~	Steinschlag Kriechhänge Muren Lawinen	Hang/Hangfuß (Alpiner Raum)	<ul style="list-style-type: none"> Schäden an Windenergieanlagen und ihrer Leitungsinfrastruktur¹⁵⁾
Schneefall über 1500m	↗	Direkte Wirkung	Alpiner Raum	<ul style="list-style-type: none"> Erhöhter Aufwand der Erreichbarkeit bei Wartungsarbeiten⁶⁾
WIND				
Wind (kleinräumige – Gewitterstürme)	↗	Tornados, Windwurf, Blitzschlag	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Veränderter Bedarf an umfangreichen Schutzmaßnahmen für die Turbine und ihre Rotorblätter bei erhöhter Blitzintensität^{6), 16)} Wirtschaftliche Schäden durch die Abschaltung der Anlage und der damit verbundenen Reduktion der Energiebereitstellung^{1), 6), 15)}
Wind (großräumig – Atlantische Stürme, Föhn)	□	windarme Perioden im Sommer	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Auswirkungen auf den Ertrag^{6), 15)}
		Energie des Windes und Hauptwindrichtung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Auswirkungen auf den Ertrag⁶⁾ Auswirkungen auf die Windparkkonfiguration; Standorte der Windräder zueinander gehören gegebenenfalls optimiert⁶⁾
Quellen:				
¹⁾ Altwater et al. (2011), ²⁾ Birkmann et al. (2010), ³⁾ DNV/Riso (2002), ⁴⁾ Drpalik et al. (2011), ⁵⁾ Dürbeck (2013), ⁶⁾ Enei et al. (2011), ⁷⁾ IPCC 2012), ⁸⁾ Enervon (2010), ⁹⁾ Eskeland et al. (2008), ¹⁰⁾ Frank et al. (1999), ¹¹⁾ IEA Wind (2012), ¹²⁾ Input der Stakeholder, ¹³⁾ Jayant et al. (2013), ¹⁴⁾ Leidinger et al. (2013), ¹⁵⁾ Pryor&Barthelmie (2010), ¹⁶⁾ Rachidi et al. (2008), ¹⁸⁾ Windturbine (2012), ¹⁹⁾ Yao et al. (2012)				
*Klimatrend bezieht sich auf ganz Österreich				
Erklärung der Zeichen:				
⇒ Keine Veränderung/↗ Steigender Trend/↘ Abnehmender Trend/~ Unsicherer Trend, kann sowohl steigen als auch abnehmen				

3.5 Wasserkraftwerke und Stauanlagen				
BESCHREIBUNG: Wasserkraftwerke und Stauanlagen umfassen alle Projekte zur Erzeugung von Elektrizität aus Wasserkraft (z.B. Laufkraftwerke, Speicherkraftwerke) einschließlich der Nebenanlagen, jedoch ohne Starkstromleitungen. Zudem zählen dazu auch Stauanlagen, die andere Zwecke verfolgen.				
Meteorologische Phänomene	Klimatrend*	Direkte und indirekte Wirkungen	Räumlicher Bezug	Beispielhafte Folgen für das Projekt in Bezug auf Bauwerk/Betrieb
TEMPERATUR				
Hitzewelle	↗	Direkte Hitzewirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Erschwerte Bedingungen bei Bau- und Wartungsarbeiten³⁾ Veränderter Energiebedarf (z.B. Entwicklung der Lastspitzen bei Hitzewellen³⁾
Mittlere Temperaturveränderung (Anstieg)	↗	Höhere Verdunstung Geringer Oberflächenabfluss	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Verminderung des Durchschnittsabflusses aufgrund der höheren Verdunstung bei höheren Durchschnittstemperaturen^{4), 8), 10)} Niedriger Wasserpegel und damit geringeres Energiepotenzial^{3), 10)}
		Abschmelzen der Gletscher	Alpiner Raum	<ul style="list-style-type: none"> Freiwerden von Flächen im Gletscherbereich kann zur Mobilisation von Geschiebe führen, was einen erhöhten Eintrag in Stauseen bewirken kann^{1), 2), 8), 10)}
Kältewelle	↘	Direkte Kältewirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Erschwerte Bedingungen bei Bau- und Wartungsarbeiten³⁾
		Vereisungen	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Beschädigungen durch Eisstoß³⁾
NIEDERSCHLAG				
Großräumige Starkniederschläge	↘	Überschwemmungen (Hochwasser)	Gewässernähe	<ul style="list-style-type: none"> Erhöhung des Geschiebetransports¹⁰⁾ Höherer Eintrag in Staubecken¹⁰⁾ Gefahr für umliegende Infrastruktur und für die Standsicherheit der Infrastruktur im Stauraumbereich³⁾ Erhöhter Bedarf an Ausbaggerung (Geschiebetransport) – Mehrkosten³⁾ Einschränkungen des Kraftwerksbetriebs bzw. der Energieerzeugung³⁾
		Veränderter Regenniederschlag im Winter und im Frühjahr/Sommer	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Verteilung der Abflussmengen, da Trend zu erhöhter Abflussmenge im Winter (Zunahme) bzw. geringerer im Frühjahr (Abnahme Schneeschmelze) bzw. Sommer wahrscheinlich^{1), 4), 9), 10)} Verschiebung der Abflussspitzen je nach Kraftwerksstandort³⁾
Lokale Starkniederschläge	↘	Steinschlag Muren Lawinen	Hang/Hangfuß (Alpiner Raum)	<ul style="list-style-type: none"> Beschädigung der Infrastruktur^{6), 7)} Erschwerte Erreichbarkeit der Anlage für Wartungsarbeiten³⁾
Trockenheit/ Trockenperioden	↗	Höhere Verdunstung (insbesondere in Kombination mit hohen Temperaturen)	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Herausforderungen durch Niedrigwasser³⁾
Schneefall über 1500m	↗	Direkte Wirkung	Alpiner Raum	<ul style="list-style-type: none"> Erschwerte Erreichbarkeit der Anlage für Wartungsarbeiten³⁾
WIND				
Wind (kleinräumige – Gewitterstürme)	↗	Direkte Wirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Erhöhter Feststofftransport der Gewässer (z.B. infolge von Windwurf³⁾)
Quellen: ¹ Frey et al. (2013), ² Funk (2013), ³ Input der Stakeholder, ⁴ McCallum et al. (2013), ⁵ Mideksa&Kallbekken (2010), ⁶ Nemetz (1980), ⁷ Perez (2009), ⁸ Raymon et al. (o.J.), ⁹ Schaeffer et al. 2012, ¹⁰ SGHL (2011)				
*Klimatrend bezieht sich auf ganz Österreich				
Erklärung der Zeichen:				
⇒ Keine Veränderung/↗ Steigender Trend/↘ Abnehmender Trend/↔ Unsicherer Trend, kann sowohl steigen als auch abnehmen				

3.6 Schifffahrtsstrecken

BESCHREIBUNG:

Projekte bei Schifffahrtsstrecken für die Binnenschifffahrt umfassen Veränderungen der Wasserstraße und der Uferbereiche einschließlich Anlegestellen und Binnenhäfen

Meteorologische Phänomene	Klimatrend*	Direkte und indirekte Wirkungen	Räumlicher Bezug	Beispielhafte Folgen für das Projekt in Bezug auf Bauwerk/Betrieb
Temperatur				
Mittlere Temperaturverschiebung der Jahreszeiten	⇒	Abschmelzen der Gletscher Verminderung der Retention	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Jahreszeitliche Verschiebung der Höchstwasserstände in Richtung Winter und früher Frühling⁷⁾ Mobilisation von Geschiebe durch Freiwerden von Flächen im Gletscherbereich führt zu erhöhtem Eintrag in Wasserwege^{2), 8), 9)}
Hitzewelle	↗	Direkte Hitzewirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Erschwerte Bedingungen beim Umbau von Wasserstraßen und bei Renaturierungsarbeiten⁴⁾ Wirtschaftliche Schäden durch Betriebsunterbrechungen oder Verzögerungen bei Niedrigwasserständen⁴⁾
Mittlere Temperaturveränderung	↗	Hohe Verdunstung Geringer Oberflächenabfluss	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Niederwasserstände können dazu führen, dass bestimmte Flusspassagen vorübergehend eingeschränkt oder unpassierbar werden⁵⁾ Befahrbarkeit nur durch Verringerung der Lademenge der Schiffe – erhöhte Transportkosten und sinkende Effizienz⁵⁾
Kältewelle	↘	Direkte Wirkung	Allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Erschwerte Bedingungen beim Umbau von Wasserstraßen und bei Renaturierungsarbeiten⁴⁾ Wirtschaftliche Schäden durch Betriebsunterbrechungen oder Verzögerungen⁴⁾
		Vereisungen	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Eingeschränkte Befahrbarkeit der Wasserstraßen^{4), 10)}
		Eisstoß	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Eingeschränkte Befahrbarkeit der Wasserstraßen^{4), 10)} Beschädigungen an Schiffen und Brücken⁴⁾
NIEDERSCHLAG				
Großräumige Starkniederschläge	↘	Direkte Wirkung	Gewässernähe	<ul style="list-style-type: none"> Schäden an der Infrastruktur (inkl. Baugut, Personen und Vegetation)^{1), 3)} Erhöhter Geschiebetransport führt zu zusätzlichen Sedimentablagerungen^{3), 4), 6)} Verzögerungen und Wartezeiten durch Geschiebe in Schleusen^{4), 7)} Eingeschränkte Befahrbarkeit der Wasserstraße^{4), 7)}
Lokale Starkniederschläge	↘	Direkte Wirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Erhöhter Geschiebetransport führt zu zusätzlichen Ablagerungen^{3), 4), 6)} Verzögerungen und Wartezeiten durch veränderte Wasserführung^{3), 4), 6)}
Trockenheit/ Trockenperioden	↗	Niedrigwasser	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Niederwasserstände können dazu führen, dass bestimmte Flusspassagen vorübergehend eingeschränkt oder unpassierbar werden^{3), 4), 6)} Befahrbarkeit nur durch Verringerung der Lademenge der Schiffe – erhöhte Transportkosten und sinkende Effizienz³⁾
WIND				
Wind (kleinräumige – Gewitterstürme)	↗	Tornados, Windwurf, Blitzschlag, windbedingte Sedimentablagerungen	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Erhöhter Feststofftransport der Gewässer (z.B. durch Windwurf)⁴⁾ Schäden an der Hafeninfrastuktur⁴⁾ Betriebsunterbrechungen bei Schleusen⁴⁾
Wind (großräumig – Atlantische Stürme, Föhn)	□			
Quellen:				
¹⁾ Altwater et al. (2011), ²⁾ Funk (2013), ³⁾ Holzmann et al. (2010), ⁴⁾ Input der Stakeholder, ⁵⁾ Jaegers (2005), ⁶⁾ Mideksa&Kallbekken (2010), ⁷⁾ PIANC (2008), ⁸⁾ Raymond et al. (o.J.), ⁹⁾ SGHL (2011), ¹⁰⁾ Transportation Research Board (2008)				
* Klimatrend bezieht sich auf ganz Österreich				
Erklärung der Zeichen:				
⇒ Keine Veränderung/↗ Steigender Trend/↘ Abnehmender Trend/↔ Unsicherer Trend, kann sowohl steigen als auch abnehmen				

