

Anpassungsstrategien an den Klimawandel für die Stadt Graz



Autoren:

Mag. Benjamin SIMPERL

Mag. Christopher WINTSCHNIG

Mitautor:

Dominik Piringer, MSc

Graz, 2016



Anpassungsstrategien für Graz im Zuge des Klimawandels

Magisterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades
eines Magisters der Naturwissenschaften

an der Karl-Franzens-Universität Graz

vorgelegt von

Benjamin SIMPERL

Christopher WINTSCHNIG

am Institut für Geographie und Raumforschung

Begutachter: Ao. Univ.-Prof. Dr. phil. Reinhold LAZAR

GRAZ, 2016

Wir erklären ehrenwörtlich, dass wir die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benützt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommen Stellen als solche kenntlich gemacht haben.

GRAZ, am

GRAZ, am

Vorwort und Danksagung

Der Klimawandel ist im Jahre 2016 nicht mehr abzustreiten und daher wird es im Speziellen für den urbanen Raum die größte Herausforderung im 21. Jahrhundert sein, sich an die neuen klimatischen Gegebenheiten anzupassen. Aufgrund dieser Tatsache haben wir es uns zur Aufgabe gemacht, mögliche Anpassungsstrategien – in Bezug auf den Klimawandel – für die Stadt Graz aufzuzeigen. Die Handlungsempfehlungen reichen von den Bereichen Bauen und Wohnen über Gesundheit und Soziales bis hin zu urbanen Grünräumen.

Das Ziel, welches wir in unserer Diplomarbeit verfolgt haben, war das Verdeutlichen der Notwendigkeit und gleichzeitige Vorschlagen von Maßnahmen, welche in Zukunft unabdingbar sind. Daraus resultierend hoffen wir, dass zumindest ein Teil unserer vorgelegten Empfehlungen berücksichtigt und in die Praxis umgesetzt wird, damit sich die Stadt Graz zu einer klimagerechten Vorzeigestadt entwickelt, die ihre Bevölkerung vor den Folgen des Klimawandels schützt.

Ein besonderer Dank gilt unserem Mentor Ao. Univ.-Prof. Dr. phil. Reinhold LAZAR, der uns immer mit Rat und Tat zur Seite stand und uns diese Kooperation mit dem Umweltamt Graz erst ermöglichte.

Weiterer Dank gilt dem Grazer Umweltamt mit dem Abteilungsvorstand DI Dr. Werner PRUTSCH für die kooperative Zusammenarbeit und vor allem Dominik PIRINGER, MSc der unser direkter Kontakt- und Ansprechpartner beim Umweltamt in Graz war. Vor allem möchten wir uns für die vielen herzlichen Gespräche, Ratschläge und Unterstützungen bedanken.

Diese Arbeit wäre nie ohne die moralische und finanzielle Unterstützung unserer Eltern entstanden.

Großer Dank gilt unseren Partnerinnen, Freunden und im Speziellen den anderen Mitgliedern des „Wolfsrudels“, Bertram alias „Luz“ Geier und Georg alias „Schöni“ Schönfelder.

Zusammenfassung

Angesichts der klimatisch veränderten Bedingungen welche auch die Stadt Graz betreffen ist es von großer Bedeutung, sich an diese neuen Gegebenheiten anzupassen. Ziel dieser Arbeit war es einen Maßnahmenkatalog für die Stadt Graz zu erarbeiten, um mögliche Potentiale für zukünftige Anpassungen aufzuzeigen und dadurch eine bestmögliche Anpassung für Gesellschaft, Umwelt und Infrastruktur zu erreichen.

Zu Beginn dieser Arbeit wird die Veränderung der klimatischen Gegebenheiten der Stadt Graz hinsichtlich der letzten Jahrzehnte genauer analysiert und mögliche negative klimatische Folgen für diverse Aktivitätsfelder erläutert. Aufbauend auf diese möglichen Auswirkungen, wurden Handlungsempfehlungen für die Aktivitätsfelder Bauen und Wohnen, Wirtschaft und Industrie, Freizeit und Tourismus, Verkehrsinfrastruktur und Mobilität, Energie und Versorgung, Gesundheit und Soziales, Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Raumordnung/-planung, Schutz vor Naturgefahren und Katastrophenmanagement, Ökosysteme und Biodiversität sowie urbane Grünräume erstellt.

Die jeweiligen Aktivitätsfelder wurden hinsichtlich ihrer Vulnerabilität, Risiken und Chancen, Ziele der Anpassung sowie deren Bedeutung beschrieben. Die von uns empfohlenen Maßnahmen sind in Ziel, Lenkungsebene, Bedeutung und Handlungsempfehlungen sowie Bezug zu anderen Aktivitätsfeldern und untergliedert.

Am Ende der Arbeit wurden Maßnahmen, welche für die primäre Umsetzung in Graz von Bedeutung sind, genauer erläutert und eine Zukunftsperspektive für eine nachhaltige klimagerechte Stadtplanung beschrieben.

Zusammengefasst kann erwähnt werden, dass eine Anpassung an den Klimawandel nur durch Umsetzung von Maßnahmen in allen Bereichen möglich ist, um somit potentiellen negativen Folgen entgegenzuwirken.

Abstract

In the face of changing climate conditions which also affect the city of Graz, it is essential to adapt to these new circumstances. The aim of this thesis is to propose a catalogue of measures for Graz in order to illustrate the potential for future adjustments and thereby enable an optimal adaption of society, environment and infrastructure.

At the beginning of this paper the changes of the climatic condition of Graz over the last decades are analyzed and potential negative implications for various fields of action are discussed. Building on these possible consequences, several suggestions are prepared for the fields of construction and housing, economy and industry, recreation and tourism, traffic infrastructure and mobility, energy and supply, health and social policy, water supply and water management, regional policy and regional development planning, protection against natural hazards and disaster management, ecosystems and biodiversity as well as urban green spaces.

The individual fields of action are analyzed in regard to their vulnerability, risks and chances, goals of the adjustments as well as their relevance. The suggested measures are subdivided into goals, relevance and recommendations for action as well as their connection to other fields of action and the level of governance.

At the end of this thesis, measures which are primarily relevant for the implementation in Graz are discussed in more detail and an outlook for a sustainable climate-appropriate urban development is presented.

All things considered, it can be stated that an adaption to climate change can only be possible through adjustments in all mentioned fields in order to successfully counteract possible negative consequences.

Inhalt

Vorwort und Danksagung	3
Zusammenfassung	4
Abstract	5
1. Einleitung	14
1.1 Zielsetzung	16
1.2 Problemstellung und Forschungsfragen	17
1.3 Methodik und Datengrundlage	18
2. Klima	20
2.1 Das Klima im Wandel	20
2.2 Klimawandel in Österreich	23
2.3 Globale Klimaszenarien	23
2.3.1 Neue Szenarien für den 5. Sachstandsbericht des IPCC	25
2.3.2 Ergebnisse von Modellrechnungen (RCP-Szenarien)	26
2.4 Klimawandel in der Steiermark	29
2.5 Stadtklimatologie	36
2.5.1 Der UHI-Effekt – Urbane Hitzeinseln in der Stadt	39
3. Abgrenzung des Untersuchungsgebiets	43
3.1 Räumliche Lage von Graz	43
3.2 Grundlagen des Grazer Klimas	43
3.3 Temperaturverhältnisse und Wärmeinseleffekt in Graz	44
3.4 Windverhältnisse	46
3.5 Veränderung des Grazer Stadtklimas	49
3.5.1 Temperatur	49
3.5.2 Niederschlag	50
3.5.3 Sonnenscheindauer	51
3.5.4 Sommertage, Tropentage und Tropennächte	52
3.6 Mögliche zukünftige Auswirkungen des Klimawandel	55
hinsichtlich der Aktivitätsfelder	55
4. Anpassung und Vulnerabilität	64
4.1 Was verstehen wir unter Anpassung?	64
4.2 Synergieeffekte und Zielkonflikte von Handlungsmaßnahmen	65
4.3 Abschätzung der Vulnerabilität für Österreich	68

4.4	Bewertung der Vulnerabilität	71
5.	Aktivitätsfelder und Handlungsempfehlungen	71
5.1	Bauen und Wohnen	84
5.2	Wirtschaft und Industrie	107
5.3	Tourismus und Freizeit	119
5.4	Verkehrsinfrastruktur und Mobilität	126
5.5	Energie und Versorgung	141
5.6	Gesundheit und Soziales	153
5.7	Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft	173
5.8	Raumordnung/-planung	193
5.9	Schutz vor Naturgefahren und Katastrophenmanagement	212
5.10	Ökosysteme und Biodiversität	232
5.11	Urbane Grünräume	248
6.	Bedeutende Maßnahmen für Graz	274
6.1	Dachbegrünung	274
6.2	Fassadenbegrünung	280
6.3	Grüne Gleise	283
7.	Resümee und Ausblick	289
8.	Literatur	293
9.	Normen und Gesetze	310

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung der anthropogenen Antriebe und Auswirkungen des Klimawandels, der Reaktionen sowie deren Verbindungen (IPCC 2008)	15
Abbildung 2: Komponenten des Strahlungsantriebs global; Abkürzungen (IPCC 2007)	21
Abbildung 3: Temperaturanstieg global je nach Szenario (B1, A1T, B2, A1B, A2 oder A1FI), (IPCC 2007)	22
Abbildung 4: Weltweite THG-Emissionen (in CO ₂ -Äq.) ohne Klimaschutzmaßnahmen: sechs SRES- Musterszenarien (farbige Linien) und der 80. Perzentilbereich neuerer post-SRES-Referenzszenarien (grau schattierter Bereich). Gestrichelte Linien zeigen die gesamte Bandbreite der post-SRES-Szenarien. Die Emissionen beinhalten CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O und F-Gase (IPCC 2008).	24
Abbildung 5: Kernaussage der IPCC Emissionsszenarien (ML THÜRINGEN o.J.)..	24
Abbildung 6: Strahlungsantrieb – SRES und RCP-Szenarien im Vergleich (WIKI 2016)	26
Abbildung 7: Änderung der globalen Mitteltemperatur bis 2100 nach RCP- Szenarien im Vergleich zum Mittel 1986 – 2005: RCP 8.5 (rot), RCP 4.5 (orange), RCP 2.6 (grün) (WIKI 2016)	27
Abbildung 8: Änderung der geographischen Verteilung der 2m-Temperatur bis 2100 nach den RCP-Szenarien 2.6 (links) bzw. nach den RCP-Szenarien 8.5 (rechts) im Vergleich zum Mittel 1986-2005 (WIKI 2016)	27
Abbildung 9: Saisonale Temperaturänderung im Alpenraum (Winter - links oben, Frühling – rechts oben, Sommer – links unten, Herbst – rechts unten), MM5 – Wegener Zentrum (LOIBL et al. 2008).....	30
Abbildung 10: Saisonale Niederschlagsänderung im Alpenraum, MM5 – Wegener Zentrum (LOIBL et al. 2008)	31
Abbildung 11: Erwartete Änderung der Jahresmitteltemperatur [°C] (2021-2050 verglichen mit 1971-2000) in der Steiermark. Links (1 km Gitter), Rechts (Bezirke) (GOBIET et al. 2012).	32
Abbildung 12: Erwartete saisonale Temperaturänderung [°C] (2021-2050 verglichen mit 1971-2000) in der Steiermark (GOBIET et al. 2012).....	32

Abbildung 13: Erwartete Änderung der jährlichen Niederschlagssumme [%] (2021-2050 verglichen mit 1971-2000) in der Steiermark. Links: 1 km Gitter; Rechts: Bezirke (GOBIET et al. 2012).	33
Abbildung 14: Erwartete saisonale Niederschlagsänderung [%] (2021-2050 verglichen mit 1971-2000) in der Steiermark (GOBIET et al. 2012).	33
Abbildung 15: Erwartete saisonale Änderung der Kühlgradtage (2021-2050 verglichen mit 1971-2000) in der Steiermark (GOBIET et al. 2012).	34
Abbildung 16: Erwartete saisonale Änderung der Tage mit starkem Niederschlag (>30 mm Niederschlagssumme pro Tag) [Tage/Saison] (2021-2050 verglichen mit 1971-2000) in der Steiermark (GOBIET et al. 2012).	35
Abbildung 17: Vielfachreflexionen an Hochhäusern (FELLENBERG 1991, S. 43) ...	38
Abbildung 18: Vergleich der Evaporation in städtischen (oben) und ländlichen (unten) Gebieten (MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015)	40
Abbildung 19: Energiehaushalt von Siedlungsgebieten und der UHI-Effekt (MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015).....	41
Abbildung 20: Abendliches Thermalbild der Stadt Wien und des Umlands. Deutlich sind die Unterschiede zwischen dem städtischen Ballungsraum und den kühleren ländlichen Gebieten erkennbar (MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015).	41
Abbildung 21: Gezeigt wird die durchschnittliche stündliche Temperaturverteilung an einem Referenztag im Sommer 2012 – zwei Untersuchungsgebiete in Wien sind dargestellt – Innere Stadt und Nordbahnhof – sowie zum Vergleich ein ländliches Gebiet in Seibersdorf (Eigene Darstellung nach MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015).	42
Abbildung 22: Räumliche Lage von Graz (UBZ STEIERMARK, Umweltbildungszentrum Steiermark 2010).....	43
Abbildung 23: Wärmeinselstrukturen der Stadt Graz (links Herbst/Winter; rechts: Frühjahr/Sommer) (LAZAR, BUCHROITHNER & KAUFMANN, 1994).	45
Abbildung 24: Nächtliche Lokalwindssysteme von Graz (WURM 2007, S. 31 nach LAZAR 1994).....	46
Abbildung 25: Lokalwindssysteme von Graz am Tag (WURM 2007, S. 32 nach LAZAR 1994).	48

Abbildung 26: Jahresmittelwert (Temperatur in °C) von 1960 bis 2015, Graz-Universität (ZAMG 2011a)	49
Abbildung 27: Jahresmittelwert (Niederschlag in Millimeter) von 1960 bis 2015, Graz-Universität (ZAMG, 2011a)	50
Abbildung 28: Jahresmittelwert (Sonnenscheindauer in Stunden) von 1960 bis 2015, Graz-Universität (ZAMG 2011a)	51
Abbildung 29: Jahressumme der Sommertage (≥ 25 °C), Graz-Universität (ZAMG 2011a)	52
Abbildung 30: Mittlere Anzahl der Sommertage für das Stadtgebiet und die nähere Umgebung von Graz, für die Periode 1961-1990, 1971-2000 und 1981-2010 (ZAMG 2011b)	53
Abbildung 31: Jahressumme der Tropentage (≥ 30 °C), Graz-Universität (ZAMG 2011a)	54
Abbildung 32: Vulnerabilität im Kontext mit Klimaschutz und Anpassung; (Eigene Darstellung nach BMLFUW 2012b, S. 15 laut ISOARD, GROTHMANN & ZEBISCH 2008)	70
Abbildung 33: Anzahl der Schadenshäufigkeit (Munich RE 2010).....	109
Abbildung 34: Schadenshäufigkeit und die daraus folgenden Kosten (global) (Munich Re 2010).....	109
Abbildung 35: Zusammenspiel von Klimaimpuls, Vulnerabilität, Handlungsfelder und deren gegenseitige Beeinflussung angesichts der Chemieindustrie (BMLFUW 2012b nach Wegener Zentrum 2011).....	110
Abbildung 36: Zusammenspiel von Klimaimpuls, Vulnerabilität, Handlungsfeld und deren gegenseitige Beeinflussung auf Lebensmittelindustrie und Handel (BMLFUW 2012b nach Wegener Zentrum 2011).....	111
Abbildung 37: Ebenen und wesentliche Instrumente der Raumordnung in Österreich (vereinfachte Darstellung). (Eigene Darstellung, BMLFUW 2012b, S. 299 nach UMWELTBUNDESAMT)	194
Abbildung 38: Anzahl der Naturkatastrophen in Österreich von 1980 bis 2005 (HAUER 2007).....	215

Abbildung 39: Wärmeinsel in Graz, Strahlungstemperaturkarte der Thermalbefliegung 1986, Nachtflug (LAZAR & SULZER 2013, S. 189)	250
Abbildung 40: Wasserrückhaltung Kiesdach vs. Gründach (BAUDER o.J.)	251
Abbildung 41: Aufbau - Extensivbegrünung (DACHUNDGARTEN o.J.).....	275
Abbildung 42: Aufbau - Intensivbegrünung (DACHUNDGARTEN o.J.).....	275
Abbildung 43: Wasserkreislauf ohne (links) und mit Dachbegrünung (rechts) (OPTIGRÜN 2014)	276
Abbildung 44: Winterliche und sommerliche Temperaturextreme auf einem unbegrüntem (links) und einem begrüntem Dach (rechts) (OPTIGRÜN 2014).....	277
Abbildung 45: Oberflächentemperaturen eines begrüntem (vorne) und unbegrüntem Dachs im Frühjahr (Foto: Mersmann in KUTTLER et al. 2012)	278
Abbildung 46: Tagestemperaturunterschiede - Konventionelles Dach vs. begrüntes Dach (KARLSRUHE o.J.)	278
Abbildung 47: Temperaturunterschied Gründach gegenüber einem Kiesdach - UK Substrat (BAUDER o.J.)	279
Abbildung 48: Aufteilung der Grazer Dachflächen (UMWELTAMT GRAZ 2015)....	279
Abbildung 49: Vergleich der Oberflächentemperaturen an der Südfassade des nebenstehenden Gebäudes (45 °C) und der Grünfassade (30 °C) im August 2011, (ENZI & SCHARF 2011 aus IBLB).....	281
Abbildung 50: Oberflächentemperaturen einer begrüntem (rechts) und unbegrüntem Hauswand (Foto: Mersmann in KUTTLER et al. 2012)	282
Abbildung 51: Oberflächentemperaturen einer Hauswand oben mit hellem Anstrich (Foto: Mersmann in KUTTLER et al. 2012)	282
Abbildung 52: Elemente des Wasserhaushalts im begrüntem Straßenbahngleis (HENZE et al. 2003) P = Niederschlag; ET = Verdunstung; R = Abfluss; ΔW = Veränderung des Wasservorrates im Vegetationssystem in mm bzw. l/m ² FK = Feldkapazität (die maximale Menge des Haftwassers im Begrünungssystem, angegeben als Feuchte in Vol. % oder als W in mm).	283

Abbildung 53: Sedumgleis (links), (Foto: Kappis, IASP in GRÜNGLEISNETZWERK o.J.) und Rasengleis (rechts), (Foto: Schreiter, IASP in GRÜNGLEISNETZWERK o.J.).....	284
Abbildung 54: Niederschlags- und Abflusswerte in l/m ² und Wasservorratswerte in % des maximal gebundenen Wasseranteils im Boden (Feldkapazität, FK) des Gleisbegrünungssystems; Vorsättigungsgrad ca. 40 % der FK (HENZE et al. 2003).	284
Abbildung 55: tiefliegende Begrünung (links), (Foto: Henze, IASP in GRÜNGLEISNETZWERK o.J.) und hochliegende Begrünung (rechts), (Foto: Kappis, IASP in GRÜNGLEISNETZWERK o.J.).....	286

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Tabellenform der Handlungsempfehlungen und Maßnahmen (eigene Darstellung)	19
Tabelle 2: RCP- Szenarien für den 5. IPCC- Sachstandsbericht (Eigene Darstellung nach WIKI 2016).....	25
Tabelle 3: Niederschlagsveränderung laut RCP-Szenarien (Eigene Darstellung nach WIKI 2016).....	28
Tabelle 4: Abweichung des Stadt- gegenüber dem Umlandklima (E.D. nach LANDSBERG 1981, S. 330).	37
Tabelle 5: Albedowerte in Prozent (Eigene Darstellung nach JUNGFER & LAMBERT 1985, S. 50)	37

Tabelle 6: Liste der Jahre mit Tropennächte (Minimum vier Nächte) an der Station Graz-Universität, zu beachten ist die Häufung seit 2010 (LAZAR, SIMPERL & WINTSCHNIG 2015)	54
Tabelle 7: Aktivitätsfeld – Bauen und Wohnen	74
Tabelle 8: Aktivitätsfeld – Wirtschaft und Industrie	75
Tabelle 9: Aktivitätsfeld – Tourismus und Freizeit	75
Tabelle 10: Aktivitätsfeld – Verkehrsinfrastruktur und Mobilität	76
Tabelle 11: Aktivitätsfeld – Energie und Versorgung	77
Tabelle 12: Aktivitätsfeld – Gesundheit und Soziales	78
Tabelle 13: Aktivitätsfeld – Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft	79
Tabelle 14: Aktivitätsfeld – Raumordnung/ -planung	80
Tabelle 15: Aktivitätsfeld – Schutz vor Naturgefahren und Katastrophenmanagement	81
Tabelle 16: Aktivitätsfeld – Ökosysteme und Biodiversität.....	82
Tabelle 17: Aktivitätsfeld – Urbane Grünräume	83
Tabelle 18: Maßnahmen berücksichtigen – Wassernutzung, Wasserschutz und Schutz vor dem Wasser (Eigene Darstellung nach BMLFUW 2012b, S. 82)	175
Tabelle 19: Überblick über ausgewählte Auswirkungen des Klimawandels auf die Raumentwicklung, Relevanz für die Raumordnung und raumwirksame Fachplanungen (BMLFUW 2012b, S. 301).....	196
Tabelle 20: Extensiv- vs. Intensivbegrünung (Eigene Darstellung nach OPTIGRÜN 2014)	274
Tabelle 21: Anhaltswerte für die prozentuale jährliche Wasserretention bei Dachbegrünungen in Abhängigkeit von der Aufbaudicke (Eigene Darstellung nach FLL 2002a,b, S. 36).....	276
Tabelle 22: Ausmaß der Schadstofffilterung durch ein Kies- bzw. Gründach in Prozent (Eigene Darstellung nach Köhler 1993).....	277

1. Einleitung

Der Klimawandel als globales Phänomen stellt eine der größten umweltpolitischen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts dar. Es besteht ein wissenschaftlicher Konsens darüber, dass die Klimaänderung nicht mehr verhindert, sondern nur in ihrer Auswirkung gemindert werden kann. Für nahezu alle Regionen Europas werden Beeinträchtigungen erwartet, die für viele sozio-ökonomische und natürliche Systeme erhebliche Probleme darstellen werden. Selbst bei einer sofortigen signifikanten Reduktion bzw. einer Stabilisierung der Treibhausgasemissionen auf heutigem Niveau ist mit einem anhaltenden Temperaturanstieg in den nächsten Jahrzehnten zu rechnen.

Eine der größten Herausforderungen, die sich der Mensch im 21. Jahrhundert stellen muss ist zweifelsohne der Klimawandel. WissenschaftlerInnen sind sich darüber einig, dass sich der Klimawandel nicht mehr aufhalten lässt, sondern seine Auswirkungen allenfalls verzögert werden können. Dies wird sich enorm auf den Mensch und seine Umwelt auswirken und eine Reihe von zusätzlichen Problemen mit sich bringen. Auch wenn es ab dem heutigen Tag zu einem Rückgang der Treibhausgase bzw. einer Stabilisation jener auf jetzigem Niveau kommt, wird die Temperatur auf der Erde und speziell in Europa ansteigen. Zurückzuführen ist dieses Phänomen einerseits auf die Zeit der Industrialisierung, aber auch andererseits auf die Trägheit des Klimasystems. Die EU ist der Meinung, dass die Folgen des Klimawandels durch effizientes Handeln und mögliche Anpassungsstrategien vermieden werden können. Sie hat sich dabei zum Ziel gesetzt, den globalen Temperaturanstieg auf weniger als 2 °C gegenüber dem Niveau von der Industrialisierung zu begrenzen (EK 2007a). Passiert dies nicht, wird es erhebliche Schäden geben. Deshalb ist es unabdingbar, geeignete Maßnahmen zur Senkung jener Gase zu konzipieren und sich diesem Problem zu stellen bzw. sich durch geeignete Anpassungsstrategien dem Klimawandel anzupassen. Die oberste Priorität des Klimaschutzes ist immer noch die Verminderung der Treibhausgase, wobei die Anpassung an den Klimawandel als weiterer Punkt immer mehr in den Vordergrund rückt. Für Europa sind bereits weitreichende Auswirkungen des Klimawandels – wie der Rückzug der Gletscher, längere Vegetationszeiten, negative

Effekte auf die Gesundheit aufgrund von Hitzewellen etc. – dokumentiert (BMLFUW 2012a, S. 3; IPCC 2007).

In der folgenden Abbildung sind anthropogene Antriebe und Wirkungen des Klimawandels sowie die Reaktionen auf klimawandelinduzierte Veränderungen dargestellt und Wechselwirkungen dieser Komponenten dargelegt (BMLFUW 2012a, S. 4).

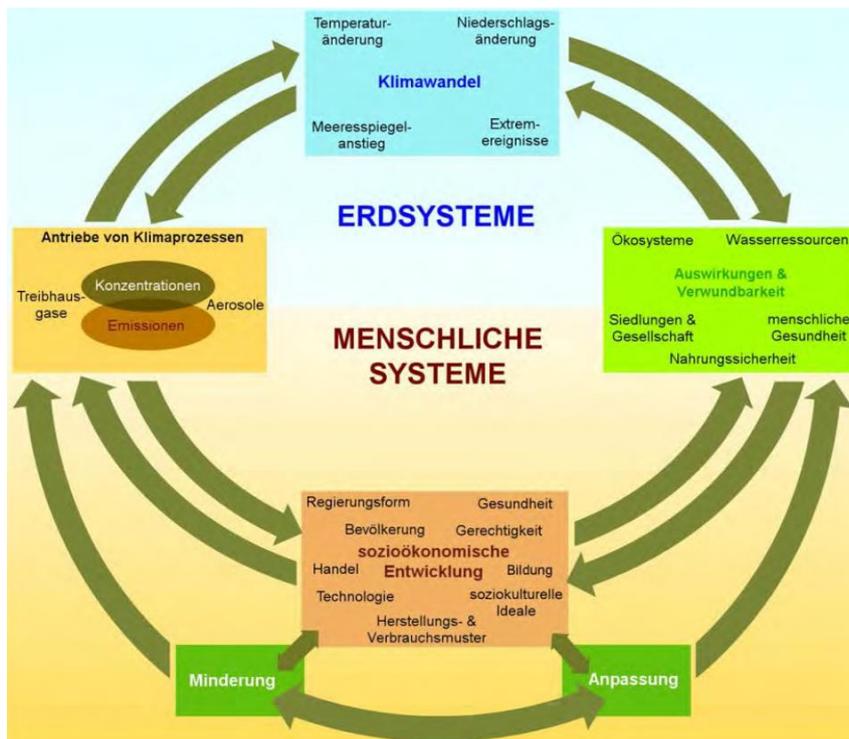


Abbildung 1: Schematische Darstellung der anthropogenen Antriebe und Auswirkungen des Klimawandels, der Reaktionen sowie deren Verbindungen (IPCC 2008)

Die Veränderung des Klimas fällt regional sehr unterschiedlich aus. Fakt ist allerdings, dass sie Individuen, Systeme und verschiedene Sektoren unterschiedlich stark beeinflusst. Die derzeitigen Anpassungsinitiativen zielen in erster Linie auf die Bewältigung von kurz- und mittelfristigen Auswirkungen des Klimas ab. Sie wurden laut dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft „(...) bislang hauptsächlich zur Minderung bzw. im günstigsten Fall zur Vermeidung von Verlusten und Schäden durch extreme Wetterereignisse initiiert (z. B. Hochwasserschutz, Züchtung trockenresistenter Pflanzen)“ (BMLFUW, 2012a, S. 5). Langzeitige Anpassungen finden erst ansatzweise statt und hängen auch mit den Unsicherheiten künftiger Auswirkung des Klimas zusammen. Unbestritten ist, dass sich die globale Erwärmung fortsetzen wird, wobei sich, die Durchschnittstemperaturen im Alpenraum im Vergleich zum globalen Anstieg,

besonders schnell erhöhen. Dies gilt auch für die Steiermark und im Speziellen auch für Graz. Genau aus diesem Grund ist eine vorausschauende Planung und Konzeptionierung von flexiblen Anpassungsstrategien, mit heutigem Wissensstand, unabdingbar (Ebenda, S. 5).

1.1 Zielsetzung

Ziel der Grazer Anpassungsstrategie muss es sein, nachteilige Auswirkungen des Klimawandels auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft zu vermeiden. Mit Hilfe verschiedenster Maßnahmen soll die natürliche, gesellschaftliche und technische Anpassungskapazität gestärkt werden. Die Anpassungsmaßnahmen sollen dabei keine sozialen Nachteile mit sich bringen, sondern die Risiken für die Demokratie, Gesundheit, Sicherheit und soziale Gerechtigkeit minimieren. Dabei sollen die notwendigen Maßnahmen keine negativen Auswirkungen auf Mensch, Gesundheit und Umwelt haben, sondern ganz im Gegenteil durch diese sich ergebene Chancen zu nützen. Anpassung sollte als gesamtgesellschaftliche Aufgabe gesehen werden und bedarf einer gut aufeinander abgestimmten Vorgehensweise – sowohl zwischen den betroffenen Bereichen als auch zwischen den Handelnden. Anpassungsmaßnahmen tragen dazu bei, die Vernetzung der AkteurInnen und ein partnerschaftliches Vorgehen zu unterstützen und Synergien durch mögliche Kooperationen zu nutzen. Ziel der Anpassungsstrategie ist es, Handlungsempfehlungen in den unterschiedlichsten Bereichen bereitzustellen, sodass sie als Anhaltspunkte für Entscheidungsträger dienen. Ihr Zweck ist es Entscheidungsgrundlagen für künftiges Handeln kommender Klimawandelauswirkungen darzulegen und dessen nachhaltige Umsetzung zu ermöglichen. Eine Umsetzung verschiedenster Maßnahmen sollte nach Möglichkeit nicht hinausgezögert werden, da die Chancen für eine erfolgreiche Anpassung mit zunehmender Klimaveränderung sinken und die damit verbundenen Kosten in die Höhe schnellen. Was den Klimawandel betrifft, sind trotz unzähliger wissenschaftlicher Erkenntnisse einige Teilbereiche noch mit Unsicherheiten behaftet. Daher liegt der Fokus darauf Handlungsmaßnahmen, die gleichzeitig flexibel aber auch robust sind, zu entwickeln und ebenfalls mit geringem Aufwand adaptieren lassen, um einen effektiven Nutzen zu erzielen. Angewandte Maßnahmen lohnen sich in jedem Fall und bringen

zusätzlich gesellschaftliche, ökologische oder ökonomische Vorteile mit sich, unabhängig davon in welchem Ausmaß die Klimaänderung ausfällt. Ein weiteres Ziel sollte es sein, die Punkte Aktivitätsfelder und Handlungsempfehlungen zu verbinden, um mögliche Konflikte während der Umsetzung und negative Auswirkungen auf andere Bereiche auszuklammern. Maßnahmen, die dem primären Ziel des Klima- oder Umweltschutzes entgegengesetzt sind, sowie gesellschaftliche Gruppen benachteiligen, sind nicht akzeptabel. Eine spontane Fehlanpassung sollte tunlichst vermieden werden. Dabei handelt es sich um jene Maßnahmen, die kurzfristig der reinen Symptombekämpfung dienen, sich langfristig gesehen aber als suboptimal erweisen. Abschließend wird auch versucht Bewusstseinsweiterung auf allen Ebenen zu betreiben, AkteurInnen zu sensibilisieren, den Klimawandel greifbarer und das nicht triviale Thema der Anpassung verstehen zu lernen (BMLFUW 2012, S. 15).

1.2 Problemstellung und Forschungsfragen

In jüngster Zeit existieren neuerdings Projekte wie eine „klimagerechte Stadt“, so etwa in Köln – letztlich als Antwort auf den Extremsommer 2003 und vor allem auf den weiteren Hitzesommer 2015. Es liegt in unserer Verantwortung, in einer nachhaltigen Stadtplanung diesem ungebrochenen Trend zu heißen Sommern mit entsprechenden Strategien und Maßnahmen zu begegnen. Bei der Planung von neuen Stadtteilen, wie dies in Graz-Reininghaus der Fall ist, müssen bereits im Vorfeld die Rahmenbedingungen in diese Richtung klar definiert werden, so etwa eine Vorschreibung von Gründächern (LAZAR, SIMPERL & WINTSCHNIG 2015).

Diese Diplomarbeit lässt sich grob in zwei Segmente gliedern. Der erste Teil der Arbeit beschäftigt sich im Wesentlichen damit, in welcher Art und Weise sich das Klima in Graz verändert bzw. hat und welche negativen Folgen sich daraus für die Stadt ergeben können. Anschließend werden mögliche Anpassungsstrategien und/oder Handlungsmaßnahmen zur Anpassung des Klimawandels für die Stadt Graz genauer erläutert und vorgeschlagen. Es ist mit aller Deutlichkeit zu erwähnen, dass die von uns entwickelten Anpassungsstrategien lediglich als mögliche Anhaltspunkte bzw. Paradigmen für die Stadt und deren Politik dienen können und durchaus ergänzt, adaptiert und weiterentwickelt werden.

Daraus haben sich folgende Forschungsfragen herauskristallisiert:

- Inwiefern hat sich das Grazer Stadtklima im Laufe der letzten Jahrzehnte verändert und welche negative Folgen können sich daraus entwickeln?
- Welche Maßnahmen und Anpassungsstrategien im Zuge des Klimawandels sind für die Stadt Graz möglich und welche Handlungsempfehlungen sind primär umzusetzen?

1.3 Methodik und Datengrundlage

Für den theoretischen Teil wurden als Grundlage die Daten der meteorologischen Messstation Universität Graz (Betreiber ZAMG) verwendet. Diese wurden so verarbeitet, dass eine zeitliche und quantitative Entwicklung in Form von Diagrammen dargestellt wurde. Dies hat den Zweck, dass eine Veränderung der klimatischen Gegebenheiten auf längere Sicht nachvollzogen werden kann.

Im Hauptteil unserer Arbeit, welcher den Maßnahmenkatalog, Handlungsempfehlungen und Strategien zur Anpassung an den Klimawandel der Stadt Graz umfasst wurden diese Primärquellen herangezogen. Es handelt sich dabei um:

- BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft) (2012a, b): Die österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel
- AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG (2015): Klimawandelanpassung – Strategie Steiermark 2050, Fachabteilung Energie und Wohnbau (FAEW) Landhausgasse 7/II, 8010 Graz
- LANDESHAUPTSTADT STUTTGART (2012): Klimaanpassungskonzept Stuttgart – KLIMAKS, Amt für Umweltschutz, Abteilung Stadtklimatologie, Stuttgart, 75 S.
- MAGISTRAT DER STADT WIEN (2015), Urban Heat Islands – Strategieplan Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22

- KUTTLER W., DÜTEMEYER D., BARLAG A.-B. (2012): Erstellung eines Konzeptes zur städtebaulichen Anpassung an den Klimawandel in Gelsenkirchen; Stufe III: Handlungsstrategien und Maßnahmenkatalog zur Mitigation und Adaption möglicher Auswirkungen des Klimawandels auf das Stadtklima Gelsenkirchens. Essen, im April 2012. Universität Duisburg Essen, Fakultät für Biologie, Angewandte Klimatologie und Landschaftsökologie, 190 S.

Die 11 Aktivitätsfelder werden zunächst inhaltlich beschrieben wobei dies von Grundlagen über Vulnerabilitätsabschätzungen, Risiken und Chancen bis hin zu übergeordneten Handlungsprinzipien und allgemeinen Anpassungszielen reichen kann.

Die in unserer Arbeit angeführten Handlungsempfehlungen, welche auf die oben erwähnten Literaturquellen aufbauen, wurden wie folgt tabellarisch dargestellt:

Maßnahme	Titel der Maßnahme
Abkürzung	Je nach Aktivitätsfeld wurde eine Abkürzung bestehend aus zwei Buchstaben festgelegt. Siehe dazu Maßnahmenkatalog
Ziel	Ziel der Maßnahme wird ausformuliert
Beschreibung, Bedeutung	Es wird beschrieben warum die Umsetzung der Maßnahme im Hinblick auf Gesellschaft, Umwelt und Wirtschaft relevant ist. Zusätzlich werden Fakten, Annahmen und Folgen erläutert.
Handlungsempfehlungen	Es werden Empfehlungen beschrieben, welche das Bundesland Steiermark und im Speziellen die Stadt Graz umsetzen kann, um das Ziel der Maßnahme zu erreichen.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Unter diesem Punkt werden Aktivitätsfelder, welche ebenfalls mit dieser Thematik konfrontiert sind, angeführt.
Lenkungsebene	Betroffene Abteilungen, Interessensgruppen, Verantwortliche und ausführende Organe werden in den Kontext gestellt;

Tabelle 1: Tabellenform der Handlungsempfehlungen und Maßnahmen (eigene Darstellung)

Diese Diplomarbeit ist eine theoretische Arbeit, bei der jegliche wissenschaftlichen Fakten und Handlungsempfehlungen aus der Literatur recherchiert und im eigenen Ermessen für unsere Thematik adaptiert und angepasst wurden.

2. Klima

2.1 Das Klima im Wandel

Die Erwärmung des Klimasystems ist laut IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) eindeutig und es ist äußerst wahrscheinlich, dass der Mensch der Hauptakteur der beobachteten Erwärmung seit Mitte des 20. Jahrhunderts war. Wie bereits erwähnt, haben die eingetretenen Änderungen des Klimas weitverbreitete Auswirkungen auf Mensch und Natur. Einige in den letzten Jahrzehnten beobachtete Klimaveränderungen sind zum ersten Mal im Laufe der Klimageschichte aufgetreten. Es kam zu einer nicht natürlichen Erhöhung der Temperatur innerhalb der Atmosphäre und Ozeane, was dazu führte, dass sich Schnee und Eismengen zurückbildeten und der Meeresspiegel stetig steigt. Der weltweit beobachtete Temperaturanstieg bezogen auf Land- und Ozeanoberflächen, wies einen Anstieg von etwa 0,85 °C zwischen 1880 und 2012 auf. Auffällig ist, dass die letzten 30 Jahre immer wärmer waren, als die Aufzeichnungen seit 1850 belegen. Markant ist auch, dass seit den 1950er-Jahren erhöhte Starkwetterereignisse (Trockenperioden, Hochwasser, Hitzetage und Tropennächte) gemessen wurden (IPCC 2014a).

Klimaänderungen in den letzten Jahrzehnten geschahen also wesentlich schneller als bisherige und können damit mit natürlichen Mechanismen kaum noch begründet werden. Der Hauptteil der globalen Erwärmung ist laut IPCC (2007) mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 Prozent auf einen erhöhten anthropogenen Treibhausgasausstoß zurückzuführen. Hierbei spielt Kohlenstoffdioxid (CO_2), das mit Abstand wichtigste Treibhausgas, eine entscheidende Rolle. Die Konzentration dieses Treibhausgases ist nämlich von 280 ppm in der vorindustriellen Zeit auf 379 ppm im Jahr 2005 angestiegen, was umgerechnet einem Prozentsatz von 26 Prozent entspricht. Der vermehrte Gebrauch von fossilen Brennstoffen wäre hier als Hauptgrund zu nennen. Ein kleinerer Teil lässt sich auch auf die veränderte Landnutzung zurückzuführen. Weitere Treibhausgase wie etwa Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O) sind für den Klimawandel weniger bedeutend, dürfen aber unter keinen Umständen vernachlässigt werden (siehe Abbildung unten). Jene Treibhausgase werden hauptsächlich durch die Landwirtschaft, insbesondere der intensiven Viehnutzung,

verursacht. Deutlich ist aus der unten stehenden Abbildung (Abbildung 2) ersichtlich, dass das Treibhausgas CO₂ im Mittelpunkt steht. Eine Stabilisierung dieses Gases, oder im optimalen Falle eine Reduktion dessen, wäre ein weiterer wichtiger Schritt für die weitere Entwicklung des Klimas (ANGERER 2008).

Wesentliche Veränderungen des Klimas, die nach ANGERER (2008) global festgestellt wurden:

- Vom Zeitraum 1850-1899 bis zum Zeitraum 2001-2005 stieg die globale Temperatur um 0,76 +/- 0,19 °C; auch eine Temperaturerhöhung der unteren und mittleren Troposphäre wurde vermerkt.
- Durch die Erwärmung wird von Luft mehr Wasserdampf aufgenommen.
- Durchschnittlicher globaler Temperaturanstieg der Ozeane.
- Gletscher zogen sich zurück, Schnee auf den Bergen sowie Eisschilde der Erde sind geschmolzen (für das antarktische Eis wurde noch kein signifikanter Trend erkannt), Temperaturen im Permafrost erhöhten sich.
- Signifikante Veränderungen im Niederschlag und in der Verdunstung wurden weltweit erkannt und registriert (ANGERER 2008, S. 40).

In der folgenden Abbildung werden nun zur näheren Verdeutlichung noch kurz die Komponenten des Strahlungsantriebs aufgelistet.

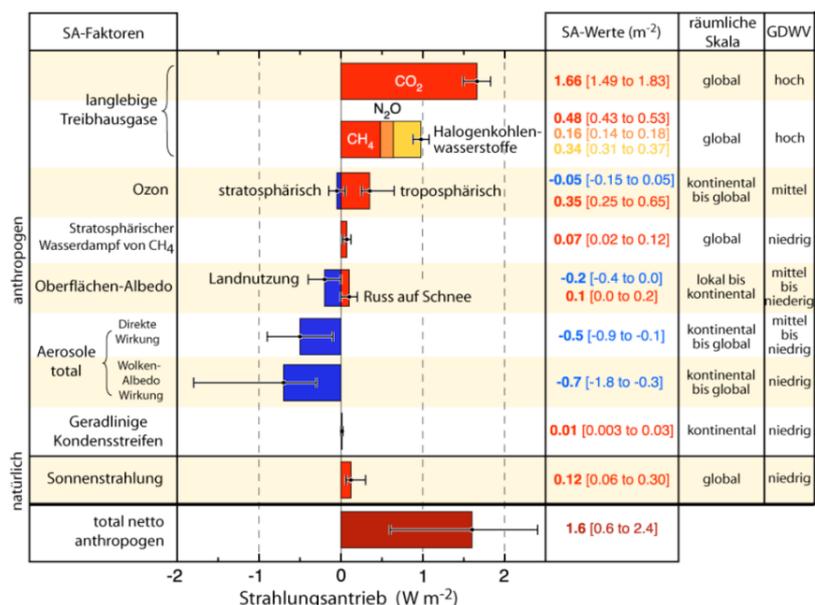


Abbildung 2: Komponenten des Strahlungsantriebs global; Abkürzungen¹ (IPCC 2007)

¹ SA – global gemittelter Strahlungsantrieb, GDWV – Beurteilung des Grades des wissenschaftlichen Verständnisses, CO₂ - Kohlendioxid, N₂O - Lachgas, CH₄ - Methan

Es gibt unterschiedlichste Klimawandelszenarien für den Temperaturanstieg bis 2090-2099 im Verhältnis zum Abschnitt 1980-1999 (siehe Abbildung 3) von 1,8 bis zu 4 °C. Die Szenarien sind je nach Zusammenarbeit der Länder zum Klimaschutz verschieden bzw. hängen von der Bereitschaft der Bevölkerung ab, sich dem Klimawandel zu stellen (IPCC 2007).

Um Klimaentwicklungen der Zukunft voraussagen und beschreiben zu können, braucht es Modelle, die die Prozesse in der Hydrosphäre, Lithosphäre, Kryosphäre, Atmosphäre und der Landoberfläche/Vegetation simulieren und durch Gleichungen beschreiben. Verwendet werden bereits globale Klimamodelle, die die Veränderungen auf die Umwelt berechnen. Ein Beispiel für ein solches Klimamodell wäre das GCM (General Circulation Models). Jenes Programm umspannt die Erde mit einem dreidimensionalem Gitternetz, und bestimmt – mit einer Auflösung von rund 100 km – an jeden Gitterpunkt Parameter wie Temperatur oder Feuchte. Gewitter, Wolkenbildung und andere kleinräumige Phänomene werden erfasst und parametrisiert, und gehen dadurch in die Berechnung mit ein (ANGERER 2008, S. 41).

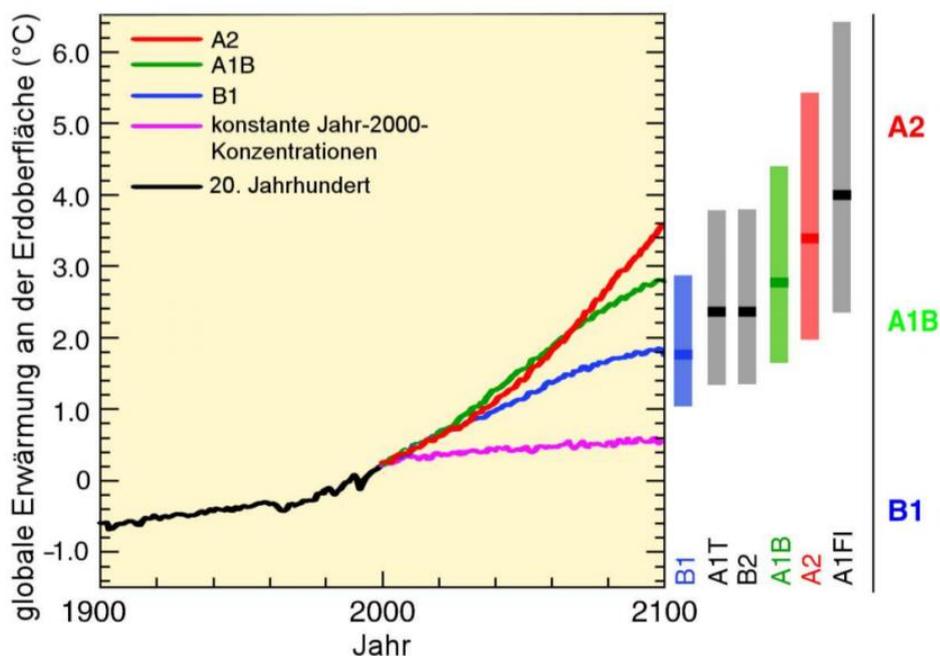


Abbildung 3: Temperaturanstieg global je nach Szenario (B1, A1T, B2, A1B, A2 oder A1FI), (IPCC 2007)

Um solche Klimamodelle zu berechnen, oder anders gesagt die vielen Wechselwirkungen an jedem Gitterpunkt zu berechnen, werden enorme Rechencomputer mit sehr hohen Arbeitsleistungen benötigt, dessen Berechnung sehr viel Zeit in Anspruch nehmen. Diese eben erläuterten Standards stellen auch gleichzeitig die limitieren-

den Faktoren dar. Klar ist auch, je genauer etwas berechnet werden soll, desto mehr Zeit und/oder Rechenleistung wird dafür in Anspruch genommen. Folglich werden aus diesem Grund weltweit nur wenige Modelle gerechnet. Mittels Testläufen werden Ergebnisse mit bereits bekannten Werten aus der Vergangenheit verglichen und angepasst, um anschließend die Zukunft zu prognostizieren. Durch die vorgenommene Parametrisierung unter der Berücksichtigung der Betrachtung von Rückkopplungseffekten, Bevölkerungsentwicklung, Entwicklung ökologischer Aspekte, Wirtschaftswachstum oder Umsetzung von internationalen Abkommen (Kyoto-Protokoll) entstehen unterschiedliche Verläufe der Temperaturkurve, sowie Niederschlagsverteilungen. Mit GCMs können nur für ganze Kontinente Aussagen getroffen werden (KROMP-KOLB et al. 2005, S. 61-75; WAKONIGG 2007, S. 118-125; IPCC 2007).

2.2 Klimawandel in Österreich

Seit Mitte des 19. Jahrhunderts wurde in Österreich ein Anstieg der durchschnittlichen Jahrestemperatur von rund 2 °C (ZAMG o.J., AUER et al. 2007) verzeichnet. Dieser Anstieg liegt deutlich über der weltweiten Temperaturerhöhung von 0,76 °C (IPCC 2007). In Österreich hat die Lufttemperatur allein seit Mitte der 1970er-Jahre um mehr als 1 °C zugenommen. Die Jahresniederschlagsmenge ist seit 1970 (Ausnahme: Südosten Österreichs) um 10 bis 15 Prozent gestiegen (SCHÖNER et al. 2010).

2.3 Globale Klimaszenarien

Für die Berechnung von Klimaszenarien sind einerseits eine Modellierung des Klimasystems notwendig, sowie andererseits zusätzliche Angaben zur künftigen Entwicklung der Treibhausgaskonzentration erforderlich. Sie werden in Form von Emissionsszenarien nachgestellt. Jene Szenarien nehmen an, dass die zukünftige demografische, wirtschaftliche sowie technologische Entwicklung den Treibhausgasausstoß beeinflussen und somit den Klimawandel unterschiedlich stark vorantreiben. Diese SRES-Emissionsszenarien (nach: "Special Report on Emissions

Scenarios“) beinhalten unter anderem das „optimistische“ B1-, das moderate A1B- und das A2-Szenario (IPCC 2008).

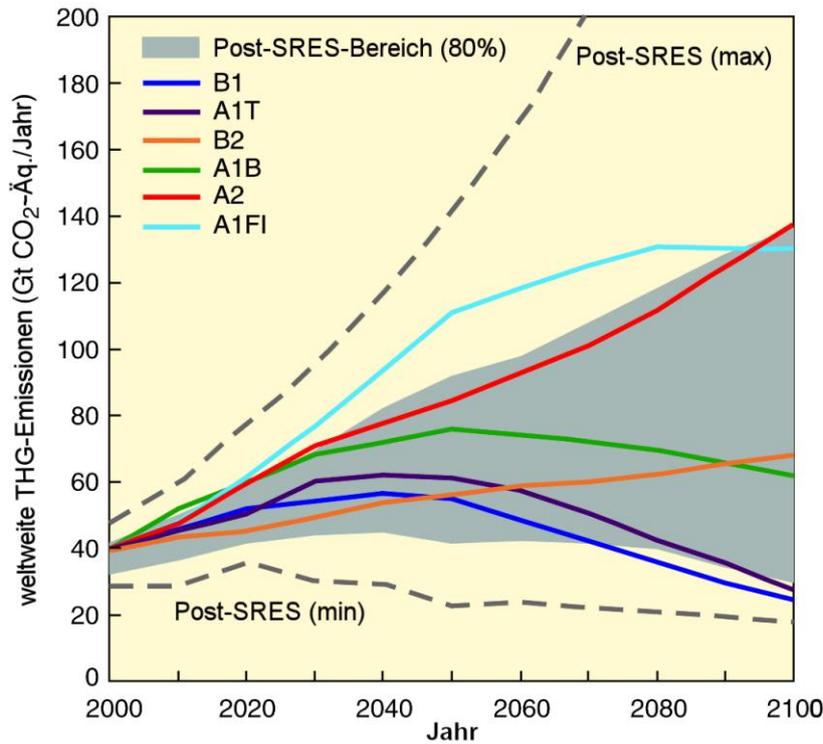


Abbildung 4: Weltweite THG-Emissionen (in CO_2 -Äq.) ohne Klimaschutzmaßnahmen: sechs SRES-Musterszenarien (farbige Linien) und der 80. Perzentilbereich neuerer post-SRES-Referenzszenarien (grau schattierter Bereich). Gestrichelte Linien zeigen die gesamte Bandbreite der post-SRES-Szenarien. Die Emissionen beinhalten CO_2 , CH_4 , N_2O und F-Gase (IPCC 2008).

In der folgenden Abbildung werden die einzelnen Klimaszenarien (A1 bis B2) noch einmal kurz erklärt, sowie die wesentlichsten Fakten verdeutlicht und die Antriebskräfte grafisch dargestellt.



Abbildung 5: Kernaussage der IPCC Emissionsszenarien (ML THÜRINGEN o.J.)

Laut IPCC-Bericht (2007) berechneten Klimaszenarien wird bis zum Ende des 21. Jahrhunderts eine Temperaturzunahme von 1,1 bis 6,4 °C im Vergleich zur Basisperiode 1980-1999 erwartet. In dieser Berechnung sind natürliche Klimaantriebsgrößen (Vulkane, Sonnenaktivität) und externe Rückkopplungsprozesse zu berücksichtigen. Weltweit wird von einer Temperaturzunahme von über 0,2 °C pro Dekade ausgegangen. Selbst bei Konstanthaltung der Treibhausgaskonzentrationen (Jahr 2000), wäre mit einer Erwärmung von 0,1 °C pro Dekade zu rechnen. Zwischen 2050 und 2100 zeigen sich noch deutliche Unterschiede hinsichtlich der Temperatur bezogen auf die einzelnen Emissionsszenarien (IPCC 2008; ZAMG o.J.).

2.3.1 Neue Szenarien für den 5. Sachstandsbericht des IPCC

Die „Repräsentativen Konzentrationspfade“ – Representativ Concentration Pathways (RCPs) – aus dem fünften Sachstandsbericht des IPCC (2013/14) wurden laut WIKI entwickelt, um die früheren SRES-Szenarien zu ersetzen. RCP-Szenarien sind nicht vom IPCC erstellt worden, sondern von freien WissenschaftlerInnen, die sich auf Ergebnisse wissenschaftlicher Literatur stützen. Es bestehen vier Szenarien, welche den Strahlungsantrieb von 1850 bis 2100 und die Treibhausgaskonzentration vom Jahr 2100 gegenüber vorindustriellen Werten von 1850 darstellen (WIKI 2016).

RCP-Szenarien für den 5. IPCC-Sachstandsbericht				
Bezeichnung	RCP 8.5	RCP 6.0	RCP 4.5	RCP 2.6
Treibhausgaskonzentration (2100)	1370 ppm CO ₂ -äq	850 ppm CO ₂ -äq	650 ppm CO ₂ -äq	400 ppm CO ₂ -äq
Strahlungsantrieb 1850-2100	8,5 W/m ²	6,0 W/m ²	4,5 W/m ²	2,6 W/m ²
Einstufung	Sehr hoch	Hoch	Mittel	Sehr niedrig

Tabelle 2: RCP- Szenarien für den 5. IPCC- Sachstandsbericht (Eigene Darstellung nach WIKI 2016)

Die früheren Szenarien leiteten die Emissionen von Treibhausgasen, aus der Entwicklung der Landwirtschaft, Bevölkerung oder Energienutzung ab, daraus resultierend deren Konzentration und aus dieser die Klimaänderung. Die RCP-Szenarien gehen hingegen von bestimmten Szenarien hinsichtlich Treibhausgaskonzentrationen aus. Klimamodelle berechnen daraus die Klimaänderung sowie die Emissionen, die benötigt werden um diese Konzentrationen hervorzurufen.

Aufgrund dessen werden die neuen Szenarien nach dem Strahlungsantrieb um 2100 gegenüber dem vorindustriellen Antrieb benannt. RCP 6.0 meint daher einen Strahlungsantrieb von $6,0 \text{ W/m}^2$ im Jahre 2100 gegenüber 1850 (WIKI 2016).

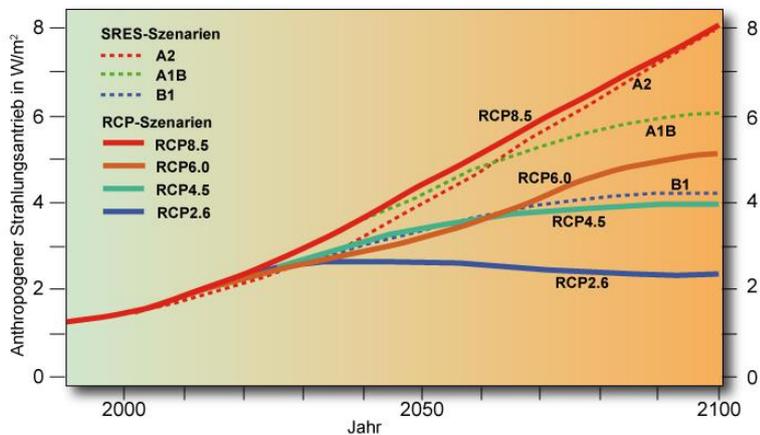


Abbildung 6: Strahlungsantrieb – SRES und RCP-Szenarien im Vergleich (WIKI 2016)

Die nach dem Strahlungsantrieb berechneten sozio-ökonomischen Szenarien beinhalten nach WIKI die Bevölkerungszunahme, den Energieverbrauch und das Bruttosozialprodukt sowie ähnliche Faktoren. Liegt eine Weltbevölkerung von zwölf Mrd. Menschen bis ins Jahr 2100 vor, wird das Szenario RCP 8.5 wirksam und der primäre Energieverbrauch wäre wahrscheinlich dreimal so hoch wie heute. Das Szenario RCP 2.6 würde in Kraft treten, wenn Ende des Jahrhunderts neun Milliarden Menschen auf der Erde existieren. Das Szenario RCP 2.6 (niedriger Öl-Anteil) unterscheidet sich zum Szenario RCP 8.5 (hoher Anteil von Kohle, fast 50 Prozent), auch durch den bestehenden Energiemix. So kommt es zu einer Kohlendioxidemission nach RCP 8.5 von ca. 10 GtC/Jahr zum jetzigen Zeitpunkt, zu einem Anstieg auf fast 30 GtC am Ende des Jahrhunderts. Im Vergleich dazu fällt bei RCP 2.6 die Emission um das Jahr 2080 auf null (WIKI 2016).

2.3.2 Ergebnisse von Modellrechnungen (RCP-Szenarien)

Temperatur

Beim Szenario RCP 8.5 wird mit einem Anstieg von $4,8 \text{ °C}$ der globalen Mitteltemperatur bis zum Ende des Jahrhunderts, im Vergleich zum vorindustriellen Zustand, bzw. mit $4,0 \text{ °C}$ gegenüber 1986-2005 gerechnet. RCP 4.5 erreicht bis zum Jahr

2100 eine Erwärmung von 2.6 °C gegenüber dem vorindustriellen Wert. RCP 2.6 rechnet damit, dass der Temperaturanstieg unter dem 2-Grad-Ziel liegt (WIKI 2016).

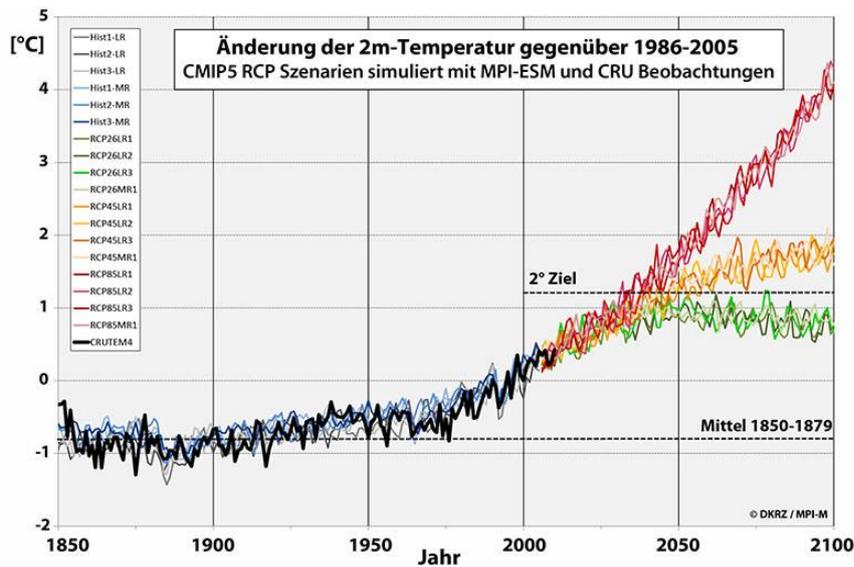


Abbildung 7: Änderung der globalen Mitteltemperatur bis 2100 nach RCP- Szenarien im Vergleich zum Mittel 1986 – 2005: RCP 8.5 (rot), RCP 4.5 (orange), RCP 2.6 (grün) (WIKI 2016)

So kommt es zur Erwärmung der Ozeane im Szenario RCP 2.6 gegenüber 1986-2005 um nur 1 °C. Ausnahmen sind nur über dem Nordpolarmeer, im Inneren der Kontinente, im nördlichen Sibirien und Kanada ersichtlich. Wird das RCP-Szenario 8.5 betrachtet, kommt es zu einer Ozeanerwärmung von bis zu 4 °C gegenüber dem Zeitraum 1986-2005. Das Nordpolarmeer weist eine Temperaturerhöhung von bis zu 11 °C auf. Im Hinblick auf die Kontinente ist mit einer Erwärmung um 4 °C (ausgenommen einiger Küstenstreifen) und im Inneren der Kontinente um 6 °C und mehr zu rechnen (WIKI 2016).

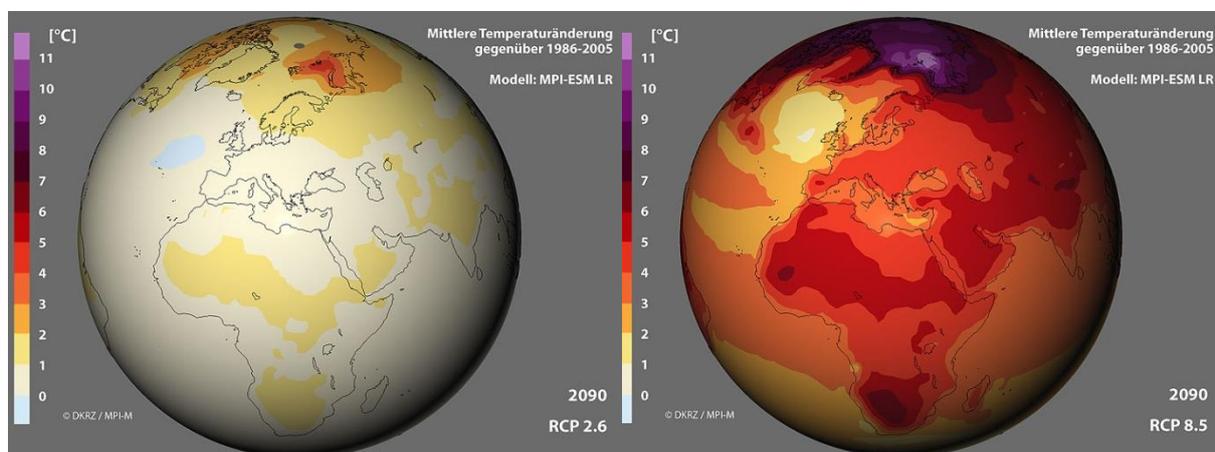


Abbildung 8: Änderung der geographischen Verteilung der 2m-Temperatur bis 2100 nach den RCP-Szenarien 2.6 (links) bzw. nach den RCP-Szenarien 8.5 (rechts) im Vergleich zum Mittel 1986-2005 (WIKI 2016)

Niederschlag

Der Niederschlag ändert sich größtenteils dahingehend, dass trockene Regionen trockener und feuchte Regionen immer feuchter werden (WIKI 2016).

Szenario	Folgen
RCP 2.6	<ul style="list-style-type: none">➤ Subtropen Abnahme des NS bis zu 25 %➤ höhere Breiten Zunahme des NS bis 25 %➤ Tropen Zunahme des NS bis über 100 %
RCP 4.5	<ul style="list-style-type: none">➤ Verstärkte Tendenz von RCP 2.6
RCP 8.5	<ul style="list-style-type: none">➤ Südwesteuropa über Balkan bis Mittelasien eine Abnahme von 50 bis 75 % des NS➤ Deutschland hat bis zu 25 % NS im Sommer

Tabelle 3: Niederschlagsveränderung laut RCP-Szenarien (Eigene Darstellung nach WIKI 2016)

Prognosen über den Niederschlag sind deutlich unsicherer als jene zur Temperatur, da Modellierungen diesbezüglich ungenauer sind und Niederschlagsprozesse durch derzeitige Modelle nur teilweise erfasst werden. Generell führen fehlende Daten, eine begrenzte Auflösung und zu geringes Prozessverständnis (Rückkopplungsprozesse) zu unsicheren Klimaaussagen (KROMP-KOLB 2008). Modellierungen sind immer nur eine Annäherung an die Wirklichkeit und berücksichtigen niemals alle Faktoren. Je weiter Szenarien in die Zukunft reichen, desto unsicherer werden die Ergebnisse. Modelle zeigen uns unterschiedliche Bandbreiten von Veränderungen, welche auf uns zukommen werden. Der Fokus liegt nun darauf innerhalb dieser Bandbreiten, Maßnahmen der Anpassung aufzusetzen, welche eine flexible Nachsteuerung aufgrund bestehender Unsicherheiten ermöglichen. Nichtsdestotrotz bilden Klimamodelle und Zukunftsszenarien die Basis des Verständnisses von Klimaänderungen und deren möglichen Folgen. In naher Zukunft ist es also unabdingbar, Rechenergebnisse richtig einordnen zu können, Maßnahmen zu setzen, Aussagefaktoren zu differenzieren und die Bandbreite der Ergebnisse betreffend auszuweisen (BMLFUW 2012a, S. 23).

Aus den globalen Klimaszenarien ergibt sich, dass Kontinente die auf mittlerer und nördlicher Breite liegen stärker von einer Zunahme der Temperatur betroffen sind. Die sich aus den Szenarien ergebende durchschnittliche Temperaturerhöhung ist global unterschiedlich verteilt. Darüber hinaus wird sich auch die Niederschlagsmenge aufgrund der Temperaturzunahme verändern. Es kommt voraussichtlich zu einer Zunahme des Niederschlags in den höheren Breiten und zu einer Abnahme in den Subtropen (BECKER et al. 2008, S. 342f.; UBA 2008a, S. 15).

Diese globalen Modellierungen sind für eine regionale Entwicklung des Klimas zu ungenau. Aufgrund dieser Ungenauigkeit werden regionale Klimaprojektionen benötigt, welche die Veränderungen des regionalen Klimawandels beurteilen können.

2.4 Klimawandel in der Steiermark

Wie im vorherigen Kapitel erwähnt, sind globale Klimamodelle in Bezug auf die Steiermark (Graz) viel zu überdimensional. Da sich regionale Auswirkungen des Klimawandels sehr stark unterscheiden, sind rationalisierte Modelle notwendig, die sich an die Szenarien des IPCC anlehnen. Um nun eine Regionalisierung der Klimaentwicklung zu veranschaulichen, wird „Downscaling“ (Regionalisierungsverfahren) betrieben, das „dynamische und thermodynamische Vorgänge in der Atmosphäre“ (BECKER 2008, S. 343) simuliert. Hierbei wird das GCM feinmaschiger angewendet (Gitternetz 10-50 km) und zusätzlich ein Regional Climate Modell (RCM) eingebettet. Das GCM liefert eine Berechnung der weltweiten Klimaeinflussfaktoren, wobei das RCM regionale Einflussfaktoren berücksichtigt (KROMP-KOLB et al. 2005, S. 61-67; WAKONIGG 2007, S. 118-225; GOBIET 2008).

Aus der Arbeit von ANGERER (2008) welche unter anderem das reclip:more-Projekt (research for climate protection: model run evaluation) – einem Team aus fünf Institutionen²– untersucht werden im Folgenden Klimaänderungen für die Steiermark abgeleitet (aus: ARC 2007 S. 6-13; GOBIET et al. 2007; LOIBL et al. 2008, S. 6-19).

Die folgenden Analysen bezüglich der Klimaszenarien wurden aus dem Modell MM5 vom Wegener Zentrum herangezogen. Nach dem Modell MM5 wird sich die Temperatur im Bundesland Steiermark in dem Zeitraum von 1981 bis 1990 und im Zeitraum von 2041 bis 2050 wie folgt verändern (siehe Abb. 9):

- Winter (Dezember bis Februar): im Südosten 1,5 bis 2 °C, in den Gebirgsregionen bis zu 2,5 °C

² „ARC systems research, Institut für Meteorologie der Universität für Bodenkultur in Wien, Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien, Wegener Zentrum für Klima und globalen Wandel an der Universität Graz und die ZAMG - ZentralAnstalt für Meteorologie und Geodynamik“ (ANGERER 2008 S. 43)

- Frühling (März bis Mai): im Südosten 2 bis 2,5 °C, in der übrigen Steiermark 2,5 bis 3 °C
- Sommer (Juni bis August): in der gesamten Steiermark rund 2 bis 2,5 °C
- Herbst (September bis November): 2,5 bis etwas über 3 °C

In der Steiermark beträgt der Anstieg der mittleren Jahrestemperaturen (bis zum Zeitraum 2041 bis 2050) 2 bis 2,5 °C (ANGERER 2008, S. 44).

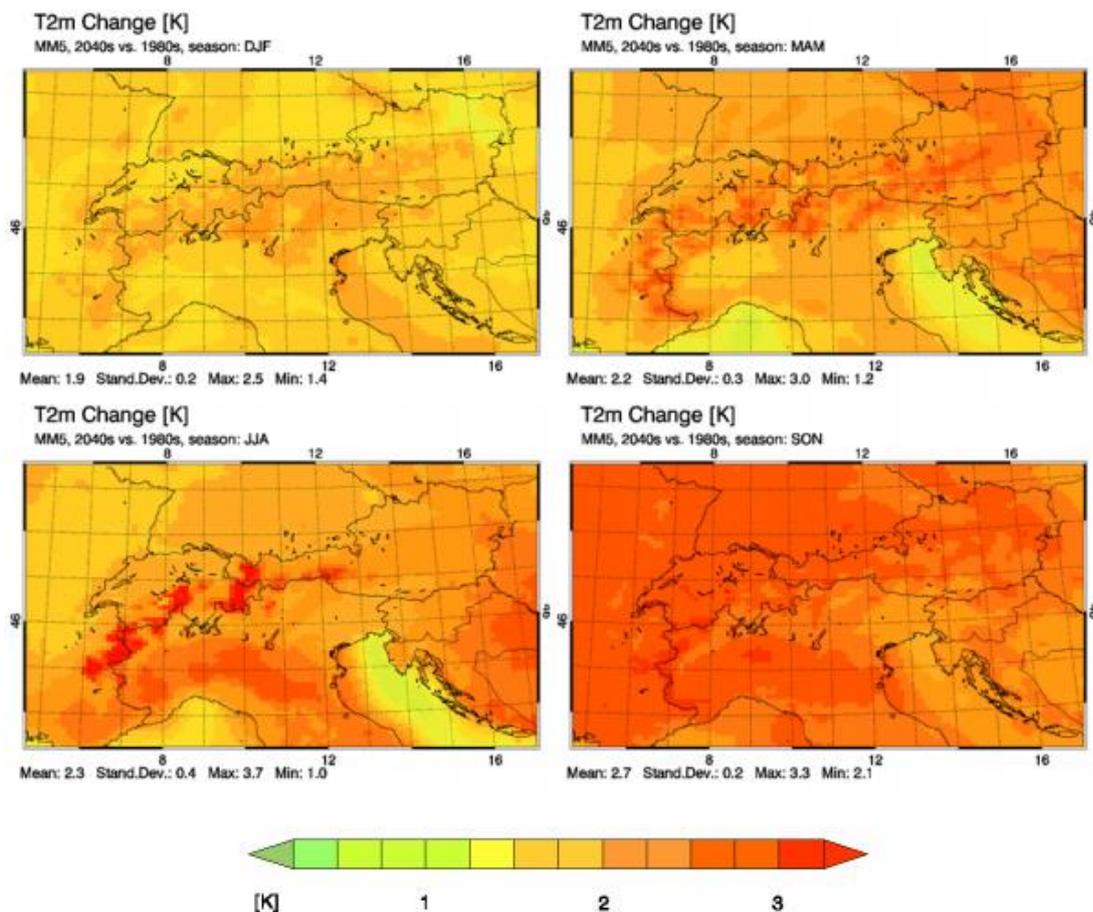


Abbildung 9: Saisonale Temperaturänderung im Alpenraum (Winter - links oben, Frühling – rechts oben, Sommer – links unten, Herbst – rechts unten), MM5 – Wegener Zentrum (LOIBL et al. 2008)

Theoretisch gesehen sollte es zu einem Anstieg der Sommertage (Temperaturmaximum >25 °C) im Südosten der Steiermark (Raum Graz) von 40 auf bis zu 80 d/a kommen. Eine drastische Steigerung der Hitzetage (Temperaturmaximum >30 °C) auf 20 bis 25 d/a wird ebenfalls prognostiziert. Extremere Werte können auch in einzelnen Jahren gemessen werden (ANGERER 2008, S. 45).

In Abbildung 10 sind die möglichen Niederschlagsänderungen der vier Jahreszeiten der Steiermark im Zeitraum 1981 bis 1990 gegenüber 2041 bis 2050 dargestellt.

- Winter: ausgeprägte Zunahme im Südosten (5-25 %) mäßige Zunahme im Nordwesten (0-10 %)
- Frühling: das Niederschlagsverhalten ändert sich kaum
- Sommer: keine Änderung oder geringe Abnahme von 5-15 %
- Herbst: starke Abnahme von 25-35 %

Die größte Niederschlagsänderung erfolgt im Herbst (ANGERER 2008, S. 46).

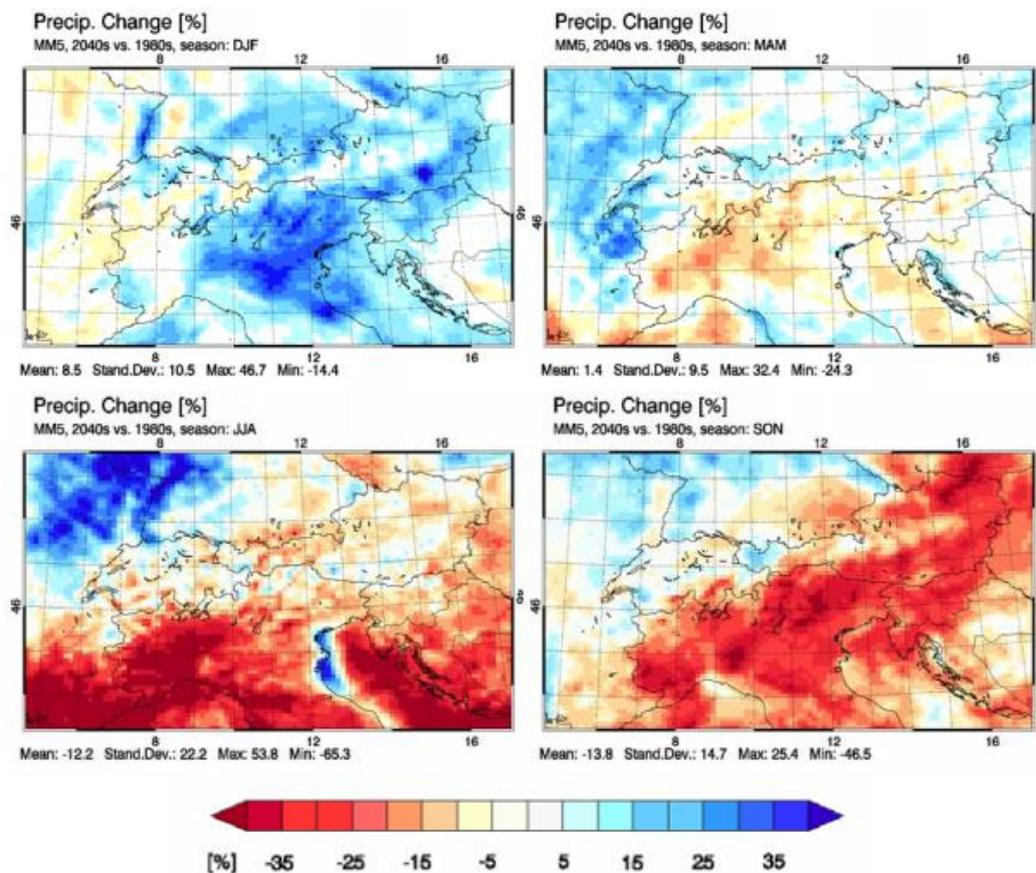


Abbildung 10:
Saisonale

Niederschlagsänderung im Alpenraum, MM5 – Wegener Zentrum (LOIBL et al. 2008)

Zusätzliche Klimaszenarien für die Steiermark (STMK12), welche von GOBIET et al. (2012) stammen, stellen eine weitere Zukunftssimulation hinsichtlich Temperatur und Niederschlag dar. Die nachstehenden Klimasimulationen (STMK12) beruhen auf dem EU-Projekt ENSEMBLES (25 km x 25 km Gitter) und dem österreichischen Projekt reclip:century (10 km x 10 km Gitter). Zur Verfeinerung der regionalen Klimasimulationen sowie der Korrektur von Modellfehlern wurde weiters ein neuer, auf Beobachtungen basierender Datensatz (SCHÖNER & CARDOSO, 2004) der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) angewendet. Dieser Datensatz hat

eine Auslösung von 1 km x 1 km (Gitternetz), mit welchem sich variable Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse darstellen lassen (GOBIET et al. 2012).

Temperatur

In der unten dargestellten Abbildung ist die Änderung der Jahresmitteltemperatur in der Steiermark ersichtlich. Abb. 12 veranschaulicht die saisonale Temperaturveränderung. Wie ersichtlich ist, kommt es mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit zu einer Temperaturzunahme in allen Jahreszeiten. Eine Erwärmung von 1,4 °C in 50 Jahren entspricht etwa einem Wert von 0,3 °C pro Jahrzehnt. Es sind regionale und saisonale Unterschiede vorhanden, welche von 1,1 bis 1,7 °C variieren.

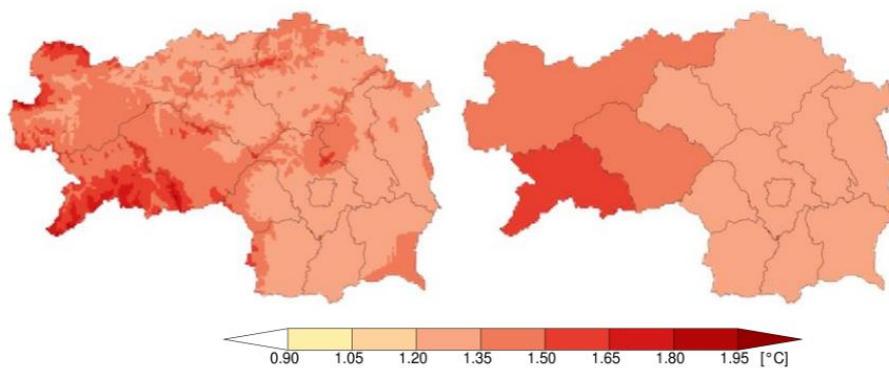


Abbildung 11: Erwartete Änderung der Jahresmitteltemperatur [°C] (2021-2050 verglichen mit 1971-2000) in der Steiermark. Links (1 km Gitter), Rechts (Bezirke) (GOBIET et al. 2012).

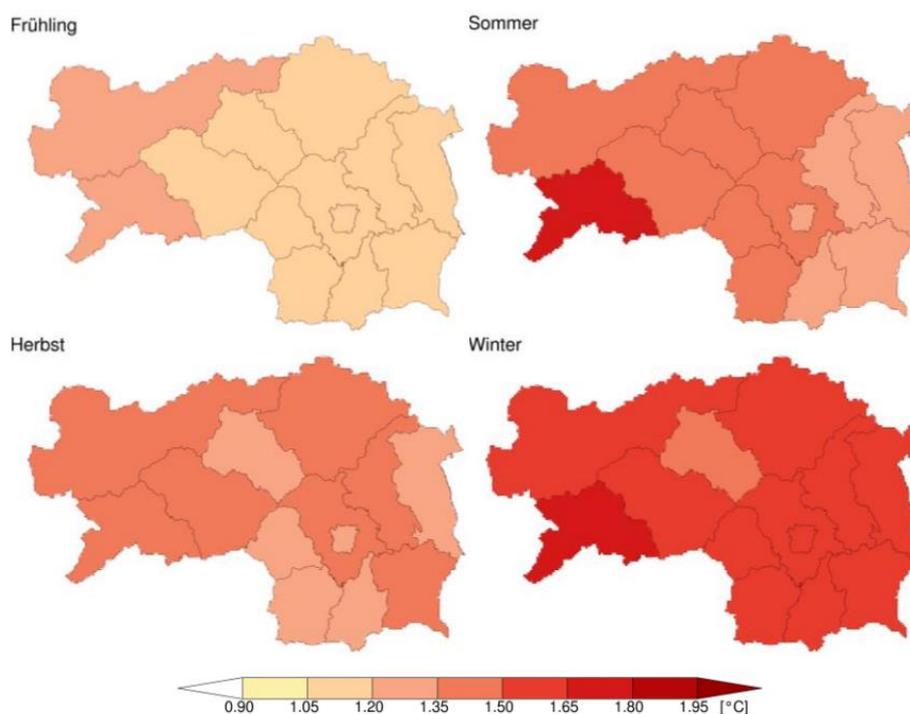


Abbildung 12: Erwartete saisonale Temperaturänderung [°C] (2021-2050 verglichen mit 1971-2000) in der Steiermark (GOBIET et al. 2012).

Niederschlag

Die Szenarien zeigen hinsichtlich des Niederschlags ein weit weniger eindeutiges Bild, als es bei der Temperatur der Fall ist. Von Herbst bis Frühling kommt es zu einer wahrscheinlichen Zunahme des Niederschlags (bis zu 10 %). Für den Sommer ist keine zuverlässige Aussage möglich, jedoch können vor allem im Süden der Steiermark Trockenperioden möglich sein (GOBIET et al. 2012).

Die Jahresniederschlagssumme in der Steiermark wird in Abb. 13 dargestellt. Abbildung 14 beinhaltet weiters saisonale Niederschlagsänderungen der einzelnen Bezirke.

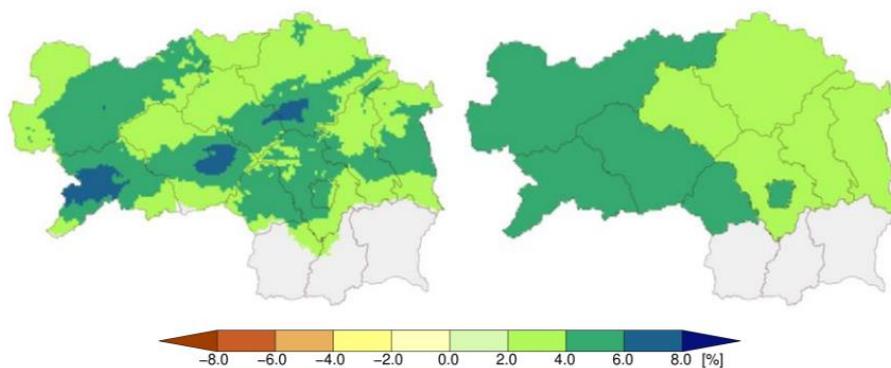


Abbildung 13: Erwartete Änderung der jährlichen Niederschlagssumme [%] (2021-2050 verglichen mit 1971-2000) in der Steiermark. Links: 1 km Gitter; Rechts: Bezirke (GOBIET et al. 2012).