3.7 Schigebiete				
BESCHREIBUNG: Der Projekttyp „Schigebiete“ umfasst alle Projekte zur Errichtung von Schipisten sowie der zugehörigen Liftinfrastruktur.				
Meteorologische Phänomene	Klimatrend*	Direkte und indirekte Wirkungen	Räumlicher Bezug	Beispielhafte Folgen für das Projekt in Bezug auf Bauwerk/Betrieb
Temperatur				
Mittlere Temperaturveränderung	↗	Direkte Wirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Veränderung des Urlaubsverhalten – Auf Grund höherer Temperaturen/wenig Schnee in den Quellgebieten möglich^{1), 2), 10), 12), 17)} Verschiebung der Naturschneebedingungen (Ausgleich mit Kunstschnee möglich, aber unter Umständen steigende wirtschaftliche Belastung)^{1), 2), 10), 17)}
		Veränderung der Artenzusammensetzung	Alpiner Raum	<ul style="list-style-type: none"> Auswirkungen auf die Erosionsanfälligkeit der Pistenhänge, Infrastruktur möglich, aber auch positive Veränderungen durch längere Vegetationsperioden theoretisch gegeben¹⁹⁾
		Verlust von Permafrostböden Rückzug von Gletschern	Alpiner Raum	<ul style="list-style-type: none"> Instabilität von Fundamenten der Infrastruktur (z.B. Liftstützen, Liftstationen, Hütteninfrastruktur, etc.)^{6), 15)} Erhöhte Erosionsanfälligkeit, Hangrutschungen, Muren aufgrund geringerer Stabilität früherer Permafrosthänge^{11), 12), 13), 20)} Gefährdung von Personen und Infrastruktur durch Rutschungen^{11), 12), 13), 20)}
Kältewelle	↘	Vereisungen	Allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Festfrieren von Eis und Schnee an der Infrastruktur (je nach Luftfeuchtigkeit und kleinklimatischen Bedingungen)¹²⁾
NIEDERSCHLAG				
Großräumige Starkniederschläge	↘	Unterspülungen Treibgut Erosion	Gewässernähe	<ul style="list-style-type: none"> Beeinträchtigung der Stabilität der Infrastruktur^{9), 12), 21), 22)} Verlängerung der Bauzeiten¹²⁾
Lokale Starkniederschläge	↘	Sturzfluten, Erdbeben, Erdrutsche, Steinschläge, Muren	Hang/Hangfuß (Alpiner Raum)	<ul style="list-style-type: none"> Beschädigung der Schipiste selbst (Abstürze, Gefahrenstellen, etc.)^{9), 16)} Beschädigung der Lifanlagen und Seilbahninfrastruktur¹²⁾
Trockenheit/ Trockenperioden	↗	Direkte Wirkung durch Dürre	Alpiner Raum	<ul style="list-style-type: none"> Höhere Erosionsanfälligkeit des Pistenbodens möglich in Kombination mit Starkniederschlägen^{7), 9)} Speicherteiche u.U. nicht entsprechend gefüllt (durch Niederschlag) für die nächste Saison¹²⁾
			Alpiner Raum	<ul style="list-style-type: none"> Bei geringen Naturschneemengen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit möglich – Im Winter jedoch voraussichtlich Zunahme der Niederschlagsmenge im Alpenraum^{1), 2), 12), 17)}
Schneefall (Nassschnee)	↘ ^x	Vermehrte Extremniederschlagsereignisse, Höhere Lawinengefahrwahrscheinlichkeit	Alpiner Raum	<ul style="list-style-type: none"> Schäden an der Seilbahninfrastruktur durch Nassschneelawinen^{2), 5), 12)}
Schneefall über 1500m	↗			
WIND				
Wind (kleinräumige – Gewitterstürme)	↗	Direkte Wirkung durch Windschäden	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Betriebsunterbrechungen und Sicherheitsrisiko beim Lift- und Seilbahnbetrieb (z.B. Seilentgleisung, Seilabwurf, direkter Blitzschlag und Überspannung)^{8), 12), 14), 16)}
Wind (großräumig – atlantische Stürme, Föhnstürme)	□		allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Beschädigung der Lift- und Seilbahnanlagen^{8), 12), 14), 16)} Betriebsunterbrechungen und Sicherheitsrisiko beim Lift- und Seilbahnbetrieb^{8), 12), 14), 16)}
Quellen: ¹⁾ Abegg (2009), ²⁾ Agrawala (2007), ³⁾ Altvater et al. (2011), ⁴⁾ Birkmann et al. (2010), ⁵⁾ Bhutjyani (1994), ⁶⁾ BMU (2008), ⁷⁾ Dehn et al. (2000), ⁸⁾ Diedamskopfbahn (2012), ⁹⁾ Djeral&Melbouci (2012), ¹⁰⁾ EEA (2009), ¹¹⁾ Gruber&Haeberli (2007), ¹²⁾ Input der Stakeholder, ¹³⁾ Jochem&Schade (2009), ¹⁴⁾ McClung&Schaerer (1993), ¹⁵⁾ Nelson et al. (2001), ¹⁶⁾ Neue Züricher Zeitung (2008), ¹⁷⁾ Pröbstl (2006), ¹⁸⁾ Rutzinger et al. 2013, ¹⁹⁾ Savonis et al. (2008), ²⁰⁾ Stoffel&Huggel (2012), ²¹⁾ Swart&Biesbroek (2009), ²²⁾ Transprt Research Board (2008)				
* Klimatrend bezieht sich auf ganz Österreich ^x Für Starken Schneefall bei Temperaturen um den Gefrierpunkt ist eine Verlagerung sowohl zeitlich als auch räumlich wahrscheinlich. Weiters ist in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts eine Abnahme in tiefen Lagen wahrscheinlich.				
Erklärung der Zeichen: ⇒ Keine Veränderung/↗ Steigender Trend/↘ Abnehmender Trend/↔ Unsicherer Trend, kann sowohl steigen als auch abnehmen				

3.8 Städtebauliche Vorhaben				
BESCHREIBUNG: Unter „Städtebaulichen Vorhaben“ sind alle großen Städtebauvorhaben (z. B. Siedlungserweiterungen) zu verstehen, welche gemäß UVPG 2000 UVP-pflichtig sind.				
Meteorologische Phänomene	Klimatrend*	Direkte und indirekte Wirkungen	Räumlicher Bezug	Beispielhafte Folgen für das Projekt in Bezug auf Bauwerk/Betrieb
Temperatur				
Hitzewelle	↗	Direkte Hitzewirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Beeinträchtigung des thermischen Komforts, gesundheitliche Probleme (inkl. Todesfälle, Hitzeschlag, etc.)^{(3), (9)} Hitzebelastung in Gebäuden (→ Bedarf an Kühlungen, Beschattungsmaßnahmen, Dach- und Fassadenbegrünung, angepasste Fassadendämmung und Reduktion der Glasfronten etc.)^{(3), (9), (16)} Hitzebelastung in Freiräumen und Entstehung von Wärmeinseln^{(9), (16)}
Mittlere Temperaturveränderung	↗	Direkte Wirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Veränderungen des städtischen mikro- und mesoklimatischen Bedingungen, z.B. vermehrte Entstehung von Hitzeinseln⁽⁹⁾ Zunahme der Bedeutung von Frisch- und Kaltluftschneisen⁽⁹⁾ Anstieg des Wurzelwachstums kann zur Beschädigungen durch Wurzelsprengungen führen⁽¹⁴⁾
Temperaturschwankungen	⇒	Starke Tagesgänge bzw. Zunahme der Tag zu Tag Variabilität	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Stärkere physikalische Beanspruchung von Gebäuden durch Temperaturvariabilität⁽⁹⁾
Kältewelle	↘	Direkte Kältewirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Veränderter Salzstreubedarf (
		Frostsprengungen Vereisungen	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Schäden an Gebäuden und Straßen (wie z.B. Schäden am Straßenbelag)^{(6), (9), (10)}
NIEDERSCHLAG				
Großräumige Starkniederschläge	~	Direkte Wirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Überlastung des Kanalsystems und in der Folge Überschwemmungen von Verkehrswegen^{(9), (16), (17)} Zunahme der Bedeutung von Grünflächen für den Wasserrückhalt^{(9), (16), (17)}
		Überschwemmungen (Hochwasser)	Gewässernähe	<ul style="list-style-type: none"> Unterspülung und dadurch Absenkung/Setzung der Infrastruktur^{(9), (16), (17)} Beschädigungen an der Infrastruktur und Gebäuden^{(9), (16), (17)} Gefahr für die Wohnbevölkerung durch Hochwasser in Gebäuden⁽⁹⁾
Lokale Starkniederschläge	~	Steinschlag Kriechhänge Muren Lawinen	Hang/Hangfuß (Alpiner Raum)	<ul style="list-style-type: none"> Beschädigungen an der Infrastruktur und Gebäuden^{(9), (12)} Gefahr für die Bevölkerung⁽⁹⁾
		Hagel	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Schäden an der städtischen Infrastruktur sowie an Gebäuden^{(9), (12)} Beeinträchtigung der Aufenthaltsqualität im öffentliche Raum^{(9), (12)}
Trockenheit/ Trockenperioden	↗	Direkte Wirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Erhöhter Bewässerungsbedarf der Grünflächen und Bäume im öffentlichen Raum^{(9), (12)}
		Brände	Vegetationsnähe (z.B. Wald)	<ul style="list-style-type: none"> Schäden an städtischer Infrastruktur und Gebäuden^{(9), (12)} Gefahr für Wohnbevölkerung^{(9), (12)}
Schneefall (Nassschnee)	↘ ^x	Hoher Schneedruck (Schneelast)	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Schäden an Gebäuden (v.a. Dächer) und Infrastruktur⁽⁹⁾ Gefahr für die Bevölkerung in Form von Dachlawinen⁽⁹⁾
WIND				
Wind (großräumig – Atlantische Stürme, Föhn)	□	Veränderungen der Durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> Düseneffekte: Höhere Windstärken entlang Luftleitbahnen^{(5), (9)} Düseneffekte: Änderung der Windkomfortbedingungen^{(5), (9)}
Quellen: ¹ AustroClim (2010), ² Carmin&Zhang (2009), ³ EEA (2010), ⁴ European Union and the Committee of the Regions (o.J.), ⁵ Gobiet et al. (2013), ⁶ Hallegatte (2009), ⁷ Holzmann et al. (2010), ⁸ Infrastructure Canada (2006), ⁹ Input der Stakeholder, ¹⁰ Jochem&Schade (2009), ¹¹ McCallum et al. (2013), ¹² Ministry of Interior Hungary – Vati Hungarian Nonprofit Ltd. For Regional Development and Town Planning (2011), ¹³ Pompe et al. (2011), ¹⁴ Savonis et al. (2008), ¹⁵ Schauser et al. (2010), ¹⁶ Schuchardt&Wittig (2012), ¹⁷ Suarez et al. (2005), * Klimatrend bezieht sich auf ganz Österreich ^x Für Starken Schneefall bei Temperaturen um den Gefrierpunkt ist eine Verlagerung sowohl zeitlich als auch räumlich wahrscheinlich. Weiters ist in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts eine Abnahme in tiefen Lagen wahrscheinlich.				
Erklärung der Zeichen: ⇒ Keine Veränderung/↗ Steigender Trend/↘ Abnehmender Trend/~ Unsicherer Trend, kann sowohl steigen als auch abnehmen				