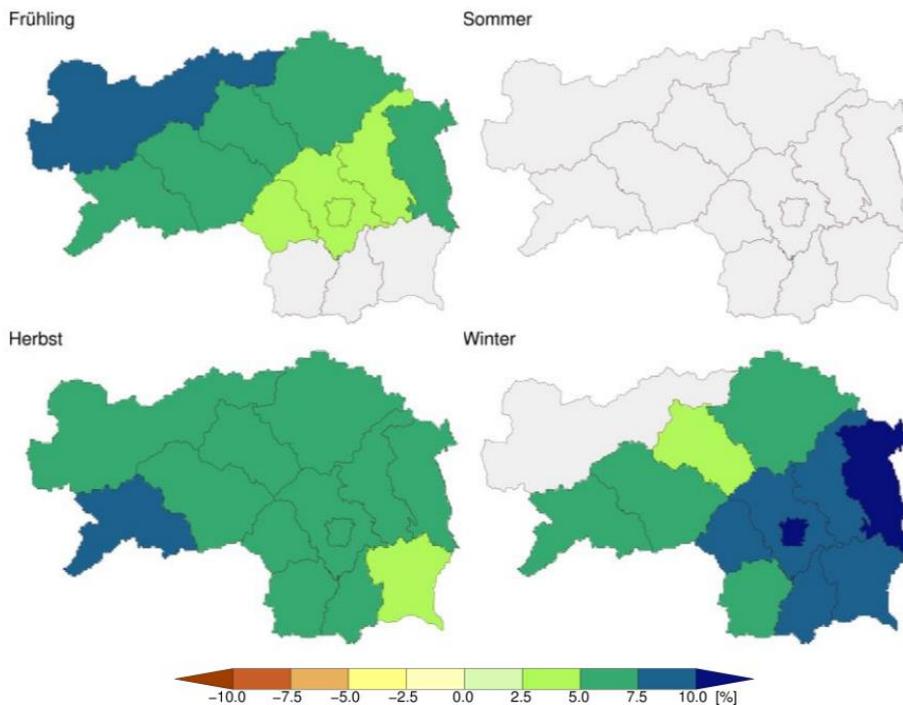


Abbildung 14: Erwartete saisonale Niederschlagsänderung [%] (2021-2050 verglichen mit 1971-2000) in der Steiermark (GOBIET et al. 2012).

Weitere Untersuchungen gehen davon aus, dass die oben erwähnte Niederschlagszunahme nicht etwa auf häufigere, sondern auf heftigere Niederschläge zurückzuführen ist. Im Sommer wird sogar von einer signifikanten Abnahme der Niederschlagshäufigkeit auszugehen sein. Eine Zunahme der Niederschlagsintensität ist jedoch in allen Jahreszeiten zu verzeichnen (GOBIET et al. 2012).

Kühlgradtage

Für den Energieverbrauch, der für die Gebäudekühlung benötigt wird, sind die Kühlgradtage eine wichtige Kenngröße. Im Sommer und speziell im Südosten der Steiermark wird mit einem erhöhten Anstieg der Kühlgradtage (Abb. 15) zu rechnen sein. Vergleicht man das Verhältnis mit Referenzperioden, so sprechen wir hier von einer Verdoppelung der Kühlgradtage (GOBIET et al. 2012).

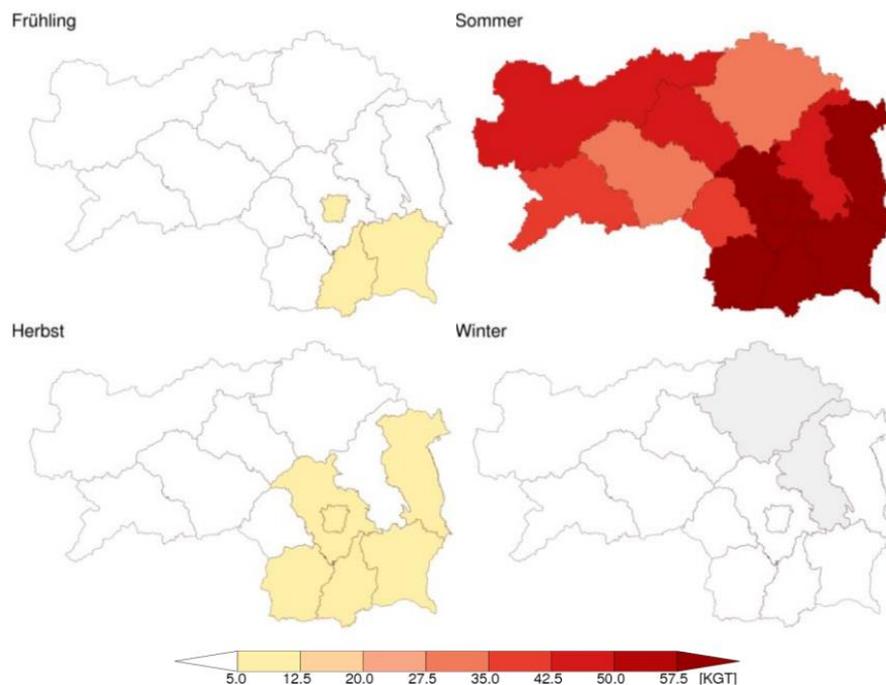


Abbildung 15: Erwartete saisonale Änderung der Kühlgradtage (2021-2050 verglichen mit 1971-2000) in der Steiermark (GOBIET et al. 2012).

Starkniederschläge

Starkniederschlagsereignisse, sprich Tage, welche einen Niederschlag von über 30 mm Niederschlag aufweisen, und deren zu erwartende Änderung werden in der unten stehenden Grafik dargestellt. Sie dienen als wichtige Kenngröße für Naturgefahren und Überschwemmungen. Es ist tendenziell mit einer Zunahme von Starkniederschlagsereignissen zu rechnen, wobei eine große Schwankung vorliegt und somit eine endgültige Aussage nicht möglich ist (GOBIET et al. 2012).

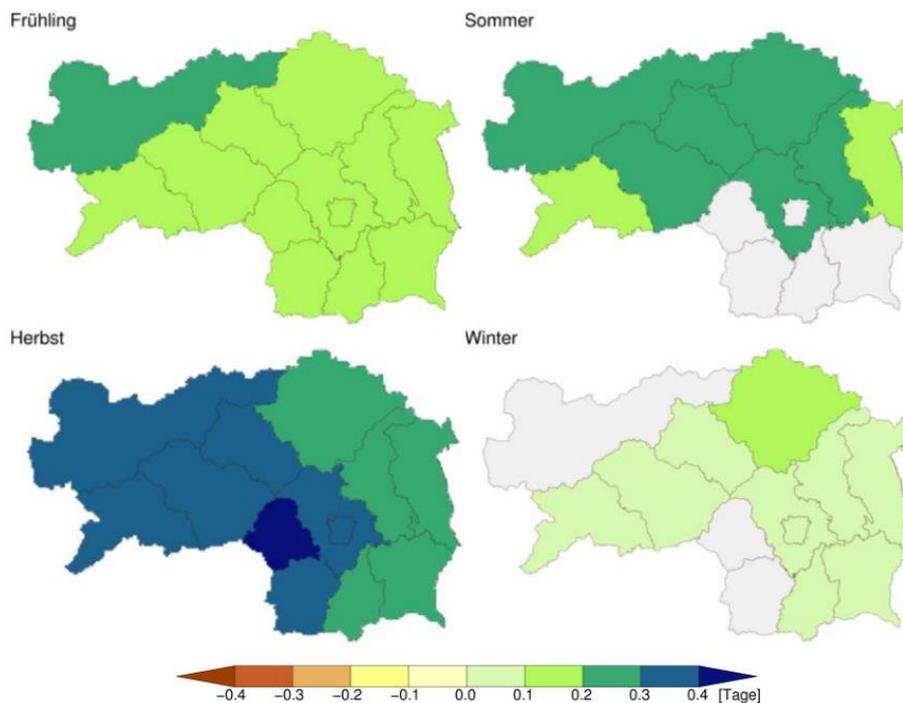


Abbildung 16: Erwartete saisonale Änderung der Tage mit starkem Niederschlag (>30 mm Niederschlagssumme pro Tag) [Tage/Saison] (2021-2050 verglichen mit 1971-2000) in der Steiermark (GOBIET et al. 2012).

Für alle oben angeführten Grafiken sind Gebiete, welche eine nicht signifikante Änderung aufweisen (5 % Signifikanzniveau), grau dargestellt.

2.5 Stadtklimatologie

Das Stadtklima ist also jenes Klima, das sich in Städten und dicht bebauten Ballungsräumen ausbildet. Das Klima in einer Stadt und die damit verbundenen Veränderungen entstehen immer in Abhängigkeit vom Großklima. In Bodennähe hingegen sind jene Veränderungen vielen, differenzierten mikroklimatischen Einflüssen ausgesetzt. Da allerdings das Ausmaß des Mikroklimas überstiegen ist (ERIKSEN 1975; HEYER 1981; KRATZER 1956; LANDSBERG 1981; MIES 1988), bezeichnet man das Klima einer Stadt als Mesoklima (Zwischenstellung von Makro- und Mikroklima). Stadtklima ist als ein besonderes Kleinraumklima (KRATZER 1956, S. 2) oder – wie ERIKSEN es auch nennt – ein Lokalklima, das den Einfluss der städtischen Bebauung auf das Klima unter- und oberhalb einer Höhe der Luftschicht von 2 m darstellt (1975, S. 5). LANDSBERG vergleicht die Größenordnung der Auswirkung einer Stadt mit der von kleineren Bergen und Seen (1981, S. 300).

Die Stadt weist, verglichen mit der ländlichen Umgebung, größere Trockenheit sowie höhere Temperaturen auf. Dies kommt durch die Gebäudehöhe und die Dichtigkeit der Wohngebäude in Ballungszentren zu Stande. Jene dichten Gebäude stellen nun eine erhöhte Rauigkeit der Erdoberfläche dar, welche sich als Strömungshindernisse einer Stadt von bodennahen Windgeschwindigkeiten zwischen 10 und 30 Prozent (HÄCKEL 1999, S. 331) oder gar bis 50 Prozent (FELLENBERG 1991, S. 56) auszeichnen. Es gibt daher in einer Stadt zu 5 bis 20 Prozent weniger Böen, und es ergibt sich ein ähnlicher Prozentsatz an Windstillen (siehe Tab. 4). Diese Tatsache birgt nun eine Reihe folgender negativer Effekte. Sehr wichtige Luftaustauschprozesse finden nur sehr gering oder gar nicht statt, was einerseits zu einer Anreicherung von Luftschadstoffen führt und andererseits eine Stauung warmer Luftmassen zur Folge hat. Durch unterschiedliche Oberflächenformen von Gebäuden in einer Stadt, im Wechsel mit Straßen und Grünflächen (Parks) können über ihr wesentlich mehr Turbulenzen entstehen, was sich wiederum positiv auf die mangelnde oder fehlende Durchlüftung und erhöhten Temperaturen auswirken kann.

Klimaelemente	Im Vergleich zum Umlandklima
Bewölkung	5-10 % mehr
Niederschlag	5-10 % mehr
Schneefall	5-10 % mehr
Temperatur im Jahresmittel	0,5-1 °C mehr
Relative Feuchtigkeit im Jahresmittel	6 % weniger
Windgeschwindigkeit im Jahresmittel	20-30 % geringer
Böen	10-20 % weniger
Windstillen	5-20 % mehr

Tabelle 4: Abweichung des Stadt- gegenüber dem Umlandklima (E.D. nach LANDSBERG 1981, S. 330).

In diesem Zusammenhang stellen Baukörpersubstanzen wohl den wichtigsten Aspekt dar. In dicht bebauten Gebieten, wie es in einer Stadt der Fall ist, kommt es zu einer geringeren Reflexion der Sonnenstrahlen. Baumassen in einer Stadt weisen somit eine geringere Albedo auf (siehe. Tab. 5), als die natürliche Umgebung oder das Umland. Das bewirkt, dass es zu einer höheren Wärmespeicherung in den Bausubstanzen kommt. Durch die erhöhte Wärmespeicherfähigkeit der Baumassen, und damit einhergehende Wärmeabgabe des städtischen Baukörpers (verschiedene Materialien und Formen), sowie der Strahlungsmodifikation durch Emission und Hausbrand bzw. andere anthropogene Energiezufuhr, kommt es in der Nacht zu einer verzögerten Abkühlung der Luftmassen. Folglich kommt es auch in den Morgenstunden ebenfalls zu einem verzögerten Temperaturanstieg (LAUER 1995, S. 229). Weiters entsteht über der Stadt durch die Zunahme der Lufttemperatur erhöhte Konvektion und eine vermehrte Wolkenbildung.

	Albedowerte [%]
Sand, trocken	30-45
Sand, nass	20-30
Böden, schwarz	5-15
Grasflächen	15-25
Heide	10-15
Getreidefelder	15-30
Nadelwald	5-15
Laubwald	15-25
Asphalt	5-10
Beton	15-28

Tabelle 5: Albedowerte in Prozent (Eigene Darstellung nach JUNGFER & LAMBERT 1985, S. 50)

MIES (1988, S. 530) gibt an, dass eine Stadt im Mittel um 1 bis 2 K wärmer ist als das Umland. HÄCKEL spricht sogar von einem im Mittel maximalen Plus von bis zu 3 K. Dieser Wert ist natürlich abhängig vom gegebenen Mikroklima, Lage und Größe einer Stadt sowie deren Dichte der Baustruktur und der Jahres- und Tageszeit unter der Berücksichtigung der Windgeschwindigkeiten. So kann es sein, dass in Millionenstädten der Temperaturunterschied, der nicht selten bei 10 °C liegt, bei zunehmender Windstärke komplett verschwindet oder bei Windstille sein Maximum erreicht. Dieses Phänomen der Überhitzung macht sich aber schon bei kleineren Städten bzw. Stadtteilen bemerkbar, welche großteils aus Hochhäusern bestehen. Durch die Reflexion der Sonneneinstrahlung, bei der auch immer ein Teil der Strahlung vom jeweiligen Objekt absorbiert wird, führen Vielfachreflexionen an hohen Bauwerken entsprechend zu einer größeren Energieabsorption und damit zu einer größeren Wärmestrahlung (siehe Abb. 17).

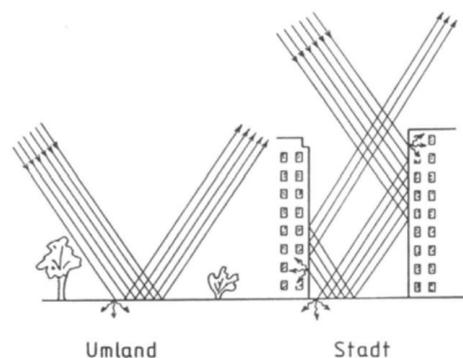


Abbildung 17: Vielfachreflexionen an Hochhäusern (FELLENBERG 1991, S. 43)

Verschiedene Autoren bezeichnen die Stadt daher auch als „Wärme-Archipel“ (OKE 1973, S. 770) oder „mehrkernige Wärme-Insel“ (ERIKSEN 1976, S. 369), da es zu mehreren kleineren Wärmezentren bei differenzierter räumlich betrachteter Analyse kommt. Der Begriff der „Wärme-Insel“ wäre hier in diesem Zusammenhang zu ungenau, und sollte durch die vorher erwähnten Begriffe ersetzt werden. Eine Erhöhung des Temperaturniveaus in Städten bewirkt auch eine Änderung der relativen Luftfeuchte; sie bleibt stets unter der des Umlands und weist ähnlich der Wärmezentren eine Variation über dem Stadtgebiet auf. Zur allgemeinen Trockenheit in einer Stadt tragen auch wesentlich wasserundurchlässige Pflastersteinsysteme sowie der hohe Grad der Versiegelung bei. Durch die dort vorherrschenden Drainage- und Abwassersysteme, wird der Niederschlag vom Boden nicht aufgenommen und durch den schnellen Abfluss kommt es nur zu geringen

verdunstenden Oberflächen. Durch die kaum vorhandene Verdunstung bleibt somit die Umwandlung von Wärme in latente Energie aus, und führt zu einer geringeren Luftfeuchtigkeit in einer Stadt.

In den Sommermonaten und dann vor allem in den Nächten ist die deutliche Überwärmung der Stadt gegenüber seinem Umland zu spüren. Dieser Zeitraum kann für den Menschen, aufgrund von fehlender Durchlüftung, zu einer enormen Belastung sowie zu Hitzestress führen. Denn erst durch eine nächtliche Abkühlung bis unter 18 °C ist für den Menschen ein physiologisch erholsamer Schlaf gewährleistet (SAMIMI 2000, S. 5). Noch belastender wirken sich solche Hitzephasen, wenn sie in Kombination mit einem hohen Wasserdampfdruck (>14 mm Hg) auftreten. Diese Schwüle bleibt dann nicht nur tagsüber, sondern auch in den Nachtstunden bestehen. Sie beeinträchtigt auch bei gesunden Menschen Kreislauffähigkeiten, verursacht Schlafstörungen sowie nachlassende Leistungs- und Konzentrationsfähigkeit. In extrem ausgeprägten Schwülephasen muss auch mit einer erhöhten Anfälligkeit gegenüber Infektionskrankheiten gerechnet werden (FELLENBERG 1991, S. 216).

2.5.1 Der UHI-Effekt – Urbane Hitzeinseln in der Stadt

Die Stadt unterscheidet sich in vielen klimatischen Komponenten, wie etwa Niederschlag, den Windverhältnissen und der Temperatur, sehr stark von seinem Pendant, den umliegenden ländlichen Gebieten. Damit kristallisiert sich die Stadt als eine sogenannte städtische Hitzeinsel („Urban Heat Island“) heraus. Solche städtischen Hitzeinseln definieren sich über den Temperaturgegensatz zwischen Stadt und Umland. Dieses Phänomen ist bereits seit dem 19. Jahrhundert bekannt (HOWARD 1820). Laut OKE (1987) kann die Temperaturdifferenz zwischen Stadt und dem ländlichen Umfeld bis zu 12 °C betragen (ELIASSON 2000, S. 31). Selbst innerhalb von Städten und Stadtteilen können aufgrund von unterschiedlichen Ausstattungen („grüner & blauer“ Infrastruktur) sowie dem Versiegelungsgrad Temperaturunterschiede wahrgenommen werden (BÖTTNER et al. 2012). Hauptgrund der Entstehung von städtischen Wärmeinseln ist die Ver- bzw. Überbauung natürlicher permeabler Oberflächen (KUTTLER 2011). Natürliche nicht

verbaute Oberflächen weisen überwiegend eine feuchtigkeitsspendende Vegetationsbedeckung auf, dadurch wird ein Teil der absorbierten UV-Strahlung der Sonne in Verdunstungsprozesse (Transpiration und Evaporation) umgewandelt, was wiederum zur Kühlung der Umgebung beiträgt. Nicht verbaute Flächen heizen sich aufgrund der natürlichen Vegetation weniger stark auf als bebauete Gebiete.

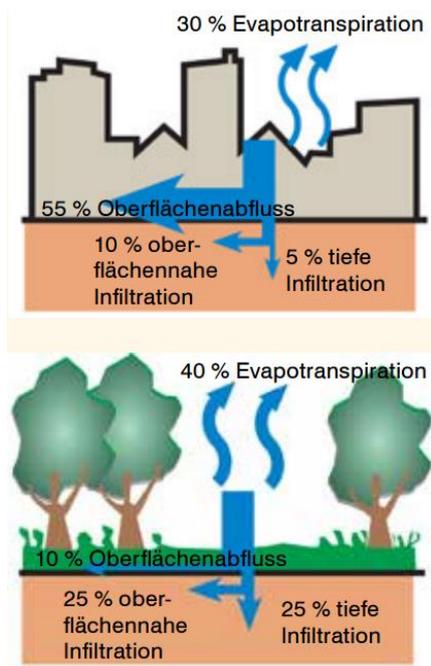


Abbildung 18: Vergleich der Evaporation in städtischen (oben) und ländlichen (unten) Gebieten (MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015)

Bebaute Oberflächen weisen meist wärmeabsorbierende Materialien auf, und sind zusätzlich auch oft noch wasserundurchlässig. Das schnell ablaufende Niederschlagswasser steht also der Verdunstung nicht zur Verfügung und somit ist auch eine Reduzierung der Verdunstungskühle vorherrschend. Negativ ist auch, dass jene wärmeabsorbierenden Oberflächen durch die Geometrie der Gebäude vergrößert werden. Vertikale Gebäudeflächen nehmen die reflektierte Strahlung von anderen Gebäuden, sowie die noch größere direkte Sonneneinstrahlung auf. Durch die Bauweise der Stadtgebäude und des dadurch in Folge oftmals verringerten Himmelssichtfaktors (sky view factor = Maß für die Öffnung eines städtischen Freiraumes zum Himmel) werden die Luftzirkulation und die langwellige Ausstrahlung zusätzlich behindert (KUTTLER 2011). Schwach oder nicht reflektierende Flächen (d.h. Flächen mit einer geringen Albedo), können somit bis zu 50 °C wärmer sein als die Lufttemperatur (EPA 2008a, S. 2). Als Beispiele wären hier dunkle Bodenbeläge und Dächer zu nennen.

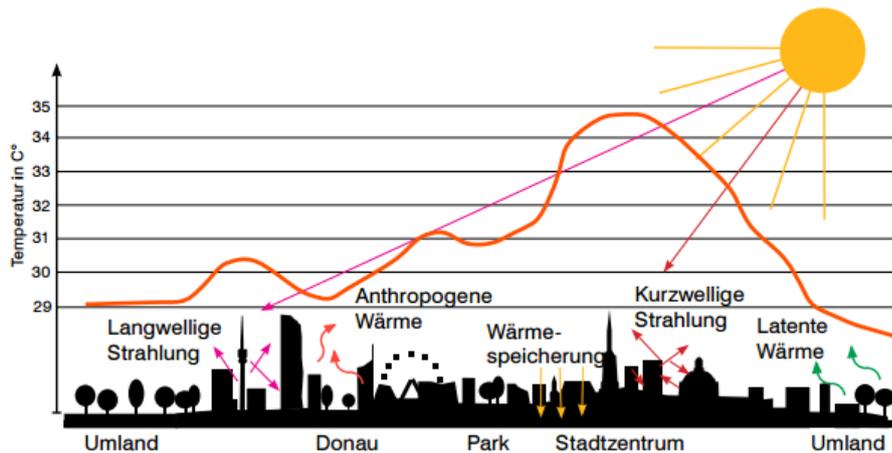


Abbildung 19: Energiehaushalt von Siedlungsgebieten und der UHI-Effekt (MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015)

Die flächenmäßige Abnahme und Zerstückelung von städtischen Grünflächen, sowie die Abwärmeproduktion (Industrielle Prozesse, Klimaanlage, KFZ) führen zu einer weiteren Verstärkung der Wärmeinseleffekte. Weiters wird durch unterschiedliche Bebauung die Oberflächenrauigkeit erhöht, welche mit einer Verringerung der Windgeschwindigkeit einhergeht. Vielfach verhindern Bebauungen auch, dass Kaltluftströme aus der unbebauten Umgebung bis in die Siedlungsgebiete vorstoßen. Eine Isothermenkarte eines städtischen Agglomerationsraumes gibt Auskunft über die Ausprägung der städtischen Hitzeinseln und somit die Konturen des Bebauungsgebietes. Man unterscheidet „hot points“, wie versiegelte Parkplätze, Industriegebiete, aber auch „cold points“, wie Parkanlagen, Grünflächen, Flächen und Gewässer. Generell kann von einer Temperaturzunahme vom Stadtrand aus in Richtung Stadtmitte ausgegangen werden (MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015).

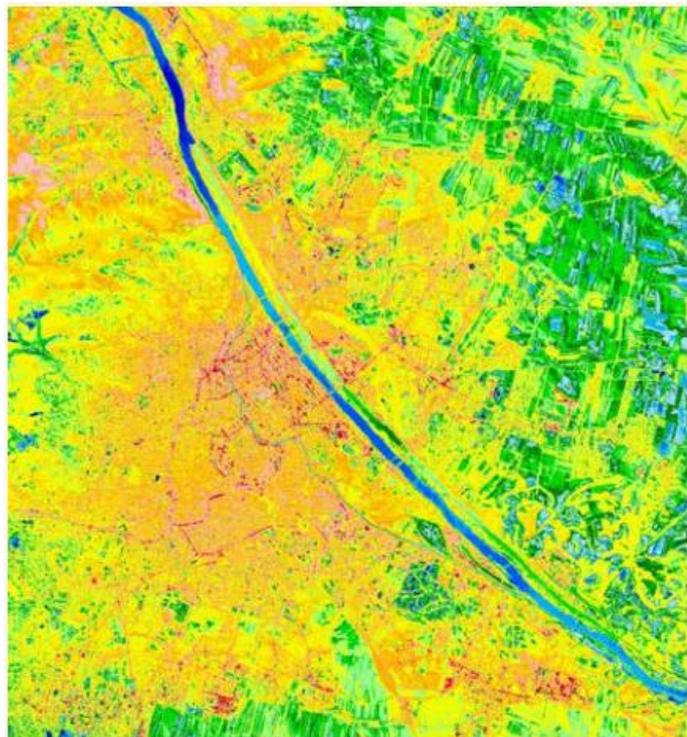


Abbildung 20: Abendliches Thermalbild der Stadt Wien und des Umlands. Deutlich sind die Unterschiede zwischen dem städtischen Ballungsraum und den kühleren ländlichen Gebieten erkennbar (MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015).

Der Wärmeinseleffekt tritt zeitlich gesehen in windstillen und wolkenlosen Sommernächten am stärksten auf. Baumaterialien sind thermisch träge, das heißt sie wirken als Wärmespeicher und strahlen auch nach Sonnenuntergang (zum Teil bis in die Morgenstunden), Wärme in die Umgebung ab. Unbebaute Flächen hingegen sind zu diesem Zeitpunkt an der Erdoberfläche abgekühlt. Ein wolkenloser Himmel begünstigt die Wärmeabstrahlung, da die Ausgangstemperatur im Vergleich zu bebauten Gebieten von Haus aus niedriger war (MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015).

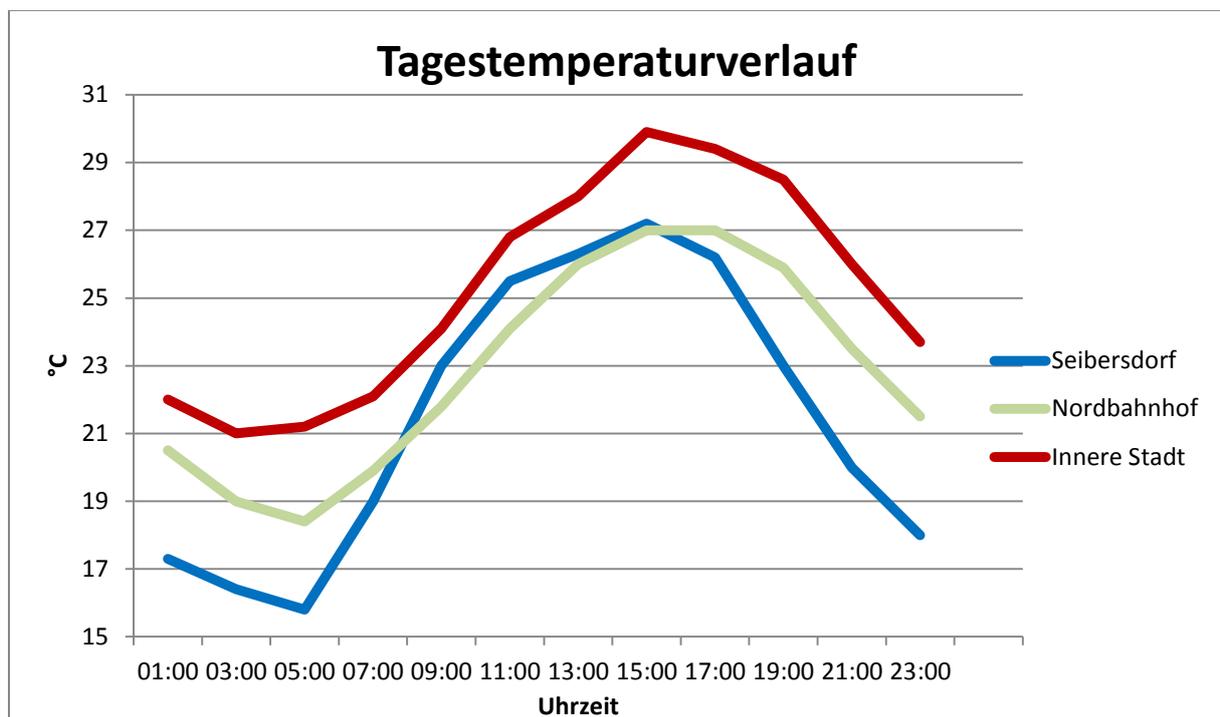


Abbildung 21: Gezeigt wird die durchschnittliche stündliche Temperaturverteilung an einem Referenztag im Sommer 2012 – zwei Untersuchungsgebiete in Wien sind dargestellt – Innere Stadt und Nordbahnhof – sowie zum Vergleich ein ländliches Gebiet in Seibersdorf (Eigene Darstellung nach MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015).

Die Ergebnisse in Abbildung 21 zeigen sehr eindrucksvoll, dass ein markanter mikroklimatischer Unterschied zwischen den Gebieten herrscht. Hervorstechend sind dabei die hohen Temperaturen in der Inneren Stadt.

3. Abgrenzung des Untersuchungsgebiets

3.1 Räumliche Lage von Graz

Abbildung 22 zeigt die räumliche Lage von Graz, welche sich laut LAZAR (1994), am Randgebirgsfuß zum südöstlichen Alpenvorland in einer Talauflage befindet und im Norden des Grazer Feldes eine asymmetrische Gestalt annimmt. Die ungleichförmige Beckenlage wird durch den Plabutsch-Buchkogelzug im Westen und den niedrigen Riedelrücken mit seinen Seitentälern im Osten geprägt (LAZAR et al., 1994, S. 37).

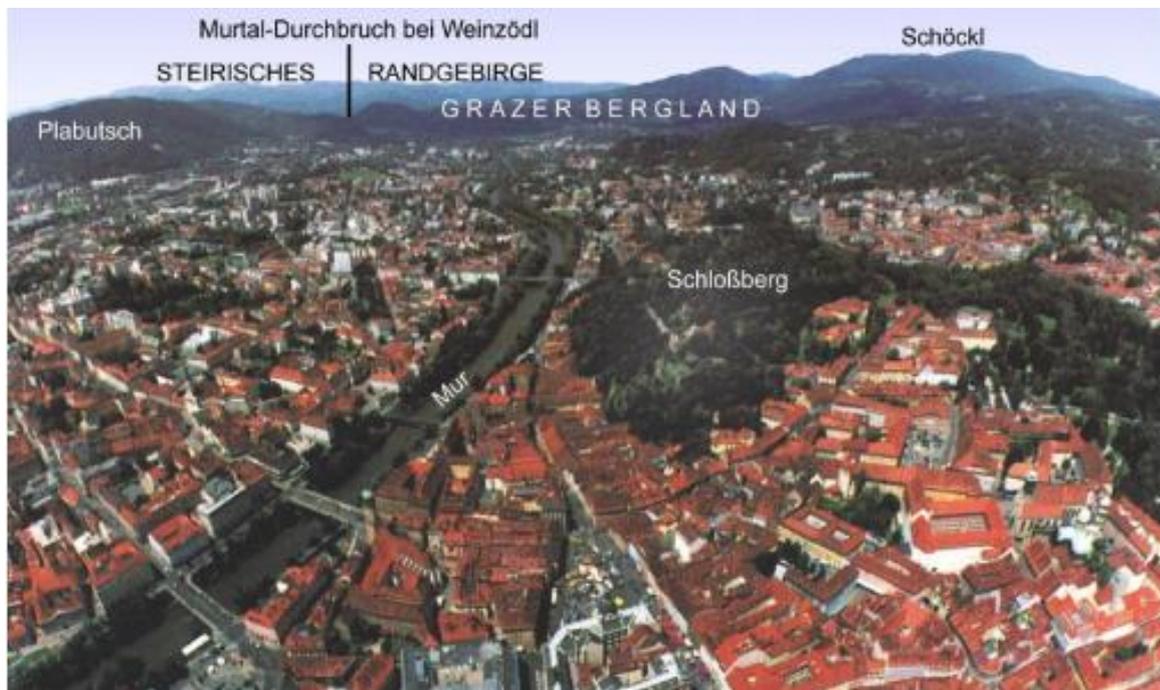


Abbildung 22: Räumliche Lage von Graz (UBZ STEIERMARK, Umweltbildungszentrum Steiermark 2010)

3.2 Grundlagen des Grazer Klimas

Die Alpen wirken abschirmend und daher treten atlantische Störungseinflüsse in abgeschwächterer Form auf als im Alpenvorland. Für das Grazer Klima bedeutet das, dass im Vergleich zu Städten nördlich des Alpenhauptkammes kontinentalere Züge vorliegen. Dies spiegelt sich auch in Temperatur und Niederschlag (Winterminimum, Sommermaximum), durch stärkere jahreszeitliche Gegensätze,

aber auch bei der Durchlüftung der Stadt wider (LAZAR, BUCHROITHNER & KAUFMANN, 1994).

Alle Daten auf die hier Stellung genommen wird, beziehen sich auf die Messstation Graz-Universität. Die jährliche Grazer Durchschnittstemperatur (Periode 1971-2000) lag bei 9,9 °C, wobei an 6,5 Tagen ein Temperaturmaximum von $\geq 30,0$ °C (Tropentage) erreicht wurde und 19,8 Eistage aufgetreten sind. An 199,6 Tagen lag das Temperaturtagesmittel unter 12 °C und es musste somit geheizt werden (Heiztage). Im Gegensatz dazu kann in der Periode von 2001-2015 eine Erhöhung der durchschnittlichen Jahrestemperatur von 1,4 auf 11,3 °C festgestellt werden (siehe Kapitel Veränderung des Grazer Stadtklimas). Wie bereits erwähnt, erreichen die Niederschläge im Sommer ihr Maximum. Der jährliche Niederschlag liegt im Mittel bei 818,9 mm. Die Verzeichnung der Windgeschwindigkeiten ist mit 1,4 m/s im Jahresmittel relativ gering, diese Tatsache spiegelt sich auch in der schlechten Durchlüftung der Stadt wider (ZAMG, 2011a). Die Windverhältnisse in der Stadt Graz setzen sich aus Hang- und Talwindsystemen, Flurwinden und vor allem vom mächtigen Murtalein und -auswind zusammen. Letzterer ist für die Schadstoffausbreitung bzw. für die lufthygienische Situation der Stadt von enormer Bedeutung (LAZAR, BUCHROITHNER & KAUFMANN, 1994).

3.3 Temperaturverhältnisse und Wärmeinseleffekt in Graz

In der Stadt Graz gibt es beachtliche Temperaturoegensätze, welche auf topographische Unterschiede zurückzuführen sind. Die östlichen Seitentäler im Bereich von Mariatrost etwa weisen sehr kühle Ausprägungen auf, im Gegensatz zur stark versiegelten Innenstadt, welche sich extrem überwärmt darstellt (LAZAR, BUCHROITHNER & KAUFMANN, 1994). Die Wärmeinselausprägung der Grazer Innenstadt unterscheidet zwei Typen (siehe unten). Beide sind stark vom Murtalauswind abhängig und weisen aufgrund der Kaltluftzufuhr aus östlichen Seitentälern eine Asymmetrie auf.

Die untere Abbildung zeigt die Wärmeinselstrukturen der Stadt Graz. Der Murtalauswind prägt dabei, wie nachfolgend beschrieben ist, maßgeblich die Lage der Wärmeinsel. Man unterscheidet grundsätzlich zwei Haupttypen der Ausprägung: Herbst/Winter und Frühjahr/Sommer. Markant für Frühjahr-/Sommer-Ausprägung ist die Aufspaltung im Laufe der Nacht in zwei Teile, wobei der Innenstadtteil bei beiden Typen durch seine dichte Baukörperstruktur und den hohen Versiegelungsgrad hervorsteicht. Die nördliche Überwärmung beruht auf dem Düseneffekt des Murtalauswindes (Raum Gösting und Weinzödl) und seinem damit verbundenen turbulenten Strömen, die auch nachts die Temperaturen kaum sinken lassen. Die zweite Wärmeinselausprägung tritt vor allem im Herbst/Winter auf, welche durch den in dieser Jahreszeit vorherrschenden kühlen Murtalauswind nach Süden hin verschoben wird (LAZAR, BUCHROITHNER & KAUFMANN, 1994).

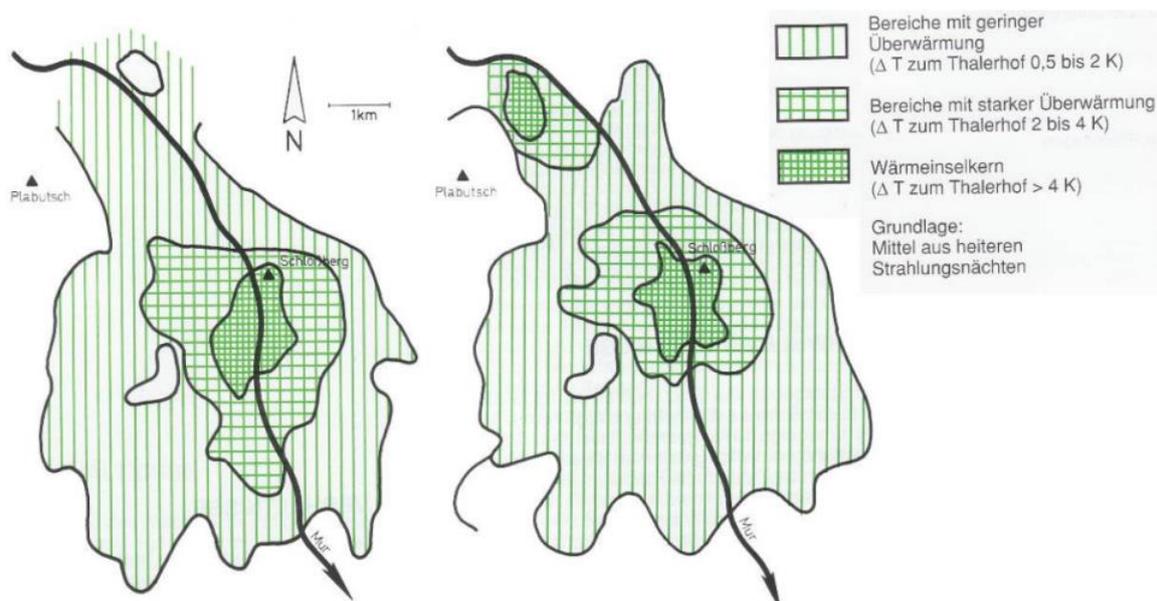


Abbildung 23: Wärmeinselstrukturen der Stadt Graz (links Herbst/Winter; rechts: Frühjahr/Sommer) (LAZAR, BUCHROITHNER & KAUFMANN, 1994).

Für die Stadt Graz spielen Inversionen eine sehr große Rolle. Graz ist geprägt von den tagesperiodischen Bodeninversionen in den Sommermonaten (Mächtigkeit 200-300 m), sowie den lang anhaltenden Bodeninversionen im Winterhalbjahr (freie Inversionen, Hochnebel). Die Inversionshäufigkeit liegt beispielsweise im Grazer Feld bei 60-70 Prozent. Das heißt, dass an 60-70 Prozent aller Tage im Winter mit einer Inversionswetterlage zu rechnen ist. Bedingt durch diese häufig auftretende Wetterlagen wird der natürliche Luftaustausch gehemmt, und wirkt sich somit positiv auf die Schadstoffausbreitung aus (LAZAR, BUCHROITHNER & KAUFMANN, 1994).

Graz weist, gemessen an der Station Graz-Universität in den Sommermonaten durchschnittlich 53 Sommertage ($\geq 25\text{ °C}$) in Periode von 1951 bis 2003 auf. Dies entspricht laut PILGER & WAKONIGG einer Zunahme von 27 Tagen, ausgehend von 40 Tagen im Jahre 1951 und 67 Tagen im Jahre 2003 (PILGER & WAKONIGG, 2010). Die Studie „*Simulationen von Städtischen Klimaszenarien 2*“ der ZAMG bestätigt diesen Trend, und dieser wird sich, je nachdem welches IPCC-Szenario zum Tragen kommt, fortsetzen. In dieser Studie wurde – anhand von verschiedener Klimasimulationen – eine Zunahme zwischen vier und 23 Sommertagen in der Referenzperiode 1971 – 2000, und zwischen 20 und 58 Tagen für den Zeitraum zwischen 2071 und 2100 berechnet (ZAMG, 2011b). Somit lässt sich darauf schließen, dass für die Stadt Graz eine Erhöhung des durchschnittlichen Temperaturniveaus unumgänglich ist, und somit zwingend Anpassungen und Maßnahmen getroffen werden müssen.

3.4 Windverhältnisse

Die Windgeschwindigkeit weist im Jahresgang ein Winterminimum auf. Bezogen auf das Monatsmittel sind daher Windgeschwindigkeiten von 1 m/s durchaus normal und es ist ein Calmenanteil von ca. 30-50 % gegeben. Im Grazer Feld werden im Frühjahr die höchsten Windgeschwindigkeiten erreicht. Die windärmsten Stadtteile sind der Westen und Südwesten, allerdings liegt hier die Calmenhäufigkeit bei über 50 %.

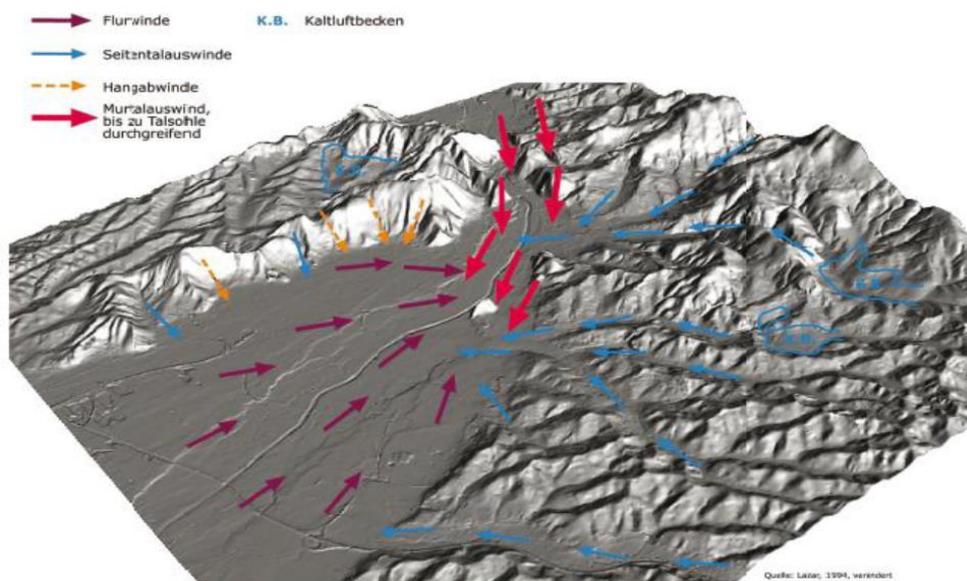


Abbildung 24: Nächtliche Lokalwindssysteme von Graz (WURM 2007, S. 31 nach LAZAR 1994)

Die Abbildungen 24 und 25 stellen die Windverhältnisse bei Tag und Nacht dar, welche durch verschiedene Windsysteme bestimmt sind. Im Anschluss wird hier beispielhaft die nächtliche Situation beschrieben, da sie der Lüfterneuerung dient und somit für Graz von zentraler Bedeutung ist. So haben beispielsweise **Hangabwinde**, mit einer Geschwindigkeit von bis zu 2 m/s und deren Mächtigkeit von bis zu 20 m für die Lüfterneuerung nur eine kleinräumige Bedeutung. Den **Talauswinden** aus den Seitentälern im Osten der Stadt wird hier schon größere Bedeutung gewidmet, diese sind vor allem Frischluftbringer für die östlichen Bezirke. Sie weisen eine Mächtigkeit von bis zu 80 m auf und erreichen ebenfalls Geschwindigkeiten bis zu 2 m/s, wobei sie oft in den Hauptstraßen kanalisieren und sich so ihre Mächtigkeit durch die Mündung in das Haupttal verringert. Die wohl wichtigste Bedeutung für die Schadstoffausbreitung kommt dem **Murtalauswind** zu. Seine Geschwindigkeiten erreichen bis zu 8 m/s und er kommt auf eine Mächtigkeit von bis zu 300 m. Trotz seiner Stärke erfasst sein Strömungsfeld die westlichen Bezirke nur minimal, was sich wiederum in der schlechten Durchlüftung dieser Teile von Graz widerspiegelt (LAZAR, BUCHROITHNER & KAUFMANN, 1994).

Bei vorherrschendem Hochnebel strömt zudem Kaltluft des pannonischen Raumes in das Grazer Becken. Jene Kaltluft, die aus südlicher bis östlicher Richtung kommend spürbar ist, lässt sich auch noch im Norden von Graz nachweisen (LAZAR & SULZER et al., 2006). Diese sogenannten **Flurwinde** sind ebenfalls zentral für die Schadstoffausbreitung, und treiben somit Schadstoffpartikel mit Geschwindigkeiten von 0,5 bis 1,5 m/s in das Stadtzentrum. Durch Kombination dieser beiden Winde (Flur- und Murtalauswind) kommt es zu Windscherungen in den südlichen Grazer Bereichen (LAZAR, BUCHROITHNER & KAUFMANN, 1994).

Weiters ist bei wolkenlosem Wetter ein **Pseudoflurwindssystem** erkennbar. Jenes System wird von der städtischen Wärmeinsel und vom Tief im nördlichen Stadtteil angetrieben. Dabei werden kaum nennenswerte Geschwindigkeiten von bis zu 0,5 m/s erreicht (LAZAR & SULZER, et al., 2006).

Einige Stunden nach Sonnenaufgang tritt aufgrund einer Phase des Windwechsels das **Talwindssystem** in Kraft. So kommt es im Laufe des Tages an den besonnten Hängen in den Seitentälern zu **Hangaufwinden**, welche durch den

Antirandgebirgswind, einer Strömung aus südöstlicher Richtung in den Sommermonaten kommend, ersetzt werden. Der **Murtaleinwind** hält noch bis zu zwei Stunden nach Sonnenuntergang an. In den Wintermonaten ist dieses Windsystem tagsüber stark abgeschwächt, was sich wiederum auf die Inversionshäufigkeit auswirkt (LAZAR et al. 1994).

Auch erwähnenswert ist eine Besonderheit im Westen von Graz. Man spricht vom **Rotoreffekt des Murtalauswindes** im Bereich Algersdorf – UKH. Dabei erfolgt eine durch den Rücken der Hubertushöhe auftretende Rückströmung des Murtalauswindes entlang des Fußes des Plabutschuges (LAZAR & SULZER et al. 2006).

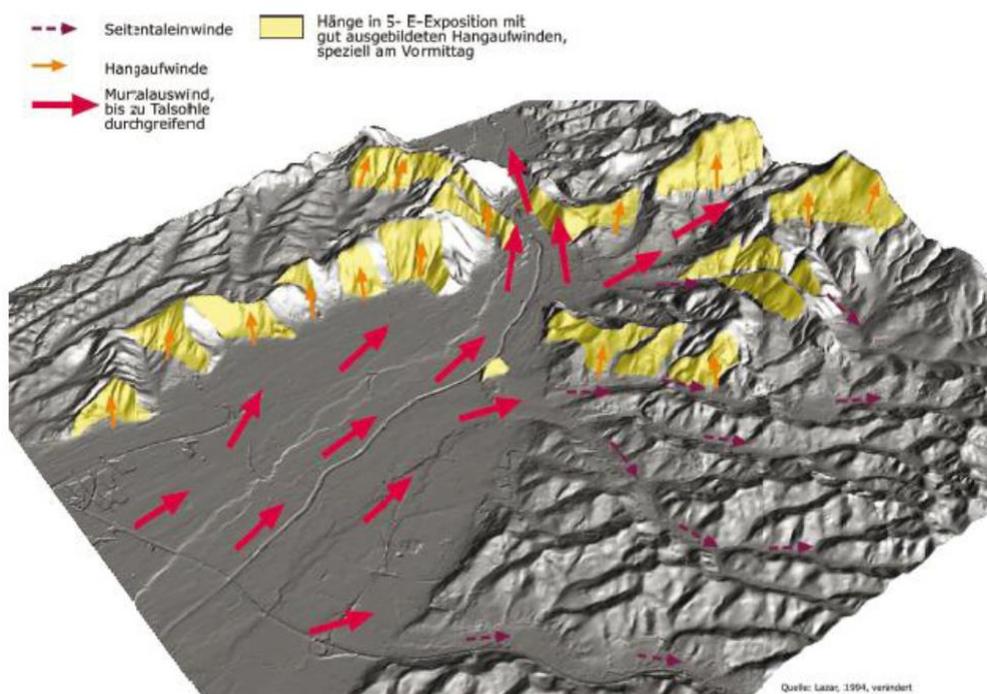


Abbildung 25: Lokalwindssysteme von Graz am Tag (WURM 2007, S. 32 nach LAZAR 1994).

3.5 Veränderung des Grazer Stadtklimas

In diesem Kapitel wird speziell auf die Veränderung des Grazer Stadtklimas und die Schwankung verschiedener Klimadaten eingegangen.

3.5.1 Temperatur

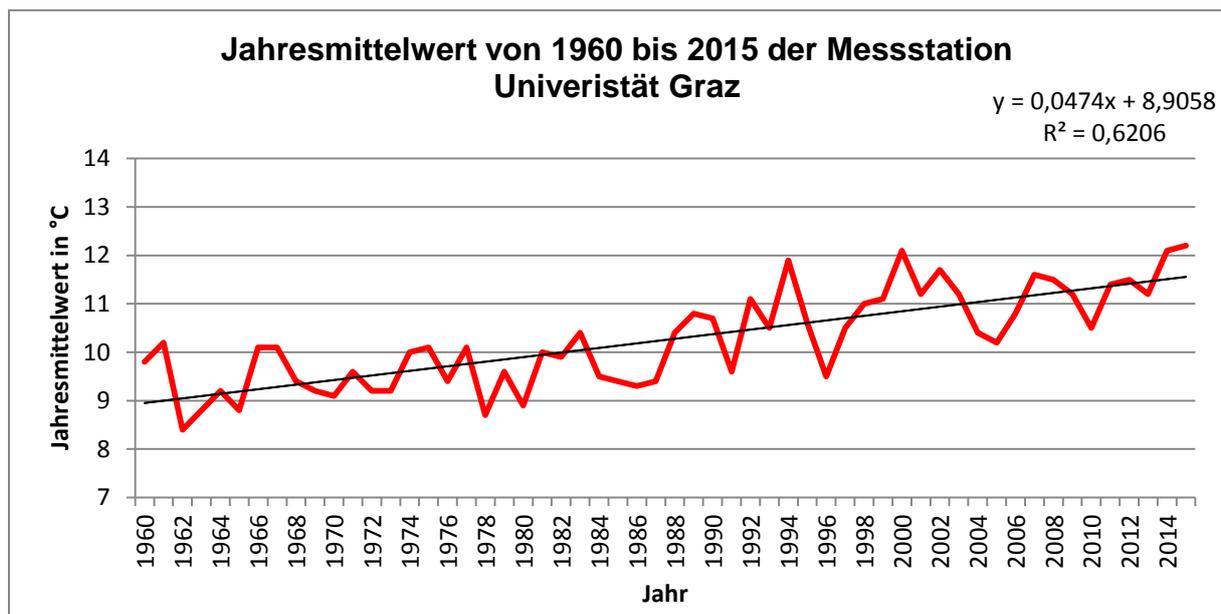


Abbildung 26: Jahresmittelwert (Temperatur in °C) von 1960 bis 2015, Graz-Universität (ZAMG 2011a)

Für die Messstation Universität Graz kann im Zeitraum von 1960 bis 2015 ein kontinuierlicher Anstieg der linearen Jahresdurchschnittstemperatur verzeichnet werden. In der Periode von 1960 bis 2000 sprechen wir von einer durchschnittlichen Jahrestemperatur von 9,9 °C im Gegensatz zu der Periode von 2001 bis 2015 kann eine Erhöhung der durchschnittlichen Jahrestemperatur von 1,4 auf einen Wert von 11,3 °C festgestellt werden. Dies verdeutlicht den rasanten Anstieg der Temperatur innerhalb der Stadt Graz, ausgelöst durch den Klimawandel.

3.5.2 Niederschlag

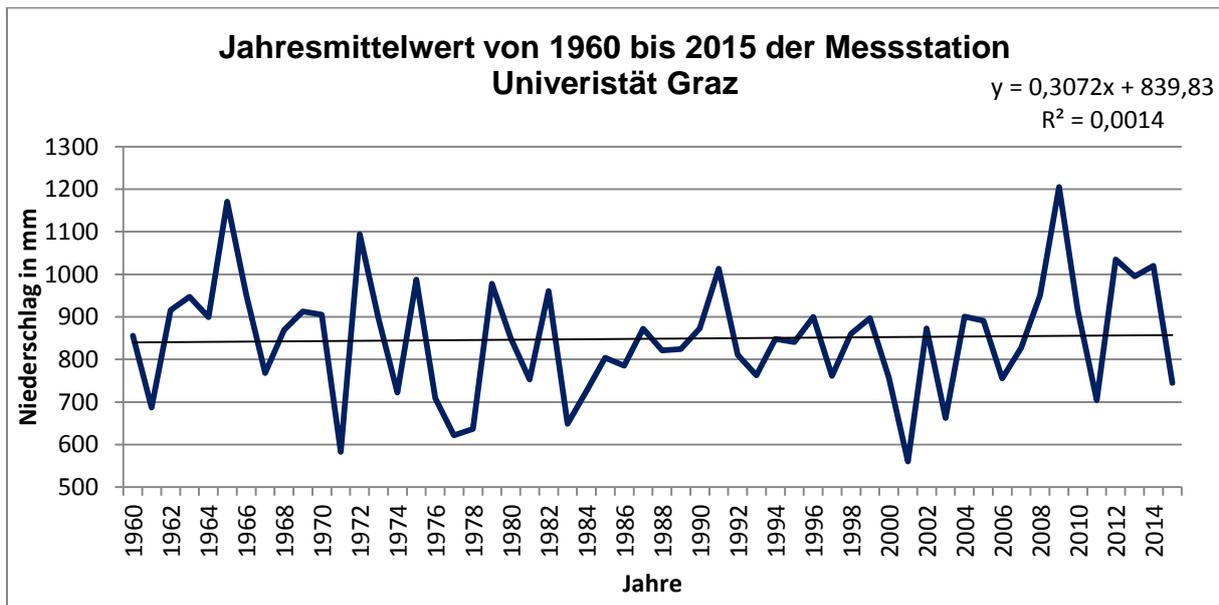


Abbildung 27: Jahresmittelwert (Niederschlag in Millimeter) von 1960 bis 2015, Graz-Universität (ZAMG, 2011a)

Im Gegensatz zu der steigenden Temperaturentwicklung bleibt im linearen Durchschnitt gesehen der Niederschlag konstant. Es ist jedoch festzuhalten, dass Extremsituationen wie lange Trockenperioden oder starke Niederschlagsphasen immer häufiger auftreten. So kann aus dem Diagramm abgeleitet werden, dass neun der letzten 15 Jahre Extremsituationen – bezogen auf den Jahresmittelwert des Niederschlags – beinhalten. Diese Extremsituationen verdeutlichen, dass sich der Klimawandel auch auf den Niederschlag auswirkt und dementsprechend auch Anpassungsstrategien entwickelt werden müssen.

3.5.3 Sonnenscheindauer

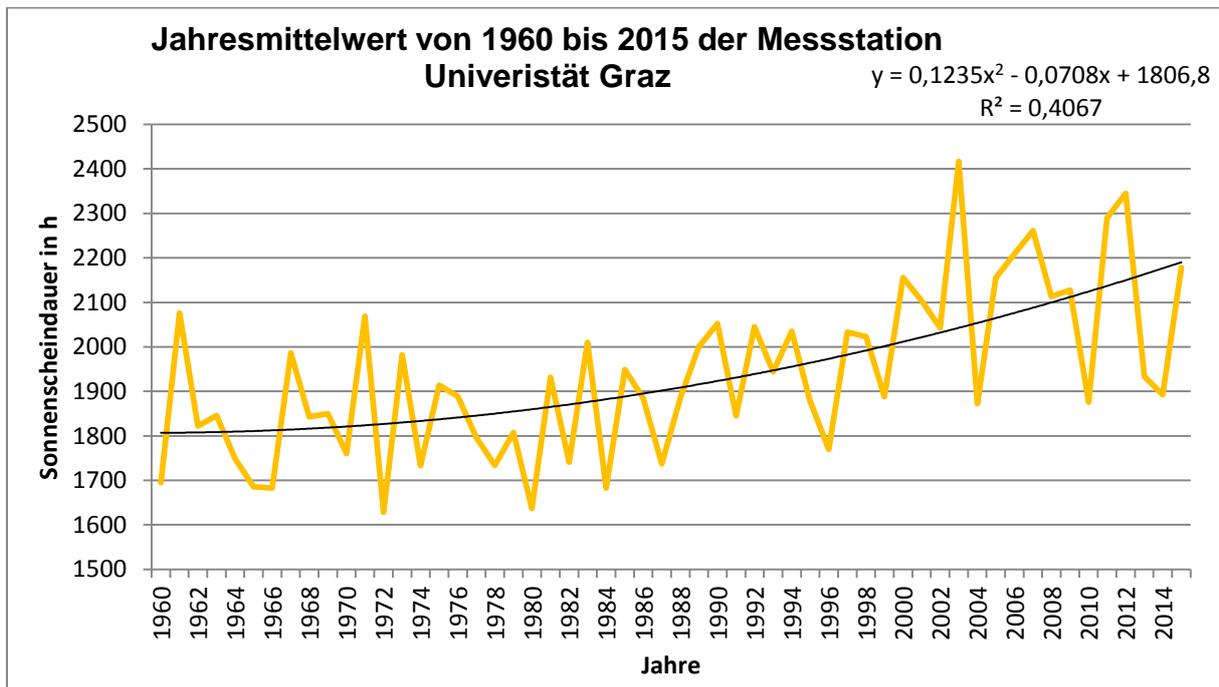


Abbildung 28: Jahresmittelwert (Sonnenscheindauer in Stunden) von 1960 bis 2015, Graz-Universität (ZAMG 2011a)

Ähnlich wie die Zunahme der Jahresmitteltemperatur ist auch ein deutlicher Anstieg der Sonnenscheindauer messbar. Wenn wir die durchschnittliche Sonnenscheindauer der Periode von 1960 bis 2000 betrachten, ergibt sich ein Wert von 1.870 Sonnenstunden. Im Vergleich zum Zeitraum von 2001 bis 2015, welche einen durchschnittlichen Wert von 2.121 Sonnenstunden aufweist, entspricht das einer Zunahme von 13 Prozent.

Aufgrund dieser drei Diagramme kann einerseits eine Zunahme der Temperatur und der Sonnenscheindauer festgestellt und andererseits die Extremwerte (Hochwasser, Trockenperioden) bezüglich des Niederschlags verzeichnet werden. Infolgedessen lässt sich auch ein Klimawandel innerhalb unseres Untersuchungsgebiets (Graz) belegen und daher müssen mögliche Maßnahmen bzw. Anpassungsstrategien getroffen werden. Um dies zu verdeutlichen, werden wie folgt noch weitere klimatische Gegebenheiten interpretiert.

3.5.4 Sommertage, Tropentage und Tropennächte

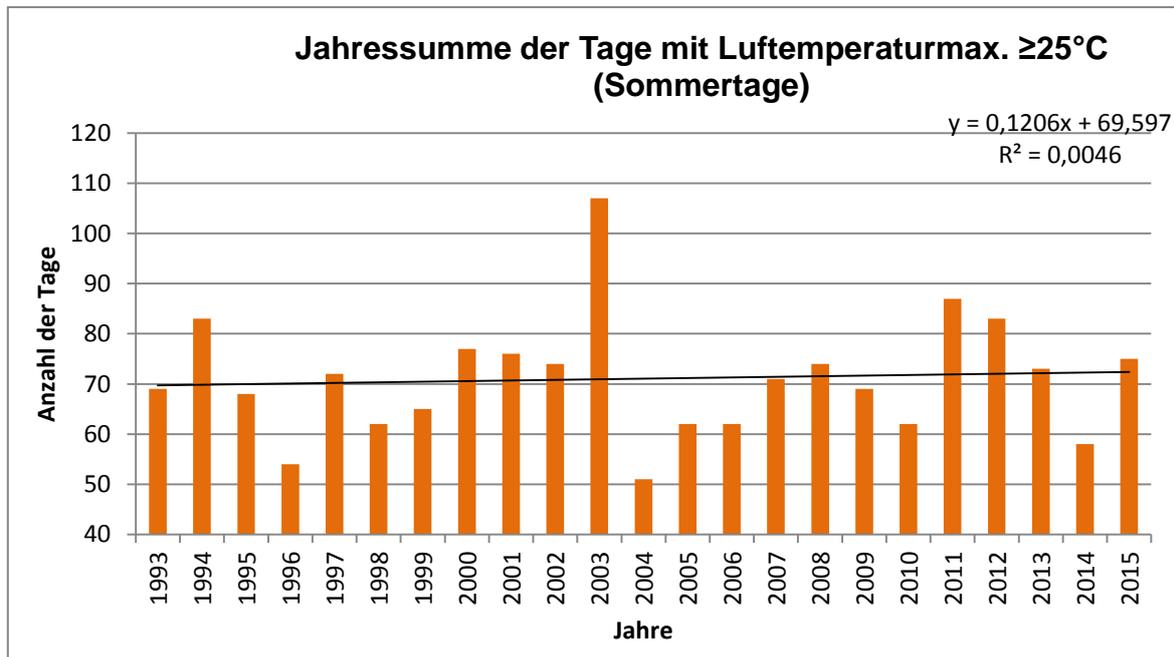


Abbildung 29: Jahressumme der Sommertage ($\geq 25^{\circ}\text{C}$), Graz-Universität (ZAMG 2011a)

Die Anzahl der Sommertage der Messstation der Universität Graz weist von 1993 bis 2015 eine deutliche Zunahme auf. Vergleicht man die Perioden 1993-2000, wo die durchschnittliche Anzahl bei 68,8 Tage lag, mit der Periode von 2001-2015, welche einen Durchschnitt von 72,3 Tage aufwies, sprechen wir hier von einem durchschnittlichen Anstieg von 3,5 Sommertagen. Das Minimum an Sommertagen lag im Jahre 2004 bei 51 und das Maximum wurde im Sommer 2003 mit 107 Tagen verzeichnet.

Die unten dargestellten Abbildungen stellen laut ZAMG (2011b) die Anzahl der Sommertage für das Grazer Stadtgebiet und Umland für die Perioden 1961-1990, 1971-2000 und 1981-2010 dar. Bei allen drei Perioden ist ein deutlicher Gradient zwischen urbanem Gebiet und dem umliegenden Raum zu erkennen. Vor allem in höher gelegeneren Gebieten in Nordosten und Westen der Stadt ist ein deutlicher Gradientenunterschied festzustellen. Die Landnutzung beeinflusst die Temperaturverteilung im Stadtgebiet dahingehend sehr stark, dass keine klassische Innenstädtische Wärmeinsel vorliegt, sondern eine Anhäufung kleiner Gebiete mit erhöhter Wärmebelastung ersichtlich ist. In den Gewerbe- und Industriegebieten, welche einen hohen Grad an Versiegelung aufweisen, sowie in den ausgedehnten

dicht besiedelten Stadtteilen liegen die wärmsten Gebiete. Im Bereich von Grün- und Parkanlagen sowie rund um den Schlossberg sind kühlere Gebiete vorzufinden (ZAMG 2011b, S. 47).

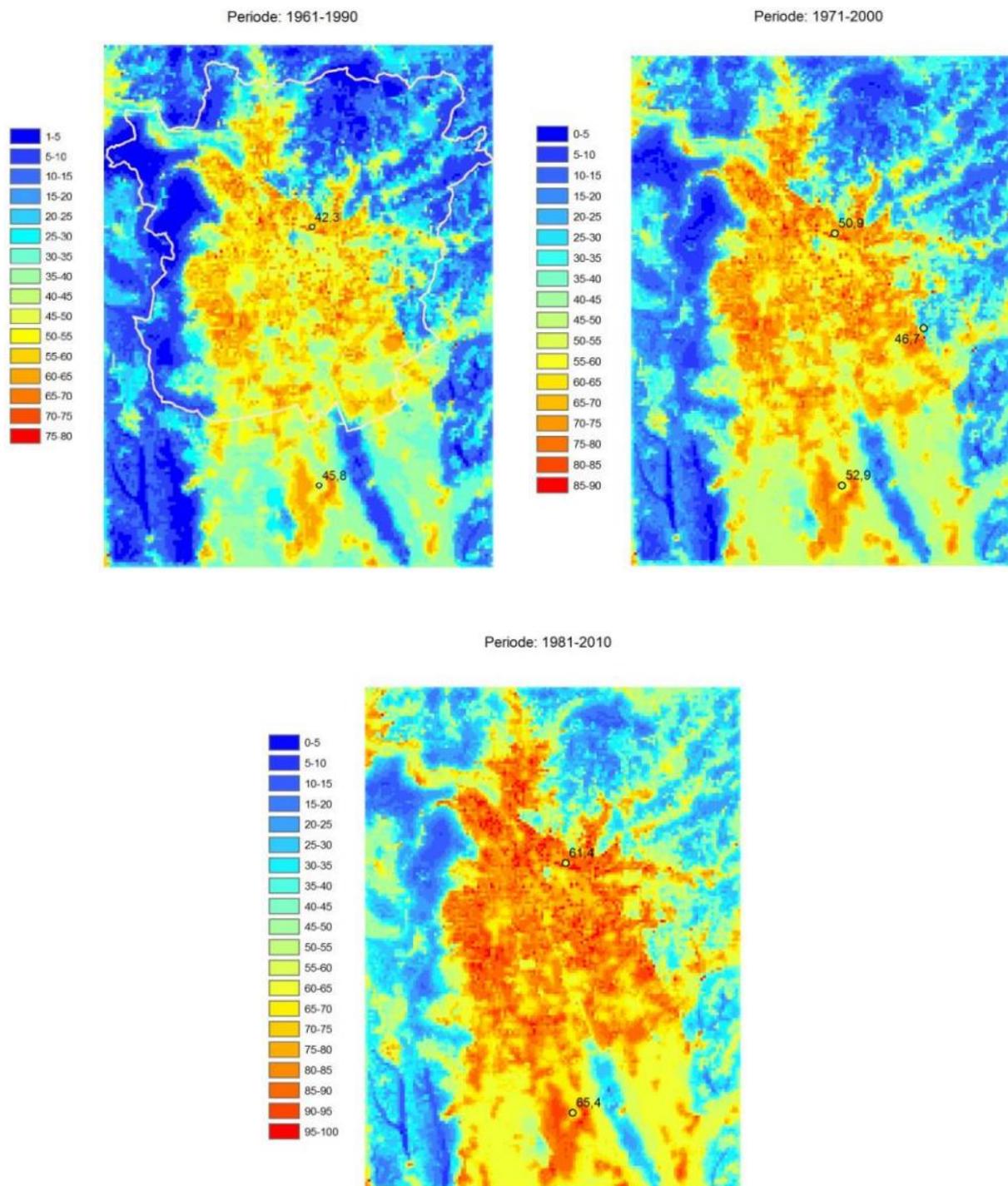


Abbildung 30: Mittlere Anzahl der Sommertage für das Stadtgebiet und die nähere Umgebung von Graz, für die Periode 1961-1990, 1971-2000 und 1981-2010 (ZAMG 2011b)

Die Punkte zeigen die an den Stationen Graz-Universität, Graz-Flughafen und Graz-Messendorfberg gemessene mittlere Anzahl der Sommertage.

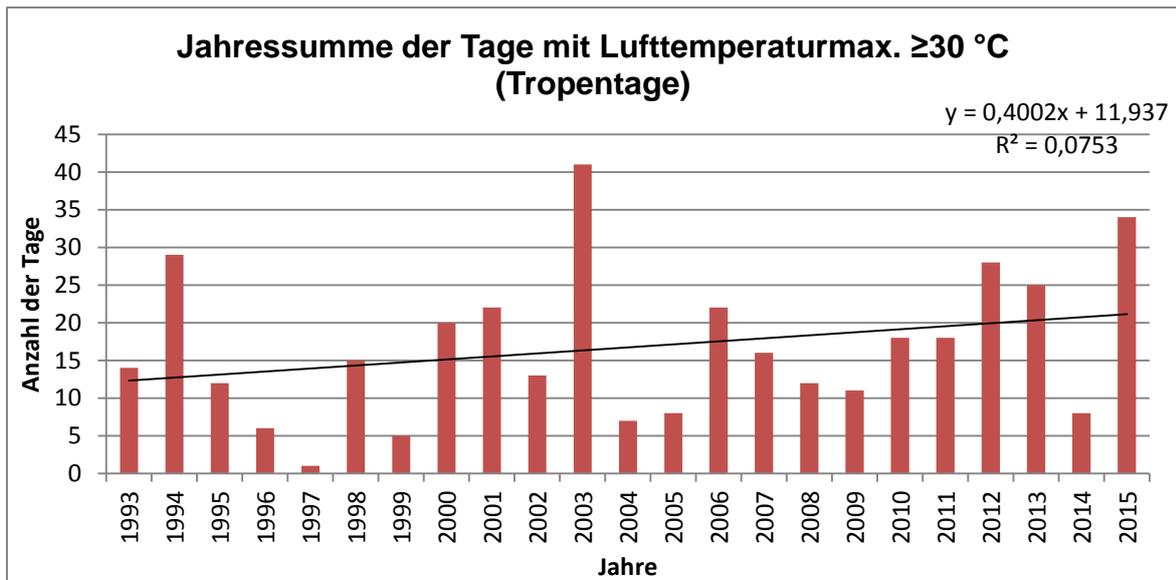


Abbildung 31: Jahressumme der Tropentage (≥30 °C), Graz-Universität (ZAMG 2011a)

Vergleicht man die Periode 1993-2000, bei der die durchschnittliche Anzahl bei 12,8 Tage lag, mit der Periode von 2001-2015, die 18,8 Tage aufwies, sprechen wir von einem durchschnittlichen Anstieg von sechs Tropentagen. Dies deutet abermals auf eine deutliche Veränderung des Klimas im Sinne der Klimaerwärmung hin. Da der Trend künftig anhalten wird, ist eine weitere Zunahme der Tropentage anzunehmen, was zu einer Belastung der Grazer Bevölkerung führt.

Bezüglich der Tropennächte (Minimum über 20 °C) ist ebenfalls eine Häufung in den letzten Jahren zu beobachten. Tropennächte waren im vergangenen Jahrhundert eher die Ausnahme. Wie die folgende Auflistung zeigt, waren es im Jahr 2013 immerhin 13 Nächte mit einem Minimum über 20 °C. Bioklimatisch muss diesem Aspekt des Klimawandels mit einer Zunahme des Wärmestress in Städten besonders Rechnung getragen werden, da in der nächtlichen Erholungsphase selbst durch Öffnen der Fenster kaum eine Abkühlung herbeigeführt wird.

Jahr	Anzahl Tropennächte
1957	5
2001	4
2003	4
2010	5
2012	4
2013	9
2015	7

Tabelle 6: Liste der Jahre mit Tropennächte (Minimum vier Nächte) an der Station Graz-Universität, zu beachten ist die Häufung seit 2010 (LAZAR, SIMPERL & WINTSCHNIG 2015)

Aufgrund der oben dargestellten Diagramme bezüglich des Grazer Stadtklimas kann resultierend gesagt werden, dass der Klimawandel auch vor der Stadt Graz nicht halt macht. Der Trend geht dahingehend weiter, dass es zu einer erneuten Zunahme der Temperatur und Extremereignissen (Trockenperiode, Tropennächte, Überschwemmungen) kommen wird. Dementsprechend müssen neben der Senkung der Treibhausgase, Anpassungsstrategien und Handlungsmaßnahmen für die Stadt Graz oberste Priorität haben. Mögliche Anpassungsstrategien für die Entwicklung des Grazer Stadtklimas werden in den späteren Kapiteln noch genauer behandelt, zuvor wollen wir aber im nächsten Kapitel verdeutlichen, welche möglichen Folgen der Klimawandel für die Stadt Graz und deren Bevölkerung haben kann.

3.6 Mögliche zukünftige Auswirkungen des Klimawandel hinsichtlich der Aktivitätsfelder

Aus den zuvor behandelten regionalen und saisonalen Veränderungen bezüglich des Temperatur- und Niederschlagsverlauf lassen sich auch direkte und indirekte Auswirkungen auf verschiedenste Aktivitätsfelder der Menschheit feststellen. Mögliche zukünftige Auswirkungen werden nachfolgend schlagwortartig aufgelistet. Hierbei ist die regionale Betroffenheit innerhalb Österreichs variabel. Die Aktivitätsfelder sind zwar auf Österreich ausgelegt, können aber ohne weiteres auch auf die Stadt Graz umgelegt werden.

Das Lebensministerium Österreich beschreibt nun folgende Strategien zur Anpassung an den Klimawandel:

„Aktivitätsfeld Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft

- *Tendenz zur Verschiebung des Hochwasserrisikos in den Winter und Frühling im Norden Österreichs; Zunahme von Starkniederschlägen möglich (bisher nicht eindeutig belegt); diskutiert wird eine mögliche Zunahme lokaler Starkniederschläge von kurzer Dauer;*
- *Zunahme der Verdunstung;*
- *Abnahme des Schneeniederschlags und der Schneedeckendauer, früherer Beginn der Schneeschmelze;*
- *Zunahme der Winterniederschläge (besonders im Norden), Abnahme der Sommerniederschläge;*
- *Erhöhung der Abflüsse im Winter (mit Ausnahme des Südens), Reduktion im Sommer (regional unterschiedlich);*
- *Rückgang der Gletscher setzt sich fort. Abflüsse aus Gletscherschmelze dürften um 2040 - 2050 ihr Maximum erreichen;*
- *Erhöhung der Niederwasserabflüsse in den Alpen im Winter, mögliche Reduktion im Flachland im Spätsommer/Herbst;*
- *Erhöhung der Niederwasserabflüsse im Winter, Reduktion im Sommer;*
- *Anstieg der Wassertemperaturen (Oberflächenwässer – besonders im Sommer)*
- *Lokal kann das Geschiebepotenzial im Bereich der Permafrostgrenze zunehmen; regional betrachtet dürfte die Zunahme bei größeren Vorflutern eher klein sein.*
- *im Süden und Osten Österreichs Abnahme der Grundwasserneubildung wahrscheinlich; im Norden und Westen Österreichs könnte sie zunehmen;*
- *Durch die mögliche Zunahme der Verdunstung und Abnahme der Niederschläge im Sommer ist eine Reduktion der Quellschüttungen von oberflächennahen Quellen nicht auszuschließen.*
- *mögliches geringeres Verdünnungspotenzial in Oberflächengewässern im Südosten Österreichs kann zu erhöhten Stoffkonzentrationen führen;*
- *Temperaturerhöhung wird zu Veränderungen der aquatischen Biozöten führen, die Bioregionen werden sich verschieben;*
- *Kleinräumig könnten sich vorhandene Engpässe in der Wasserversorgung in Gebieten mit ungünstigem Wasserdargebot verstärken.*

Aktivitätsfeld Tourismus

- *Anstieg der Jahresmitteltemperatur (Ganzjahres-Tourismus);*
- *Veränderung der Niederschlagsmengen und ihrer saisonalen Verteilung – Abnahme der Niederschlagshäufigkeit während der Sommermonate und Zunahme in den Wintermonaten;*
- *Abnahme des Schneeanteils in tiefen und mittleren Lagen, Rückgang der Schneesicherheit;*
- *Abnahme der Eis- und Frosttage;*
- *Zunahme der Tage ohne durchgehende Schneedecke im Gebirge;*
- *Auftauen der Permafrostböden kann zu Instabilität von Infrastruktureinrichtungen und zu Steinschlaggefahr führen;*
- *Rückgang der Gletscher beeinflusst das Landschaftsbild;*
- *erhöhter Druck auf Gletscher durch schlechtere Bedingungen in Schigebieten niedriger Lagen möglich;*
- *Anstieg der Wassertemperaturen (längere „badetaugliche“ Temperaturen);*
- *mögliche Belastung der Wasserqualität der Seen (z. B. durch Algen) bei höheren Temperaturen;*
- *relative klimatische Begünstigung des Alpenraums gegenüber insb. Mittelmeerdestinationen im Sommer;*
- *verstärkte Hitzeperioden bzw. Anstieg an Hitzetagen (über 30 °C) im Sommer (z. B. Städtetourismus – Flucht aus urbanen Räumen in umliegende Gebiete);*
- *Rückgang der Artenvielfalt (Flora und Fauna) führt zu einer Veränderung des Landschaftsbildes.*

Aktivitätsfeld Energie – Fokus Elektrizitätswirtschaft

- *Erhöhung der Niederwasserabflüsse im Winter und früherer Beginn der Schneeschmelze;*
- *an voralpinen Gewässern: erhöhte Ausprägung der Niederwasserperioden im Sommer und Herbst;*
- *an alpinen Gewässern: eventuell im Spätsommer längere Niederwasserperioden, wobei in den vergletscherten Gebieten der Sommer- und Herbstabfluss sogar*

kurz-bis mittelfristig steigen wird, da die Gletscherschmelze zum Abfluss beiträgt. Langfristig wird aber auch hier durch den voranschreitenden Gletscherrückgang mit sinkendem Wasserangebot zu rechnen sein;

- *Anstieg der Wassertemperaturen vor allem während sommerlicher Trockenperioden;*
- *Gletscher- und Permafrostrückgang und dadurch erhöhter Geschiebeanteil;*
- *mögliche Veränderung des Winddargebots;*
- *mögliche Veränderung der Solareinstrahlung;*
- *mögliche Veränderung im Dargebot biogener Stoffe zur energetischen Nutzung;*
- *Abnahme des Heizenergiebedarfs und Zunahme des Kühlenergiebedarfs; Veränderungen der Anzahl der Heiz- und Kühlgradtage;*
- *mögliche Veränderungen im Angebot von erneuerbaren Energieträgern (z. B. Windenergie, Solarenergie, Biomasse).*

Aktivitätsfeld Bauen und Wohnen

- *steigende Durchschnittstemperaturen und Temperaturmaxima;*
- *Vermehrtes Auftreten von Hitzewellen führt zu einer Zunahme der Hitzebelastung; speziell für urbane Regionen wird eine Verstärkung des Wärmeinseleffekts erwartet.*
- *Erhöhung der temperaturbedingten physikalischen Beanspruchung von Gebäuden;*
- *Zunahme der nächtlichen Temperaturminima von über 20 °C;*
- *regional unterschiedliche Zunahme der Niederschlagsintensität;*
- *Verlagerung des Hochwasserrisikos in den Winter und Frühling – eine generelle Aussage über die Veränderung des Hochwasserrisikos für ganz Österreich ist derzeit nicht möglich;*
- *Erhöhte Schneelasten sind in höheren Lagen zu erwarten und können für tiefere und mittlere Lagen infolge zunehmender Klimavariabilität nicht ausgeschlossen werden.*
- *Derzeit sind noch keine belastbaren Aussagen zu Extremereignissen wie Sturm- und Hagelhäufigkeit möglich (erhöhter Forschungsbedarf notwendig).*

- *Regional unterschiedlich zunehmende Starkniederschläge sowie Auftauen von Permafrost können im alpinen Raum vermehrt zu Muren, Steinschlag, Felssturz und Rutschungen sowie im Winter vermehrt zu Lawinenabgängen führen.*
- *erhöhtes Risiko von Wald- und Flächenbränden infolge von Hitzewellen.*

Aktivitätsfeld Gesundheit

- *Vermehrtes Auftreten von Hitzewellen führt zu einer Zunahme der Hitzebelastung; speziell für urbane Regionen wird eine Verstärkung des Wärmeinseleffekts erwartet.*
- *Erreichen neuer Temperaturmaxima in Flachlandbereichen Österreichs;*
- *Zunahme der nächtlichen Temperaturminima von über 20 °C, insbesondere während Hitzeperioden;*
- *Zunahme der thermophysiologischen Belastung an heißen Tagen und bei Hitzeperioden;*
- *Zunahme der Mortalitätsrate bei Hitzeperioden, insbesondere bei Risikogruppen;*
- *mögliche Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit an heißen Tagen und während Hitzeperioden;*
- *Veränderung der Ausbreitungs- und Übertragungsbedingungen von Vektoren und Krankheitserregern;*
- *mögliche verstärkte Ausbreitung allergener Pflanzen und Tiere;*
- *Belastbare Aussagen über die Zunahme an extremen Wetterereignissen wie Sturm- und Hagelhäufigkeit sowie Starkniederschläge und Hochwässer sind derzeit nicht möglich. Häufigere Extremereignisse erhöhen das Risiko für Verschüttungen, Verletzungen, dauerhafte Behinderungen bis hin zu Todesfällen.*
- *Als sekundäre gesundheitliche Folgen nach Extremereignissen sind Stress und psychische Störungen sowie Schimmelpilzbefall in Wohnräumen bei Feuchtschäden möglich.*
- *Sommerliche Hochdruckwetterlagen können die Bildung von Luftverunreinigungen begünstigen. Höhere Temperaturen können die Vermehrung von Mikroorganismen in Lebensmitteln begünstigen und zu einer Zunahme an lebensmittelbedingten Infektionen führen.*
- *mögliche bakteriologische Beeinträchtigung der Trinkwasserqualität durch einen Anstieg der Wassertemperaturen.*

Aktivitätsfeld Ökosysteme/Biodiversität

- *Anstieg der Jahresmitteltemperatur;*
- *Höhere Temperaturen führen direkt zu einer Verlängerung der Vegetationsperiode und damit zu einem früheren Einsetzen und einem späteren Ende der Transpiration der Pflanzen.*
- *Zunahme der Häufigkeit von Trockenperioden;*
- *Veränderung der Niederschlagsmengen und ihrer saisonalen Verteilung – Abnahme der Niederschlagshäufigkeit während der Sommermonate und Zunahme in den Wintermonaten (regionale Differenzierung notwendig);*
- *Hitzebelastung von Pflanzen speziell in Kombination mit Trockenheit;*
- *vermutlich Abnahme des Bodenwassergehaltes und damit erhöhter Trockenstress im Süden und Osten Österreichs;*
- *erhöhtes Risiko zur Verringerung der Artenvielfalt;*
- *Veränderung der Artenzusammensetzung;*
- *Abnahme des Schneeanteils in tiefen und mittleren Lagen, Rückgang der Schneesicherheit;*
- *Abnahme der Eis- und Frosttage;*
- *Anstieg der Wassertemperaturen vor allem während sommerlicher Trockenperioden;*
- *Verschiebung von Arealgrenzen entlang von Höhen- und Feuchtegradienten;*
- *Änderungen in der Artenzusammensetzung in Lebensgemeinschaften und Biotopen;*
- *Verlust von Lebensräumen und Arten;*

Aktivitätsfeld Verkehrsinfrastruktur

- *Steigende Hitzebelastung kann zu Material- und Strukturschäden sowie zu Verformungen an Straßenbelägen und der Schieneninfrastruktur führen.*
- *bei Hitzewellen erhöhtes Ausfallsrisiko der elektronischen Ausstattung (Signalanlagen);*

- *Veränderung der Niederschlagsmengen und ihrer saisonalen Verteilung – Abnahme der Niederschlagshäufigkeit während der Sommermonate und Zunahme in den Wintermonaten;*
- *Tendenz zur Verschiebung des Hochwasserrisikos in den Winter und Frühling im Norden Österreichs;*
- *Erhöhung der Abflüsse im Winter (mit Ausnahme des Südens), Reduktion im Sommer (regional unterschiedlich);*
- *Zunahme von Starkniederschlägen möglich (bisher nicht eindeutig belegt); diskutiert wird eine mögliche Zunahme lokaler Starkniederschläge von kurzer Dauer;*
- *Starkniederschläge können zur Überlastung von Drainagesystemen und zur Flutung von Unterführungen führen.*
- *Erosion und Unterspülungen können die Stabilität von Bahndämmen und Gleisbett gefährden.*
- *zunehmendes Risiko für Massenbewegungen (Hangrutschungen, Muren);*
- *Abnahme des Schneeniederschlags und der Schneedeckendauer, früherer Beginn der Schneeschmelze;*
- *Abnahme des Schneeanteils in tiefen und mittleren Lagen; Rückgang der Schneesicherheit;*
- *Zunahme der Schneemenge in Höhenlagen von über 1.800 m, was regional eine erhöhte Gefahr von Lawinen mit sich bringen kann;*
- *Zunahme der Tage ohne durchgehende Schneedecke im Gebirge;*
- *Abnahme der Eis- und Frosttage;*
- *Auftauen der Permafrostböden kann zu Instabilität von Infrastruktureinrichtungen und zu Steinschlaggefahr führen.*
- *Belastbare Aussagen betreffend Stürme sind derzeit noch nicht möglich; Stürme können Schäden an der elektronischen Infrastruktur verursachen.*

Aktivitätsfeld Wirtschaft/Industrie/Handel

- *Höhere Temperaturen und Hitzewellen erhöhen den Kühlungsbedarf für die Lagerung und den Transport verschiedener Produkte.*

- *Höhere Temperaturen und Hitzewellen beeinträchtigen die Arbeitsbedingungen (Rückgang der Produktivität, Gefährdung der Gesundheit und Arbeitssicherheit).*
- *Veränderungen im Konsumverhalten durch steigende Temperaturen und längere Hitzeperioden (z. B. Getränke);*
- *Abnahme der Verfügbarkeit von Kühlwasser bei Hitzewellen/Dürren kann kühlungsintensive Produktion sowie Energieerzeugung beeinträchtigen;*
- *mögliche Änderungen in der Verfügbarkeit von Rohstoffen und Vorprodukten durch geänderte Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse kann Auswirkungen auf die gesamte Wertschöpfungskette mit sich bringen;*
- *regional unterschiedliche Wasserverfügbarkeit durch Änderungen der Niederschlagsmengen und ihrer saisonalen Verteilung – Abnahme der Niederschlagshäufigkeit während der Sommermonate und Zunahme in den Wintermonaten;*
- *Potenziell zunehmende Extremereignisse und extreme Witterungsperioden können massive Schäden der betrieblichen Infrastruktur und bei der Produktion verursachen (Gefahr von Liquiditätsengpässen bei Unternehmen und Versicherungen).*
- *Niederschlags- und temperaturinduzierte Extremereignisse (Sturm, Hagel, Überschwemmungen und Massenbewegungen, Hitzewellen in Verbindung mit Dürre) können zu Engpässen in der Energieversorgung führen und somit die Produktion behindern bzw. ggf. zu Produktionsausfällen führen.*
- *Beeinflussung der betriebsinternen Logistik durch eventuell vermehrt auftretende Extremereignisse, Beeinträchtigungen der Transport- und Lagerinfrastruktur;*
- *Durch die globale Vernetzung werden sowohl die Zulieferung für die Produktion in Österreich als auch der Absatz österreichischer Produkte durch Klimafolgen in anderen Erdteilen betroffen sein.*
- *Sowohl Klimaschutzauflagen als auch Klimaänderungen können zu Produkt- und Verfahrensinnovationen führen – etwa in der Dämmstoffindustrie, bei Kühlmitteln, neuen Baustoffen, regenerativen Energien – oder auch beim Hochwasserschutz, bei Hangstabilitätsmaßnahmen und anderen Formen der Anpassung.*

Aktivitätsfeld Stadt – urbane Frei- und Grünräume

- *Vermehrtes Auftreten von Hitzewellen führt zu einer Zunahme der Hitzebelastung; speziell für urbane Regionen wird eine Verstärkung des Wärmeinseleffekts erwartet.*
- *Zunahme thermischer Extremwerte und Erreichen neuer Temperaturmaxima in Flachlandbereichen Österreichs;*
- *Zunahme der nächtlichen Temperaturminima von über 20 °C, insbesondere während Hitzeperioden;*
- *Zunahme der thermophysiologischen Belastung an heißen Tagen und bei Hitzeperioden;*
- *Zunahme der Mortalitätsrate bei Hitzeperioden insbesondere bei Risikogruppen;*
- *mögliche Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit an heißen Tagen und während Hitzeperioden; Verstärkung des thermischen Stadtklimaeffektes durch erhöhten Strombedarf bei Hitzewellen (Gebäudeklimatisierung);*
- *Sommerliche Hochdruckwetterlagen können die Bildung von Luftverunreinigungen begünstigen.*
- *Verlagerung des Hochwasserrisikos in den Winter und Frühling – eine generelle Aussage über die Veränderung des Hochwasserrisikos für ganz Österreich ist derzeit nicht möglich;*
- *Veränderung der Niederschlagsmengen und ihrer saisonalen Verteilung – Abnahme der Niederschlagshäufigkeit während der Sommermonate und Zunahme in den Wintermonaten;*
- *häufigere Sommergewitter und Starkregenereignisse mit Starkregenabflussspitzen;*
- *Belastbare Aussagen betreffend Stürme sind derzeit noch nicht möglich; Stürme können Schäden an der elektronischen Infrastruktur verursachen.*
- *Veränderungen der urbanen Pflanzen- und Tierwelt und Ausbreitung wärmeliebender Pflanzen und Tierarten, insbesondere von Neobiota;*
- *Abnahme der Verdunstungsleistung der Vegetation;*
- *Verlängerung der Vegetationsperiode;*
- *erhöhte Anfälligkeit der Vegetation bei Trockenperioden“*

(BMLFUW 2012a, S. 32-37)

4. Anpassung und Vulnerabilität

4.1 Was verstehen wir unter Anpassung?

Unter Anpassung versteht man Initiativen und Maßnahmen, die gesetzt werden, um *„die Empfindlichkeit natürlicher oder menschlicher Systeme gegenüber tatsächlichen oder erwarteten Auswirkungen der Klimaänderung zu verringern“* (IPCC 2007).