3.9 Golfplätze				
BESCHREIBUNG: Zu Golfplätzen zählen alle Golfanlagen inklusive der zum Golfsport mit der Anlage unmittelbar zugehörigen Einrichtungen (z.B. Clubhaus, Parkplatz, ...) zusammengefasst.				
Meteorologische Phänomene	Klimatrend*	Direkte und indirekte Wirkungen	Räumlicher Bezug	Beispielhafte Folgen für das Projekt in Bezug auf Bauwerk/Betrieb
Temperatur				
Hitzewelle/Dürre	↗	Direkte Wirkung	Allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> • Auswirkungen auf den Rasen durch Trockenperioden⁴⁾ • Betriebswirtschaftliche Schäden durch erhöhte Rasenpflege und Bewässerung bei Trockenheit¹⁾ • Die Bereitschaft Golf zu spielen sinkt bei Temperaturen über 30°C stark und es könnte zu Ausfällen der Einnahmen kommen – dies kann evtl. durch längere Spielbarkeit im Frühjahr und Herbst im Jahreschnitt wieder ausgeglichen werden¹⁾
Mittlere Temperaturverschiebung der Jahreszeiten	↗	Milderer Herbst und Winter	Allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> • Stärkerer Schädlings- und Krankheitsbefall¹⁾ • Strohbildung im Rasen⁴⁾ • Verlängerte Spielsaison als positiver Effekt¹⁾ • Durch die verlängerte Spielsaison kann es zu einer höheren Bodenverdichtung, einer stärkeren Abnutzung des Rasens und zu Erosion und Narben kommen⁴⁾
		Feuchter Herbst und Winter	Allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> • Wasseransammlungen am Rasen führen zu einem weichem Boden und Platzsperrern werden wahrscheinlicher¹⁾ • Abschlagspuren auf weichem Boden können den Rasen beschädigen¹⁾
NIEDERSCHLAG				
Großräumige Starkniederschläge	↘	Überschwemmungen (Hochwasser)	Gewässernähe	<ul style="list-style-type: none"> • Unspielbarkeit des Rasens bei Überschwemmungen¹⁾
Lokale Starkniederschläge	↘	Steinschlag Kriechhänge Muren Lawinen	Alpiner Raum	<ul style="list-style-type: none"> • Beschädigung der Anlage¹⁾
Trockenheit/ Trockenperioden	↗	Direkte Wirkung	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> • Im pannonischen Osten Österreichs kann es zu einer Wasserkonkurrenz zwischen Landwirtschaft und Golfplatz kommen³⁾
		Fehlendes Schmelzwasser Verdunstung		<ul style="list-style-type: none"> • Probleme bei der Bewässerung^{1), 2)}
WIND				
Wind (kleinräumige – Gewitterstürme)	↗	Tornados, Windwurf, Blitzschlag, windbedingte Sedimentablagerungen	allgemeingültig	<ul style="list-style-type: none"> • Die Motivation Golf zu spielen sinkt und betriebswirtschaftliche Schäden können die Folge sein¹⁾
Quellen: Input der Stakeholder; ²⁾ Schulz H. (1998); ³⁾ StMUG (2012); ⁴⁾ Windows Richard (2004)				
* Klimatrend bezieht sich auf ganz Österreich				
Erklärung der Zeichen: ⇒ Keine Veränderung/↗ Steigender Trend/↘ Abnehmender Trend/↔ Unsicherer Trend, kann sowohl steigen als auch abnehmen				

4 Auswirkungen des Klimawandels auf die Projektumwelt

Nachfolgend werden beispielhaft die wichtigsten, möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf die Projektumwelt der bei ENVISAGE-CC behandelten Projekttypen beschrieben. Sie können das Projekt selbst beeinflussen (auch gefährden) – in diesem Fall könnten Erkenntnisse aus den Untersuchungen der Projektumwelt in die Projektplanung einfließen, um bestmöglich auf geänderte klimatische und standortbezogene Bedingungen reagieren zu können. Darüber hinaus ist die Projektumwelt in einzelnen Aspekten empfindlicher gegenüber den Projektauswirkungen selbst bzw. sollten klimawandelbezogene Veränderungen in einzelnen Schritten, wie z.B. der Konzeption von (Ausgleichs-)Maßnahmen, berücksichtigt werden. Die nachfolgende Themenübersicht bezieht sich auf Österreich und Gebiete mit vergleichbaren klimatischen Bedingungen.

4.1 Boden

Bodenerosion wird durch eine Häufung von Dürre/Hitzeperioden und/oder Starkregeneignissen in manchen Gebieten zunehmen (Stoffel et al. 2014). Darüber hinaus kann es in niedrigen bis mittleren Hanglagen bei einer Temperaturerhöhung im Winter vermehrt zu Niederschlägen auf ungefrorene Böden kommen. Dies führt zu Hanginstabilitäten und zu vermehrten Rutschungen (Stoffel und Huggel 2012). Die erhöhte Sensitivität des Bodens sollte deswegen verstärkt bei der Projektplanung (z.B. Standortwahl, tiefere Fundamente, Hangsicherungsmaßnahmen) berücksichtigt werden. Dies ist bei allen Projekten in Hanglage wichtig, insbesondere aber bei Skipisten und anderen Projekten mit stärkeren Geländeingriffen.

In hohen Lagen ist auch das Auftauen von Permafrostböden zu bedenken. In diesem Zusammenhang ist die schnelle und standortgerechte Wiederbegrünung ein wichtiger Faktor. Bei Hangsicherungsmaßnahmen (Bepflanzung, Aufforstung) sollte bei der Pflanzenwahl auf das verstärkte Auftreten von Hitze- und Dürreperioden geachtet werden, um hier zum Standort passende (autochthone) und gleichzeitig widerstandsfähige Arten zu wählen. Diese geänderten Bedingungen gilt es auch bei Pflegemaßnahmen einzuplanen.

4.2 Wasser

Aufgrund einer mittleren Temperaturveränderung (Jahresdurchschnittstemperatur erhöht sich) kommt es zu einer, bereits wissenschaftlich beobachteten, Erhöhung der Wassertemperatur in Fließgewässern und Seen und damit verbundenen veränderten Sauerstoffverhältnissen (Hannah et al. 2007 Schmid et al. 2014). Diese können dort zu Artenverschiebung und -verlusten führen (v. a. Gefährdung der Äschen- und Forellenregion) (Melcher et al. 2012). Die Uferbepflanzung hat Auswirkungen auf das thermische Verhalten von Flüssen (Beschattung). Bei Eingriffen in die Uferbepflanzung (z.B. Wasserkraftnutzung, Schifffahrt) sollten daher zukünftig auch verstärkt thermische Wirkungen mitbedacht werden (Holzapfel et al. 2014).

Jahreszeitlich veränderte Abflussmengen (nicht nur Starkniederschläge, Gletscherschmelze sondern auch Niedrigwasserstände) verstärken die geänderten Bedingungen für limnische Organismen. Darüber hinaus könnten diese gewässerökologischen Veränderungen in Zukunft z.B. auch bei der Wasserentnahme (ggf. bei Skigebieten/Beschneigung) relevant werden.

Veränderungen im Niederschlagsregime sollten bei der Projektierung berücksichtigt werden, da ansonsten eine Nach- oder Re-Dimensionierung von Planungselementen, wie Abflussbecken, Entwässerungen, oder Retentionsräumen notwendig werden kann (insbesondere für Schienen- und Straßenprojekte relevant). In Zusammenhang mit geänderten Niederschlagsverhältnissen (z.B. Trockenperioden, Starkniederschläge) sollte außerdem eine mögliche Senkung oder ein allfälliger Anstieg des Grundwasserspiegels sowie die veränderte Bodenwasserverfügbarkeit besonders berücksichtigt werden (insbesondere bei Straßen-, Schienen- und Städtebauprojekten).

4.3 Flora / Fauna / Biodiversität

Bei den Aspekten im Bereich Flora / Fauna / Biodiversität geht es besonders um Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen. Auf Grund einer mittleren Temperaturveränderung und der veränderten Niederschlagsbedingungen sind Arealverschiebungen und Veränderungen der Artenzusammensetzung – auch außerhalb der Gewässer – möglich. Neue Konkurrenzsituationen entstehen durch wärmeliebende (heimische sowie gebietsfremde) Arten (Essl et al. 2012, Essl et al. 2013). Als hochvulnerabel in Bezug auf den Klimawandel gelten insbesondere Arten mit geringer Standorttoleranz, kälte- und feuchtigkeitsliebende Arten sowie viele bereits gefährdete Arten (wie Rote-Liste-Arten) (Balas et al. 2010). Gerade im alpinen und hochalpinen Bereich wurden bereits Veränderungen in internationalen Forschungen beobachtet (begünstigende Bedingungen für trockenheits- und wärmeliebende Pflanzen- und Tierarten). Für einzelne Arten werden die geeigneten Lebensräume auf Grund des Klimawandels kleiner. Der Schneehase ist ein Beispiel für eine Säugetierart, dessen Habitatgrenze in den letzten Jahren um einige Höhenmeter nach oben gewandert ist (Rehnus et al. 2013). Gerade bei Projekten im hochalpinen Bereich wie Skipisten oder Hochspannungsleitungen könnte dieser Aspekt für die Einstufung der Seltenheit dieser Arten bzw. der fehlender Wiederherstellbarkeit von Lebensräumen ein Thema werden.

Arten mit eingeschränkter Migrationsfähigkeit sowie solche, die durch geografische Hindernisse oder fehlende Biotopvernetzung eingeschränkt sind, sind durch den Klimawandel zusätzlich bedroht, da sie veränderten Bedingungen nicht ausweichen können. Die Vernetzung von Lebensräumen (z.B. durch Wildbrücken oder Amphibiendurchlässe) stellt gerade auch für diese Tierarten oftmals eine wichtige Maßnahme zur Bestandssicherung dar. Der Klimawandel wird zu Veränderungen im Wanderverhalten von einzelnen Tierarten führen (insbesondere bei Amphibien und Vögeln) (Araujo 2007; Charmantier and Gienapp 2014; Blaustein et al. 2010). Falls Informationen zu Veränderungen im Wanderverhalten vorliegen, sollten diese schon möglichst frühzeitig bei der Dimensionierung bzw. Standortwahl von Ausgleichsmaßnahmen bzw. Ersatzlebensräumen berücksichtigt werden (z.B. bei besonders trockenen Standorten bzw. stark eingeschränktem Zugang zu Wasserressourcen). Die genannten Themen sind insbesondere bei Linienprojekten mit Barrierewirkung (Straße / Schiene) relevant.