Laut BMLFUW (2012a) ermöglichen Anpassungsmaßnahmen bestenfalls die Verwundbarkeit dem Klimawandel gegenüber zu verringern, bzw. die Widerstandsfähigkeit (Resilienz) zu erhöhen. Weiters ergeben sich dadurch Chancen, um auf veränderte klimatische Bedingungen reagieren zu können. Anpassung kann auf verschiedenste Arten von statten gehen und auf unterschiedlichsten Ebenen stattfinden. Sie kann vorausschauend (pro-aktiv) oder auf Klimaveränderungen reagierend (reaktiv) sein. Weiters kann sie auf privater oder öffentlicher Seite diskutiert, sowie geplant oder autonom sein. Es steht uns grundsätzlich ein großes Spektrum an unterschiedlichsten Anpassungsmöglichkeiten zur Auswahl. Maßnahmen, die der Anpassung dienen sollten, können sich grob in drei Kategorien einteilen lassen (EK 2009):

1. „graue“, technische Maßnahmen (beispielsweise technische Anlagen zum Hochwasserschutz oder zur Hangstabilisierung);
2. „grüne“ Maßnahmen, die darauf abzielen mögliche Klimawandelauswirkungen zu stabilisieren, die natürlichen Funktionen von Ökosystemen zu erhalten oder zu verbessern; durch diese Maßnahmen werden „Resilienzen“ geschaffen
3. „softe oder smarte“ Maßnahmen, deren Aktivitäten in eine Bewusstseinssteigerung münden und auf Wissenszuwachs bestehen, sowie ökonomische Anreize schaffen und institutionelle Rahmenbedingungen für die Anpassung bereitstellen.

Diese Definition mag eindeutig erscheinen, jedoch folgen in der Praxis immer wieder Abgrenzungsschwierigkeiten. In diesem Zusammenhang sind nämlich auch Maßnahmen unabdingbar, die auf einen nachhaltigen Umgang mit Wasser und Boden abzielen, auch ohne zwingend auf die Folgen des Klimawandels Rücksicht zu nehmen. Fakt ist allerdings, dass Klimaveränderungen den Druck auf natürliche Ressourcen erhöhen, sodass wiederum auch solche Handlungsmaßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel von Vorteil sind. Die Unterscheidung der Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel von derartigen Maßnahmen, die beispielsweise dem Klima- oder Umweltschutz oder ferner der nachhaltigen Entwicklung dienen, ist nicht immer gegeben und dient auch nicht dem eigentlichen Zweck (BMLFUW 2012a, S. 16).

4.2 Synergieeffekte und Zielkonflikte von Handlungsmaßnahmen

Bei einer Umsetzung solcher Maßnahmen im Zuge des Klimawandels wie wir sie in unserer Diplomarbeit beschrieben haben, treten immer wieder Zielkonflikte und Synergieeffekte im Rahmen der Stadtplanung und -entwicklung auf. Diese entstehen aufgrund verschiedenster Anliegen aus unterschiedlichsten kommunalen Aufgabenbereichen. Daher sind eine ressort-übergreifende Zusammenarbeit sowie eine integrierte Stadtplanung, um Zielkonflikte abzuwehren als auch Synergieeffekte zu nutzen, wünschenswert. Hier gilt es die unterschiedlichsten Belange und Ziele einander abzuwägen und nachhaltige Entscheidungen in Bezug auf die Stadtplanung und ihre Entwicklung zu treffen.

Zielkonflikte

Politische Ziele und Maßnahmen, die getroffen werden um sich den Klimaveränderungen anzupassen, stehen sich oft gegenüber. Zielkonflikte ergeben sich meist aufgrund konkurrierender Flächen- und Raumnutzungsansprüche:

- Klimaschutz: Hierbei konkurriert das Ziel zur Minderung der städtischen Überhitzung, durch Schaffung hoher Freiflächenanteile sowie Frischluftschneisen, mit dem Klimaschutzkonzept, welches auf kompakte, verkehrs- und energiesparende Siedlungsstrukturen setzt. Problematisch in Hinblick auf Klimaschutzziele ist beispielsweise auch die Nutzung von

Klimaanlagen zur Gebäudekühlung, sofern deren Energiebedarf nicht durch regenerative Energiequellen gedeckt ist.

- Lärmschutz: Die Schaffung klimawirksamer Freiflächen durch Auflockerung von Blockrand- oder Zeilenbebauung erhöht den Umgebungslärm stark befahrener Straßen, Bahntrassen oder Gewerbegebieten.
- Innerstädtische Nachverdichtung: Ihr steht das Ziel der Schaffung oder Erhaltung klimatisch hochwertiger, unversiegelter Freiflächen im Innenstadtbereich gegenüber.

(KUTTLER, DÜTEMEYER & BARLAG 2012, S. 47)

Zielkonflikte können weiters in Zusammenhang von Begrünungsmaßnahmen mit der Belüftungssituation einer Stadt auftreten:

- Bäume im Straßenraum: Sie dienen einerseits als Schattenspender mit Kühleffekt (Verdunstungskälte) und reduzieren gleichzeitig Schadstoffe. Gleichzeitig wirken sie als Strömungshindernisse der Durchlüftung entgegen, besonders in geschlossenen Straßenschluchten. Zusätzlich zur Schadstoffbelastung, soll in stark frequentierten Straßen der Baumabstand so gewählt werden, dass ein Kronenschluss vermieden wird, denn ein dichter Baumbestand beeinträchtigt u. a. durch Schattenwirkung die Effizienz möglicher vorhandener Photovoltaikanlagen.
- Bewässerung: Die künstliche Bewässerung von Grünflächen in Hitzephasen für die notwendige hitzemindernde Verdunstung kann im Konflikt mit der Wasserversorgung (Trink- und Brauchwasser) stehen. Als Lösungsmöglichkeit wäre hier die Verwendung lokaler Grundwässer denkbar. Ferner besteht die Möglichkeit der Anpflanzung trockenresistenter Pflanzenarten.
- Dachbegrünung: Bei ungenügender Gebäudestatik stehen sich eine Dachbegrünung und die Installation von Sonnenkollektoren oder Photovoltaikanlagen als Zielkonflikt gegenüber.

(KUTTLER, DÜTEMEYER & BARLAG 2012, S. 48)

Synergieeffekte

Nebst den Anpassungsmaßnahmen an die Folgen des Klimawandels gibt es außerhalb von Zielkonflikten noch weitere wichtige Handlungsfelder die von Nutzen sind. Solche Synergieeffekte können nun gezielt genutzt und in der formellen und informellen Planung berücksichtigt werden.

Synergieeffekte in Zusammenhang mit Begrünungsmaßnahmen:

- Maßnahmen die zur Pflanzung getroffen werden, tragen nicht nur zur Kühlung der Innenstadt bei, es wird durch den Rückhalt des Regens auch das Überschwemmungsrisiko minimiert. Weiters führen innerstädtische Begrünungen zur Reduktion von Windböen und verhindern in den Wintermonaten eine zu starke Auskühlung der Gebäude, was sich wiederum markant im Heizenergieverbrauch widerspiegelt (FLEISCHHAUER & BORNEFELD 2006).
- Pflanzen führen zur Verbesserung der Lufthygiene und steigern Aufenthalts- und Lebensqualität einer Stadt. Parks und Grünflächen dienen der Spurenstofffilterung und ermöglichen ferner eine Verbesserung der thermischen Niveaus durch Verdunstungseffekte.
- Dach- und Fassadenbegrünungen dienen als Wasserspeicher, sodass Regenrückhalteflächen eingespart werden können. Sie vermindern eine zu starke Aufwärmung im Sommer und erhöhen die Dämmleistung im Winter. Somit tragen sie nicht nur den Klimaschutz bei, sondern führen auch zu Energieeinsparungen bei gleichzeitiger Verbesserung den Innenraumklimas.

(KUTTLER, DÜTEMEYER & BARLAG 2012, S. 49)

Synergien – Maßnahmen zur Flächenentsiegelung und des Niederschlagrückhaltes

- Durch Flächenentsiegelungen ist eine erhöhte Versickerung von Regenwasser gewährleistet und durch die Bildung von Boden und Grundwasser wird zur Verminderung von Wärmebelastungen aufgrund von Verdunstung beigetragen. Zusätzlich wird der Starkregenabfluss gewährleistet und eine Überschwemmungsgefahr vermieden.

- Handlungsmaßnahmen zur Wasserspeicherung (Regenrückhaltung) steigern das menschliche Wohl und verringern Hitzestress. Wasser in Form von offenen Flächen erhöhen den Freizeitwert einer Stadt und sorgen für ausgeglichene Temperaturen

Somit kann gesagt werden, dass viele Maßnahmen, sei es beim Hausbau, nicht nur der Energieeinsparung, sondern vielmehr dem Klimaschutz dienen, sowie eine positive Wirkung auf die Klimawandelanpassung erzeugen. Wärmedämmung reduziert nicht nur Energieverluste der Heizung im Winter, sondern bewirkt auch eine übermäßige Aufheizung der Fassaden in den Sommermonaten. Generell kann gesagt werden, dass eine Wärmedämmung (in welcher Form auch immer – im besten Falle durch Pflanzen) zur Reduzierung eines Wärmeverlustes führt, die Verringerung des Wärmeinseleffekts einer Stadt forciert und gleichzeitig zu Synergien mit dem Schallschutz führt. Selbst Stadterneuerungsprozesse sollten dafür genutzt werden, sich dem Klimawandel mit den dementsprechenden Maßnahmen anzupassen. Schrumpfungsprozesse aufgrund des demographischen Wandels sollten Anregungen schaffen, um klimawirksame Freiräume zu entwickeln und eine Steigerung der Umwelt- und Lebensqualität zu erreichen. Städtebauliche Rückbaumaßnahmen sollten so eingesetzt werden, dass sie die Grünflächennutzung erhöhen, indem man brachliegende Flächen oder bauliche Strukturen „aufwertet“ (KUTTLER, DÜTEMEYER & BARLAG 2012, S. 49-50).

4.3 Abschätzung der Vulnerabilität für Österreich

Der Klimawandel, dessen Folgen sowie Art, Ausmaß und die räumliche Auswirkung hängen sehr stark von der Verwundbarkeit (Vulnerabilität) einer Stadt oder Region ab. Weiters sind dadurch auch Klimaänderungen eines bestimmtes Systems oder eines Aktivitätsfeldes abhängig. Zur Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen, müssen Bedarf, Art, Umfang sowie Notwendigkeit richtig eingeschätzt werden. Es herrscht ein eindeutiger Konsens darüber, dass ausreichendes Wissen zur Vulnerabilität unabdingbar ist (BMLFUW 2012b, S. 14).

Vulnerabilitätsabschätzung

Eine Definition zur Vulnerabilität liefert der IPCC (2007):

*„Die **Vulnerabilität** (Verwundbarkeit) gibt an, inwieweit ein System für nachteilige Auswirkungen der Klimaänderungen (inklusive Klimaschwankungen und -extreme) anfällig ist bzw. nicht fähig ist, diese zu bewältigen. Die Vulnerabilität eines Systems leitet sich ab aus dem Charakter, der Größenordnung und der Geschwindigkeit der Klimaänderung und -abweichung (**Exposition**) sowie aus der Empfindlichkeit (**Sensitivität**) des betroffenen Systems und dessen Fähigkeit, sich den veränderten Bedingungen anzupassen (**Anpassungskapazität**).“*

Somit lässt sich festhalten, dass die Verwundbarkeit einer Region oder eines Aktivitätsfeldes gegenüber den Auswirkungen von Klimaänderungen sehr stark von der jeweiligen regionalen Ausgangssituation abhängt. Laut IPCC wird sie überwiegend von drei Komponenten bestimmt:

1. Die **Exposition** bringt zum Ausdruck, wie stark eine Region/ein System durch Änderungen von Klimaparametern (Niederschlag, Temperatur) betroffen ist.
2. Die **Sensitivität** spiegelt die Empfindlichkeit des betroffenen Systems wider. Verbindet man nun Exposition und Sensitivität erlaubt dies einem die Abschätzung **potenzieller** (Klimawandel-) **Auswirkungen** bezogen auf das Mensch-Umwelt-System (siehe Abbildung 32).
3. Die **Anpassungskapazität** dient als Maß und befähigt ein System, durch mögliche Planung sowie dessen Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen, die veränderten Bedingungen abzuschwächen oder auch zum Vorteil nutzen zu können (METZGER & SCHRÖTER 2006).

Die drei Komponenten der Vulnerabilität sind eng miteinander verknüpft. Gegenüber dem Klimawandel stark exponierte und sensitive Systeme, die aber gleichzeitig eine hohe Anpassungskapazität aufweisen, können deutlich weniger verwundbar sein als gering sensitive Systeme bei fehlender Anpassungskapazität. Angaben zur Anpassungskapazität an sich liefern noch keine Aussage zur Umsetzung bzw. zum Umsetzungsgrad möglicher Anpassungsmaßnahmen. Werden Maßnahmen nicht

rechtzeitig implementiert, führt dies zu einer Erhöhung der Verwundbarkeit. Eine entscheidende Rolle in der Umsetzung kommt neben ausreichendem Wissen und Know-how auch ökonomischen und technologischen Ressourcen, insbesondere dem politischen Willen, zu (BMLFUW 2012b, S. 15).

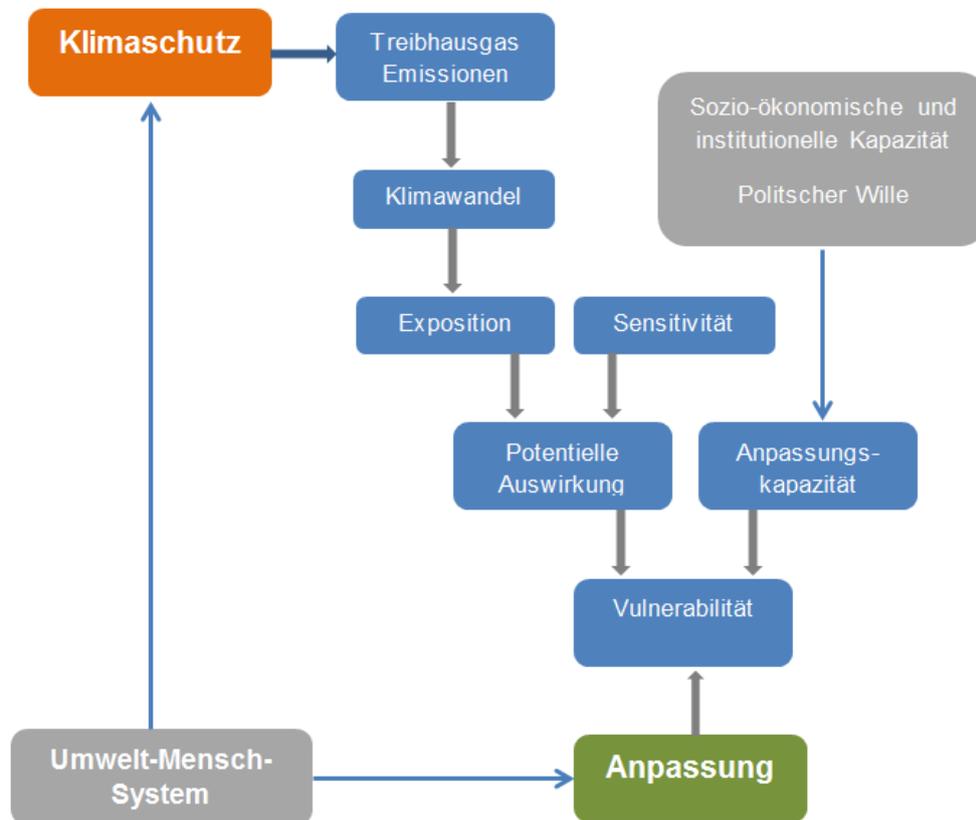


Abbildung 32: Vulnerabilität im Kontext mit Klimaschutz und Anpassung; (Eigene Darstellung nach BMLFUW 2012b, S. 15 laut ISOARD, GROTHMANN & ZEBISCH 2008)

Es herrscht eine starke Abhängigkeit der drei Komponenten der Verwundbarkeit. Das BMLFUW (2012b) beschreibt, dass „...gegenüber dem Klimawandel stark exponierte und sensitive Systeme, die aber gleichzeitig eine hohe Anpassungskapazität aufweisen, können deutlich weniger verwundbar sein als gering sensitive Systeme bei fehlender Anpassungskapazität.“ Angaben zur Anpassungskapazität sind noch lange nicht mit dem Umsetzungsgrad möglicher Anpassungsmaßnahmen gleichzusetzen. Ohne baldige Implementierung solcher Maßnahmen führt dies zu einer Erhöhung der Vulnerabilität eines Systems. Technologischen Ressourcen, sowie ausreichend Wissen und Know-how wird die gleiche Bedeutung zugeschrieben wie dem politischen Willen. (BMLFUW 2012b, S. 15).

4.4 Bewertung der Vulnerabilität

Die Einschätzung der Verwundbarkeit erfolgt nach den Kategorien gering – mäßig – hoch vulnerabel. Es kann auch vorkommen, dass jene – nach derzeitigem Wissensstand und/oder durch hohe Unsicherheit – nicht einschätzbar ist. Auf eine mögliche Dynamik externer Rahmenbedingungen (politische Situation, demographischer Wandel usw.) in Bezug auf die künftige Verwundbarkeit konnte nicht eingegangen werden. Ein Aktivitätsfeld ist aufgrund der Exposition und Sensitivität nicht als Ganzes beschreibbar, sondern es wird eine Vulnerabilitätsabschätzung auf einzelne Teilbereiche bzw. für bestimmte Regionen getrennt vorgenommen. Laut BMLFUW (2012b) haben die Ergebnisse gezeigt, dass es bei allen Aktivitätsfeldern noch beträchtliche Wissensdefizite und Forschungsbedarf zur Vulnerabilität, insbesondere auf regionaler Ebene, gibt (BMLFUW 2012b, S. 16).

5. Aktivitätsfelder und Handlungsempfehlungen

Dieses Kapitel beschreibt die empfohlenen Handlungsempfehlungen und Maßnahmen, für die in unserer Diplomarbeit ausgearbeiteten 11 Aktivitätsfelder:

- Bauen und Wohnen
- Wirtschaft und Industrie
- Tourismus und Freizeit
- Verkehrsinfrastruktur und Mobilität
- Energie und Versorgung
- Gesundheit und Soziales
- Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft
- Raumordnung/-planung
- Schutz vor Naturgefahren und Katastrophenmanagement
- Ökosysteme und Biodiversität
- Urbane Grünräume

Zu Beginn wird das jeweilige Aktivitätsfeld genauer erläutert, eine mögliche Vulnerabilitätsabschätzung durchgeführt und das Ziel der Anpassung des Aktivitätsfeldes beschrieben. Es folgen diverse Maßnahmen (Handlungsempfehlungen) in tabellarischer Form, die auf die jeweiligen Aktivitätsfelder abgestimmt sind. Ziel dieses 'Maßnahmenkatalogs' ist es sowohl die Notwendigkeit als auch den positiven Nutzen für die Grazer Bevölkerung aufzuzeigen und zu verdeutlichen. Unter anderem soll auch eine genaue Beschreibung der Maßnahme, der Bezug zu anderen Aktivitätsfeldern und die Beschreibung zu involvierenden Lenkungsebenen gegeben werden, um eine Grundlage für mögliche Umsetzungen zu schaffen. Es muss festgehalten werden, dass der Wissensstand bezüglich der Anpassung an den Klimawandel in Hinsicht auf die Aktivitätsfelder unterschiedlich stark ausgeprägt ist.

Aktivitätsfeld – Bauen und Wohnen

Maßnahme	Bezeichnung	Zielsetzung
Sicherstellung des thermischen Komforts in Neubau und Bestandsgebäuden	BW 1	Bei Hitzetagen soll es zu einer Gewährleistung des thermischen Komforts innerhalb von Gebäuden durch bauliche Maßnahmen kommen.
Erhöhung der Anwendung passiver und (aktiver) Kühlung	BW 2	Passive und aktive Kühlstrategien sollen vor allem im Neubau eingesetzt werden, um eine Überwärmung der Innenräume zu vermeiden
Schutz von Gebäuden gegenüber Extremwetterereignissen durch bauliche Vorkehrungen	BW 3	Neubauten und Altbestände werden gegenüber Extremwetter-ereignisse baulich angepasst
Steigerung des Wasserrückhalts	BW 4	Durch bauliche Maßnahmen sollen lokal Überflutungen im Umfeld von Gebäuden vermieden werden
Normen und Baustandards an den Klimawandel anpassen	BW 5	Mögliche bauliche Anpassungsmaßnahmen in Normen und Baustandards verankern
Anpassung der Wohnbauförderung	BW 6	Umstrukturierung und Anpassung der Wohnbauförderung an die in Zukunft notwendig werdenden Gebäudestandards welche durch den Klimawandel benötigt werden. Daraus resultierend sollten klimagerechte Neubauten entstehen.
Weiterentwicklung des Wissensstandes im Bereich Bauen und Wohnen in Bezug auf die Folgen des Klimawandels	BW 7	Ziel dieser Maßnahme ist es den Wissensstand dahingehend zu verbessern, dass mögliche negative Folgen aufgrund der klimatischen Veränderungen kompensiert werden und somit eine Auswirkung auf die Infrastruktur einer Stadt reduziert wird
Öffentlichkeitsarbeit und Bewusstseinsbildung im Sektor Bauen und Wohnen bezüglich Anpassung der Klimaänderungen	BW 8	Der Gesellschaft wird über das Thema Folgen des Klimawandels und deren daraus resultierenden Anpassungsmaßnahmen sensibilisiert und aufgeklärt
Berücksichtigung der Zunahme feuchter Winter im Gebäudebestand Bereich Bauen und Wohnen*	BW 9	Verhinderung von erhöhten Verschleiß und erhöhtes Wachstumspotenzial von bausubstanzzerstörenden Pilzen, Fäulnis- oder Feuchteschäden
Dachbegrünungen	BW 10	Durch Dachbegrünungen soll eine Verringerung der Gebäudeoberflächen und der Lufttemperatur in unmittelbarer Umgebung stattfinden.
Fassadenbegrünungen	BW 11	Ähnlich der Dachbegrünung hat auch die Fassadenbegrünung einen positiven Effekt auf die therm. und lufthygien. Situation der Gebäude.

Nachhaltiger Bebauungsplan, Flächennutzung und Vermeidung weiterer Bodenversiegelung	BW 12	<p>Durch nachhaltige Planung soll es zu Vermeidung von neuen Bodenversiegelungen und Zersiedelung von Flächen kommen. Somit erhöht sich die Widerstandsfähigkeit gegenüber Extremwetterereignissen (Starkregen, Hitze etc.).</p> <p>Oberflächenwasser bei Regenereignissen soll nicht durch die weitere Versiegelung von Böden am Versickern gehindert werden, was vor allem bei Starkregenereignissen zu massiven Problemen führen kann.</p>
Gebäudeoberflächenaufhellung	BW 13	Erhöhung des Albedowertes von Gebäudeoberflächen
Bebauungsstruktur und Gebäudeausrichtung optimieren	BW 14	Optimierung der Gebäudeausrichtung und der Bebauungsstruktur führen zu einer Reduzierung von kleinräumigen Überhitzungen
Leitungsgräben mit minimiertem wärmeleit- und speicherfähigen Material füllen	BW 15	Im Bereich von Trinkwasserleitungen kommt es zu einer verminderten Aufwärmung des Bodens durch Einsatz bestimmter Baumaterialien
Aufhellung und Entsiegelung von Belägen	BW 16	Die Entsiegelung von Oberflächen führt zu einer Erhöhung der Evaporation sowohl als auch zu einer Verminderung der Wärmespeicherung

Tabelle 7: Aktivitätsfeld – Bauen und Wohnen

Aktivitätsfeld – Wirtschaft und Industrie

Maßnahmen	Bezeichnung	Zielsetzung
Gewährleistung von Zulieferung und Transportnetzen (Versorgungssicherheit) und Ausweitung von Lagerbeständen	WI 1	Sicherstellung der Versorgungssicherheit durch regionale Zuliefernetze; Minderung des Ausfallrisikos in der Lieferkette und Gewährleistungen von Qualitätsstandards
Verbesserte Effizienz der energetischen Versorgungssicherheit unter dem Aspekt alternativer/energieeffizienter Technologien	WI 2	Verbesserte Versorgungssicherheit im Bereich Energie durch den verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien, betriebliche Energiegewinnung aus verschiedensten Energiequellen, Ausbau des Netzes sowie der Kraft-Wärme-Koppelung und ertragssteigernder Maßnahmen
Produktion und betriebliche Infrastruktur in Bezug auf die Resilienz stärken	WI 3	Sicherung des Produktionsablaufs und der Lagerhaltung; Funktionierende Logistik auch bei Extremwetterereignissen (Hitze, Hochwasser); Betriebliche Infrastruktur soll gegenüber Extremereignissen (Sturm, Hagel) geschützt sein.
Klimafreunde Produkte, Verfahren und Dienstleistungen	WI 4	Mithilfe der Anpassung von Produkten an den Klimawandel, soll eine weitere Erhöhung der Anpassungssteigerung erzielt werden.

Tabelle 8: Aktivitätsfeld – Wirtschaft und Industrie

Aktivitätsfeld – Tourismus und Freizeit

Maßnahmen	Bezeichnung	Zielsetzung
Entwicklung von Tourismusstrategien im Zuge des Klimawandels	TF 1	Anpassungsmaßnahmen zum Thema Klimawandel in touristischen Rahmenbedingungen und strategischen Überlegungen einbauen.
Klimaschonende Anpassungsmaßnahmen im Bezug auf Basis der Tourismusstrategien	TF 2	Verstärkter Fokus auf Maßnahmen, welche stark zur Senkung der Treibhausgasemissionen beitragen und somit einen Mehrwert für den Betrieb darstellen.
Anpassung der Saisonzeiten für Freibäder	TF 3	Verlängerung der Badesaison entsprechend der sich zu erwartenden veränderten Sommerperioden.
Ganzjahrestourismus ausbauen, Schaffung neuer Angebote sowie den Städtetourismus in Graz fördern	TF 4	Die Stadt Graz soll in Zukunft noch weiter gezielt als Ganzjahresdestination gefördert werden und sich somit weiter als Hauptanlaufstelle im Bundesland Steiermark für den Ganzjahrestourismus etablieren.

Tabelle 9: Aktivitätsfeld – Tourismus und Freizeit

Aktivitätsfeld – Verkehrsinfrastruktur und Mobilität

Maßnahmen	Bezeichnung	Zielsetzung
Vermehrter Ausbau von Frühwarn- und Informationssystemen	VM 1	Das Vorsorgeprinzip im Bereich Verkehrsinfrastruktur wird gegenüber Extremwetterereignissen ausgebaut.
Gewährleistung eines funktionsfähigen Verkehrssystems	VM 2	Die Anpassung der Verkehrsinfrastruktur an klimatische Veränderungen um die Funktionsfähigkeit der Verkehrssystems aufrecht zu erhalten und eine Versorgungssicherheit der Bevölkerung zu generieren.
Gewährleistung des thermischen Komforts	VM 3	Die thermische Belastung soll in Siedlungsräumen, Verkehrsträgern und Betriebsgebäuden verringert werden.
Hitzebelastungen in öffentlichen Verkehrsmitteln reduzieren	VM 4	Durch geeignete Klimatisierung in öffentlichen Verkehrsmitteln soll die thermische Belastung für Fahrgäste und Personal reduziert werden. Weiters soll dadurch eine Steigerung der Betriebssicherheit in längeren Hitzeperioden stattfinden.
Klimagerechte Haltestellen	VM 5	Haltestellen des öffentlichen Verkehrs werden an die klimatischen Bedingungen angepasst und somit klimagerecht ausgerüstet.
Versiegelte Verkehrsflächen reduzieren (Überflutungsschutz)	VM 6	Die Reduktion von überschüssigen Versiegelungsflächen von Verkehrsinfrastrukturen um lokale Überflutungen zu minimieren.
Überarbeitung der Rechtsnormen von Bau und Betrieb der Verkehrsinfrastrukturen bezogen auf den Klimawandel	VM 7	Die Richtlinien Gesetze und Normen bezogen auf die Verkehrsinfrastruktur sollen auf die möglichen Auswirkungen des Klimawandels angeglichen werden.
Radwege wintertauglich gestalten	VM 8	Das Radwegenetz soll so ausgebaut werden, dass eine ganzjährige Nutzung möglich ist.
Streumittelart optimieren	VM 9	Verringerung des Feinstaubes durch Einsatz abtauender Streumittel.
Umbau vorhandener Schotter-Schwellengleis- und Asphaltbahnkörper zu Rasenbahnkörper	VM 10	Durch den Umbau der Gleiskörper zu Rasengleisen wird der Anteil an Grün- und Ausgleichsflächen innerhalb des Ballungsraumes Graz erhöht.
Asphaltmischungen, die temperaturbeständiger sind	VM 11	Bei Sanierungen und Neubauten sollten hitzebeständige Asphaltmischungen verwendet werden, um ein Verfließen zu verhindern.

Tabelle 10: Aktivitätsfeld – Verkehrsinfrastruktur und Mobilität

Aktivitätsfeld – Energie und Versorgung

Maßnahmen	Bezeichnung	Zielsetzung
Netzinfrasturktur optimieren	EV 1	Die Netzinfrasturktur soll soweit optimiert werden, dass eventuelle vorhersehbare Engpässe und Überkapazitäten vermieden werden.
Informations- und Beratungsangebot über energieeffiziente Maßnahmen für Betriebe erweitern	EV 2	Grazer Unternehmen sollen für die neuen Herausforderungen auf dem Energiesektor sensibilisiert werden.
Erhöhung und Einspeisung dezentraler Energie	EV 3	Die Versorgungssicherheit soll durch die Nutzung regionaler erneuerbarer Ressourcen erhöht werden und die Bevölkerung soll für die Thematik Energie/Versorgung sensibilisiert werden.
Steigerung der Energieeffizienz und Verringerung innerer Lasten	EV 4	Steigende Energieeffizienz führt zu einer Reduzierung des Energieverbrauchs und durch die Senkung der inneren Lasten wird der thermische Komfort gesteigert.
Ausbau und Diversifizierung der Energieversorgung und erneuerbarer Energieträger	EV 5	In Zukunft soll ein flexibles und widerstandsfähiges Energiesystem entstehen. Die Forcierung soll auf Windkraft, Geothermie, Biomasse, Abwärmenutzung, Solarwärme etc. gelegt werden.
Maßnahmen fördern, die zur Senkung des Energieverbrauchs führen	EV 6	Senkung der benötigten Energie vor allem in den Bereichen Gebäudedämmung, Beschattung oder solare Kühlung in Zeiten eingeschränkter Produktionsmöglichkeiten.

Tabelle 11: Aktivitätsfeld – Energie und Versorgung

Aktivitätsfeld – Gesundheit und Soziales

Maßnahmen	Bezeichnung	Zielsetzung
Informieren der Bevölkerung über Ausbrüche von Infektionskrankheiten und über Vorbereitungen auf Extremereignisse	GS 1	Die Bevölkerung sowie koordinierende Einsatzkräfte und verantwortliche Institutionen sollen über Gesundheitsbelastungen, Infektionskrankheiten und Extremereignisse geschult werden.
Richtiger Umgang mit Trockenheit und Hitze	GS 2	Vermeidung von Hitzestress in urbanen Gebieten (Graz), bedingt durch den Hitzeinseleffekt (UHI)
Forschung und Vorbereitung zum Handling von Erregern / Infektionskrankheiten	GS 3	Ausbau des Wissensstandes über die Etablierung und Ausbreitung von Infektionskrankheiten, Krankheitsüberträgern und Erregern sowie deren mögliche Unterdrückung.
Bezüglich der Ausbreitung giftiger und allergener Arten soll ein Risikomanagement erstellt werden	GS 4	Durch die Handlungsmaßnahme soll die Verringerung gesundheitlicher Beeinträchtigung durch giftige, allergene Tiere und Pflanzen stattfinden
Handhabung von UV- Strahlung und Schadstoffen	GS 5	Reduktion möglicher Schädigungen der Gesundheit durch Veränderung der Schadstoffexposition aufgrund Klima-änderungen und Extremereignissen.
Hygiene und Lebensmittelsicherheit verstärken	GS 6	Durch die verstärkte Lebensmittelüberwachung soll die Hygiene und Lebensmittelsicherheit gewährleistet und einwandfreie Lebensmittel für KonsumentInnen sichergestellt werden.
Im Freien beschäftigte ArbeitnehmerInnen schützen	GS 7	ArbeiterInnen, die im Freien tätig sind, müssen durch wirkungsvolle Handlungsmaßnahmen vor übermäßiger Sonneneinstrahlung geschützt werden.
Arbeitsräume vor übermäßiger Sonneneinstrahlung und Wärmeeinwirkung schützen	GS 8	Durch wirkungsvolle Beschattungs- und Abschirmmaßnahmen soll der Schutz gegenüber zu hoher Wärmeeinwirkung und Sonneneinstrahlung erhöht werden.
Ausrichtung des Gesundheitswesens mit dem Fokus auf zukünftige, stärkere Belastungen von Risikogruppen durch den Klimawandel	GS 9	Strategische Anpassung (Raumplanung) von Krankenhäusern und Gesundheitsinstitutionen an den Klimawandel
Denkansätze zum Aufbau eines Monitoringsystems zu klimaassoziierten Erkrankungen	GS 10	Für das vermehrte Auftreten von klimaassoziierten Krankheiten sowie hitzebedingten Erkrankungen sollen klare Handlungs-anweisungen festgelegt und auf ihre Funktionalität hin evaluiert werden.

Tabelle 12: Aktivitätsfeld – Gesundheit und Soziales

Aktivitätsfeld – Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft

Maßnahmen	Bezeichnung	Zielsetzung
Analyse bestehender Daten und Datenerhebung betreffend Wasserverbrauch und Wasserbedarf	WW 1	Der Wissensstand der Ressource Wasser und deren Nutzung hinsichtlich Auswirkungen des Klimawandels erweitern. Zusätzlich sollen Datenerhebungen zum Wasserverbrauch erfolgen, um die Steuerung und Sicherung der Wasserversorgung zu verbessern.
Wasser-Transportsysteme ausbauen und vernetzen	WW 2	Gewährleistung der Trinkwasserversorgung in der Steiermark.
Sicherstellung der Wasserversorgung	WW 3	Durch planerische und technische Maßnahmen soll eine Erhöhung der qualitativen und quantitativen Gewährleistung der Wasserversorgung in Gebieten mit Wasserknappheit entstehen.
Sorgfältiger Umgang mit Wasser (Ressource)	WW 4	Effiziente Spartechnologien und Bewusstseinsbildung sollen zur Schonung der Wasserressourcen in Regionen, die drohende Wasserknappheit aufweisen, führen.
Gewährleistung eines guten Gewässerzustandes (chemisch und ökologisch)	WW 5	Die Sicherstellung und Erreichung eines guten ökologischen Potentials von Gewässern ist zu verfolgen.
Wassertemperatur hinsichtlich wasserwirtschaftlicher Maßnahmen vermehrt berücksichtigen	WW 6	Erhöhte Wassertemperaturen und deren negativer Einfluss auf die Nutzung werden zum Schutz der Gewässer reduziert.
Errichtung von Nutzwassermanagement-Instrumenten	WW 7	Für die unterschiedlichsten Bereiche, wie Landwirtschaft, Tourismus, Industrie, Energiewirtschaft sowie Kühlung und Klimatisierung, ist die Gewährleistung der Nutzwasserversorgung zu garantieren.
Hochwasser(risiko)management	WW 8	Abflussspitzen bzw. Schäden sollen hinsichtlich ihrer Erhöhung vermieden werden; Hochwasserrisikomanagement ist in gefährdeten Gebieten umzusetzen
Straßenentwässerung verbessern	WW 9	Entwässerungssysteme im Sektor Verkehr sind zu verbessern.
Regenwasserbehandlung	WW 10	Die Belastung soll für die Gewässer durch die Regenwasserbehandlung reduziert werden. Infrastruktur durch Oberflächenabfluss (v.a. durch unkontrollierten Abfluss von Regenwasser).
Niederschlagswassergebühr	WW 11	Entlastung der Mischwasserkanäle
Regenwasserbewirtschaftung	WW 12	Es sind Schäden an Gebäuden und Infrastruktur zu verhindern bzw. zu reduzieren, die durch den Oberflächenabfluss (vor allem durch unkontrollierten Regenwasserabfluss) entstehen.

Tabelle 13: Aktivitätsfeld – Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft

Aktivitätsfeld – Raumordnung/-planung

Maßnahmen	Bezeichnung	Zielsetzung
Aufrechterhaltung von Ventilationsbahnen sowie von Frisch- und Kaltluftentstehungsgebieten	RO1	In urbanen Räumen ist die Kalt- und Frischluftzufuhr zu gewährleisten, um hitzebedingte Gesundheitsrisiken zu reduzieren (Wärmeinseleffekt verringern, positiver Einfluss auf das Kleinklima).
Beschleunigung energieeffizienter Raumstrukturen	RO 2	Erhöhung der Energieeffizienz und Reduktion des Energieverbrauchs; Energiesystem bezüglich des Raumbezugs stärken.
Bioklimatische Maßnahmen in Bebauungspläne einbringen	RO 3	Als Ziel werden die Verbesserung des Kleinklimas in urbanen Gebieten und die Reduktion des Wärmeinseleffektes verfolgt. Zusätzlich sollen hitzebedingte und bioklimatische Belastungen für die menschliche Gesundheit verringert werden.
Reduzierung der Lebensraumzerschneidung und Aufrechterhaltung ökologischer Freiräume	RO 4	Gewährleistung und Förderung einer nachhaltigen, räumlichen touristischen Infrastruktur und Anpassung an den Klimawandel.
Zusammenarbeit von Raumordnung und Tourismus stärken	RO 5	Gewährleistung und Förderung einer nachhaltigen, räumlichen touristischen Infrastruktur und Anpassung an den Klimawandel.
Bei der Stadt und Freiraumplanung ist eine klimatologische Verbesserung (mikro- und mesoklimatisch) miteinzubinden	RO 6	Die angepasste Stadt- und Freiraumplanung soll zu einer Verminderung des Wärmeinseleffektes sowie zu verbesserten Lebensbedingungen führen.
Hangparallele Riegelbebauung vermeiden	RO 7	Die angepasste Stadt- und Freiraumplanung soll zu einer Verminderung des Wärmeinseleffektes sowie zu verbesserten Lebensbedingungen führen.
Klimatische Optimierung von Bebauungsplanentwürfen	RO 8	Die Optimierung hinsichtlich einer nachhaltigen und klimagerechten Stadtentwicklung.
Kritische Infrastruktur erfordert eine klimagerechte Standortsuche	RO 9	Bei der Standortsuche für strategisch wichtige Einrichtungen sollen die Kriterien „Auswirkungen des Klimawandels und Vulnerabilität“ vermehrt berücksichtigt werden.

Tabelle 14: Aktivitätsfeld – Raumordnung/ -planung

Aktivitätsfeld – Schutz vor Naturgefahren und Katastrophenmanagement

Maßnahmen	Bezeichnung	Zielsetzung
Aufrechterhaltung und Schaffung von Hochwasserrückhalte- und Hochwasserabflussflächen sowie Festlegung von Richtlinien bezüglich Widmungsverboten und -beschränkungen	NK 1	Durch Aufrechterhaltung und Renaturierung von natürlichen Rückhalteräumen und Überflutungsflächen soll der Siedlungsraum gegenüber Hochwasser besser geschützt werden. Flächen, die im Einzugsgebiet der Flüsse liegen, weisen ein verbessertes Wasserrückhaltevermögen auf. Durch Verminderung der Abflussspitzen und Verlangsamung von Hochwasserwellen kommt es zu einer Reduktion hochwasserbedingter Schäden.
Flächenwidmung und Gefahrenzonenplanung sollen enger miteinander verknüpft werden	NK 2	Gefährdete Bereiche sind von Bebauungen und Nutzungen frei zu halten, um den Siedlungsraum und die Infrastruktur vor Naturgefahren besser schützen zu können.
Für Widmungs- und Bebauungsbestand sind Regeln hinsichtlich dem richtigen Umgang in Gefährdungsbereichen festzulegen	NK 3	Reduktion des Risikoschadenpotentials durch Naturgefahrenereignisse und Gewährleistung einer vorausschauenden Gefahrenvorsorge.
Nachhaltige Raumentwicklungsstrategien (Gefahrenzonenplanung und Risikodarstellung)	NK 4	Durch Naturgefahren potentiell beeinflusste Flächen sind freizuhalten bzw. gezielt hinsichtlich ihrer Nutzung zu steuern.
Gefahren- und Risikobewusstseinsbildung sowie Eigenversorgungsmaßnahmen sind gezielt voranzutreiben	NK 5	Der verantwortungsvolle Umgang mit Risiken, die Naturgefahren mit sich bringen, ist zu forcieren.
Handhabung von Hochwässern, Muren und Hangrutschungen	NK 6	Im Katastrophenfall soll die Versorgungsfunktion gewährleistet und schwerwiegende Gesundheitsfolgen verhindert werden.
SKKM-Strategie 2020	NK 7	Rasche und konsequente Etablierung der SKKM-Strategie 2020.
Rahmenbedingungen für ehrenamtliches Engagement und die Gewährleistung der Einsatzfähigkeit von freiwilligen HelferInnen (Organisationen) im Katastrophenfall	NK 8	Sicherstellung des Ehrenamtes durch budgetäre, gesellschaftlich anerkannter Rahmenbedingungen; die Zahl der Freiwilligen für den Bevölkerungsschutz erhöhen und innerhalb der Gesellschaft Wertschätzung und Bedeutung des ehrenamtlichen Engagements stärken; Effiziente Einsatzfähigkeit von Einsatzorganisationen.
Kommunikationsmöglichkeiten im Katastrophenfall	NK 9	Im Katastrophenfall ist ein rascher und flächenabdeckender Informationsfluss der steirischen Bevölkerung sicherzustellen.
Risikobeurteilung und -bewältigung	NK 10	Entwicklung einer österreichweiten Methodik zur Beurteilung von Katastrophenrisiken auf Landesebene.

Tabelle 15: Aktivitätsfeld – Schutz vor Naturgefahren und Katastrophenmanagement

Aktivitätsfeld – Ökosysteme und Biodiversität

Maßnahmen	Bezeichnung	Zielsetzung
Berücksichtigung des Klimawandels in Naturschutzkonzepten	OB 1	Integration der Auswirkungen, die durch den Klimawandel verursacht werden und die Erläuterung von möglichem Handlungsbedarf in Naturschutzkonzepten.
Freizeit und Urlaubsaktivitäten anpassen	OB 2	Freizeitaktivitäten welche die Biodiversität gefährden, sind anzupassen und zu Gunsten nachhaltiger Freizeitaktivitäten umzuwandeln.
Öffentliche und private Freiflächen in Siedlungen an den Klimawandel und Naturschutzziele anpassen	OB 3	Lokalklima in besiedelten Gebieten verbessern; Steigerung des Wasserrückhalts; Schaffung von Rückzugsräumen und Gestaltung von Grünanlagen.
Vernetzung und Einbettung von Lebensräumen und Schutzgebieten	OB 4	Lebensräume und Schutzgebiete und deren Vernetzung sind zu verbessern, wobei Pufferzonen und Korridore zu integrieren sind, um die Überlebenswahrscheinlichkeit von Populationen und Arten zu erhöhen.
Schutz von Feuchtlebensräumen	OB 5	Die Qualität und Quantität des Wassers soll gesichert werden, um einen erhöhten Schutz von Feuchtlebensräumen zu erzielen. Zusätzlich ist eine Steigerung der Wasserspeicher und -rückhaltefähigkeit mit Hilfe abflussverzögernder Maßnahmen anzustreben.
Vorantreiben des Gewässerrückbaus und Verminderung starker Gewässererwärmung	OB 6	Vermeidung starker Gewässererwärmung sowie Gewässerrenaturierung (kombinierter Hochwasser-/ Biodiversitätsschutz).
Regionale Vulnerabilitätsabschätzung von Artengruppen und Lebensräumen	OB 7	Erweiterung des Wissensstandes über bedeutende naturschutzfachliche oder vom Klimawandel besonders betroffene Arten und Lebensräume.
Umgang mit Neobiota	OB 8	Reduktion, Eliminierung und Verhinderung von invasiven Neobiota um Schäden der Ökologie, Ökonomie und Gesellschaft zu verringern.

Tabelle 16: Aktivitätsfeld – Ökosysteme und Biodiversität

Aktivitätsfeld – Urbane Grünräume

Maßnahmen	Bezeichnung	Zielsetzung
Adaptierung des Wassermanagements (Grünräume)	UG 1	Unter veränderten klimatischen Bedingungen ist die Wasserversorgung für Grünräume.
Erhalt und Förderung von Grünräumen (biologische Vielfalt)	UG 2	Die Ökosystemfunktionen und Artenvielfalt von städtischen Frei- und Grünräumen sind aufrechtzuerhalten.
Frei- und Grünraumgestaltung sowie Pflege	UG 3	Klimatische Veränderungen sind in der Gestaltung und Umsetzung aber auch in der Pflege von Grünräumen miteinzubeziehen
Naherholung und Freizeitgestaltung sind für Grün- und Freiräume anzupassen	UG 4	Grün- und Freiräume sind als Naherholungs-/Freizeiträume zu erhalten und zu erweitern, um das Wohlbefinden der Stadtbevölkerung unter sich verändernden klimatischen Bedingungen sicherzustellen.
Künstliche Bewässerung urbaner Vegetation bzw. Einsatz trockenresistenter Pflanzen	UG 5	Anpassung des Grünraumes an das Auftreten vermehrter Trockenperioden.
Verstärkte Durchlässigkeit von Niederschlag der oberen Bodenschicht	UG 6	Verbesserung der Versickerungsleistung durch Einsatz geeigneter Bepflanzung in urbanen (Grün- und Frei-)Flächen.
Verstärkter Einsatz bodenbedeckender Vegetation bzw. Einsatz künstlicher Bedeckung	UG 7	Reduktion unbepflanzter Bodenflächen bzw. der vermehrte Einsatz künstlicher Abdeckung.
Gewässerbegleitende Grünräume	UG 8	Schaffung von Grün-/Freiräumen entlang von Fließgewässern.
Sicherstellung und Attraktivierung von Grünräumen	UG 9	Parkanlagen und Grünräume sind aufzuwerten.
Schaffung von Parks	UG 10	Forcierung und weiterer Ausbau von Grünflächen (Parks).
Waldflächen	UG 11	Aufrechterhaltung und weiterer Ausbau von Waldflächen.
Baumbestand sichern und ausweiten	UG 12	Instandhaltung und Ausweitung des städtischen Baumbestands.
Verwendung geeigneter Baumarten	UG 13	Die Auswahl und Umsetzung von anpassungsfähigen, robusten, hitze- und trockenheitstoleranten Baumarten für Grünanlagen ist zu forcieren
Straßenbegleitgrün (Allee, Einzelbäume usw.)	UG 14	Ausdehnung und Anlegen von Straßenbegleitgrün
Kleinflächige Grünflächen (Innenhofbegrünung)	UG 15	Die Begrünung von Innen- und Hinterhöfen, sowie unversiegelter Flächen ist zu verstärken
Mobiles Grün und grüne Wandelemente	UG 16	Eine Ausweitung mobiler Grünanlagen soll angestrebt werden.
Schaffung offener Wasserflächen	UG 17	Erweiterung, Planung und Schaffung von Wasserflächen

Tabelle 17: Aktivitätsfeld – Urbane Grünräume

5.1 Bauen und Wohnen

Zentrale Herausforderungen durch die Auswirkungen des Klimawandels

Durch die zentrale Ausrichtung des menschlichen Lebens verbringen wir die meiste Zeit in Gebäuden. Bauformen, eingesetzte Baumaterialien, Technik und die Außengestaltung sind an lokale klimatische Gegebenheiten gekoppelt. Durch klimatische Veränderungen, wie Temperatur, Niederschlag oder die Häufung von Extremwetterereignissen, kommt es zu einer Belastungsprobe der jeweiligen Gebäude. Aufgrund zunehmender Hitzebelastung müssen bauliche Maßnahmen durchgeführt werden, um eine Reduktion der Hitzeexposition in Gebäuden zu erreichen. Solche klimatischen Veränderungen und das Auftreten von Wetterextremen erfordern ein Umdenken bei Planung und Ausführung. Wie in den letzten Jahren in der Steiermark beobachtet wurde, kam es zu starken Schäden an Gebäuden durch Extremwetterereignisse. Eine Vielzahl dieser Schäden an Gebäuden hätte durch eine frühzeitige und richtige Planung bzw. Bebauung durch Anpassungsmaßnahmen verhindert oder abgeschwächt werden können. Das Baugesetz und entsprechende Normen und Richtlinien (OIB, Bauproduktgesetz) sehen vielseitige Möglichkeiten vor, Gebäude den Klimaveränderungen anzupassen und negative Effekte einzuschränken. Jedoch besteht im Bereich des Aktivitätsfelds Bauen und Wohnen enormer Handlungsbedarf. Für die Zukunft ist es wichtig, dass BauexpertInnen und BehördenvertreterInnen gezielt geschult werden, um GebäudeeigentümerInnen mit fundiertem Fachwissen über mögliche Folgen des Klimawandels aufzuklären und zu sensibilisieren. Die Reduktion der thermischen Belastung bringt einige neue Herausforderungen mit sich. Beispielsweise den erhöhten Kühlbedarf energieeffizient zu decken, den „UHI-Effekt“ in Städten zu vermeiden und Baustoffe den künftig gegebenen klimatischen Gegebenheiten anzupassen (STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015, S. 53).

Beschreibung des Aktivitätsfelds Bauen und Wohnen

Das Aktivitätsfeld Bauen und Wohnen (BW) meint die Planung, Errichtung und Nutzung von Gebäuden. Es konzentriert auf die unmittelbaren Schäden von Gebäuden die durch den Klimawandel (Temperatur, Extremniederschläge, Stürme, Hochwasser usw.) entstehen. Es werden Maßnahmen betreffend der Beheizung bzw. Kühlung von Gebäuden (Wohnhäuser, Büros, Krankenhäuser, Schulen, Hotels

etc.) sowohl im Neu- als auch im Altbestand beschrieben. Durch die zu erwartenden vermehrten Hitzetage kommt es zu einer komfortbedingten Ausstattung von Gebäuden im Sinne von Installationen von Klimaanlage und Beschattungsanlagen. Mögliche Überschneidungen mit anderen Aktivitätsfeldern (Tourismus und Gesundheit, Energie) sollen überprüft und gemeinsam abgestimmt werden (BMLFUW 2012b, S. 141).

Vulnerabilitätsabschätzung: Bauen und Wohnen

Die resultierenden Auswirkungen des Klimawandels führen dazu, dass die Planung, Errichtung und Nutzung von Gebäuden (Innenraumklima) und Infrastruktur angepasst werden müssen. Die Vulnerabilität ist abhängig von Neubauten, bereits bestehenden Gebäuden bzw. Sanierungsgebäuden. Bei neu geplanten Bauobjekten können technische und raumplanerische Maßnahmen frühzeitig umgesetzt werden und somit mögliche negative Effekte weitgehend vermieden werden. Bei bestehenden Gebäuden ist der Nachteil gegeben, dass mögliche Anpassungsmaßnahmen immer mit einem hohen finanziellen Aufwand verbunden sind.

Laut BMLFUW (2012b) wurde festgestellt, dass eine vermehrte Hitzebelastung im Sommer durch höhere Durchschnittstemperaturen und Extremwerte in dicht besiedelten Ballungsräumen gegeben ist. Zusätzlich kommt es zu einer erhöhten Anzahl an Hitzewellen im Vergleich zum Umland, was wiederum zu einem negativen Raum- und Wohnklima innerhalb des Ballungsraumes führt. Diese zusätzliche Belastung wirkt sich besonders auf die Gesundheit von älteren Menschen und Kindern, sowie gesundheitlich vorbelastete Personen aus. Die Überhitzungsgefahr von Gebäuden und der daraus resultierende Hitzestress, werden durch die fehlende nächtliche Abkühlung verstärkt. Gebäude, die über eine geringe Speichermasse, schlechte Wärmedämmung und einen hohen Glasanteil verfügen, fördern zusätzlich die Überhitzung innerhalb des Gebäudes. Der daraus folgende Kühlbedarf bzw. die Verminderung der Raumtemperatur wird im Sommer steigen. Der zu erwartende Kühlbedarf ist besonders in städtischen Wärmeinseln hoch. Als direkte Folge der vergangenen heißen Sommertage wurde eine gesteigerte Zunahme an Klimaanlage beobachtet. Die Verwundbarkeit ist abhängig von Lage, Gebäudeausstattung, Gebäudetyp sowie Nutzung und kann nicht einheitlich

eingestuft werden. Im Vergleich zu bestehenden Gebäuden sind bei Neubauten relativ einfach Anpassungsmaßnahmen umzusetzen und daher kann man von einer geringeren Vulnerabilität sprechen. Im Gegensatz dazu ist eine Anpassung bei Gebäudebeständen schwieriger und daher ist auch die Verwundbarkeit höher einzustufen. Bei Sanierungen sind Anpassungsmaßnahmen möglich, wobei hier von einer mäßigen bis geringeren Vulnerabilität gesprochen wird (BMLFUW 2012b, S. 143). Aufgrund zunehmender Temperaturschwankungen aber auch durch Zunahme von Extremwetterereignissen (Starkregen, Hagel, Wind) ist eine vermehrte physikalische Beanspruchung von Gebäuden zu erwarten (BAYRISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT 2007). Das BMLFUW (2012b) beschreibt, dass Verbundstoffe mögliche Schwachstellen sein können, die durch thermische Spannungen beschädigt werden. Weiters sind große Bauteile durch Dehnung, sowie der Fassadenputz stark gefährdet. Neben Durchfeuchtung der Gebäudehülle durch Starkregen kommt es auch zu einer starken Einwirkung auf den Sockelbereich und den Keller. Dies kann zu kurzfristigen Überflutungen und Durchfeuchtungen führen. Energieanlagen, wie Photovoltaik, Sonnenkollektoren und Windkraftanlagen, können durch extreme Wetterereignisse beschädigt werden. Wie oben bereits erwähnt, können aus technischer Sicht in Neubauten veränderte Anforderungen relativ einfach umgesetzt werden. Im Bestand sind Anpassungen jedoch besonders im Bereich des Kellers und des Sockels um einiges aufwendiger und schwieriger, wodurch mit einer Zunahme von Bauschäden zu rechnen ist. Dementsprechend ist die Vulnerabilität im Neubau wiederum gering bis mäßig, im Bestand hoch und bei Sanierungen wird sie als mäßig bis hoch eingestuft (BMLFUW 2012b, S. 144).

Simulationen sagen voraus, dass die Wahrscheinlichkeit für kleinräumige Überflutungen zunimmt, für großräumige Hochwasser sind zum jetzigen Stand keine garantierten Aussagen zu treffen. Eine sehr hohe Vulnerabilität besitzen Siedlungsgebiete wenn es um die Thematik Überflutung bzw. Hochwasser geht. Diese Verletzlichkeit ist darauf zurückzuführen, dass Überflutungszonen sehr stark bebaut sind und zusätzlich angepasste Baumaßnahmen nicht gegeben sind. Speziell bei vermehrten Starkregenereignissen ist die Auslegung – Gebäude- sowie siedlungsbezogene Regenentwässerungs- und Abwasserentsorgungssysteme (Kanalanlagen, Dachrinnen etc.) – mangelhaft. Dies führt zu einer weiteren Gefährdung der Bevölkerung als auch der Bausubstanz. Durch die immer häufiger

auftretenden Niederschlagsextremwerte kann es zusätzlich speziell im Winter zu einer erhöhten Schneelast auf Gebäuden und Infrastruktur kommen. Jedoch ist eine Vulnerabilitätsabschätzung aufgrund der Unsicherheit der Klimavariabilität nicht möglich. Ein weiteres Phänomen des Klimawandels sind Starkstürme, die ein hohes Schadenspotenzial aufweisen. Betroffene Gebiete sind vor allem Randbezirke der Stadt Graz. In Bezug auf Energieanlagen konnte eine hohe Verwundbarkeit bei Sonnenkollektoren, Photovoltaik und Windkraftanlagen festgestellt werden. Festzuhalten ist jedoch, dass eine wissenschaftliche Aussage zur Vulnerabilität nach dem derzeitigen Wissenstand, aufgrund diverser Unsicherheiten des Klimas, nicht gegeben ist. Maßnahmen im Aktivitätsfeld Bauen und Wohnen sollten eine enge Kooperation mit dem Aktivitätsfeld Raumplanung und urbane Räume und deren Maßnahmen aufweisen, um eine möglichst hohe Effizienz zu erreichen. Insbesondere kann die Vulnerabilität des Aktivitätsfeldes Bauen und Wohnen durch Flächenwidmung und Bebauungspläne im Sinne einer klimagerechten Anpassung positiv beeinflusst werden (Ebenda, S. 144).

Handlungsempfehlungen: Bauen und Wohnen

Das größte Potenzial bezüglich der Anpassung besteht darin, eine Verminderung der sommerlichen Überhitzung von Innenräumen in Gebäuden zu schaffen. Diese Überwärmung ist aufgrund der angewandten Bauweise festzustellen und andererseits sind es die spezifischen Bedingungen, die in städtischen Räumen vorherrschen. Wie bereits erwähnt, herrscht in der Stadt eine höhere Temperatur gegenüber dem Umland (Wärmeinseleffekt), die die Folgen des Klimawandels verstärkt. Dies führt dazu, dass Anpassungsstrategien, wie etwa die passive Kühlung von Gebäuden, zusätzlich erschwert werden. Daraus resultiert, dass Handlungsempfehlungen nicht nur bei Gebäuden notwendig sind, sondern auch bei Siedlungsverbänden und dem damit verbundenen Mikroklima. Damit einhergehend können positive Effekte im Bereich Lärm-, Ressourcenschutz und lufthygienischen Aspekten erzielt werden. Ein spezieller Fokus soll auf die mögliche Zunahme an Extremniederschlägen gelegt werden, wobei mögliche Handlungsmaßnahmen auf dem Teilbereich Gebäude gelegt werden soll. Trotzdem sollten die Maßnahmen nicht nur auf einzelne Gebäude umgelegt werden, sondern auch lokal und regional ausgelegt werden, um Auswirkungen von niederschlagsreichen Wetterereignissen besser auszugleichen. Die von uns empfohlenen Anpassungsmöglichkeiten gliedern

sich in unterschiedliche Maßnahmen, wobei sich diese direkt oder indirekt auf Gebäude und deren Umfeld auswirken (BMLFUW 2012b, S. 145).

Anpassungsziele

Unsere Zielsetzung ist es den Gebäudebestand der Stadt Graz an die veränderten bzw. sich noch weiter verändernden klimatischen Gegebenheiten anzupassen. Bei Neubauten sollen diese neuen baulichen Maßnahmen bereits in der Planung und der Bautechnik mitberücksichtigt werden und bei bestehenden Gebäuden soll eine Anpassung an die bauliche Anforderung – wenn möglich – durchgeführt werden. Neben der technischen Anpassung soll vor allem aber auch Rücksicht auf die Finanzierungsmöglichkeiten genommen werden. Das Motto „Leistbares Wohnen“ soll nicht in den Hintergrund rücken. Aufgrund dieser zwei Vorgaben ergeben sich laut BMLFUW (2012b) folgende Handlungsziele:

- Aufgrund der Klimaveränderung sollen sich die Planung, die Bauweise und die verwendeten Baustoffe an die neuen Gegebenheiten anpassen.
- Um ein gesundes Raumklima (Feuchtigkeit, Schadstoffe Innenraumluft, Baubiologie, Temperatur) zu gewährleisten, müssen Adaptierungen von Gebäuden stattfinden.
- Es soll allgemein zu einer Erhöhung des Wissens über Anpassungsmaßnahmen stattfinden, mit Hilfe von Beratung und Forschung (im Speziellen ‘Häuslbauer’, Bauträger und Planungsinstitutionen).
- Um den Klimawandel nicht zu beschleunigen soll auf klimaschonende Bauweise zurückgegriffen werden.
- Die folgenden Maßnahmen sollen nicht zur Erhöhung der Gesamtkosten führen und leistbares Wohnen ermöglichen (Förderungen). (BMLFUW 2012b, S. 54).

Maßnahme	Sicherstellung des thermischen Komforts in Neubau und Bestandsgebäuden
Abkürzung	BW1
Ziel	Bei Hitzetagen soll es zu einer Gewährleistung des thermischen Komforts innerhalb von Gebäuden durch bauliche Maßnahmen kommen.
Beschreibung	<p>Die thermischen Komfortbedingungen werden maßgeblich durch die bauliche Gestaltung beeinflusst.</p> <p>Durch das vermehrte Auftreten von Hitzetagen kommt es zu einer steigenden Hitzebelastung und daraus resultiert ein erhöhter Kühlbedarf. Um diesen Kühlbedarf zu decken, müssen bauliche Maßnahmen entweder in die Planung miteinfließen (Neubau) oder bautechnisch angepasst werden (Altbestand)</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Glasanteilsreduktion an der Fassade:</u> Durch die Art der Fenster, des Sonnenschutzes und des Fensterflächenanteils wird das Raumklima stark beeinflusst. Maßgebend für den Kühl- und Heizenergiebedarf sind neben der Gebäudeausrichtung, der Qualität des Glases, Gebäude-nutzung, -form und -standort sowie unter anderem der Verglasungsanteil des Gebäudes. ➤ <u>Beschattungsanlagen:</u> Sie stellen ein wirkungsvolles Mittel dar um Strahlungseinträge in Gebäude zu verringern. Es ist möglich sie sowohl in Neubau als auch in Altbeständen zu planen oder zu montieren. Zu beachten ist, dass die Beschattungsanlagen widerstandsfähig gegen Wetterereignisse montiert werden. ➤ <u>Fenster und Lüftungsöffnungen</u> sollen regen- und sturmsicher angeordnet werden um als passive Kühlstrategie zu fungieren. ➤ <u>Komfortlüftung:</u> Sie liefern permanente Frischluft und hohe Raumluftqualität. Zu dem werden Schadstoffe, Gerüche und Feuchtigkeit abgeführt. Ein weiteres Anwendungsgebiet dieses Belüftungstyps sind Standorte mit hoher Lärm- und Luftschadstoffbelastung.

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Überhitzung</u>: Um diese zu vermindern soll die Gebäudeausrichtung optimiert werden. ➤ Wärmedämmung verringert den Wärmeeintrag in Gebäuden, verhindert somit eine Erhöhung der Raumtemperatur im Sommer und vermindert den Wärmeverlust im Winter. Zu beachten ist jedoch, dass der größte Wärmeeintrag über Glasflächen erfolgt und nicht über Außenwände. ➤ <u>Bauteilaktivierung</u>: Gebäude welche über eine Beschattung bzw. Nachtlüftungsmöglichkeit verfügen, ist es sinnvoll eine Bauteilaktivierung miteinzubauen. ➤ <u>Öffentlichkeitsarbeit</u>: Diese soll in Schulen und anderen Bildungseinrichtungen aber auch in Unternehmen durch Informationen und Bewusstseinsbildung stattfinden, welche die Thematik aufbereiten und gesundheitliche Aspekte des Klimawandels berücksichtigen.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Gesundheit und Soziales, Energie und Versorgung, Raumordnung/-planung
Lenkungsebene	Steiermark (A2), ArchitektInnen, PlanerInnen, GebäudeeigentümerInnen, F&E-Abteilungen

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Erhöhung der Anwendung passiver und (aktiver) Kühlung
Abkürzung	BW 2
Ziel	Passive und aktive Kühlstrategien sollen vor allem im Neubau eingesetzt werden, um eine Überwärmung der Innenräume zu vermeiden
Beschreibung	Bei der passiven Kühlung wird während des Tages der Wärmeeintrag in Form von Strahlung (Fenster) und regem Lüften reduziert. In der Nacht wird die kühle Außentemperatur herangezogen um die Innenräume passiv zu kühlen. Im Gegenzug zu dieser Methode steht die aktive Kühltechnologie, welche jedoch nur eingesetzt werden sollte falls eine passive Kühlung nicht möglich ist.
Handlungsempfehlungen	<p>Um eine passive Kühlung in einem Wohnhaus zu ermöglichen, sollten folgende Punkte beachtet werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Die Fenster sollten raumtechnisch so angeordnet sein, dass eine Querlüftung gewährleistet werden kann. Weiters soll eine Regen- und Sturmsicherheit zutreffen. ➤ In Tropennächten ist eine passive Kühlung aufgrund der hohen Außentemperaturen nicht möglich. <p>Reicht eine passive Kühlung nicht aus um die Innenräume zu kühlen, kann auf eine aktive Kühlung zurückgegriffen werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Anwendung von Fernkälte (Großbauten, Industrie) ➤ solare Kühlung (Solarenergie betreiben Kühlaggregate) ➤ geothermische Kühltechnologie (Boden dient zur Funktion der Wärmereduktion) ➤ Die Luftzufuhr wird über das Erdreich gekühlt (Voraussetzung: Bautechnisch möglich) ➤ Einsatz von thermoaktiven Massen
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Gesundheit und Soziales, Energie und Versorgung, Tourismus und Freizeit, Wirtschaft und Industrie
Lenkungsebene	Steiermark (A2), Umwelt/Energieberatung, ArchitektInnen, GebäudeeigentümerInnen, F&E-Abteilungen, BauplanerInnen

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Schutz von Gebäuden gegenüber Extremwetterereignissen durch bauliche Vorkehrungen
Abkürzung	BW 3
Ziel	Neubauten und Altbestände werden gegenüber Extremwetterereignissen baulich angepasst
Beschreibung	Durch den Klimawandel ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass starke Unwetter (Hagel, Starkregen, Wind, lokale Überflutungen etc.) entstehen können. Um eine Schädigung der Gebäude durch Hochwasser zu vermeiden, müssen ausgewählte Baumaterialien verwendet werden. Weiters müssen Elektroschränke, Heizungsanlagen über einen zu erwartenden Hochwasserspiegel gebaut werden.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Anbauten sowohl als auch Bauteile an die erhöhte Wind- und Schneebelastung anpassen. ➤ In Hagel gefährdeten Gebieten sollen hagelresistente Baustoffe verwendet werden. ➤ Normen und Standards sowie Bauordnungen sollen überprüft werden und gegebenenfalls angepasst werden. ➤ Bauliche Maßnahmen gegen Extremwetterereignisse können finanziell gefördert werden (Förderungen). ➤ Risikoabschätzung diverser Standorte.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Gesundheit und Soziales, Raumordnung/-planung, Tourismus und Freizeit, Wirtschaft und Industrie
Lenkungsebene	Bund, Steiermark (A2), ArchitektInnen, PlanerInnen, GebäudeeigentümerInnen, F&E-Abteilungen, Mikroklima-expertInnen

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Steigerung des Wasserrückhalts
Abkürzung	BW 4
Ziel	Durch bauliche Maßnahmen sollen lokal Überflutungen im Umfeld von Gebäuden vermieden werden
Beschreibung, Bedeutung	<p>Aufgrund der Annahme, dass der Niederschlag vermehrt Extremwerte in Zukunft ausweisen wird, ist eine Erhöhung des Wasserrückhalts unerlässlich. Durch Abflussregime und Hochwasserereignisse kann es zu Schäden an Gebäuden und Infrastruktur kommen, wobei eindringendes Wasser die Bausubstanz angreifen und zerstören kann. Zusätzlich kommt es zu einer Durchfeuchtung des Keller- und Sockelbereiches, welche zu einer Überflutung führen kann (HAAS et al. 2010a).</p> <p>Lokale Überflutungen lassen sich vermeiden, indem der Wasserrückhalt erhöht wird, da Wasserableitungseinrichtungen (Kanäle usw.) ihre vorgegebene Kapazität nicht überschreiten.</p>
Handlungs-empfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bereits bei der Planung soll das Augenmerk verstärkt auf mögliche kleine bzw. größere Überflutungsgebiete gelegt werden. ➤ Durch die Steigerung des Regenrückhaltevermögens soll eine Verminderung und Verzögerung des Wasserabflusses abgesichert werden. ➤ Durch Entsiegelungen diverser Flächen kommt es zu einer lokalen Versickerung von Wasser, das wiederum zu einer Entlastung der Kanalisation führt. ➤ Schaffung von Ausgleichsflächen, die dahingehend einen positiven Effekt auf die Reduktion der Abflussmenge hat. ➤ Erhebung des Grazer Versiegelungsanteils und gegebenenfalls Entsiegelungen durchführen. ➤ Gesetzliche Bestimmungen nutzen um geeignete Fläche als Notentlastung aufrecht zu erhalten.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Es besteht ein Bezug zu allen Aktivitätsfeldern
Lenkungsebene	Bund, Steiermark (A2), Stadt, PlanerInnen

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Normen und Baustandards an den Klimawandel anpassen
Abkürzung	BW 5
Ziel	Mögliche bauliche Anpassungsmaßnahmen in Normen und Baustandards verankern.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Die derzeitigen Normen der Bauvorschrift richten sich bis dato an Umweltbedingungen die von konstant in der Vergangenheit beobachteten Ereignisse ausgehen. Jedoch muss eine zukunftsorientierte Bauweise erfolgen, um sich dem Klimawandel anzupassen. Die möglichen Auswirkungen und Anpassungsmaßnahmen sollen in die Bauverordnung integriert werden. Unter anderem sollen Förderungen und Förderanreize für eine in Zukunft klimaangepasste Bauweise angeboten werden.</p> <p>Die Anpassungsmaßnahmen sind für Neubau und bestehende Objekte unterschiedlich festzulegen.</p>
Handlungsempfehlungen	<p>Auf Basis der Entwicklung des Grazer Stadtklimas sollen folgende Punkte in Betracht gezogen werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Überprüfung der Sommertauglichkeit bezüglich der zukünftigen Temperaturentwicklung ➤ Heizlasten sollten neu berechnet werden, damit eine Überdimensionierung von Heizanlagen verhindert wird. ➤ Um lokale Überflutungen zu vermeiden sollen bauliche Anlagen (Kanäle, Regenrinnen, Abwasseranlagen etc.) berechnet, überprüft und gegebenenfalls angepasst werden (ÖNORM). <p>Weitere mögliche Maßnahmen sowohl im Neubau als auch im Sanierungsbereich:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Elemente der Gebäudefassade (Putze, Gläser etc.) an die neuen klimatischen Gegebenheiten anpassen (durch Förderungen)

	➤ OIB-Richtlinien angepasster Gebäudeausweis
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Raumordnung/-planung
Lenkungsebene	Bund, Steiermark (A2), Österreichisches Institut für Bautechnik (OIB), Normungsinstitut

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Anpassung der Wohnbauförderung
Abkürzung	BW 6
Ziel	Umstrukturierung und Anpassung der Wohnbauförderung an die in Zukunft notwendig werdenden Gebäudestandards welche durch den Klimawandel benötigt werden. Daraus resultierend sollten klimagerechte Neubauten entstehen.
Beschreibung, Bedeutung	Ein wesentliches Instrument, um klimagerechte Anpassung an Gebäude umzusetzen, ist die Wohnbauförderung. Der mit dem derzeitigen Standpunkt der Wohnbauförderung vertretende Aspekt ist die Energieeinsparung und -effizienz. Die Kritik ist das ein Fokus auf Anpassungsmaßnahmen bezüglich Klimawandel nicht in Richtlinien erfasst ist. Dies bedeutet, dass neue Kriterien hinsichtlich der Klimaänderung überprüft und gegebenenfalls adaptiert werden müssen.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aktualisierung der Wohnbauförderungsrichtlinien ➤ Es sollen relevante Kriterien entwickelt werden, die aufgrund des veränderten Klimas benötigt werden. Jene Wohngebäude, die diese Kriterien erfüllen, sollen gesondert gefördert werden.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Energie und Versorgung, Raumordnung/-planung
Lenkungsebene	BMWFJ, BMJ, Steiermark (A2), teilweise Interessenverbände, Gemeinden, Steiermärkisches Wohnbauförderungsgesetz

(STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015)

Maßnahme	Weiterentwicklung des Wissensstandes im Bereich Bauen und Wohnen in Bezug auf die Folgen des Klimawandels
Abkürzung	BW 7
Ziel	Ziel dieser Maßnahme ist es den Wissensstand dahingehend zu verbessern, dass mögliche negative Folgen aufgrund der klimatischen Veränderungen kompensiert werden und somit eine Auswirkung auf die Infrastruktur einer Stadt reduziert wird
Beschreibung, Bedeutung	Im Bausektor muss bereits aufgrund der Langlebigkeit von Gebäuden vorausschauend gebaut werden. Die meteorologischen Gegebenheiten werden sich aufgrund der Erderwärmung verändern, aber über dessen Folgen und Ausmaß sind sich die Bauexperten noch nicht vollends bewusst. Daher soll in den nächsten Jahren, durch eigene Schulungen und Beratungsangebote im Speziellen für den Baubereich angeboten werden. Dabei soll speziell auf die einzelnen Zielgruppen Rücksicht genommen werden, um einerseits ein breites Verständnis zu ermöglichen und andererseits konkrete Handlungsstrategien anbieten zu können.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Entwicklung von Fortbildungsangeboten für Bauexperten. ➤ Auf Gemeindeebene soll die Bauberatung gefördert werden. ➤ Aus-/Weiterbildung für EnergieberaterInnen zur Verfügung stellen. ➤ Einbindung der Wissenschaft sowie F&E-Abteilungen.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Raumordnung/-planung, Energie und Versorgung
Lenkungsebene	BMJ, BMWFJ, Steiermark (A2), Interessenverbände, Gemeinden, Steiermärkisches Wohnbauförderungsgesetz

(STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015)

Maßnahme	Öffentlichkeitsarbeit und Bewusstseinsbildung im Sektor Bauen und Wohnen bezüglich Anpassung der Klimaänderungen
Abkürzung	BW 8
Ziel	Der Gesellschaft wird über das Thema 'Folgen des Klimawandels' und den daraus resultierenden Anpassungsmaßnahmen sensibilisiert und aufgeklärt.
Beschreibung, Bedeutung	Der breiten Masse soll das komplexe Thema einfach und praktisch näher gebracht werden um somit einerseits die Bevölkerung auf die bevorstehenden Veränderungen vorzubereiten und andererseits sie dazu bewegen dem Klimawandel entgegenzuwirken.
Handlungsempfehlungen	<p>Um ein Bewusstsein und ein allgemeines Wissen schaffen zu können müssen mehrere Schritte im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit durchgeführt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ In Schulen aber auch in Arbeitsstätten und der Öffentlichkeit können Informationen zum Klimawandel und vor allem zur Anpassung an die Folgen verbreitet werden. Unter anderem können auch Wissensplattformen und Netzwerke eingerichtet werden. ➤ Auf Messen (Häuslbauermesse) können notwendige Informationen (planerische und bauliche Maßnahmen) bezüglich der Anpassung von Gebäuden und deren Umfeld direkt an künftige Häuslbauer weitergegeben werden. ➤ Durchführung von PR-Kampagnen die auf bestimmte Zielgruppen abgezielt sind.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Öffentlichkeitsarbeit und Bewusstseinsbildung zum Thema Anpassung an den Klimawandel werden in allen Aktivitätsfeldern als wesentlich genannt, um die Folgen des Klimawandels bewältigen zu können.
Lenkungsebene	Bund, Steiermark (A2), Gemeinden, NGOs, Interessenverbände

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Berücksichtigung der Zunahme feuchter Winter im Gebäudebestand
Abkürzung	BW 9
Ziel	Verhinderung von erhöhtem Verschleiß und erhöhtem Wachstumspotenzial von bausubstanzerstörenden Pilzen, Fäulnis- oder Feuchteschäden.
Beschreibung, Bedeutung	Durch die sich verändernden meteorologischen Bedingungen (feuchte, niederschlagsreiche Winter) und die Zunahme von Frost-Tau-Wechseln kommt es zu einem erhöhten Verschleiß von Steinmaterial. Zusätzlich kommt es zu einer erhöhten Wachstumsrate von Pilzen, welche die Bausubstanz zerstören und für die WohnungseigentümerInnen gesundheitsgefährdend sind. Speziell im Holzbau ist mit einer Zunahme von Fäulnis und Feuchteschäden zu rechnen. Putzfassaden werden schneller von Algen und Pilzen befallen, wobei feuchte Winter dafür nur teilweise die Ursache sind.
Handlungsempfehlungen	Um den feuchten Winter künftig entgegenzuwirken gibt es folgende Maßnahmen für den Bausektor: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Verwendung von feuchteresistenten Hölzern und ein zusätzlicher Einsatz von chemischem Holzschutz zur Anwendung bei Fenster, Türen, Balkonen, Decken-, Wand-, und Dachgebälk. ➤ Heutige Sockelputze sind High-Tech-Mischungen, welche weniger feuchtigkeitsresistent sind als frühere Sand-Zementmischungen, die die ständige Erdfeuchte überhaupt nicht beeindruckte.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Wirtschaft und Industrie, Raumordnung/-planung
Lenkungsebene	Bund, Steiermark (A2), Gemeinden, NGOs, Interessenverbände