Änderungen im Vogelzug (v. a. Ankunft von Kurzstreckenziehern), bei den Brutzeiten und in der Artenzusammensetzung (Foden 2013, Valiela und Bowen 2003) sollten u. a. bei den Kartierungen (Jahreszeit, Arten) sowie für die Planung der Bauphase (Brutzeiten) berücksichtigt werden (insbesondere für Windkraft und andere Projekte in Gebieten mit geschützten Vogelarten relevant). Auch für bestimmte Fledermausarten (z.B. Großer Abendsegler) können Änderungen im Zugverhalten festgestellt werden. In Österreich besteht jedoch für beide Tiergruppen noch Forschungsbedarf.

Die mittlere Temperaturzunahme kann zum veränderten Schädlingsdruck oder Schädlingsbefall sowie einer veränderten Artenzusammensetzung führen. Diese veränderten Bedingungen können wiederum in einzelnen Fällen verstärkte Hangabilitäten verursachen. Bei der Planung von Ausgleichs- und Pflegemaßnahmen sollte dies berücksichtigt werden (zum Beispiel durch eine angepasste, standortgerechte Baumartenwahl). Die Zunahme von Hitzetagen, Dürre und Windereignissen sind weitere Faktoren, die bei der Baumartenwahl miteinbezogen werden können. In diesem Zusammenhang wäre auch eine mögliche eingeschränkte Wirkung von Schutzwäldern bei der Trassenwahl abzuklären.

4.4 Mensch / Gesundheit

Die Ausbreitung (wärmeliebender) gebietsfremder Arten im Rahmen von Ausgleichs- und Pflegemaßnahmen gewinnt durch den Klimawandel teils zusätzlich an Bedeutung. Dies ist u. a. auch im Zusammenhang mit einer möglichen Gesundheitsgefährdung (z.B. rasche Ausbreitung der hochallergenen Beifußambrosie) bedeutsam (Follak et al. 2013) Ebenfalls für Mensch / Gesundheit relevant, ist die zu erwartende Häufung von Hitzetagen. Die zu erwartenden Beeinträchtigungen des thermischen Komforts und die damit einhergehenden gesundheitlichen Prob-

leme (inkl. Todesfälle, Hitzeschlag, etc.) sind speziell für den Städtebau ein bereits allgemein als relevant identifiziertes Thema (Balas et al. 2010).

Für Menschen in der Projektumgebung (bzw. das Schutzgut Mensch/Gesundheit) müsste deswegen vermehrt auf Frischluftschneisen, kleinklimatische Bedingungen in Kombination mit Bepflanzung und Fassaden- bzw. Dachbegrünung geachtet werden, um der Bildung von überhitzten Flächen (Hitzeinseln) vorzubeugen. Bei der Planung der Bepflanzung muss der klimawandelbedingte Anstieg im Wasserverbrauch der Pflanzen und die wahrscheinlich notwendige Bewässerung mitgeplant werden. Auch der Zugang zu Erholungsgebieten (Distanz, Beschattung, positive mesoklimatische Effekte für das nahegelegene Wohngebiet) ist in diesem Zusammenhang wichtig.

5 Der Klimawandelfolgen-Check

Der Klimawandelfolgen-Check kann die Konzeption und Entwicklung von Großprojekten (die oftmals der UVP-Pflicht unterliegen) unterstützen, mögliche Folgen des Klimawandels vorausschauend zu berücksichtigen und somit spätere Folgekosten und negative Auswirkungen auf Mensch, Gesellschaft und Umwelt reduzieren. Um die Verwundbarkeit von Großprojekten – auch in Zusammenhang mit der veränderten Sensitivität der Projektumwelt – gegenüber negativen Auswirkungen des Klimawandels möglichst gering zu halten bzw. die Anpassungsfähigkeit frühzeitig zu stärken, sollten Klimawandelfolgen in einer möglichst frühen Projektplanungs- und -entwicklungsphase berücksichtigt werden.

Der hier beschriebene „Klimawandelfolgen-Check“ richtet sich insbesondere an Projektwerbende sowie an Personen (z.B. PlanerInnen und FachexpertInnen), die bereits in einer frühen Phase in die Projektplanung involviert sind. Er setzt noch vor einer Detailplanung, wie sie für eine allfällige UVP-Einreichung erforderlich wäre, an. Der mehrstufige „Klimawandelfolgen-Check“ hilft, die Frage zu beantworten, ob die Berücksichtigung von Klimawandelfolgen in der Planungsphase für ein konkretes Projekt erforderlich oder sinnvoll ist. Zudem werden erste Schwerpunkte der klimarelevanten Auswirkungen identifiziert. (Eine Grundlage zur Analyse konkreter Einflüsse des Klimawandels auf ein Projekt bieten die Projektblätter im Kapitel 3.)

Die folgende Darstellung bietet eine grafische Aufbereitung der Hauptfragen des Klimawandelfolgen-Checks. Sie zeigt die prinzipielle Vorgangsweise im Überblick:

1. Klärung der prinzipiellen Notwendigkeit der Durchführung des Klimawandelfolgen-Checks
2. Herausfiltern der wesentlichen wetter- und witterungsbedingten Risiken, welche für das konkret geplante Projekt von Bedeutung sein können. Dazu bieten die Projektblätter aus Kap. 3 eine Hilfestellung.
3. Identifikation wesentlicher künftiger Veränderungen des Zustands der maßgeblichen Projektumwelt (Schutzgüter)
4. Diskussion und erste Überlegungen zu allfälligen Maßnahmen bzw. Alternativen, die schon in der frühen Projektplanung mitbedacht werden können, um das Projekt „klimawandelfit“ zu entwickeln.

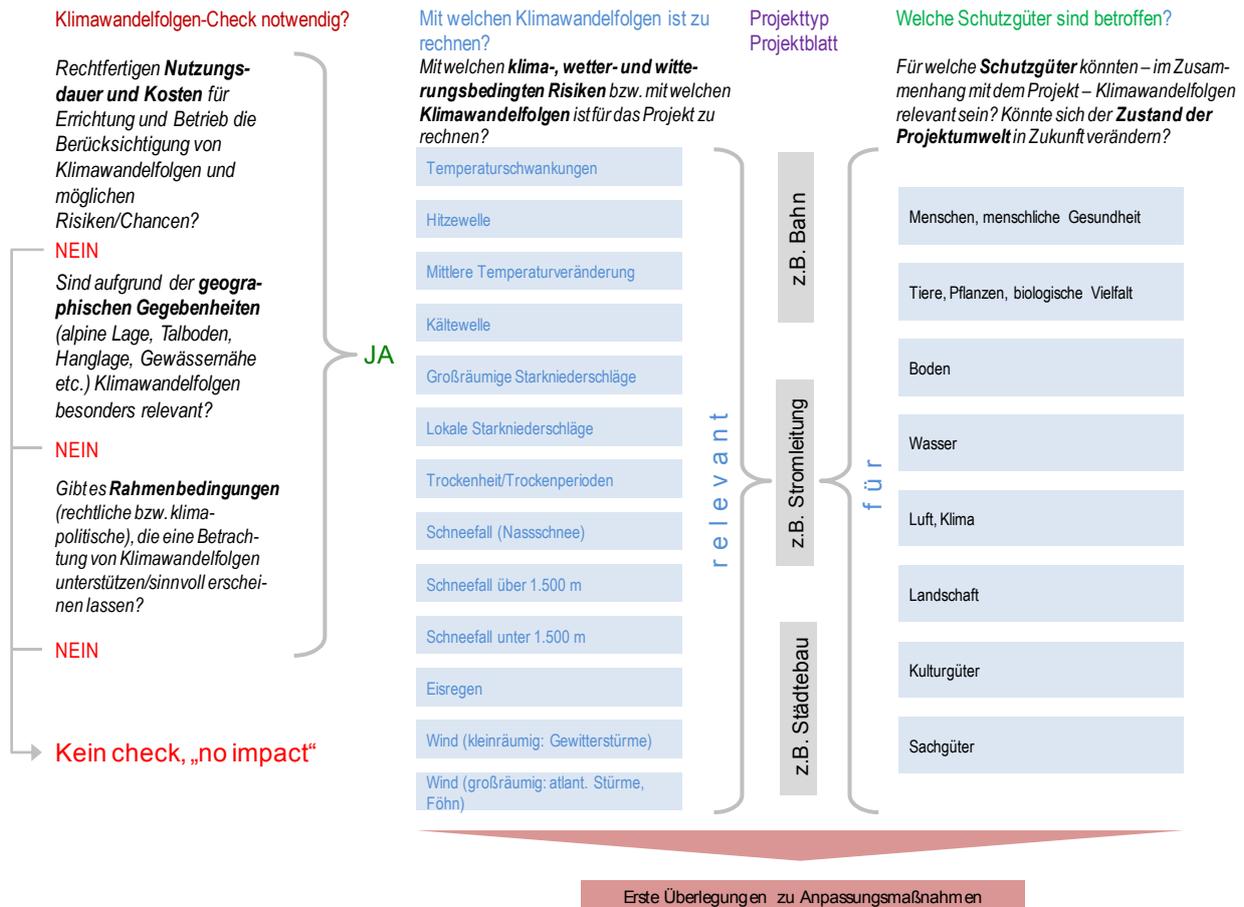


Abb. 2: Kurzübersicht über den Klimawandelfolgen-Check. Quelle: ÖIR, BOKU, Umweltbundesamt 2014

Die Langversion des Klimawandelfolgen-Checks ist tabellarisch drei zentralen Fragen und Themen zugeordnet. Zuerst werden – wie in der obigen Kurzübersicht auch – die Fragen gestellt, ob ein Klimawandelfolgen-Check notwendig und mit welchen Klimawandelfolgen zu rechnen ist. Die Frage nach den Klimawandelfolgen verfolgt das Ziel, diese schon möglichst früh in der Projektplanung berücksichtigen zu können. Das dritte Themengebiet der Langversion bezieht sich auf eine Alternativenprüfung und die Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen.

Im Zentrum des ersten Teils steht die übergeordnete Frage, inwieweit Klimawandelfolgen für das gegenständliche Projekt bedeutend werden können. Drei Detail-Fragen beziehen sich dabei in allgemeiner Form auf die mögliche Bedeutung von Klimawandelfolgen für ein konkretes Projekt. Werden alle drei Detailfragen mit ‚NEIN‘ beantwortet, dann kann für dieses konkrete Projekt der Klimawandelfolgen-Check abgebrochen werden, Klimawandelfolgen sind für dieses Projekt nicht von Bedeutung. Wird hingegen eine dieser drei Detailfragen mit ‚JA‘ beantwortet, wird der Klimawandelfolgen-Check fortgesetzt.

Neben den Detail-Fragen in der linken Spalte enthält der Klimawandelfolgen-Check Hinweise auf hilfreiche Grundlagen und Hintergrundinformationen als auch Anregungen für eine weitere Vorgehensweise. Diese Hinweise und Anregungen für eine weitere Vorgehensweise werden in der rechten Spalte des Checks unter „Hinweise“ oder „weitere Vorgehensweise“ angeführt.