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Dachbegrünungen
Abkürzung	BW 10
Ziel	Durch Dachbegrünungen soll eine Verringerung der Gebäudeoberflächen und der Lufttemperatur in unmittelbarer Umgebung stattfinden.
Beschreibung, Bedeutung	Meso- und Mikroklima werden durch die Maßnahme positiv beeinflusst. Dachbegrünungen ermöglichen eine Zurückhaltung des Oberflächenwasserabflusses, das durch die Evapotranspirationsprozesse zu einer Verdunstungskühle beiträgt. Weiters kommt es zu einer geringeren Oberflächenerwärmung, die wiederum die nächtliche Wärmeabstrahlung reduziert. Positive Synergieeffekte, die zusätzlich entstehen, sind der mechanische Schutz der Außenfassade, die Entlastung der Abwasserkanäle und Kläranlagen durch Regenwasserrückhalt, Feinstaubpartikel werden gebunden (Verbesserung der Luft) sowie erweiterte Nutz- und Freiraum für Tier- und Pflanzenarten.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Um die Dachbegrünung für die Grazer Bevölkerung attraktiv zu gestalten, müssen bestehende Förderungen aufrechterhalten und gegebenenfalls erweitert werden. Zusätzlich soll eine vermehrte Werbung für die Dachbegrünung betrieben und die daraus folgenden Förderungen der Bevölkerung aufgezeigt werden. Auch durch Öffentlichkeitsarbeit bezüglich der positiven Synergieeffekte sollen die Grazer BürgerInnen sensibilisiert werden. ➤ Eine Möglichkeit, die durch die Stadt-(Raum)planung umsetzbar wäre, wäre eine verpflichtende Dachbegrünung in Bebauungsplänen. Ein weiterer Anreiz von begrünten Dächern kann über die Abwassergebührenordnung geschaffen werden, indem dass verminderte Gebühren für Haushalte mit begrünten Dächern eingehoben werden.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Urbane Grünräume, Ökosysteme und Biodiversität
Lenkungsebene	Amt für Stadtplanung und Stadterneuerung,

(MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015; LANDESHAUPTSTADT STUTT GART 2012; KUTTLER et al. 2012)

Maßnahme	Fassadenbegrünungen
Abkürzung	BW 11
Ziel	Ähnlich wie die Dachbegrünung hat auch die Begrünung von Hausfassaden einen positiven Effekt auf die thermische und lufthygienische Situation der Gebäude.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Die Fassadenbegrünung führt zu einer Reduzierung der Gebäudeoberflächen- und Lufttemperatur. Im Sommer kommt es weiters zu einer Verminderung des Aufheizprozesses von Gebäuden. Im Winter wirkt die Fassadenbegrünung ähnlich einer Isolationsschicht und verhindert somit zusätzlich einen Wärmeverlust von Gebäuden. Weitere Nutzungspotentiale sind Luftreinigung, Schallminderung, Schutz der Bausubstanz und positive Wirkung auf die Biodiversität. Ebenfalls wie bei der Dachbegrünung kommt es zu einer positiven Entwicklung des Mikro- und Mesoklimas.</p> <p>Gerade bei engen Straßenzügen ohne jeglichen Freiraum bildet die Fassadenbegrünung eine wirkungsvolle Alternative.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Um Fassadenbegrünung für die Grazer Bevölkerung attraktiv zu gestalten, müssen bestehende Förderungen aufrechterhalten und gegebenenfalls erweitert werden. Zusätzlich soll eine vermehrte Werbung für die Fassadenbegrünung betrieben und die daraus folgenden Förderungen der Bevölkerung aufgezeigt werden. Auch durch Öffentlichkeitsarbeit bezüglich der positiven Synergieeffekte sollen die Grazer BürgerInnen sensibilisiert werden. ➤ Eine Möglichkeit welche durch die Stadt-(Raum)planung umsetzbar wäre, wäre eine verpflichtende Fassadenbegrünung in Bebauungsplänen.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Urbane Grünräume, Ökosysteme und Biodiversität
Lenkungsebene	Amt für Stadtplanung und Stadterneuerung, Wohnbauförderung

(MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015; LANDESHAUPTSTADT STUTTGART 2012; KUTTLER et al. 2012)

Maßnahme	Nachhaltiger Bebauungsplan, Flächennutzung und Vermeidung weiterer Bodenversiegelung
Abkürzung	BW 12
Ziel	<p>Durch Nachhaltiger Planung soll es zu Vermeidung von neuen Bodenversiegelungen und Zersiedelung von Flächen kommen. Somit erhöht sich die Widerstandsfähigkeit gegenüber Extremwetterereignissen (Starkregen, Hitze etc.)</p> <p>Oberflächenwasser bei Regenereignissen soll nicht durch die weitere Versiegelung von Böden am Versickern gehindert werden, was vor allem bei Starkregenereignissen zu massiven Problemen führen kann.</p>
Beschreibung, Bedeutung	<p>Der Wohnbedarf in der Steiermark, insbesondere im Großraum Graz, steigt stetig. Aus diesem Grund ist es bereits heute dringend erforderlich, die Räume bestmöglich zu planen und zu gestalten. Dabei ist Rücksicht auf die effiziente und nachhaltige Nutzung von Flächen zu nehmen. Neben klaren Vorgaben durch die Raumplanung ist zukünftig aber auch bei der Bebauungsplanung verstärkt auf Effekte des Klimawandels Bedacht zu nehmen.</p> <p>So sollen bereits bei Bebauungsplänen Maßnahmen zur Verringerung der Flächenversiegelung vorgeschlagen werden und auf Möglichkeiten eines effizienten Hitzeschutzes bzw. Schutzes vor Extremwetterereignissen eingegangen werden.</p> <p>Gestiegener Lebensstandard, Änderungen in der Wirtschaftsstruktur, aber auch die derzeitige Praxis in der Raumplanung sind Hauptverursacher der steigenden Flächeninanspruchnahme in der Steiermark. Großflächige Einzelhandelsbetriebe und Freizeiteinrichtungen liegen gemäß Umweltbundesamt auch im Trend.</p> <p>Die Raumplanung muss in Zukunft vermehrt diesem Trend</p>

	<p>entgegenwirken, um im Starkregenfall nicht zusätzliche Überflutungen geradezu zu provozieren. Bei der Prüfung von Umweltauswirkungen sollte der Bodenverbrauchs-Aspekt ebenfalls größere Beachtung finden.</p> <p>Um die Errichtung von Siedlungen am Ortsrand einzuschränken, ist eine Revitalisierung von Flächen in bestehenden Siedlungsbereichen sowie in Ortskernen vorzunehmen. Ein Instrument dafür wäre eine Prämie für den Abbruch von alten brachliegenden Gebäuden in Ortskernen. Auch nicht mehr genutzte Industrieflächen sollen wieder einer Nutzung zugeführt werden.</p>
Handlungsempfehlungen	<p>Schritte zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Überprüfung von bestehenden Bebauungsplänen hinsichtlich Kriterien der Klimawandelanpassung ➤ Vorbereitung von Klimawandelanpassungsmaßnahmen bei der Erstellung von Bebauungsplänen ➤ Schulung von BauexpertInnen und GemeindevertreterInnen
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	<p>Wirtschaft und Industrie, Raumordnung/-planung, Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Urbane Grünräume</p>
Lenkungsebene	<p>Grünanlagenverordnung, Wohnbauförderung</p>

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Gebäudeoberflächenaufhellung
Abkürzung	BW 13
Ziel	Erhöhung des Albedowertes von Gebäudeoberflächen
Beschreibung, Bedeutung	<p>Das Rückstrahlvermögen (Reflexionsfähigkeit) von Oberflächen wird mit dem Maß Albedo gekennzeichnet. Dunklere Oberflächen besitzen eine geringe Reflexionsfähigkeit, wobei helle Oberflächen eine starke Reflexion der Strahlung aufweisen. Um besonders das Rückstrahlvermögen von Gebäuden zu erhöhen, soll es mithilfe von hellem und reflektierendem Oberflächenmaterial gesteigert werden. Die erhöhte Reflexion vermindert die Wärmespeicherkapazität und somit die städtische Überwärmung. Aufgrund der Reflexion und der daraus nicht resultierenden Oberflächenerwärmung kommt es zu einer Verbesserung des Gebäudeklimas und in weiterer Folge zur Einsparung des Energieverbrauchs bei Klimaanlage.</p> <p>Diese bauliche Maßnahme soll nur zum Einsatz kommen, falls eine Bauwerksbegrünung nicht möglich ist, da die Summe der positiven Wirkungen im Verhältnis zur (Fassaden-)Begrünung um einiges geringer ist.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Die Stadt Graz kann ein Förderprogramm entwickeln, welches helle Oberflächen von Gebäuden finanziell unterstützt. ➤ In die Bebauungsplanung soll eine Verordnung für Neubauten eingebracht werden, die einen hellen Oberflächentyp bevorzugt. ➤ Öffentliche Gebäude könnten als Vorzeigeobjekte dienen und dementsprechend Vorbildwirkung besitzen. ➤ Verwendung von hellen Oberflächenmaterialien, welche eine geringe Wärmespeicherkapazität aufweisen.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Wirtschaft und Industrie, Raumordnung/-planung
Lenkungsebene	Amt für Stadtplanung, Grazer Bauordnung, Stadtentwicklungsplanung, Widmungsflächen/-Bebauungsplan, Wohnbauförderung

(MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015)

Maßnahme	Bebauungsstruktur und Gebäudeausrichtung optimieren
Abkürzung	BW 14
Ziel	Optimierung der Gebäudeausrichtung und der Bebauungsstruktur führen zu einer Reduzierung von kleinräumigen Überhitzungen.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Aufgrund der Speicherkapazität der Baukörper kommt es in dicht bebauten Stadtgebieten zu einer geringen nächtlichen Abkühlung. Diese Wirkung ist von der Ausrichtung der Gebäude speziell vom Gebäudeabstand, Himmelsrichtung, Sonnenexposition und Beschattung abhängig. Temperaturen im Inneren eines Gebäudes werden ebenfalls dadurch beeinflusst. Primär kann gesagt werden, dass eine optimierte Gebäudeausrichtung dazu führt, den direkten Hitzeeintrag zu verringern.</p> <p>Sämtliche Ausrichtungen von Gebäuden und deren Bebauungsstruktur müssen lokal betrachtet werden, da Faktoren wie Windrichtung, Hanglagen und Topographien einen starken Einfluss darauf nehmen.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Die Gebäudeausrichtung so planen, dass eine Sonnenexposition vermindert wird (ohne dabei den Vorteil der Sonnennutzung im Winter zu verlieren) bzw. bei Altbauten Maßnahmen gesetzt werden, die zu einer Verringerung der thermischen Last führen. ➤ Bei Neubauten soll die Gebäudeausrichtung so geplant werden, dass der sommerliche Hitzeeintrag in Schlafräume reduziert wird. ➤ Allgemein kann gesagt werden, dass „Winterräume“ so konzipiert werden das eine hohe Sonneneinstrahlung vorliegt und „Sommeräume“ Schatten und Wind (Durchlüftung) benötigen.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Gesundheit und Soziales, Energie und Versorgung, Raumordnung/-planung
Lenkungsebene	Amt für Stadtplanung Grazer Bauordnung, Stadtentwicklungsplanung, Widmungsflächen-/Bebauungsplan, Wohnbauförderung

(MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015; KUTTLER et al. 2012)

Maßnahme	Leitungsgräben mit minimiertem wärmeleit- und speicherfähigen Material füllen
Abkürzung	BW 15
Ziel	Im Bereich von Trinkwasserleitungen kommt es zu einer verminderten Aufwärmung des Bodens durch Einsatz bestimmter Baumaterialien
Beschreibung, Bedeutung	Im vermehrten Auftreten von langanhaltenden Hitzeperioden, kann es zu einer Erwärmung der Wassertemperatur im Trinkwasserverteilungsnetz kommen. Minimalste Temperaturerwärmungen führen zu einer erhöhten Vermehrung von Bakterien, welche in hygienischer Sicht relevant sind. Um zu verhindern, dass sich das Trinkwasser im Verteilungsnetz erwärmt, muss der erhöhten Luft- und Bodentemperatur entgegengewirkt werden. Die übermäßige Erwärmung kann durch bauliche Maßnahmen verringert werden.
Handlungs-empfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bei der Füllung von Leitungsgräben sollen möglichst Baumaterialien eingesetzt werden, welche eine minimierte Wärmeleit- und Speicherfähigkeit aufweisen. ➤ Ebenfalls können solche Baumaterialien bei Bau- und Sanierung von Verkehrsflächen eingesetzt werden. ➤ Die Mindesttiefe für Leitungssysteme soll nicht unterschritten werden. Dies führt dazu, dass darunterliegende Rohrleitungen weniger stark durch Sonneneinstrahlung und Hitze erwärmt werden. Bei (Rohr-)Neuverlegungen kann auch die Einbautiefe erhöht werden, was zu einer erhöhten Überdeckung und zu einer verminderten Überwärmung äußerlicher Einflüsse führt.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Raumordnung/-planung, Gesundheit und Soziales, Energie und Versorgung, Wirtschaft und Industrie
Lenkungsebene	Amt für Stadtplanung und Stadterneuerung, Grazer Bauordnung, Stadtentwicklungsplanung, Widmungsflächen- und Bebauungsplan, Wohnbauförderung

(KUTTLER et al. 2012)

Maßnahme	Aufhellung und Entsiegelung von Belägen
Abkürzung	BW 16
Ziel	Die Entsiegelung von Oberflächen führt zu einer Erhöhung der Evaporation sowohl als auch zu einer Verminderung der Wärmespeicherung.
Beschreibung, Bedeutung	Neben dem bereits erwähnten Reflexionsvermögen (Farbe) ist auch die Materialstruktur entscheidend. Versiegelte Oberflächen sind oft wasserundurchlässig und besitzen die Eigenschaft, sich schneller zu erwärmen. Im Gegensatz dazu dienen entsiegelte Oberflächen einerseits zur Wasserversickerung (Wasseraufnahme) und andererseits kommt es zu einer Kühlung der Oberflächen durch Verdunstung des gespeicherten Wassers. Weiters wird durch das Versickerungspotential die Gefahr von lokalen Überflutungen verringert.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mögliche Oberflächenmaterialien sind z.B. Plattenbeläge im Sandbett und Schotterdecken. Diese Form des Oberflächenbelages hat den Vorteil versickerungs- und verdunstungsfähig zu sein, was wiederum zu einer Abkühlung der Umgebung führt. ➤ Eine Reduktion von Metall- und Asphaltoberflächen sowohl bei Geräten, Mobiliar, als auch bei Oberflächenbelägen führt zu einer minimierten Wärmespeicherung und daraus resultierenden verminderten „UHI“-Effekt. ➤ Falls keine Möglichkeit besteht Asphalt- und Metalloberflächen zu minimieren, besteht die Möglichkeit diese durch helle Betonflächen, Pflasterbelägen, Rassengitter und schottergebundene Decken zu ersetzen.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Ökosysteme und Biodiversität, Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Raumordnung/-planung
Lenkungsebene	Amt für Stadtplanung und Stadterneuerung, Grazer Bauordnung, Stadtentwicklungsplanung, Widmungsflächen- und Bebauungsplan, Wohnbauförderung

(MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015; KUTTLER et al. 2012)

5.2 Wirtschaft und Industrie

Die Wirtschaftsstruktur Österreichs weist einen hohen Anteil von Klein- und Mittelbetrieben sowie einen geringen Anteil an Großbetrieben auf. Für die Anpassungskapazität von Unternehmen an den Klimawandel ist die Unternehmensgröße entscheidend. Somit haben Groß- und Mittelbetriebe aufgrund finanzieller Mittel tendenziell eine bessere Möglichkeit sich firmenintern anzupassen. Zusätzlich ist zu erwähnen, dass Kleinunternehmen aufgrund der geringen Eigenkapitalquote auf eine starke Unterstützung durch Bund, Gemeinden und Förderungen angewiesen sind. Risiken die aufgrund der klimatischen Veränderung stattfinden, wirken sich größtenteils auf die Wirtschaftsbereiche Logistik (Versorgungssicherheit) und Produktion aus. Daher wird im folgenden Maßnahmenkatalog speziell der Fokus auf die oben erwähnten Bereiche gelegt (BMLFUW 2012b, S. 338).

Wie beeinflussen klimatische Veränderungen Unternehmensentscheidungen?

Der Klimawandel greift in den Wirtschaftskreislauf (Firmen, Haushalt, Staat) als zusätzlicher Akteur ein. Ein Beispiel für diesen indirekten Eingriff wäre die Abhängigkeit der Nahrungs- und Genussmittelindustrie von landwirtschaftlichen Vorleistungen, welche durch Extremereignisse unterbunden werden können. Dies führt einerseits zu einer Angebotsnachfrage des Unternehmens, in weiterer Folge zu einer Preissteigerung für die Bevölkerung und zu einer Verminderung des Angebots. Daher ist es wichtig die Versorgungssicherheit aufrecht zu erhalten und gegebenenfalls zu verbessern. Es findet auch eine direkte Beeinflussung auf die Unternehmen statt, im Sinne von Wetterextremereignissen, möglicher Energie- und Wasserknappheit. Weiters kommt es aufgrund der Anpassung zur Entwicklung neuer Technologien und angepassten, temperaturbeständigeren Produkten (BMLFUW 2012b, S. 340)

Verknüpfung zu anderen Aktivitätsfeldern

Aufgrund der Produktionsvoraussetzungen ist das Aktivitätsfeld Wirtschaft und Industrie stark mit den Aktivitätsfeldern Energie, Land- und Forstwirtschaft, sowie Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft verbunden. Bezüglich der

Gebäudeanpassung an die zu erwartenden Veränderungen, kommt es zu einer Schnittstelle zum Aktivitätsfeld Bauen und Wohnen (BMLFUW 2012b, S. 342).

Verwundbarkeitsabschätzung im Bezug auf Wirtschaft und Industrie

Das Bewusstwerden der Risiken aufgrund des Klimawandels ist nach BMLFUW für die mittelfristige Unternehmensplanung (Produktion, Logistik, Rohstoffmarkt) von hoher Bedeutung. Es muss eine Resilienz gegen zukünftige meteorologische Bedingungen geschaffen werden. Was hierbei noch zu erwähnen wäre, ist, dass internationale Unternehmen nicht nur von lokalen Effekten abhängig sind, sondern auch von den Folgen des Klimawandels in anderen Ländern (BMLFUW 2012b, S. 342-349).

An dieser Stelle folgen nun die zu erwartenden negativen Auswirkungen des Klimawandels auf die Wirtschaft laut BMLFUW. Die klimabedingte Schadenswirkung lässt sich grob in zwei Hauptbereich untergliedern:

- 1) Die Folgen der sich veränderten Klimaparameter (Niederschlag, Temperatur)
 - 2) Die Veränderung der Häufigkeit und Intensität extremer Witterungsperioden (Dürren, Hitzewellen, Hochwasser, Sturm, Hagel, Muren)
- (Ebenda, S. 342-349).

Die Münchner Rückversicherung (Munich RE 2010) zeigt eine Schadensstatistik auf, in der ein klarer Anstieg der Schadenssummen durch Extremereignisse und extreme Witterungsperioden festzustellen ist, welche teilweise auf den anthropogenen Klimawandel zurückzuführen sind. Laut IPCC (2014b) wird sich dieser Trend zu häufigeren und intensiveren Extremereignissen auch künftig fortsetzen.

Anzahl Schadenereignisse 1980 bis 2014

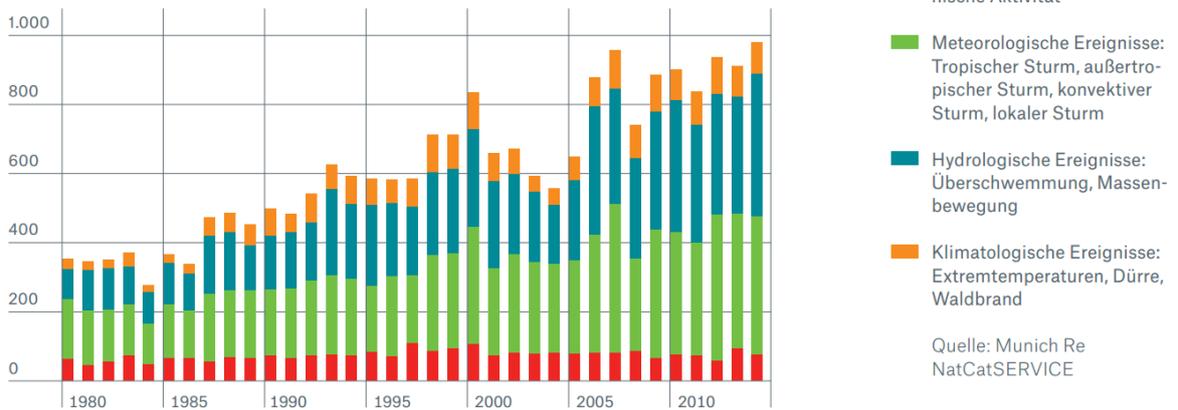


Abbildung 33: Anzahl der Schadenshäufigkeit (Munich RE 2010)

Die oben dargestellte Abbildung stellt die Schadenshäufigkeit unterschiedlicher Bereiche dar. Wie zu erkennen ist, kommt es zu einem kontinuierlichen Anstieg der Anzahl von Schadensereignissen seit dem Jahre 1980. Die prozentuale Verteilung der Schadensbereiche bleibt größtenteils gleich. Leichte Anstiege sind in den Bereichen Meteorologische und Hydrologische Ereignisse zu verzeichnen.

Gesamte und versicherte Schäden in Mrd. US\$ 1980 bis 2014

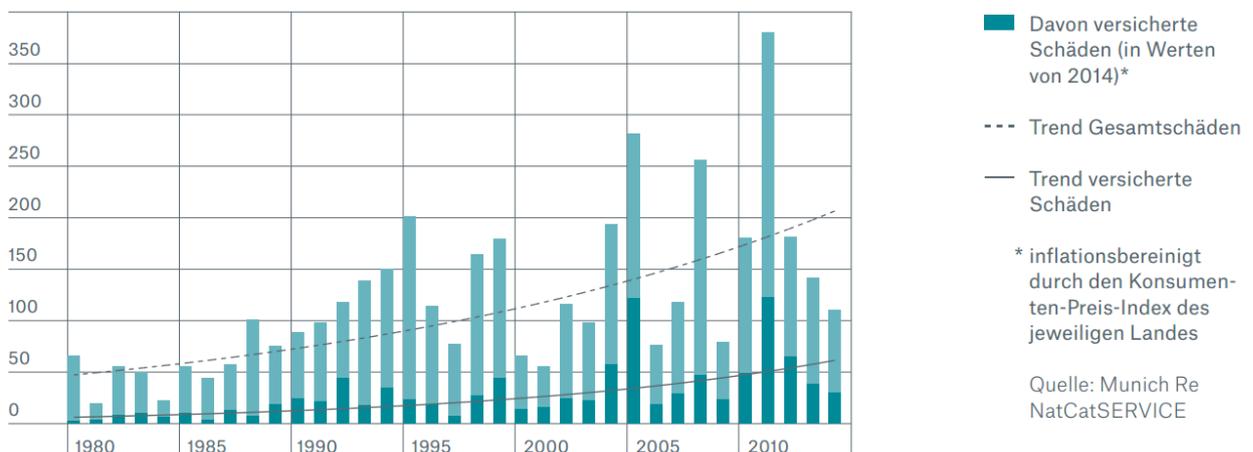


Abbildung 34: Schadenshäufigkeit und die daraus folgenden Kosten (global) (Munich Re 2010)

Über die letzten drei Jahrzehnte beobachtet, lässt sich feststellen, dass es zu einer starken Zunahme der weltweiten Schäden durch Umwelteinflüsse kam. Extremwetterereignisse, die sich in den letzten Jahren gehäuft haben, wären eine mögliche Erklärung der Zunahme des Gesamtschadens.

Produktion

Die Produktion ist in vielerlei Hinsicht vom Klimawandel betroffen, wobei die Verwundbarkeit gering bis mäßig einzuschätzen ist. Durch diverse Veränderungen des Klimas (erhöhte Außen- und Innentemperaturen oder mangelnde Verfügbarkeit von Kühlwasser) kann die Produktionseffizienz eingeschränkt werden. Ebenfalls kann es zu der Problematik kommen, dass die Verfügbarkeit von benötigten Rohstoffen sinkt und somit der Produktionsfluss verlangsamt wird. Möglicherweise kommt es sowohl zur Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit als auch der Gesundheit von MitarbeiterInnen durch steigende innerbetriebliche Temperaturen (DEUTSCHE BUNDESREGIERUNG 2008; FIRTH & COLLEY 2006; OTT & RICHTER 2008).

In Bezug auf die Unternehmensinfrastruktur können Starkwetterereignisse zu einer Beschädigung bzw. zu einer Zweckenteignung der Infrastruktur führen. Dahingehend ist eine Optimierung gegenüber den veränderten meteorologischen Bedingungen in verschiedensten Bereichen (Güter-, Personen-, Energieströme) durchzuführen. Ebenfalls wird eine Optimierung bezüglich der Transportnetze und Lagerung notwendig werden. Die starke Betroffenheit der Teilbereiche Logistik und Betrieb kann zu einer negativen klimawandelinduzierten Folge im Teilbereich Produktion führen (BSR 2009a, b; SCOTTISCH GOVERNMENT 2009).

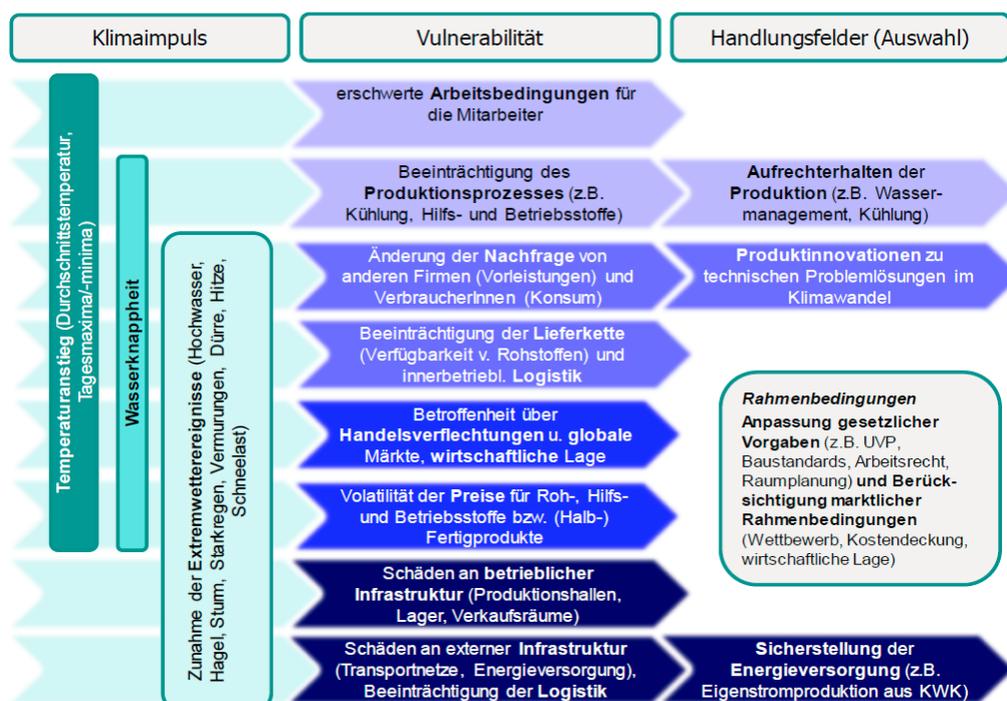


Abbildung 35: Zusammenspiel von Klimaimpuls, Vulnerabilität, Handlungsfelder und deren gegenseitige Beeinflussung angesichts der Chemieindustrie (BMLFUW 2012b nach Wegener Zentrum 2011)

Handel

Der Handel ist kaum von direkten klimabedingten Änderungen betroffen, jedoch ist er sowohl von möglichen Kettenreaktionen entlang der Zuliefer- und Vertriebskette als auch von Nachfrageänderungen stark abhängig. Kommt es zu Schäden durch Extremwetterereignisse (Beschädigung der Verkehrsinfrastruktur) wird die Zulieferung und Verteilung des Handels stark beeinflusst, was in Bezug auf diese Thematik eine große indirekte Angriffsfläche gegenüber dem Klimawandel darstellt. Direkt einwirkende Klimaparameter wirken sich auf die betriebliche Infrastruktur der Handelsunternehmen aus. Wie bereits oben erwähnt, sind auch hier internationale Händler gegenüber Klimawandelfolgen (Ernteauffälle, Lieferengpässe) in anderen Ländern verwundbar (FIRTH & COLLEY 2006).

Ein weiterer Aspekt der nicht zu vernachlässigen ist, ist das zu erwartende veränderte Konsumverhalten der EndverbraucherInnen. So wird an heißen Sommertagen die Nachfrage, nach Erfrischungsgetränken und Speiseeis steigen, während die Nachfrage an Schokolade sinken wird (Deutsche Bank Research 2007). Eine Zunahme der Nachfrage nach energieeffizienten und umweltfreundlichen Produkten könnte steigen, sowie auch die Nachfrage nach Kühlgeräten (BSR 2009 a,b).

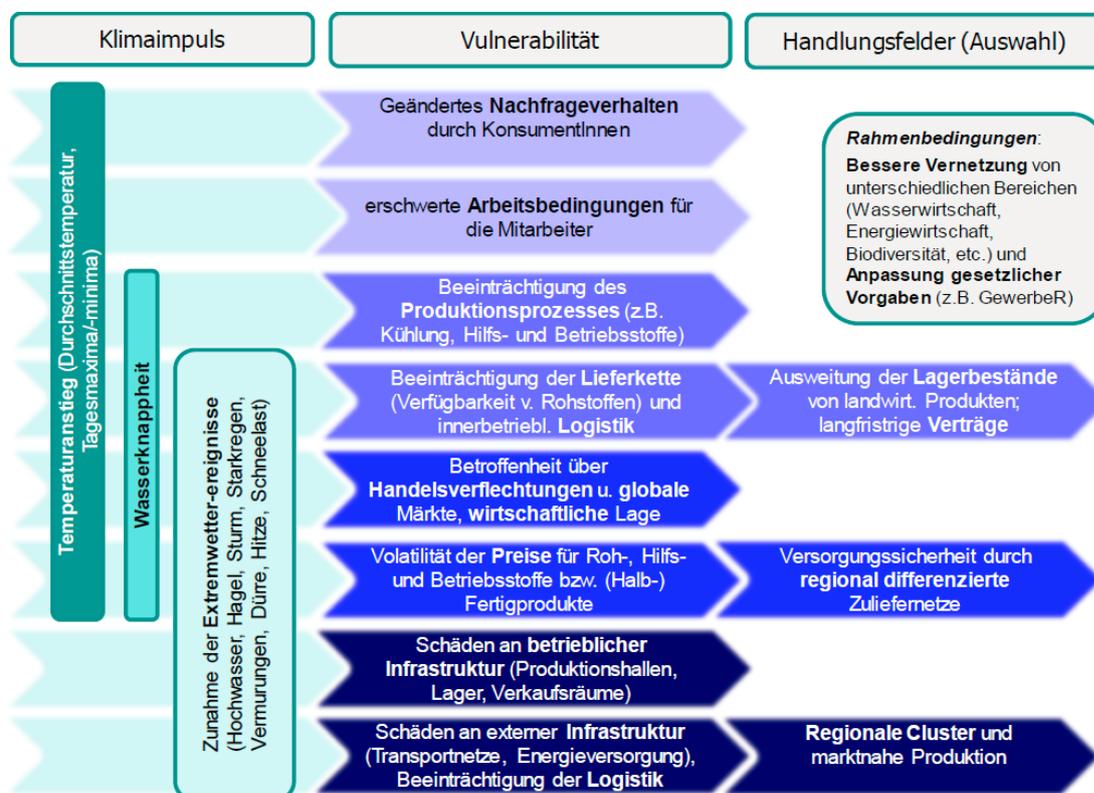


Abbildung 36: Zusammenspiel von Klimaimpuls, Vulnerabilität, Handlungsfeld und deren gegenseitige Beeinflussung auf Lebensmittelindustrie und Handel (BMLFUW 2012b nach Wegener Zentrum 2011)

Risiken und Chancen von Wirtschaft und Industrie

Der Klimawandel bringt einerseits Chancen als auch Risiken mit sich, welchen wir uns als Menschheit entgegenstellen müssen (STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015, S. 101).

- ☞ Weiterentwicklung bestehender Produkte und Verfahrenstechniken;
- ☞ Erhöhte Nachfrage nach Produkten und Lösungen, die emissionsarme bzw. energieeffiziente Voraussetzungen mit sich bringen (klimaverträglich);
- ☞ Steigende Nachfrage nach Produkten und Lösungsvorschlägen in Richtung einer klimaanpassungsfreundlichen Form.

(Ebenda, S. 101)

- ☞ Betriebliche Infrastrukturen und Produktionsprozesse werden durch Extremwetterereignisse negativ beeinflusst.
- ☞ Verkehrswege, Energieversorgung als auch externe Infrastruktur werden beeinträchtigt.
- ☞ Es kann zu einer Unterbrechung der Versorgungskette für den Handel und Produktion kommen.
- ☞ Durch die globale Wirkung könnte es zu Absatzschwächen österreichischer Produkte im Export kommen.
- ☞ Die Sicherstellung - bezogen auf land- und forstwirtschaftliche Rohstoffe - ist aufgrund meteorologischer Veränderungen nicht gewährleistet.
- ☞ Aufgrund sinkenden Angebots (Ernteauffälle) und gleichbleibender Nachfrage kommt es zu einer Rohstoffpreisinflation.
- ☞ Durch die auftretenden Hitzetage werden MitarbeiterInnen physisch und psychisch stärker belastet. Dies führt zu einer Verringerung der Produktivität und der Arbeitsmoral.
- ☞ Konkurrenzkampf um Wassernutzansprüche in langanhaltenden Hitzeperioden (Wassermangel) entsteht;
- ☞ Änderung von Bedürfnissen diverser KonsumentInnen und den daraus resultierenden veränderten Vorleistungen von Firmen.

(Ebenda, S. 101)

Maßnahme	Gewährleistung von Zulieferung und Transportnetzen (Versorgungssicherheit) und Ausweitung von Lagerbeständen
Abkürzung	WI 1
Ziel	Sicherstellung der Versorgungssicherheit durch regionale Zuliefernetze; Minderung des Ausfallrisikos in der Lieferkette und Gewährleistungen von Qualitätsstandards
Beschreibung, Bedeutung	<p>Extremwetterereignisse, wie Dürre oder Überflutungen, können in landwirtschaftlichen Anbaugebieten zu Ernteaufschlägen führen. Durch die Vergrößerung der Lagerbestände kann eine Fluktuation ausgeglichen und gleichzeitig die Versorgungskette gesichert werden. Durch die Bildung von regionalen Clustern kommt es zu einer Verminderung des Risikos bezüglich Aufschlägen (Zulieferkette) und Preis-Mengen-Schwankungen. Ein weiterer positiver Aspekt, wäre die Verkürzung der Transportwege durch marktnahe Produktion, was wiederum zusätzlich zu einer Minimierung der Schadstoffkonzentration führt. Ebenfalls wird durch eine reduzierte Transportstrecke das Risiko einer Unterbrechung dieser Strecke verringert. Die Wirtschaft wird durch diese regionalen Cluster gestärkt, da den BewohnerInnen zusätzliche Arbeitsplätze geboten werden. Verkürzte Transportwege führen außerdem zu einer Minimierung der Gefahr eines Qualitätsverlustes durch zu lange Transport- oder Zwischenlagerungszeiten. Für UnternehmerInnen ist diese Maßnahme dahingehend interessant, da Kosten in der Logistik eingespart werden können.</p> <p>Allgemein kann gesagt werden, dass die Maßnahmen nicht für internationale Unternehmen von Bedeutung sind, sondern der Fokus auf regionale bzw. Nahrungsmittelhersteller bezieht.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Prüfung und gegebenenfalls Erhöhung/Ausweitung der Lagerbestände. ➤ Forschung und Entwicklung innerhalb der Region fördern. In

	<p>bestehenden steirischen Clustern und Netzwerken die Thematik Klimawandel und Anpassung stärker in den Vordergrund rücken.</p> <p>➤ Einen Leitfaden nach dem Prinzip Best- statt Billigbieter erstellen, welcher Kriterien wie Regionalität des Produktes, Wertschöpfungsbeitrag innerhalb der Region und Auswirkungen auf Umwelt-, Natur- und Klima aufnimmt. Ziel dieses Leitfadens ist die Sensibilisierung der Bevölkerung, marktnahe und regionale Produkte zu kaufen.</p>
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Verkehrsinfrastruktur und Mobilität, Energie und Versorgung, Raumordnung/-planung
Lenkungsebene	Steiermark (A2), Wirtschaftskammer Steiermark, Industriellenvereinigung, Steirische Cluster

(STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015; BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Verbesserte Effizienz der energetischen Versorgungssicherheit unter dem Aspekt alternativer/energieeffizienter Technologien
Abkürzung	WI 2
Ziel	Verbesserte Versorgungssicherheit im Bereich Energie durch den verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien, betriebliche Energiegewinnung aus verschiedensten Energiequelle, Ausbau des Netzes sowie der Kraft-Wärme-Koppelung und ertragssteigernde Maßnahmen.
Beschreibung, Bedeutung	Durch ertragssteigernde Energien und betriebliche Energierückgewinnung werden Versorgungsengpässe und Preisfluktuationen minimiert. Ein weiterer positiver Nebeneffekt ist die Senkung der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern. Besondere Bedeutung wird der kontinuierlichen Energieversorgung in Industriezweigen zugewiesen, welche Prozesse durchführen, deren Produktionstopp zu einem Verlust

	<p>des Produktes führen. Durch energieeffiziente Kraft-Wärme-Koppelungsanlagen zur Eigenstromproduktion kann eine kontinuierliche Stromversorgung sichergestellt werden.</p> <p>Mögliche Beispiele sind: Alternative Energieträger (Photovoltaik), Brennstoffrückgewinnung (Kuppelgase), Nutzung der Abwärme innerhalb eines Unternehmens usw.</p> <p>Ferner kommt es zu einer größeren Unabhängigkeit des Energie-Infrastrukturnetzes durch zentrale Energieversorgung, was wiederum die Gefahr eines Totalausfalls reduziert.</p>
<p>Handlungs-empfehlungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Forcierung erneuerbarer Energien und der Energierückgewinnung für Unternehmen. ➤ Förderung energieeffizienter KWK-Anlagen zur Eigenstromerzeugung überschüssige Abwärme soll wieder in das Fernwärmenetz eingespeist werden. ➤ Gewährleistung der regionalen Nutzung von Abwärmepotentialen. ➤ Um den Energieverbrauch zu minimieren und somit die energetische Versorgungssicherheit erhöhen zu können, sollen verschiedene Maßnahmen wie Wärmedämmung von Gebäuden, Verwendung passiver Kühlung und solare Heizung umgesetzt werden.
<p>Bezug weiterer Aktivitätsfelder</p>	<p>Energie und Versorgung, Raumordnung/-planung, Bauen und Wohnen</p>
<p>Lenkungsebene</p>	<p>Bund, Steiermark (A2), Unternehmen, Energiewirtschaft</p>

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Produktion und betriebliche Infrastruktur in Bezug auf die Resilienz stärken
Abkürzung	WI 3
Ziel	Sicherung des Produktionsablaufs und der Lagerhaltung; Funktionierende Logistik auch bei Extremwetterereignissen (Hitze, Hochwasser); Betriebliche Infrastruktur soll gegenüber Extremereignissen (Sturm, Hagel) geschützt sein.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Die Maßnahme führt dahingehend, dass durch die zu erwartenden klimatischen Veränderungen keine Einflüsse auf Produktionsprozesse und Dienstleistungen stattfinden. Prinzipiell kommt es zu einer Anpassung der UnternehmerInnen an künftige klimatische Störeinflüsse, wobei diese dadurch als „klimafit“ gelten. Durch die sich möglicherweise in der Zukunft veränderten Bedingungen sind nicht nur einzelne Unternehmensbereiche stärker gefährdet, sondern beispielsweise auch Logistik, Vertrieb, Einkauf, Risikomanagement etc. Dies führt dazu, dass zukünftig alle Bereiche eines Unternehmens in die Entwicklung von Klimawandelanpassungsstrategien mit eingebunden werden.</p> <p>Eine mögliche zu erwartende negative Folge ist die Erhöhung der Außentemperatur, die zu einem gleichzeitig spürbaren Anstieg der Rauminnentemperatur führt. Dieser Umstand führt dazu, dass sowohl auf die Qualität eines Produktes, als auch auf den physiologischen und psychologischen Zustand der MitarbeiterInnen (negativ) Einfluss genommen wird. Folglich entsteht ein erhöhter Kühlbedarf, der wiederum mit einem erhöhten Energieaufwand einhergeht.</p> <p>Eine bauliche Maßnahme, die UnternehmerInnen umsetzen können, wäre die Standfestigkeit der Gebäude gegenüber Hagel, Stürme und Schneelasten zu erhöhen.</p> <p>Bei zukünftig geplanten Unternehmen soll auf nahegelegene Gewässer und Flüsse in Bezug auf Überschwemmungsgefahr</p>

	Rücksicht genommen werden.
Handlungs-empfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Durch die steigende Temperatur kann es zu einem Mangel von Wasser aus dem öffentlichen Versorgungsnetz kommen, der wiederum zu einer Gefährdung der (Wasser-)Kühlung im Produktionsvorgang führt. Um dies zu verhindern, soll daher Brauchwasser vermehrt und die Möglichkeit auf Regenwasserspeicherung in Betracht gezogen werden. ➤ Eventuelle Glasschäden durch Sturm und Hagel könnten vor allem in Neubauten und Sanierungsobjekten durch den Einsatz stärker belastbarer Gläser minimiert werden. ➤ Überschwemmungen und Hochwassergefahren sollen – durch Kooperation mit der öffentlichen Hand – mit Hilfe von Dämmen und Retentionsflächen abgewendet werden. ➤ Stromausfälle (Unterbrechung der Stromversorgung) werden durch Notstromaggregate überbrückt. ➤ Externe Beratung für Unternehmen zur Anpassung an den Klimawandel ➤ Förderung/Generierung von Reizen zur Anschaffung von alternativen Kühlstrategien. ➤ Schaffen eines Clusters, der das Risikomanagement bezüglich des Klimawandels für steirische Unternehmen zum Ziel hat
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Verkehrsinfrastruktur und Mobilität, Energie und Versorgung, Raumordnung/-planung, Bauen und Wohnen
Lenkungsebene	Bund, Steiermark (A2), Unternehmen

(STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015; BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Klimafreunde Produkte, Verfahren und Dienstleistungen
Abkürzung	WI 4
Ziel	Mithilfe der Anpassung von Produkten an den Klimawandel, soll eine weitere Erhöhung der Anpassungssteigerung erzielt werden.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Der Klimawandel soll nicht nur als negatives Risikopotenzial betrachtet werden, sondern auch als Chance gesehen werden innovative und alternative Produkte zu entwickeln und sich so den neuen Gegebenheiten anzupassen. Diese klimafreundlichen neuen Produkte und Technologien sind ein wichtiger Bestandteil der notwendig ist, um sich dem Klimawandel anzupassen. Durch diese Notwendigkeit entstehen neue Geschäftsfelder und Absatzmärkte für UnternehmerInnen und HerstellerInnen im regionalen, nationalen und internationalen Export.</p> <p>Bereits bestehende klimafreundliche Technologien sind etwa solare und geothermische Kühlungen. Weitere mögliche technische Anpassungen wären beispielsweise sturmsichere Dach- und Fassadensysteme.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Förderungen innovativer, klimafreundlicher Produkte und Dienstleistungen durch die steiermärkische Wirtschaftsförderung. ➤ Bereitstellung von Fördermitteln für den Bereich Forschung und Entwicklung in Bezug auf neue Produkte, die zu Klimawandelanpassung benötigt werden.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Verkehrsinfrastruktur und Mobilität, Energie und Versorgung, Raumordnung/-planung, Bauen und Wohnen
Lenkungsebene	Bund, Unternehmen, Steiermark (A2), Gemeinden

(STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015)

5.3 Tourismus und Freizeit

Der Bereich Tourismus wird sowohl im positiven als auch im negativen Sinne stark durch den Klimawandel beeinflusst. Es kommt zu einer Entwicklung des Städtetourismus im Sinne eines Ganzjahrestourismus, der sich positiv auf die Stadt Graz auswirkt. Jedoch ist ebenfalls zu erwähnen, dass es durch die zu erwartenden höheren Temperaturen vor allem in den Sommermonaten zu einer Erwärmung der Stadt kommt. Diese Tatsache könnte sich wiederum negativ auf den Tourismus auswirken, denn durch hohe Temperaturen wird die Stadt unattraktiver und es werden eher Regionen ausgewählt, die ländlichen Charakter aufweisen. Daher ist es wichtig, dass sich die Stadt an die zu erwartenden klimatischen Veränderungen anpasst und Angebote bereitstellen, die witterungsunabhängig sind.