1. Ist ein Klimawandelfolgen-Check für das gegenständliche Großprojekt notwendig?	
Detailfragen	Hinweise
Was ist die angestrebte Nutzungsdauer des Projektes? Rechtfertigen Nutzungsdauer und Kosten für Errichtung und Betrieb die Berücksichtigung von Klimawandelfolgen und möglichen Risiken/Chancen?	
JA	NEIN
Wo befindet sich das Projekt? Sind aufgrund der geographischen Gegebenheiten (alpine Lage, Talboden, Hanglage, Gewässernähe, etc.) Klimawandelfolgen besonders relevant?	Hinweise zur Berücksichtigung der geographischen Gegebenheiten finden sich in den Projektblättern in Kapitel 3
JA	NEIN
Gibt es Rahmenbedingungen (rechtlich bzw. klimapolitische), die eine Betrachtung von Klimawandelfolgen unterstützen/sinnvoll erscheinen lassen? (Gegebenenfalls Beachtung von branchenrelevanten Zielen, Maßnahmen bzw. Vorgaben durch Strategien oder übergeordnete Planungen (z.B. Verkehr))	Links zu Klimawandelanpassungs-Aktivitäten (und der jeweilige Strategie) des BMLFUWs sowie der Bundesländer unter http://www.klimawandelanpassung.at
JA	NEIN
Entscheidung	
Wenn Klimawandelfolgen relevant sein können: Weitere Prüfung der Klimawandelfolgen	Wenn Klimawandelfolgen für das Projekt und dessen Interaktion mit der Umwelt nicht relevant sind: Kein weiterer Check

2. Mit welchen Klimawandelfolgen ist zu rechnen?	
Detailfragen	Weitere Vorgehensweise
<p>Welche klima-, wetter- und witterungsbedingten Veränderungen und Risiken sind zu erwarten?</p> <p>Wo gab/gibt es (z.B. bei ähnlichen Projekten) bereits Probleme mit klima-, wetter- und witterungsbedingten Risiken oder mit meteorologischen Phänomenen?</p> <p>Welche sind für das gegenständliche Projekt besonders relevant?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperaturschwankungen • Frost-/Tauwechsel • Hitzewelle • Mittlere Temperaturveränderung • Kältewelle • Großräumige Starkniederschläge • Lokale Starkniederschläge • Trockenheit/Dürreperioden • Schneefall (Nassschnee) • Schneefallereignisse über 1500m • Schneefallereignisse unter 1500m • Eisregen • Wind (kleinräumige – Gewitterstürme) • Wind (großräumig – Atlantische Stürme, Föhn) 	<ul style="list-style-type: none"> • Eigene erste Abschätzung (evtl. Befragung unterschiedlicher ExpertInnen aus der Projektplanung) zur Zusammenstellung relevanter Klimaparameter • Beispiele in Projektblättern <ul style="list-style-type: none"> 3.1 Bahnanlagen 3.2 Straßen 3.3 Starkstromleitungen 3.4 Windenergieanlagen 3.5 Wasserkraftwerke und Stauanlagen 3.6 Schifffahrtsstrecken 3.7 Schigebiete 3.8 Städtebauliche Vorhaben 3.9 Golfplätze
<p>Wie könnten sich diese projektspezifischen Schadenspotentiale durch den Klimawandel ändern?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Berücksichtigung von Klimatrends (siehe z.B. Tab.2) • Genaueres Screening Klimawandel-Szenarien bzw. Studien (Daten, Informationen, Institutionen)
<p>Für welche Schutzgüter könnten, in Zusammenhang mit dem Projekt, Klimawandelfolgen relevant sein? Könnte sich der Zustand der Projektumwelt in Zukunft verändern? Wenn ja, wie?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit • Tiere, Pflanzen und die biologische Vielfalt • Boden • Wasser • Luft, Klima • Landschaft • Kulturgüter • Sachgüter 	<ul style="list-style-type: none"> • Beispiele Kapitel 4 • Abschätzung auf Basis relevanter Studien (z.B. aus der Region des geplanten Standortes bzw. zu einzelnen Umweltmaterien)
Zusammenschau projektrelevanter Klimawandelfolgen	
<p>Klimawandelfolgen können relevant sein:</p> <p>Identifikation erster Schwerpunkte (z.B. Liste mit für das Projekt besonders relevanter Klimawandelfolgen)</p> <p>Weitere Überlegungen zu Maßnahmen</p>	<p>Klimawandelfolgen sind für das Projekt und dessen Interaktion mit der Umwelt nicht relevant:</p> <p>Kein weiterer Check</p>

3. Anpassungsoptionen und Maßnahmen

Detailfragen	Weitere Vorgehensweise
<p>Wie können Klimawandelrisiken/-chancen sowie Anpassung in die Abwägung von Alternativen mit einbezogen werden?</p>	<p>Alternativen auf Robustheit gegenüber Klimawandelfolgen prüfen (z.B. Einbeziehung/Abwägung ökonomischer Gesichtspunkte sowie erforderlicher Ausgleichsmaßnahmen)</p> <p>→ Standortwahl; Projektdesign; Kosten-Nutzen-Abwägung der Dimensionierung; etc.</p>
<p>Wie können negative Effekte des Klimawandels verhindert, reduziert oder ausgeglichen bzw. positive Auswirkungen maximiert werden?</p> <p>Welche Anpassungsmaßnahmen sind für das Projekt relevant?</p>	<p>Sammlung möglicher Maßnahmen (z.B. Abfrage über die Klimawandelanpassungs-Datenbank unter http://www.klimawandelanpassung.at/ms/klimawandelanpassung/de/kwdatenbank/kwa_suche/)</p>
<p>Wie kann die Wirksamkeit der Anpassungsmaßnahmen beobachtet werden? Wie kann eine langfristige Beobachtung (von Klimawandelfolgen) gesichert werden?</p>	<p>Festlegung von Indikatoren und Monitoring zur Überprüfung</p>

6 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Auswirkungen des Klimawandels manifestieren sich räumlich sehr unterschiedlich und sind bereits heute vielerorts sichtbar. Beste Beispiele hierfür sind der zunehmende Rückgang und Zerfall der Eis- und Gletscherflächen, das Auftauen der Permafrostböden in höheren Breiten sowie im Hochgebirge, saisonale Verschiebung der Niederschlagsverteilung, veränderte Abflussregime von Flüssen, sowie vermehrt auftretende Hitze- und Dürreperioden. Eine Vielzahl von Ökosystemen reagiert besonders sensitiv auf diese klimatischen Veränderungen.

Für die Errichtung und den Betrieb von Anlagen und Infrastrukturen mit einer langen Nutzungsdauer, ist eine Auseinandersetzung mit Klimawandelfolgen bereits in der Projektkonzeption von Bedeutung. Damit können mögliche Anpassungsmaßnahmen vorsorglich bei der Projektplanung mitüberlegt werden, um spätere Instandsetzungs- und Folgekosten zu vermeiden oder zu reduzieren sowie allfällige Synergien zu nutzen.

Die „Strategische Unterstützung bei der Projektplanung zur Berücksichtigung von Klimawandelfolgen“ mit dem Klimawandelfolgen-Check hilft mit, jene wetter- und witterungsbedingten Risiken des Klimawandels zu identifizieren, welche den Betrieb und die Erhaltung eines Großprojektes langfristig nachteilig beeinflussen könnten und daher einer vertieften Analyse bedürfen. Solche allfällig weiteren Untersuchungen sind dann stärker auf das konkrete Projekt und dessen Projektregion bezogen und können z.B. detailliertere regionale Klimamodelle einschließen.

Im Planungsablauf setzt der Klimawandelfolgen-Check in einer frühen Projektplanungsphase (Vorprojektphase) an, in der weitere Untersuchungsinhalte definiert werden können und noch Flexibilität bezüglich der Aufnahme von Adaptierungsmaßnahmen in die Projektplanung möglich sind. Da gerade Großprojekte mit langer Nutzungsdauer häufig der UVP-Pflicht unterliegen, macht es in diesem Fall Sinn, den Klimawandelfolgen-Check mit dem Scoping-Prozess – also der Festlegung des Untersuchungsrahmens vor Erstellung der Umweltverträglichkeitserklärung (UVE) – zu verbinden.

Die Thematisierung des Klimawandels wird bei UVP-pflichtigen Projekten an Bedeutung gewinnen, da auf EU-Ebene die UVP-Gesetzgebung wie nachfolgend ergänzt wurde: „Der Klimawandel wird weiter Umweltschäden verursachen und die wirtschaftliche Entwicklung gefährden. Diesbezüglich ist es angezeigt, die Auswirkungen von Projekten auf das Klima (z. B. Treibhausgasemissionen) und ihre Anfälligkeit in Bezug auf den Klimawandel zu bewerten. (Richtlinie 2014/52/EU)“. Dies macht zukünftig eine Beachtung von Klimawandelfolgen auch in der österreichischen UVP-Praxis notwendig. Die „Strategische Unterstützung bei der Projektplanung zur Berücksichtigung von Klimawandelfolgen“ könnte ein erster Beitrag dazu sein.

Literaturverzeichnis

- Abegg B. (2009). Herausforderung Klimawandel – Der Klimawandel wird die Schneesicherheit in den Schweizer Alpen reduzieren – Fachbeitrag. SEM_Special Tourismus_2009. [online: http://www.cipra.org/de/presse/medienstimmen/0912dabegg_swissequity.pdf]
- Agrawala S. (2007). Klimawandel in den Alpen – Anpassung des Wintertourismus und des Naturgefahrenmanagements. Paris, France: OECD. [online: <http://www.oecd.org/env/cc/38002265.pdf>]
- Altwater, S., van de Sandt, K., Marinova, N., de Block, D., Klostermann, J., Swart, R., Bouwma, I., McCallum, S., Dworak, T. and Osberghaus, D. (2011). Assessment of the most significant threats to the EU posed by the changing climate in the short, medium and long term – Task 1 report. Berlin, Deutschland: Ecologic Institute. [online: http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/what/docs/ccp_task1_en.pdf]
- Araújo, M. B. and Luoto, M. (2007) The importance of biotic interactions for modelling species distributions under climate change. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 16, 743–753.
- Auer, I., Böhm, R., Jurkovic, A., Lipa, W., Orlik, A., Potzmann, R., Schöner, W., Ungersböck, M., Matulla, C., Briffa, K., Jones, P.D., Efthymiadis, D., Brunetti, M., Nanni, T., Maugeri, M., Mercalli, L., Mestre, O., Moisselin, J-M., Begert, M., Müller-Westermeier, G., Kveton, V., Bochnicek, O., Stastny, P., Lapin, M., Szalai, S., Szentimrey, T., Cegnar, T., Dolinar, M., Gajic-Capka, M., Zaninovic, K., Majstorovic, Z. and Nieplova, E. (2007): HISTALP – Historical instrumental climatological surface time series of the greater Alpine region 1760–2003. *International Journal of Climatology*, 27, 17–46.
- Nolte, R. (2011): Adaptation of Railway Infrastructure to Climate Change. UIC Feasibility Study. Results Report. IZT – Institute for Future Studies and Technology Assessment. Berlin. [online: <http://www.ariscc.org/index.php?id=103>].
- AustroClim (2010). Handlungsempfehlungen zur Anpassung an den Klimawandel in Österreich – Aktivitätsfeld „Bauen und Wohnen“/„Aktivitätsfeld „Schutz vor Naturgefahren“. Österreich: Institut für Soziale Ökologie (Universität Klagenfurt) und Institut für Meteorologie (BOKU Wien). [online: http://www.lebensministerium.at/dms/lmat/umwelt/klimaschutz/klimapolitik_national/anpassungsstrategie/Anpassungsstrategie/Handlungsempfehlungen_BauWohnen-SchutzvNaturgefahr.pdf].
- Balas, M., Uhl, M., Essl, F., Felderer, A., Prutsch, A. und Formayer, H. (2010): Klimaänderungsszenarien und Vulnerabilität – Aktivitätsfelder Gesundheit, Natürliche Ökosysteme und Biodiversität, Verkehrsinfrastruktur, Energie, Bauen und Wohnen. Im Auftrag des Klima- und Energiefonds. Wien. [online: http://www.lebensministerium.at/dms/lmat/umwelt/klimaschutz/klimapolitik_national/anpassungsstrategie/Anpassungsstrategie/VulnerabilitaetsberichtII-Dez2010.pdf].
- Baltzer J., (2014). Forests on thawing permafrost: fragmentation, edge effects and net forest loss. *Global Change Biology*, 20 (3), 824-834.
- Birkmann J., Bach C., Guhl W., Witting M., Welle T. und Schmude M. (2010). State of the Art der Forschung zur Verwundbarkeit kritischer Infrastrukturen am Beispiel Strom / Stromausfall. Berlin, Deutschland: Forschungsforum Öffentliche Sicherheit. ISBN: 978-3-929619-63-8. [online: http://www.sicherheit-forschung.de/schriftenreihe/sr_v_v/sr_2.pdf].
- Blaustein A., Wall S., Bancroft B. A., Lawler J.J., Searle C.L., Gervasi S. S. (2010). Direct and indirect effects of climate change on amphibian populations. *Diversity*, 2, 281-313.

- Böhm, R. (2009): Klimarekonstruktion der instrumentellen Periode. Probleme und Lösungen für den Großraum Alpen. In: R. Schmidt, C. Matulla, R. Psenner (Hrsg.): Klimawandel in Österreich. Die letzten 20.000 Jahre und ein Blick voraus. Innsbruck, S.145-164. iup innsbruck university press, ISBN 978-3-902571-89-2 [online: <http://www.zamg.ac.at/histalp/download/abstract/Boehm-2009a-F.pdf>].
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2008). Klimawandel in den Alpen, Fakten – Folgen – Anpassung. Berlin, Deutschland: BMU. [online: http://www.alpconv.org/en/publications/other/Documents/klimawandel_bmu_de.pdf].
- Carmin J. and Zhang Y. (2009). Achieving Urban Climate Adaptation in Europe and Central Asia. The World Bank, Europe and Central Asia Region, Sustainable Development Department. Policy Research Working Paper 5088. [online: <http://elibrary.worldbank.org/doi/pdf/10.1596/1813-9450-5088>].
- Charmantier A., Gienapp Ph. (2014). Climate change and timing of avian breeding and migration: evolutionary versus plastic changes. *Evolutionary Applications*, 7, 15-28.
- Comte L., Buisson L., Daufresne M., Grenouillet, M. (2013). Climate-induced changes in the distributions of freshwater fish: observed and predicted trends. *Freshwater Biology*, 58, 625-639.
- Dehn M., Bürger G., Buma J., Gasparetto P. (2000). Impact of climate change on slope stability using expanded downscaling. *Engineering Geology*, 55(3), 193-204.
- Diedamskopfbahn (2012). Diedamskopfbahn steht nach Sturmschaden still. [online: <http://www.vol.at/diedamskopfbahn-steht-nach-sturmschaden-still/3446636>, letzter Zugriff: 04.12.2013]
- Djerbal L. and B. Melbouci, (2012). Ain El Hammam landslide (Algeria): Causes and evolution.- *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 71 (3), 587-597.
- DNV/Riso. (2002). Guidelines for the design of wind turbines. 2nd ed., Copenhagen, Denmark: Jydsk cetrallykkeri.
- Dora J. (2010). Climate Change Vulnerability Mapping. UIC Workshop Paris October 2010. London, UK: Network Rail. [online: http://www.uic.org/IMG/pdf/07_vulnerability_mapping_john_dora_nr.pdf].
- Drapalik, M., Formayer, H., Pospichal, B, and Kromp, W. (2011): Risk of ice shed from wind turbines. In: Budelmann, H., Holst, A., Proske, D. (Hrsg.), Proceedings of the 9th International Probabilistic Workshop, Risk of ice shed from wind turbines. Technische Uni Braunschweig, Inst. f. Baustoff. ISBN-10: 3892882010.
- Dürbeck M. (2013). Windrad bei Lahr brennt komplett ab – Feuerwehr machtlos. Freiburg, Deutschland: Badische Zeitung. [online: <http://www.badische-zeitung.de/lahr/windrad-bei-lahr-brennt-komplett-ab-feuerwehr-machtlos--75541801.html> access: 27.11.2013].
- EEA – European Environment Agency (2010a). 10 Messages for 2010, Climate change and biodiversity, Copenhagen 2010. [online: <http://www.eea.europa.eu/publications/10-messages-for-2010>, access: 09.12.2013].
- Enei, R., Doll, C., Klug, S., Partzsch, I., Sedlacek, N., Kiel, J., Nesterova, N., Rudzikaite, L., Panikolaou, A., Mitsakis, V. (2011). Vulnerability of transport systems – Main report. Transport Sector Vulnerabilities within the research project WEATHER (Weather Extremes: Impacts on Transport Systems and Hazards for European Regions) funded under the 7th framework program of the European Commission. Project co-ordinator: Fraunhofer-ISI. Karlsruhe, 30.9.2010. [online: <http://www.weather-project.eu/weather/downloads/>

- Deliverables/WEATHER_Deliverable-2_main-report_20110614.pdf, letzter Zugriff: 25.22.2013].
- Enercon (2010). Technologie-Spitzenreiter beim Rotorblattenteisungssystem. ENERCON Magazin für Windenergie. Ausgabe 04/2010. [online: http://www.enercon.de/p/downloads/WB_04-2010_de.pdf].
- Eskeland G.S., Jochem, Eberhard, Neufeldt, Henry, Traber, Thure, Rive, Nathan and Behrens A. (2008). The future of European electricity: choices before 2020. CEPS Policy Brief No. 164. [online: <http://aei.pitt.edu/9385/2/9385.pdf>].
- European Union and the Committee of the Regions (o. J.). Adaptation to Climate Change – Policy instruments for adaptation to climate change in big European cities and metropolitan areas. [online: <http://80.92.67.120/en/documentation/studies/Documents/Adaptation%20to%20Climate%20Change/EN.pdf>, access: 10.12.2013].
- Essl, F., Dullinger, S., Rabitsch, W., Hulme, P.E., Hulber, K., Jarosik, V., Kleinbauer, I., Krausmann, F., Kuhn, I., Nentwig, W., Vila, M., Genovesi, P., Gherardi, F., Desprez-Loustau, M.L., Roques, A., Pysek, P. (2011). Reply to Keller and Springborn: No doubt about invasion debt. PNAS, 108(25), E221-E221.
- Essl, F., Dullinger, S., Moser, D., Rabitsch, W., Kleinbauer, I. (2012). Vulnerability of mires under climate change: implications for nature conservation and climate change adaptation. Biodiversity Conserv., 21(3), 655-669.
- Foden, W. B., Butchart, S. H. M., Stuart, S. N., Vié, J.-C., Akçakaya, H. R. et al. (2013): Identifying the World's Most Climate Change Vulnerable Species: A Systematic Trait-Based Assessment of all Birds, Amphibians and Corals. PLOS ONE 8(6), e65427. doi:10.1371/journal.pone.0065427
- Follak, S., Dullinger, S., Kleinbauer, I., Moser, D., Essl, F. (2013): Invasion dynamics of three allergenic invasive Asteraceae (*Ambrosia trifida*, *Artemisia annua*, *Iva xanthiifolia*) in central and eastern Europe. PRESLIA, 85(1), 41-61.
- Formayer H. (2010): Prognostizierte Klimaveränderungen in Österreich: Unsicherheiten und Bias. In: Österreichischer Wasser und Abfallwirtschaftsverband, Auswirkungen des Klimawandels auf Hydrologie und Wasserwirtschaft in Österreich, Eigenverlag des Österreichischer Wasser und Abfallwirtschaftsverbands. 202 Seiten. ISBN: 978-3-902084-79. [online: http://www.oewav.at/Page.aspx_param_target_is_135399.v.aspx].
- Formayer, H., Haas, P. (2011). Einfluss von Luftmasseneigenschaften auf die Schneefallgrenze in Österreich. In: Prettenhaler, F., Formayer, H. (Hrsg.), Tourismus im Klimawandel: Zur regionalwirtschaftlichen Bedeutung des Klimawandels für die österreichischen Tourismusgemeinden 6, 48-50. Wien, Österreich: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.
- Frank, H.P., Petersen, E.L., Hyvonen, R., Tammelin, B. (1999): Calculations on the wind climate in Northern Finland: the importance of inversions and roughness variations during the seasons. Wind Energy, 2, 113–23.
- Frey, S., Goler, R., Formayer, H., Holzmann, H. (2013): Die Auswirkung möglicher Klimawandelszenarien auf das Erzeugungspotenzial von Wasserkraftwerken. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, 32.13, 145-152. [online: http://www.dhydrog.de/wp-content/uploads/2013/02/abstracts_TdH2013.pdf].
- Funk M. (2013). Kraftwerke werden noch gut 20 Jahre vom Wasserüberschuss profitieren können. Forschung. Aqua & Gas N° 4, 2013.

- Galbraith R.M., Price D.J. and Shackman L. (Eds.) (2005). Scottish Road Network Climate Change Study. [online: <http://www.scotland.gov.uk/Publications/2005/07/08131510/15117> access: 26.11.2013].
- Gobiet, A. (2010). Klimamodelle und Klimaszenarien für Österreich. In: Österreichischer Wasser und Abfallwirtschaftsverband, Auswirkungen des Klimawandels auf Hydrologie und Wasserwirtschaft in Österreich, Eigenverlag des Österreichischer Wasser und Abfallwirtschaftsverband, 202 Seiten. ISBN 978-3-902084-79. [online: http://www.oewav.at/Page.aspx_param_target_is_135399.v.aspx].
- Gobiet, A., S. Kotlarski, M. Beniston, G. Heinrich, J. Rajczak, and M. Stoffel, (2013). 21st century climate change in the European Alps—A review, *Sci. Total Environ.* [online: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.07.050>].
- Gruber S. and Haeberli W., (2007). Permafrost in steep bedrock slopes and its temperature-related destabilization following climate change. *Journal of Geophysical Research – Earth Surface* 112 (F2), 2156-2202.
- Hallegatte, S. (2009). Strategies to adapt to an uncertain climate change. *Global Environmental Change*, 19(2), 240–247.
- Hannah D.M., Malcolm I.A., Soulsby C., Youngson A.F. (2007): Integrating climate-hydrology-ecology for alpine river systems. *Aquatic conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 17, 636-656.
- Harvey M. (2004). Impact of Climate Change on Road Infrastructure. Melbourne, Australien: Department of Infrastructure, Transport, Regional Development and Local Government. [online: https://www.bitre.gov.au/publications/2004/files/cr_001_climate_change.pdf].
- Haurie L., Sceia A. and Theni, J. (2009). Inland Transport and Climate Change. A Literature Review. UNECE. [online: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2009/wp29/WP29-149-23e.pdf>].
- Holzapfel, G., Formayer, H., Trimmel, H., Weihs, P., Dossi, F., Graf, W., Leitner, P., Melcher, A., Rauch, H.P. (2014): Zusammenhang von Ufervegetation und auftretenden Wassertemperaturen am Beispiel der Flüsse Lafnitz und Pinka. 15. Klimatag, Innsbruck, 2.-4. April 2014. [online: <https://www.klimafonds.gv.at/assets/Uploads/Veranstaltungen/2014/15.-sterreichischer-Klimatag/TagungsbandKlimatag201410Apr.pdf>].
- Holzmann, H., Lehmann, T., Formayer, H., Haas, P. (2010). Auswirkungen möglicher Klimaänderungen auf Hochwasser und Wasserhaushaltskomponenten ausgewählter Einzugsgebiete in Österreich. *Österr. Wasser- und Abfallwirtschaft*, 62, 1-2, pp 7-14 7-14. doi:10.1007/s00506-009-0154-9.
- IEA Wind (2012). Expert Group Study on recommended practices – 13. Wind energy projects in cold climates. 1st Edition 2011. [online: http://www.ieawind.org/index_page_postings/June%207%20posts/task%2019%20cold_climate_%20rp_approved05.12.pdf, letzter Zugriff: 27.11.2013].
- Infrastructure Canada (2006). Adapting infrastructure to climate change in Canada's cities and communities. Infrastructure Canada. [online: http://ipcc-wg2.gov/nj-lite_download.php?id=6305]
- IPCC (2007): Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- IPCC (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp.
- Jaeger G. (2005): Niedrigwasser in der Tankschiffahrt. Rhine-River-Conference in Koblenz. [online: <http://www.reederei-jaegers.de/newspdf/niedrigwasser.pdf>].
- Sathaye, J. A., Dale, L. L., Larsen, P. H., Fitts, G. A., Koy, K., Lewis, S. M., Pereira de Lucena, A. F. (2013). Estimating impacts of warming temperatures on California's electricity system, *Global Environmental Change*, 23(2), 499-511.
- Jochem, E. and Schade, W. (2009): Adaptation and Mitigation Strategies Supporting European Climate Policy, ADAM Deliverable D-M1.2, Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research. Munich. [online: http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wassets/docs/n/de/publikationen/project_ADAM.pdf]
- Kromp-Kolb & Formayer 2005: Schwarzbuch Klimawandel. Salzburg: Ecowin Verlag. ISBN-10: 3902404140.
- Leidinger D., Formayer H., Arpacı A. (2013). Analysis of current and future fire weather risk in Tyrol. In: 32nd Conference on Alpine Meteorology, 3-7 June 2013, Kranjska Gora, Slovenia, Book of Abstracts. [online: http://meteo.fmf.uni-lj.si/sites/default/files/ICAM2013_Book_of_abstracts.pdf].
- Loibl W., Formayer H., Schöner W., Ahrens B., Dorninger M., Gobiet A. (Hrsg.) (2006) *Kwiss-Program reclip:more – research for climate protection: model run evaluation. Project year 2, Report 2005. ARC–sys-079. Austrian Research Centers, Seibersdorf, 2005.* [online: <http://foresight.ait.ac.at/SE/projects/reclip/>, letzter Zugriff 01.09.2010].
- McCallum S., Dworak T., Prutsch A., Kent N., Mysiak J., Bosello F., Klostermann J., Dlugolecki A., Williams E., König M., Leitner M., Miller K., Harley M., Smithers R., Berglund M., Glas N., Romanovska L., van de Sandt K., Bachschmidt R., Völler S., Horrocks L. (2013): Support to the development of the EU Strategy for Adaptation to Climate Change: Background report to the Impact Assessment, Part I – Problem definition, policy context and assessment of policy options. Vienna, Austria: Environment Agency. [online: http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/what/docs/background_report_part1_en.pdf].
- McClung, D. and P. Schaerer, (1993). *The Avalanche Handbook*. Seattle: The Mountaineers. ISBN 0898863643.
- Melcher, A.H., Kremser, H., Pletterbauer, F., Schmutz, S. (2012). Effects of climate change on fish assemblages in terms of lakes and their outlets in Alpine areas – explained by the case study Traunsee. In: Editors: A. Schmidt-Kloiber, A. Hartmann, J. Strackbein, C.K. Feld and D. Hering, *Current questions in water management. Book of abstracts to the WISER final conference Tallinn*, ISBN 978-9949-484-19-5, p. 117 -121.
- Mideksa T.K. and Kallbekken S. (2010). The impact of climate change on the electricity market: A review. *Energy Policy* 38, 3579-3585.
- Ministry of Interior Hungary – VÁTI Hungarian Nonprofit Ltd. for Regional Development and Town Planning (2011). *Climate-Friendly Cities – A Handbook on the Tasks and Possibilities of European Cities in Relation to Climate Change*. Budapest, Hungary: Ministry of Interior - VÁTI [online: http://www.vati.hu/files/articleUploads/21857/Climate_friendly_cities_2011_chapter1_3.pdf].

- Natural Gas Week (2007). Strong Winds Take Down Parts of Power Grid in Pacific Northwest. New York, USA: Energy Intelligence Group.
- Nelson F.E., Anisimov O.A., Shiklomanov N.I. (2001). Subsidence risk from thawing permafrost. *Nature*, 410, 889–890.
- Nemetz (1980). Lawinenschutz bei Kraftwerksbauten im Hochgebirge. Salzburg, Österreich: In: Conference Proceedings INTERPRAEVENT 1980 (Vol. 2). Bad Ischl, 283-288.
- Neue Zürcher Zeitung (2008). Föhn und Schnee stoppen Bahnen und Skilifte. Zürich, Schweiz: NZZ. [online: <http://www.nzz.ch/aktuell/startseite/foehn-sturm-bahnen-skilifte--1.665479>, letzter Zugriff 09.12.2013]
- Nolte R., Kamburow C. and Rupp J. (2011). ARISCC Adaptation of Railway Infrastructure to Climate Change. Final Report, 6th draft version. Berlin, Germany: IZT-Institute for Futures Studies and Technology Assessment. [online: http://ariscc.org/fileadmin/ARISCC_Final_Report_6th_Draft.pdf]
- Perez P. (Ed.) (2009). Potential impacts of climate change on California's Energy Infrastructure and Identification of Adaptation Measures. California, USA: California Energy Commission. [online: <http://www.energy.ca.gov/2009publications/CEC-150-2009-001/CEC-150-2009-001.PDF>].
- Peterson T.C., McGuirk M., Houston T.G., Horvitz A.H. and Wehner M.F. (2008). Climate Variability and Change with Implications for Transportation. In: The National Research Council. The potential impacts of climate change on U.S. transportation. Washington D.C., USA.: National Academy of Science – TRB and Department of Earth and Life Sciences. [online: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/sr/sr290Many.pdf>].
- PIANC (2008). EnviCom – Task Group 3 Climate Change and Navigation Waterborne transport, ports and waterways: A review of climate change drivers, impacts, responses and mitigation. Brüssel, Belgien: PIANC. [online: <http://www.pianc.org/downloads/envicom/envicom-free-tg3.pdf>].
- Pompe S., Berger S, Bergmann J., Badeck F., Lübbert J., Klotz S., Rehse AK., Söhlke G., Sattler S., Walther G.R. und Kühn I. (2011). Modellierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Flora und Vegetation in Deutschland – Ergebnisse aus dem F+E-Vorhaben FKZ 80581001. Deutschland: Bundesamt für Naturschutz. [online: <https://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/skript304.pdf>].
- Pröbstl, U. (2006). Kunstschnee und Umwelt – Entwicklung und Auswirkungen der technischen Beschneigung. Bern Stuttgart Wien: Haupt Verlag.
- Pryor S.C. and Barthelmie R.J. (2010): Climate change impacts on wind energy: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14, 430–437.
- Rachidi, F., Rubinstein M., Montanya J., Bermudez J.L., Rodriguez Sola, R., Sola, G., (2008). A Review of Current Issues in Lightning Protection of New-Generation Wind-Turbine Blades. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 55(6) 2489 - 2496. DOI: 10.1109/TIE.2007.896443
- Rachoy C. (2011). KLIWA: Anpassungsmaßnahmen der ÖBB – Infrastruktur an den Klimawandel. Präsentation am 12. Juli 2012. Wien, Austria: ÖBB. [online: http://botany.uibk.ac.at/neophyten/download/09_OeBB_Rachoy_KLIWA.pdf]
- Raymond Pralong M., Turowski J.M., Beer A., Rickenmann D., Métraux V. und Glassey T. (o.J.). Klimaänderung und Wasserkraft – Sektorielle Studie Wallis, Auswirkung der Klimaänderung auf die Geschiebefracht. Sion/Birmensdorf: Schweiz: Eidg. Forschungsanstalt für

- Wald, Schnee und Landschaft, Sion und Birmensdorf. [online: http://www.wsl.ch/fe/gebirgshydrologie/wildbaeche/projekte/hydropower/downloads/CC_Wasserkraft_Geschiebetransport_2011.pdf].
- Regmi M. and Hanaoka S. (2009). A survey on impacts of CC on road transport infrastructure and adaptation strategies in Asia. Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 7 pp.
- Rehnus, M, Marconi, L, Hacklander, K, Filli, F (2013): Seasonal changes in habitat use and feeding strategy of the mountain hare (*Lepus timidus*) in the Central Alps. *HYSTRIX*, 24(2), 161-165.
- RSSB (2008). Research Brief: Impact of climate change on coastal rail infrastructure. Assessing the impact of climate change on transport infrastructure appendices. [online: <http://www.railwaysarchive.co.uk/docsummary.php?docID=1538> access: 20.11.2013].
- Rutzinger M., Zieher T., Vetter M., Geitner C., Meißl G., Perzl F., Markart G. and Formayer H. (2013). Climate induced system status changes at slopes and their impact on shallow landslide susceptibility – a concept. In: *Alpine Geomorphologie, CH-AT Mountain Days*. Mittersill, Austria. [online: http://zieher.cc/publications/pdf/rutzinger_et_al_2013_chat_c3sisls_poster.pdf].
- Savonis M.J., Burkett V.R. and Potter J.R. (2008). Impacts of Climate Change and Variability on Transportation Systems and Infrastructure: Gulf Coast Study, Phase 1, Synthesis and Assessment Product 4.7., US Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research. [online: http://climate.dot.gov/documents/gulf_coast_study.pdf].
- Schaeffer R., Szklo A.S., Frossard Pereira de Lucena A., Soares Moreira C.B.B., Pinheiro Pua Nogueira L., Pereira Fleming F., Troccoli A., Harrison M. and Sadeck Boulahya M. (2012). Energy sector vulnerability to climate change: A review. *Energy* 38, 1-12.
- Schauser I., Otto, S. Schneiderbauer S., Harvey A., Hodgson N., Robrecht H., Morchain D., Schrandt J.-J., Khovanskaia M., Celikyilmaz-Aydemir G., Prutsch A. & McCallum S. (2010). Urban Regions: Vulnerabilities, Vulnerability Assessments by Indicators and Adaptation Options for Climate Change Impacts. ETC/ACC Technical Paper 2010/12. EEA, Copenhagen. [online: http://acm.eionet.europa.eu/reports/docs/ETCACC_TP_2010_12_Urban_CC_Vuln_Adapt.pdf]
- Schmid M., Hunziker S., Wüst A. (2014). Lake surface temperatures in a changing climate: A global sensitivity analysis. *Climatic Change*, 124(1-2), 301-315.
- Schuchardt, B., Wittig, S. (Hrsg.) (2012). Vulnerabilität der Metropolregion Bremen-Oldenburg gegenüber dem Klimawandel (Synthesebericht). nordwest2050-Berichte Heft 2. Bremen, Deutschland: Oldenburg, Projektkonsortium ‚nordwest2050‘. [online: http://www.klimzug.de/_media/Vulnerabilitaet_MPR_nw2050.pdf].
- Schulz Heinrich (1998). Broschüre: Golf + Naturschutz – Bewässerung von Golfanlagen schonender Umgang mit Wasser. Herausgeber: Deutscher Golf Verband e.V., Wiesbaden. [online: http://www.golf.de/dgv/imagdata/Bewaessering_Golfanlagen_Publikation.pdf].
- StMUG (2012). Broschüre „Folgen des Klimawandels – Verkehr, Tourismus und Energieversorgung vor neuen Herausforderungen, Ein Leitfaden“, herausgegeben vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (StMUG), 2012, [online: <http://www.muenchen.ihk.de/de/presse/Anhaenge/Folgen-des-Klimawandels-Broschuere.pdf>].
- Stoffel M., Tiranti D., Huggel C. (2014). Climate change impacts on mass movements – Case studies from the European Alps. *Science of the Total Environment*, 493, 1255-1266.

- Stoffel M. and Huggel C. (2012). Effects of climate change on mass movements in mountain environments. *Progress in Physical Geography* 36, 421–439.
- Suarez P., Anderson W., Mahal V. and Lakshmanan T.R. (2005). Impacts of flooding and climate change on urban transportation: A systemwide performance assessment of the Boston Metro Area. *Transportation Research, D* 10, 231-244.
- Swart, R. and Biesbroek, R. (2009): Adaptation of infrastructure to climate change: international inventory (in Dutch). Alterra / Wageningen University and Research Centre. [online: <http://edepot.wur.nl/317683>].
- Transportation Research Board (2008). Potential Impacts of Climate Change on U.S. Transportation. USA: Transportation Research Board, Special Report 290. [online: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/sr/sr290.pdf>].
- Valiela I., Bowen J.L. (2003). Shifts in Winter Distribution in Birds: Effects of Global Warming and Local Habitat Change. *AMBIO A Journal of the Human Environment*, 32(7), 476-480.
- Windows, Richard (2004): Climate Change and Scottish Golf Courses, Scottish Golf Environment Group Limited 2004. [On-line: <http://www.sgeg.org.uk/documents/Publications%20and%20Case%20Studies/Climate%20Change%20and%20Scottish%20Golf%20Courses%20%28SGEG%202004%29.pdf>].
- Windturbine (2012). Brandschutz – kein Ablehnungsgrund für Windkraft in Waldgebieten. [online: <http://wind-turbine.com/magazin/innovationen-aktuelles/umwelt/6238/brandschutz-kein-ablehnungsgrund-fuer-windkraft-in-waldgebieten.html>].
- Yao Y., Huang G.H. and Lin Q. (2012). Climate change impacts on Ontario wind power resource. *Environmental Systems Research*, 1, 2. [Online: <http://link.springer.com/article/10.1186%2F2193-2697-1-2#page-2>]

Bisher erschienen in der Reihe BOKU-Met Report:

Berichte von 2003 – 2008

- 1 Eitzinger, J., Kubu, G., Formayer, H., Haas, P., Gerersdorfer, T., Kromp-Kolb, H. (2009): **Auswirkungen einer Klimaänderung auf den Wasserhaushalt des Neusiedlersees** (Endbericht im Auftrag der Burgenländischen Landesregierung vom 15. Juli 2005).
- 2 Frank, A., Seibert, P. (2009): **Diagnose von Extremereignissen aus großräumigen meteorologischen Feldern** (Endbericht StartClim.4, November 2003).
- 3 Formayer, H., Matulla, C., Haas, P., Groll, N. (2009): **Statistische Downscalingverfahren zur Ableitung von Extremereignissen in Österreich aus GCM-Feldern** (Endbericht StartClim.5, November 2003).
- 4 Schwarzl, I., Haas, W. (2009): **Kommunikation an der Schnittstelle Wissenschaft und Bildung** (Endbericht StartClim.11, November 2003).
- 5 Formayer, H., Haas, P., Matulla, C., Frank, A., Seibert, P. (2009): **Untersuchungen regionaler Klimaänderungsszenarien hinsichtlich Hitze- und Trockenperioden in Österreich** (Endbericht StartClim2004.B, November 2003).
- 6 Schwarzl, I., Lang, E. (2009): **"Hängen Hitze und Leistungsfähigkeit zusammen?"** Ein Projekt an der Schnittstelle Wissenschaft und Bildung (Endbericht StartClim2004.G, Jänner 2005).
- 7 Formayer, H., Kromp-Kolb, H. (2009): **Hochwasser und Klimawandel**. Auswirkungen des Klimawandels auf Hochwasserereignisse in Österreich (Endbericht WWF 2006).
- 8 Gerersdorfer, T., Frank, A., Formayer, H., Haas, P., Moshhammer, H. (2009): **Untersuchung zur nächtlichen Abkühlung in einem sich ändernden Klima** (Endbericht StartClim2005.A1b, November 2006).
- 9 Krüger, B. C., Schicker, I., Formayer, H., Moshhammer, H. (2009): **Feinstaub und Klimawandel – Gibt es Zusammenhänge in Nordostösterreich?** (Endbericht StartClim2006.A, Juli 2007).
- 10 Rössler, M., Laube, W., Weihs, P. (2009): **Avoiding bird collisions with glass surfaces**. Experimental investigations of the efficacy of markings on glass panes under natural light conditions in Flight Tunnel II (Final report, March 2007).
- 11 Formayer, H., Hofstätter, M., Haas, P. (2009): **Untersuchung der Schneesicherheit und der potenziellen Beschneigungszeiten in Schladming und Ramsau** (Endbericht STRATEGE, Oktober 2007).
- 12 Kromp-Kolb, H., Formayer, H., Haas, P., Hofstätter, M., Schwarzl, I. (2009): **Beobachtete Veränderung der Hitzeperioden in Oberösterreich und Abschätzung der möglichen zukünftigen Entwicklungen** (Endbericht Band 1 der Forschungsreihe „Auswirkungen des Klimawandels auf Oberösterreich“, Februar 2007).
- 13 Moshhammer, H., Gerersdorfer, T., Hutter, H.-P., Formayer, H., Kromp-Kolb, H., Schwarzl, I. (2009): **Abschätzung der Auswirkungen von Hitze auf die Sterblichkeit in Oberösterreich** (Endbericht Band 3 der Forschungsreihe „Auswirkungen des Klimawandels auf Oberösterreich“, Juli 2007).
- 14 Formayer, H., Kromp-Kolb, H., Schwarzl, I. (2009): **Auswirkungen des Klimawandels auf Hochwasserereignisse in Oberösterreich** (Endbericht Band 2 der Forschungsreihe „Auswirkungen des Klimawandels auf Oberösterreich“, Mai 2007).
- 15 Simic, S., Schmalwieser, A.W., Moshhammer, H. (2009): **Gesundheitsrisiken für die österreichische Bevölkerung durch die Abnahme des stratosphärischen Ozons** (Endbericht StartClim2007.B, Juni 2008).
- 16 Formayer, H., Clementschitsch, L., Hofstätter, M., Kromp-Kolb, H. (2009): **Vor Sicht Klima! Klimawandel in Österreich, regional betrachtet** (Endbericht Global 2000, Mai 2008).

Berichte ab 2009

- 17 Eitzinger, J., Kubu, G. (eds.) (2009): **Impact of Climate Change and Adaptation in Agriculture** (Extended Abstracts of the International Symposium, University of Natural Resources and Applied Life Sciences (BOKU), Vienna, June 22-23 2009).
- 18 Formayer, H., Kromp-Kolb, H. (2009): **Klimawandel und Tourismus in Oberösterreich.**
- 19 Fleischhacker V., Formayer H., Seisser O., Wolf-Eberl S., Kromp-Kolb, H. (2009): **Auswirkungen des Klimawandels auf das künftige Reiseverhalten im österreichischen Tourismus.** (Forschungsbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft, Familie und Jugend).
- 20 Seibert, P., Radanovics, R., Krüger, B. C. (2010): **Sources of Air Pollution Relevant for the Austrian Biosphere Reserve Wienerwald.** Final Report for the Project "Sources of Air Pollution Relevant for Austrian Biosphere Reserves: Quantification, Trends, Scenarios", Man and Biosphere Programme (MaB), Austrian Academy of Sciences (ÖAW).
- 21 Arnold, D., D. Morton, I. Schicker, P. Seibert, M. W. Rotach, K. Horvath, J. Dudhia, T. Satomura, M. Müller, G. Zängl, T. Takemi, S. Serafin, J. Schmidli, S. Schneider (2012): **High Resolution Modelling in Complex Terrain.** Report on the HiRCoT 2012 Workshop, Vienna, 21-23 February 2012.
- 22 Matthias Schlögl (2013): **Validierung von atmosphärischen Dispersionsmodellen Beurteilung der Qualität von meteorologischen Schadstoffausbreitungsmodellen durch statistische Parameter am Beispiel der Anwendung des Lagrange'schen Teilchensimulationsmodells FLEXPART auf die ¹³⁷Cs-Emissionen bei den Katastrophenereignissen in Fukushima Dai-ichi.** (Bachelorarbeit).
- 23 Petra Seibert, Dèlia Arnold, Nikolaus Arnold, Klaus Gufler, Helga Kromp-Kolb, Gabriele Mraz, Steven Sholly, Antonia Wenisch (2013): **Flexrisk – Flexible tools for assessment of nuclear risk in Europe.** Final Report. PRELIMINARY VERSION MAY 2013
24. Dallhammer E., Formayer H., Jiricka A., Keringer F., Leitner M., McCallum S., Schmied J., Stanzer G., Völler S. (2015): **Strategische Unterstützung bei der Projektplanung zur Berücksichtigung von Klimawandelfolgen.** (Endbericht zum Forschungsprojekt ENVISAGE-CC)

Alle Berichte sind unter <http://www.boku.ac.at/met/report/> online verfügbar.