Weiters müssen auch Tourismusstrategien soweit adaptiert werden, dass es zu keinem Attraktivitätsverlust der Stadt Graz kommt. Ein noch zu erwähnender Aspekt wäre die Umstellung der Tourismusunternehmen auf umweltfreundliche und energieeffiziente Strukturen und Dienstleistungen.

Verwundbarkeitsabschätzung

Nach dem derzeitigen Wissensstand ist eine konkrete Auswirkung der Klimaänderung auf das Tourismussegment mit gewisser Vorsicht zu betrachten. Die Entwicklung des Tourismus ist nicht nur von klimabedingten Faktoren abhängig, sondern wird auch von anderen Aspekten wie demographischem Wandel, Urlaubsmotiven und politischen/wirtschaftlichen Situationen im In- und Ausland beeinflusst. Die Herausforderung, der sich der Tourismus stellen muss, ist mit den veränderten Gegebenheiten umzugehen, sodass keine Fehlanpassungen zu Lasten anderer Aktivitätsfelder beschlossen werden (BMLFUW 2012b, S. 104).

In Hinblick auf den Städtetourismus sprechen wir von einer ausgeglichenen Vulnerabilität. Durch die zu erwartende Zunahme der Sommertage im Raum Graz kommt es zu einer Saisonverlängerung, die zu einer steigenden Attraktivität führen wird. Andersrum wirkt sich die wahrscheinliche Zunahme von Hitzetagen und der daraus resultierenden Hitzebelastung in urbanen Räumen negativ auf die städtische Urlaubsnachfrage aus (ALLEX et al. 2011).

Der Seen- und Badetourismus wird sich prinzipiell positiv entwickeln. Aufgrund der verlängerten Badesaison kommt es zu einer möglichen Zunahme der Badegäste und somit zu einer Umsatzsteigerung. Die Auswirkung auf die Wasserqualität von Badeseen, durch die höheren Temperaturen und der geringen bis gar nicht vorhandenen Vereisung im Winter, muss noch überprüft werden. Ein weiterer Faktor, der sich auch noch negativ auswirken könnte, ist die Zunahme der Verdunstung durch Zunahme der Lufttemperatur, die zu einer Unterschreitung markanter Seepiegel führen könnte. Jedoch ist dies auch von der zukünftigen Niederschlagsentwicklung abhängig und es können daher keine präzisen Angaben bezüglich der Vulnerabilität gemacht werden (BMLFUW 2012b, S. 105).

Im Bereich Gesundheitstourismus wird eine steigende Nachfrage immer wahrscheinlicher. Es besteht eine höhere körperliche Belastung durch vermehrte Hitzetage, die zu einer Erhöhung der Gesundheitsangebote führen wird. Daraus resultierend bietet sich für den Gesundheitstourismus eine gute Chance um sich als Ganzjahrestourismus zu etablieren und somit negative Auswirkungen bezüglich des Wintertourismus zu kompensieren (Ebenda, S. 105).

Es ist sehr wichtig, dass es zu einer Anpassung des Tourismus kommt, denn es hängen fast alle Aktivitätsfelder mit dem Bereich Tourismus zusammen. Somit wäre eine negative Entwicklung des Tourismus für die gesamte Entwicklung der Region in und um Graz unabdingbar (Ebenda, S. 105).

Übergeordnete Handlungsprinzipien für den Tourismus nach BMLFUW

- Die Strategien und Maßnahmen müssen aufgrund der unsicheren Entwicklung flexibel gestaltet werden, um eine rasche Anpassung an sich zu veränderte Bedingungen gewährleisten.
- Aufgrund der engen Verflechtung mit allen Aktivitätsfeldern ist eine vorausschauende Abwägung auf mögliche negative Folgen bei der Planung in Bezug auf andere Bereiche (Wirtschaft, Energie, Wasserhaushalt etc.) notwendig.
- Für Regionen, die aufgrund des Klimawandels eine verringerte Wertschöpfung in Bezug auf den Tourismus zu erwarten haben, sollen alternative Strategien entwickelt werden (BMLFUW 2012b, S. 106).

Risiken und Chancen des Tourismus und Freizeit

- ☞ Verlängerung des „Sommers“
 - ☞ Ausweitung der Badesaison
 - ☞ Entwicklung neuer Freizeitangebote
 - ☞ Gewinnung an Attraktivität gegenüber überwärmten Regionen in Südeuropa

 - ☞ Schneemangel
 - ☞ Zunahme von Extremwetterereignissen
 - ☞ Zunahme der Wassertemperatur und der daraus eventuell möglichen Beeinträchtigung der Wasserqualität in Badeseen
- (STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015, S. 111)

Anpassungsziele

Im Fokus liegt die Steigerung der Attraktivität des Städtetourismus in Graz und die Ausweitung des Ganzjahrestourismus. Sekundäres Ziel ist die Nutzung des Potenzials durch die klimabedingten Veränderungen hinsichtlich der Schaffung von neuen Tourismus- und Freizeitangeboten (Ebenda, S. 111).

Maßnahme	Entwicklung von Tourismusstrategien im Zuge des Klimawandels
Abkürzung	TF 1
Ziel	Anpassungsmaßnahmen zum Thema Klimawandel in touristische Rahmenbedingungen und strategischen Überlegungen einbauen
Beschreibung, Bedeutung	<p>Strategien, die gegenüber dem Klimawandel pro aktiv wirken, leisten für die Zukunft gesehen einen wichtigen Beitrag zur Beibehaltung der Attraktivität des Tourismusstandortes Graz. Die Strategien für den Bereich Tourismus sollen so ausgelegt werden, dass eine bestmögliche Anpassung für den Tourismus an den klimawandelbedingten Veränderungen stattfinden.</p> <p>Betrachtet man die breit gefächerte Auswirkung der zu erwartenden Veränderungen und die aktivitätsfeld-übergreifenden Maßnahmen, so ist eine Zusammenarbeit von Stadt, Land und Bund gefordert (Bildung von „Klimaregionen“). Durch die</p>

	<p>Zusammenarbeit können einzelne Strategien erfolgreicher umgesetzt und die Vulnerabilität hinsichtlich des Tourismus durch klimatische Veränderungen reduziert werden. Folgende Aspekte sind in den nachfolgenden Strategien zu berücksichtigen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Eine nachhaltige Entwicklung im Tourismus fördern (z.B.: Mobilität, Energie); ➤ Angebote sollen sich so weit verändern, dass eine Ganzjahrestourismusattraktivität gegeben ist, was unter anderen zum Ziel hat, dass Vor- und Nachsaisonen gestärkt werden. ➤ Im Bereich der wetterunabhängigen Angebote, soll eine Steigerung des Angebots gefördert werden. ➤ Regionale Besonderheiten (Kulinarik und Kultur) sollen noch stärker in den Vordergrund gerückt werden.
Handlungs-empfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Erhebung des tatsächlichen Ist-Standes bezüglich der Tourismusstrategien ➤ bestehende Strategien hinsichtlich der Wirkung und Anpassung an den Klimaschutz überprüfen ➤ vermehrte Förderung jener Aktivitäten, die der Klimawandelanpassung dienen ➤ effiziente Informationsaufbereitung, um eine möglichst breit gefächerte Informationsgrundlage für Entscheidungsträger zu schaffen ➤ verstärkte Berücksichtigung des Klimawandels auf bestehende und zukünftige Tourismusstrategien
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Alle Aktivitätsfelder
Lenkungsebene	Steiermark (A1), Steiermark Tourismus, Tourismusverbände, Wirtschaftskammer Steiermark

(STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015; BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Klimaschonende Anpassungsmaßnahmen im Bezug auf Basis der Tourismusstrategien
Abkürzung	TF 2
Ziel	Verstärkter Fokus auf Maßnahmen, welche stark zur Senkung der Treibhausgasemissionen beitragen und somit zu einem Mehrwert für einen Betrieb darstellen.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Die Maßnahme ist eng mit „Entwicklung von Tourismusstrategien im Zuge des Klimawandels“ verbunden, wobei hier die Zielsetzung auf klimaschonende Anpassungsmaßnahmen abzielt.</p> <p>Maßnahmen, die im Tourismus oft gesetzt werden (Wellnesseinrichtungen, künstliche Beschneidung, Freizeitparks), sind keine Anpassungsmaßnahmen, können jedoch einen erhöhten Ressourcenbedarf verantworten (Wasserverbrauch, Energie, Fläche usw.). Dementsprechend ist festzustellen, dass sich solche Maßnahmen nicht negativ auf den Klimaschutz auswirken und zu keiner Erhöhung der Treibhausgase führen. Das positive Image der Urlaubsdestination wird durch solche klimaschonende Maßnahmen gesteigert, was zu einer erhöhten Nachfrage und Attraktivität führt. Die heimische Bevölkerung zieht ebenfalls positive Entwicklungen daraus, da es einerseits zu einer besseren Luftqualität führt und andererseits zu einer Auslastung der Gastronomiebetriebe kommt. Selbst Betriebe haben einen positiven Nutzen bezüglich der Reduktion der Kosten (Energie).</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Förderinstrumente führen die Anpassung im Tourismusbereich auf Bezug adaptierter Richtlinien in die richtige Richtung um einen größtmöglichen Nutzen für die Anpassung zu erlangen. ➤ Maßnahmen zur Sensibilisierung Tourismusverantwortlicher zur Förderung der Entwicklung zielgruppenangepasster Angebote. ➤ Entwicklung regionaler Anpassungsmaßnahmen unter Einbindung der Bevölkerung. ➤ Treibhausgase durch nachhaltige Neuinvestitionen im

	<p>Mobilitätssektor minimieren.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Prioritäten bezüglich Anpassungsmaßnahmen setzen, die den Nutzen bestehender Infrastrukturen miteinzubeziehen. ➤ Auswertung bestehender Tourismusangebote in der Regionen und gegebenenfalls Anpassungen treffen.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Alle Aktivitätsfelder
Lenkungsebene	Steiermark (A1), Steiermark Tourismus, Tourismusverbände, Wirtschaftskammer Steiermark

(STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015; BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Anpassung der Saisonzeiten für Freibäder
Abkürzung	TF 3
Ziel	Verlängerung der Badesaison entsprechend der sich zu erwartenden veränderten Sommerperioden
Beschreibung, Bedeutung	Da es wahrscheinlich zu einer Entwicklung von längeren Sommerperioden kommen wird, muss eine Gewährleistung zur Abkühlung (Freibad, Seen) der Grazer Bevölkerung vorhanden sein.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bessere Beschattung von Liegewiesenbereichen durch schattenspendende Baumarten ➤ Saisonbeginn/-ende an aktuelle Wetterverhältnisse anpassen ➤ Sicherstellung der Abkühlmöglichkeiten der Grazer Bevölkerung
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Alle Aktivitätsfelder
Lenkungsebene	Steiermark (A1), Steiermark Tourismus, Stadt Graz

(LANDESHAUPTSTADT STUTTGART 2012)

Maßnahme	Ganzjahrestourismus ausbauen, Schaffung neuer Angebote sowie den Städtetourismus in Graz fördern
Abkürzung	TF 4
Ziel	Die Stadt Graz soll in Zukunft noch weiter als Ganzjahresdestination gezielt gefördert werden und somit sich weiter als Hauptanlaufstelle im Bundesland Steiermark für den Ganzjahrestourismus etablieren.
Beschreibung, Bedeutung	Der Städtetourismus ist im Allgemeinen weniger stark von Schlechtwetter betroffen. Dies soll genutzt werden, um eine attraktive Alternative zum wetterabhängigen Tourismus zu schaffen. Durch die Förderung des Grazer Stadttourismus können im Speziellen für Schlechtwetterphasen den Gästen Attraktionen angeboten werden. Durch die Wetterunabhängigkeit kann sich Graz als Ganzjahresdestination im Tourismussektor platzieren.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Wetterunabhängige Angebote fördern und ausbauen; ➤ Förderung von Tourismusangeboten, die ökologisch und nachhaltig sind. ➤ Die Vielfältigkeit unterschiedlichster Regionen der Steiermark fördern, insbesondere Graz in den Vordergrund rücken. ➤ Junge Menschen verstärkt als Zielgruppen ansprechen sowie zusätzliche Angebote für Früh- und Nebensaisonen schaffen.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Alle Aktivitätsfelder
Lenkungsebene	Steiermark (A1), Steiermark Tourismus, Stadt Graz

(STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015)

5.4 Verkehrsinfrastruktur und Mobilität

Die Verkehrsinfrastruktur ist ein wichtiger Bestandteil der benötigt wird, um eine funktionierende Volkswirtschaft aufrecht zu erhalten. Zu diesem Gebiet gehören sowohl Verkehrswege, Vernetzung, räumliche Ausdehnung als auch bauliche und technische Einrichtungen. Bedeutende Verkehrsinfrastrukturen, welche eine lange Lebenszeit besitzen wie beispielsweise Autobahnen, Eisenbahnstrecken, Flughäfen oder Bahnhöfe, sind stark von klimatischen Faktoren abhängig. Es kann zu Beeinträchtigungen der Effizienz, Sicherheit und Pünktlichkeit des Verkehrs kommen, was wiederum Auslöser einer negativen Kettenreaktion sein kann. Dementsprechend sind Anpassungsmaßnahmen notwendig, um die Auswirkungen des Klimawandels auf den Verkehr zu minimieren (BMLFUW 2012b, S. 276).

Die europäische Kommission vertritt ebenfalls die Meinung, dass bereits existierende Verkehrsinfrastrukturen an die veränderten Bedingungen angepasst werden müssen, unter Aufrechthaltung eines kontinuierlichen und sicheren Betriebs. Weitere Investitionen im Sektor Verkehr sind daher unumgänglich. Die Kommission empfiehlt weiters, dass bereits bei der Planung von neuen Verkehrsinfrastrukturen der Aspekt der Klimasicherheit im Vordergrund stehen sollte (EK 2009).

Die Wichtigkeit von Verkehrsinfrastruktur und Mobilität ist für die Gesellschaft und Wirtschaft essentiell, was zu einer engen Vernetzung führt. Dies bedarf einer engen Verbindung zu den Aktivitätsfeldern Wirtschaft und Industrie, sowie Raumordnung/-planung. Diese Verknüpfung ist bei der Planung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen zu berücksichtigen.

Das Aktivitätsfeld Verkehrsinfrastruktur und Mobilität enthält die Planung, Errichtung, Nutzung und Aufrechterhaltung von Infrastrukturen, welche dem öffentlichen und privaten Verkehr dienen. Es zielt einerseits auf die möglichen negativen Auswirkungen im Bereich der Betriebsgebäude, Verkehrswege/Anlagen und Leitsysteme durch den Klimawandel ab, andererseits wird auch ein Fokus auf das Planungsverfahren gelegt. Im Speziellen werden Veränderungen bei Temperatur, Sturm, Hochwasser, Extremniederschlag etc. berücksichtigt. Ein weiterer Aspekt, der ebenfalls eine hohe Priorität aufweist, ist die Verbesserung der Ausstattung und

Gestaltung von Verkehrsmitteln, sowie Betriebsgebäuden und Verkehrsflächen (klimagerechte Bushaltestelle, Beschattungseinrichtungen, Klimaanlage in Straßenbahnen). Mögliche Veränderungen des Freizeitverhaltens (Stadtflucht) und anderwärtige indirekte Einwirkungen werden nicht im Speziellen bearbeitet (BMLFUW 2012b, S. 276).

Vulnerabilitätsabschätzung: Verkehrsinfrastruktur und Mobilität

Bedingt durch zunehmende Extremwetterlagen (Hitzeperioden, Schnee, Eis, Sturm, Starkregen etc.) können Verkehrsinfrastrukturen beschädigt und beeinträchtigt werden. Generell wird aufgrund der verändernden klimatischen Veränderungen eine stärkere Abnutzung der Infrastruktur stattfinden, was wiederum zu einer Verkürzung der Lebensdauer jener führt. Dies wird sich vor allem durch erhöhte Erhaltungskosten im Budget bemerkbar machen. Ebenfalls wirken sich Schäden an der Infrastruktur auch auf operative Bereiche stark aus. Verzögerungen im Verkehr führen nicht nur zu höheren Kosten im Straßen- und Eisenbahnbereich, sondern wirken sich negativ auf die gesamte Wirtschaft aus. (HOFFMANN et al. 2009, S. 277). Verkehrsbehinderungen und temporäre Ausfälle können zu Versorgungsengpässen, Lieferverzögerungen bzw. Ausfällen, Unterbrechung von Pendlerströmen, aber auch zur Blockierung der öffentlichen Sicherheit führen. Die sich daraus bildenden Schwachstellen müssen durch Planung, Errichtung und Nutzung der Verkehrsinfrastruktur kompensiert werden (BMLFUW 2012b, S. 277).

Die Beurteilung der Vulnerabilität in Bezug auf den Verkehr variiert stark und daher ist eine eindeutige Einstufung nicht möglich. Im Bereich des Neubaus von Verkehrsinfrastrukturen liegt eine geringe Vulnerabilität vor, da mögliche Adaptierungsmaßnahmen einfach umzusetzen sind. Bei bestehenden Infrastrukturen ist die Vulnerabilität hoch einzuschätzen, da wir von einer sehr hohen Systemträgheit sprechen. Bei Sanierungsgebieten wird ebenfalls von einer geringen bis mäßigen Verwundbarkeit ausgegangen, da mögliche Anpassungsmaßnahmen umgesetzt werden können (BMLFUW 2012b, S. 277).

Zu erwartende Hitzeperioden und Temperaturerhöhungen führen zu höheren Oberflächentemperaturen auf Straßenbelägen, welche eine stärkere thermische Belastung jeweiliger Materialien bedingen. Dies führt zu einem Aufweichen des

Straßenbelags, das zu einer Entstehung von Spurrillen führt. Weiters steigen die Unfallzahlen aufgrund verminderter Konzentration der Verkehrsteilnehmer an. Im Teilbereich der Eisenbahn kann es zu Verformungen von Schienen durch erhöhte Temperaturen und intensive Sonneneinstrahlung kommen. Elektrische Anlagen entlang der Bahnstrecken sind anfälliger für Ausfälle, was zu einer Beeinträchtigung des Transportes und der Verkehrssicherheit führt. Bei vermehrtem Auftreten von Hitzeperioden soll ein Erfahrungsaustausch mit südlichen Nachbarländern in Bezug auf mögliche Anpassungen stattfinden oder zumindest in Betracht gezogen werden (Ebenda, S. 277).

Laut dem BMLFUW stellen Extremwetterereignisse eine große Gefahr für alle Infrastrukturbereiche dar. Hangrutschungen und das Unterspülen von Straßen- und Bahntrassen kann durch Starkregenereignisse verursacht werden. Im Bahnverkehr kann es durch umstürzende Bäume zur Behinderung der Trassen, und durch Stürme zur Zerstörung von Signalanlagen sowie Stromversorgungen kommen. Weitere Naturereignisse wie etwa Hochwasser und Überflutungen können zunehmen und wirken sich stark auf den Verkehr aus. Mögliche Auswirkungen dieser Extremereignisse sind kleineren Beschädigungen, oder sogar die totale Zerstörung von Verkehrsinfrastruktur. In welchem Ausmaß die Zunahme von Extremereignissen abhängt, ist derzeit noch nicht mit hundertprozentiger Sicherheit abschätzbar, jedoch ist aufgrund des hohen Schadenpotentials (Wirtschaft, Einzelpersonen, öffentlicher Sektor) vorausschauend zu agieren um die Vulnerabilität zu verringern. In Bezug auf Graz wird eine Verringerung der Vulnerabilität im Winter stattfinden, da eine Abnahme der Frost- und Eistage zu erwarten ist (BMLFUW 2012b, S. 278).

Zum jetzigen Zeitpunkt wird die Anpassung von Verkehrsinfrastruktur an den Klimawandel wenig bis gar nicht thematisiert. Kommt es jedoch zu einem temporären Zusammenbruch von Hauptverkehrsachsen wären die Auswirkungen auf die Regionalwirtschaft, Gesundheitsversorgung und Gesellschaft verheerend (Erreichbarkeit von Pflegebedürftigen, Pendlern, Ausfall von Arbeitstagen). Deshalb ist es wichtig die Vulnerabilität zu senken – sowohl durch Wissenschaft als auch im Sinne der Anpassung – und mögliche Maßnahmen zu entwickeln und umzusetzen (Ebenda, S. 278).

Risiken und Chancen der Verkehrsinfrastruktur und Mobilität

- ↳ Ausbau und Förderung des öffentlichen Verkehrs
 - ↳ Erhöhung der Sicherheit von Verkehrsinfrastruktur
 - ↳ Forschung und Entwicklung von neuen Materialien und Technologien
 - ↳ Appell an die Grazer Bevölkerung zur Nutzung des öffentlichen Verkehrs
-
- ☞ Beschädigung, Beeinträchtigung und Unterbrechung der Verkehrsinfrastruktur durch Extremereignisse
 - ☞ Materialschäden durch erhöhte Temperaturen
 - ☞ Überwärmung von Verkehrsmitteln und Haltestellen
- (STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015, S. 59)

Anpassungsziele

Das Ziel der unten angeführten Maßnahmen, ist es den Bereich Verkehrsinfrastruktur „klimawandeltauglich“ zu gestalten. Hier wird der Fokus auf drei Handlungsziele gelegt:

1. Die Verkehrsinfrastruktur soll gegenüber Extremwetterereignissen eine erhöhte Widerstandsfähigkeit aufweisen.
2. Die Mobilität im öffentlichen als auch im privaten Sektor wird aufrechterhalten und gewährleistet.
3. Steigerung der Attraktivität öffentlicher Verkehrsmittel und deren Nutzung trotz sich zukünftig ändernden klimatischen Bedingungen.

Da der Verkehr ebenfalls zur städtischen Überwärmung beiträgt, sollten in erster Linie Maßnahmen gesetzt werden, welche diese verringern. Als sekundäres Ziel sollten die öffentlichen Verkehrsmittel so angepasst werden, dass diese bei auftretenden Hitzeperioden nicht an Attraktivität verlieren (STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015, S. 60).

Maßnahme	Vermehrter Ausbau von Frühwarn- und Informationssystemen
Abkürzung	VM 1
Ziel	Das Vorsorgeprinzip im Bereich Verkehrsinfrastruktur wird gegenüber Extremwetterereignissen ausgebaut
Beschreibung, Bedeutung	<p>Mit derzeitigem Wissenstand sind keine genauen, verlässlichen Aussagen über das Auftreten von Extremwetterereignissen möglich, da Raum und Zeitpunkt des Auftretens nicht exakt festgelegt werden können.</p> <p>Damit es zu einer Verringerung von Schäden an Personen und Infrastruktur kommt, ist eine frühzeitige Vorbereitung auf Extremereignisse erforderlich. Die daraus gewonnenen Informationen müssen an Bevölkerung, Asfinag, sowie Anbieter vor öffentlichen Verkehrs- und Transportwesen weitergegeben werden, um sie somit von potenziell möglichen Gefahren zu warnen. Die zu informierenden Personen/Unternehmen sind über mögliche Szenarien aufzuklären, um die Wirksamkeit solcher Informationssysteme zu gewährleisten.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bei Hitzeperioden soll ein Erfahrungsaustausch mit südlichen Staaten stattfinden ➤ Erstellen eines Katalogs über Vulnerabilitätserfahrungen, welche bei Neuinvestitionen herangezogen werden können ➤ Entwicklung eines Monitoringsystems in Bezug auf Extremwetterereignisse (Temperatur, Wind, Niederschlag etc.) und laufende Evaluierungen (Schadenskosten) ➤ Im Falle von Extremereignissen kommt es zu einer Durchführung von organisatorischen und technischen Maßnahmen ➤ Aufklärung und Ausbildung des Personals bzw. der Bevölkerung
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Alle Aktivitätsfelder
Lenkungsebene	Steiermark (A4), Verkehrsinfrastrukturbetreiber, Meteorologische Institutionen und Unternehmen, Stadt Graz

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Gewährleistung eines funktionsfähigen Verkehrssystems
Abkürzung	VM 2
Ziel	Die Anpassung der Verkehrsinfrastruktur an klimatische Veränderungen, um die Funktionsfähigkeit der Verkehrssystems aufrecht zu erhalten und eine Versorgungssicherheit der Bevölkerung zu generieren.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Aufgrund der sich verändernden klimatischen Bedingungen muss die Verkehrsinfrastruktur angepasst werden. Einige technische Möglichkeiten, um die Verkehrsinfrastruktur „klimawandelrobuster“ zu gestalten und somit eine geringere Vulnerabilität zu erreichen, sind vorhanden. Jedoch ist gerade im Bereich Verkehr wichtig, dass eine Abstimmung zwischen Klimaschutz und Anpassung stattfindet. Begründung:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Es liegt eine hohe Systemträchtigkeit im Bereich der Verkehrsinfrastruktur vor, was langfristig die Verkehrsmittelwahl eingrenzt. ➤ Durchdachte kombinierte Anpassungs- und Klimaschutzstrategien bei der Infrastruktur führen zu einem hohen Zusatznutzen für die Bevölkerung im Zuge der absehbaren Zunahme der Hitzebelastung. <p>Die Randbedingungen in urbanen Räumen werden durch die Gestaltung der Verkehrsinfrastruktur bestimmt. Aufgrund der derzeitig sehr niedrigen Transportkosten kommt es zu einem erhöhten Verkehrsaufkommen. Um das erhöhte Verkehrsaufkommen zu senken, muss eine stärkere Nutzung des öffentlichen Verkehrs stattfinden, welche sich wieder positiv auf die Robustheit des Systems auswirkt.</p>
Handlungsempfehlungen	<p>Güter und Personenverkehr (lokal – überregionale Ebene)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Öffentliche Einrichtungen an das öffentliche Verkehrsnetz anbinden bzw. bei Neuplanungen berücksichtigen ➤ Bestehende Verkehrsinfrastrukturen aufrechterhalten und Parallelstrukturen ausbauen (Radverkehr, Fußgänger usw.)

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Die Infrastruktur, welche für den intermodalen Verkehr benötigt wird, soll erweitert werden. ➤ Das Mobilitätsmanagement von Betrieben soll gefördert werden ➤ Konzepte entwickeln, die eine Abstimmung in Bezug auf das Krisenmanagement und Klimaveränderungen beinhalten ➤ Durch Monitoring, Demonstrationsprojekten und Simulation soll die Wirksamkeit bewiesen werden ➤ Aufklärung der Öffentlichkeit über die Thematik Verkehr/Mobilität mit Bezug auf den Klimawandel ➤ Mögliche Investitionen in Bezug auf die Verkehrsinfrastruktur sind auf Aspekte der Anpassung und der Klimaschutzziele zu überprüfen. <p>Personenverkehr (lokal – regional – überregional)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Weiterer Ausbau von Geh- und Radwegen, welche durch schattenspendende Baumpflanzen optimiert werden ➤ Vermehrung der Trinkbrunnen im Bereich von Geh- und Radwegen ➤ Optimierung und Anpassung der Infrastruktur um den öffentlichen Verkehr zu verbessern ➤ Förderung von Arbeitsgleitzeiten um Lastspitzen (Verkehr) zu vermeiden ➤ Um das Verkehrsaufkommen zu verringern soll eine verstärkte Nutzung technischer Möglichkeiten in Anspruch genommen werden (Videokonferenzen) ➤ Auswahl der Verkehrsmittel, die klimafreundlicher agieren
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Ökosysteme und Biodiversität, Bauen und Wohnen, Wirtschaft und Industrie, Tourismus und Freizeit, Gesundheit und Soziales
Lenkungsebene	Bundesanstalt für Verkehr, Steiermark (A4), Verkehrsinfrastrukturbetreiber, Bauträger, Betriebe, PlanerInnen, Kommunen, Stadt Graz

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Gewährleistung des thermischen Komforts
Abkürzung	VM 3
Ziel	Die thermische Belastung soll in Siedlungsräumen, Verkehrsträgern und Betriebsgebäuden verringert werden.
Beschreibung, Bedeutung	Durch die Verbrennung fossiler Energieträger, sowie auch durch die Beleuchtung bestehender Infrastrukturen, werden große Mengen an Abwärme frei. Diese Abwärme führt neben dem Klimawandel zu einer zusätzlichen Temperaturerhöhung, was zur Folge hat, dass die Hitzebelastung für die Bevölkerung erhöht wird. Daher ist es umso wichtiger, dass diese zusätzliche thermische Energie reduziert wird, um einen thermischen Komfort in urbanen Räume zu erhalten.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ausbau und Förderung der Infrastruktur, welche für E-Mobilität benötigt wird, sowie die Förderung für Stromerzeugung aus Solaranlagen ➤ Energieeffizienzkriterien in die Planung von Verkehrsinfrastrukturen miteinzubeziehen ➤ An öffentlichen Plätzen/Gebäuden soll die Verwendung von tageslichtabhängigen Beleuchtungen festgelegt werden ➤ In dicht verbauten Gebieten soll der modernisierte Individualverkehr eingeschränkt werden, um thermische Lasten zu reduzieren ➤ Technologien, welche klimaschutzkonform sind (geringerer Ressourcenverbrauch, geringere CO₂-Emission), sollen gefördert werden ➤ Umstellung auf Verkehrsmittel, welche klimagerecht agieren (z.B.: den Fahrtwind zur Kühlung nutzen) ➤ Adaption der Infrastruktur und Verkehrsmittel, welche einen langen Lebenszyklus aufweisen (höhere Systemeffizienz)
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Energie und Versorgung, Gesundheit und Soziales, Wirtschaft und Industrie, Raumordnung/-planung
Lenkungsebene	Steiermark (A4), Immobilien- und Geräteentwickler, Stadt Graz

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Hitzebelastungen in öffentlichen Verkehrsmitteln reduzieren
Abkürzung	VM 4
Ziel	Durch geeignete Klimatisierung in öffentlichen Verkehrsmitteln soll die thermische Belastung für Fahrgäste und Personal reduziert werden. Weiters soll dadurch eine Steigerung der Betriebssicherheit in längeren Hitzeperioden stattfinden.
Beschreibung, Bedeutung	Wie es im Sommer 2010 häufig der Fall war, kam es zu Ausfällen der Klimatisierung, was wiederum zu Gesundheitsgefährdungen von Fahrgästen und Personal führte. Dementsprechend ist eine Erhöhung der Zuverlässigkeit der Klimatisierung in öffentlichen Verkehrsmitteln notwendig. Betrachtet man den Nahverkehr, ist eine nur begrenzte Leistungsfähigkeit der Kühlung aufgrund der zahlreichen Kurzintervalle (Tür öffnen) vorhanden. Dies führt zu dem Entschluss, dass eine Reduktion der inneren Hitzebelastung nur in Kombination mit passiven Kühlstrategien möglich ist.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Die Klimatisierung in öfftl. Verkehrsmitteln weiterentwickeln, sowohl in Bezug auf aktive wie passive Kühlstrategien ➤ Durch Schulung des Personals kann eine rechtzeitige und bedarfsgerechte Kühlung der Fahrzeuge erreicht werden (vor Abfahrt) ➤ Erstellung eines Konzepts inwiefern sich Fuhrparkbetreiber bei Ausfall der Klimatisierung zu verhalten haben ➤ Die technische Sicherheit von Klimaanlage erhöhen und Systeme entwickeln welche im Notfall eingreifen ➤ Die Bereitstellung von Trinkwasser(-brunnen) an Verkehrsknotenpunkten (Jakominiplatz) und in Verkehrsmitteln ➤ Forschung und Simulation von Betriebsbedingungen unter extremen Hitzebedingungen ➤ Berücksichtigung des Klimawandels bei Neuausschreibungen
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Energie und Versorgung, Gesundheit und Soziales, Tourismus und Freizeit, Wirtschaft und Industrie
Lenkungsebene	Steiermark (A4), Betreiber/Hersteller öffentlicher Verkehrsmittel, Stadt Graz

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Klimagerechte Haltestellen
Abkürzung	VM 5
Ziel	Haltestellen des öffentlichen Verkehrs werden an die klimatischen Bedingungen angepasst und somit klimagerecht ausgerüstet.
Beschreibung, Bedeutung	Da die Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln und der dazu gehörenden Infrastruktur (Haltestellen) immer attraktiver gestaltet wird, und diese von der Bevölkerung vermehrt beansprucht werden ist es notwendig, auch diesen Bereich an die neuen Gegebenheiten anzupassen. Da es zu einer vermehrten Hitzebelastung der öffentlichen Verkehrsteilnehmer kommt, welche gesundheitliche Folgen haben könnten, ist es wichtig durch die unten angeführten Maßnahmen dieses Risiko zu verringern.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bereitstellung und Installation von Wasserspendern um bei andauernden Hitzeperioden einer Dehydrierung der Bevölkerung vorzubeugen ➤ Überdachungen überprüfen sowie gegebenenfalls adaptieren und nachrüsten. Falls möglich entweder mit Photovoltaikanlagen ausstatten, um Strom zu erzeugen, der dabei in geeigneter Form zur Kühlung des Haltestellenbereichs genutzt werden kann. Andererseits kann eine Dachbegrünung installiert werden um Schatten zu spenden. ➤ In Verbindung mit einem Frühwarnsystem könnte man Hitzewarmmeldungen festhalten und der Bevölkerung mitteilen ➤ Sollte keine Möglichkeit der Dachbegrünung bzw. die Errichtung einer Photovoltaikanlage möglich sein, sind unbedingt Materialien zu verwenden, welche eine geringe Wärmespeicherkapazität aufweisen und im besten Falle reflektierend wirken (kein Glas).
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Energie und Versorgung, Gesundheit und Soziales, Tourismus und Freizeit, Wirtschaft und Industrie
Lenkungsebene	Steiermark (A4), Betreiber/Hersteller öffentlicher Verkehrsmittel, Stadt Graz

(LANDESHAUPTSTADT STUTTGART 2012)

Maßnahme	Versiegelte Verkehrsflächen reduzieren (Überflutungsschutz)
Abkürzung	VM 6
Ziel	Die Reduktion von überschüssigen Versiegelungsflächen von Verkehrsinfrastrukturen um lokale Überflutungen zu minimieren.
Beschreibung, Bedeutung	Verkehrsflächen, die keine Funktion mehr besitzen, bleiben oft weiterhin versiegelt, da es keine gesetzlichen Voraussetzungen für eine Entsiegelung gibt. Genau solche Flächen würden durch Entsiegelung den Wasserrückhalt erhöhen, sodass lokale Überflutungen größtenteils verhindert werden können oder zumindest reduziert werden. Daher kann allgemein gesagt werden, dass grundsätzlich eine Vermeidung von Versiegelung forciert werden sollte und der Rückbau nicht verwendeter Verkehrsflächen an Priorität gewinnen sollte. Sind keine derartigen Möglichkeiten gegeben um eine Entsiegelung durchzuführen, können Alternativmaßnahmen gesetzt werden (Verwendung von durchlässigen Materialien).
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ In der Bebauungsvorschrift soll ein maximaler Versiegelungsgrad festgehalten werden ➤ Bei Neuerrichtungen diverser Abstellflächen sollen anstatt Versiegelungen Versickerungsflächen gebaut bzw. errichtet werden. ➤ Das Freihalten von Flächen (keine Versiegelung) soll attraktiver gestaltet werden. Eine Möglichkeit dazu wäre eine Ausgleichsleistung für versiegelte Verkehrs- und Bauflächen in Ballungsräumen einzuführen. ➤ Bereitstellung von Fördermitteln für die Anpassung und Entsiegelung im Bereich der Straßenfinanzierung
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Bauen und Wohnen, Raumordnung/-planung, Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft
Lenkungsebene	Steiermark (A4), Stadt Graz, Verkehrsinfrastrukturbetreiber, Bauträger, GrundeigentümerInnen

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Überarbeitung der Rechtsnormen von Bau- und Betrieb der Verkehrsinfrastrukturen bezogen auf den Klimawandel
Abkürzung	VM 7
Ziel	Die Richtlinien Gesetze und Normen bezogen auf die Verkehrsinfrastruktur sollen auf die möglichen Auswirkungen des Klimawandels angeglichen werden.
Beschreibung, Bedeutung	Die derzeitigen Vorgaben gehen von konstanten Umweltbedingungen aus, und beziehen sich dadurch größtenteils auf die Vergangenheit. Die Berücksichtigung der zu erwartenden klimatischen Entwicklungen ist jedoch erforderlich um ein vorsorgeorientiertes Bauen, Betreiben und Sanieren von Verkehrsinfrastrukturen umzusetzen.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Feststellen der Verkehrsinfrastruktur auf Sommertauglichkeit in Bezug auf zu erwartende künftige Temperaturniveaus ➤ Neuberechnung von Heizlasten um eine Überdimensionierung von Heizungsanlagen zu vermeiden ➤ In Normgremien und bei der Novellierung von Bauordnungen die Thematik des Klimawandels und dessen Folgen miteinbeziehen (thematisieren) ➤ Entlang der Verkehrswege sollen Baumarten gewählt werden welche windwurfresistenter sind ➤ Die Verkehrsinfrastruktur soll bei Neubauten und Sanierungen auf die in Zukunft zu erwartende höhere physikalische Belastung ausgelegt werden (extreme Hitzeeinwirkungen, häufigeres Hochwasser). ➤ Verkehrseinrichtungen (Straßenbeleuchtungen usw.) und deren Verankerungen müssen widerstandfähiger gegenüber äußere Einflüsse (Witterung) gemacht werden ➤ Neu-Auslegung bestehender baulicher Infrastruktur (Kanäle)
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Bauen und Wohnen
Lenkungsebene	Steiermark (A4), Normungsgremien, OIB, Schiene und Verkehr (FSV), österreichische Forschungsgesellschaft Straße

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Radwege wintertauglich gestalten
Abkürzung	VM 8
Ziel	Das Radwegenetz soll so ausgebaut werden, dass eine ganzjährige Nutzung möglich ist.
Beschreibung, Bedeutung	Da in Graz die Anforderung der RadfahrerInnen nach einem ganzjährigen Befahren des Radwegenetzes erwünscht wird, ist die Sicherstellung dieser Tatsache erforderlich. Dies würde die Attraktivität der Benutzung von Radwegen steigern, was zur Folge hat, dass weniger Treibhausgasemissionen entstehen (geringere Autonutzung) und zusätzlich die thermische Belastung durch den geringen Verkehr reduziert wird.
Handlungsempfehlungen	➤ Ausweitung des Winterdienstes im Sinne der Schneeräumung von Radwegen
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Gesundheit und Soziales, Tourismus und Freizeit
Lenkungsebene	Steiermark (A4), Stadt Graz

(LANDESHAUPTSTADT STUTTGART 2012)

Maßnahme	Streumittelart optimieren
Abkürzung	VM 9
Ziel	Verringerung des Feinstaubs durch Einsatz abtauender Streumittel
Beschreibung, Bedeutung	Durch den Einsatz abtauender Streumittel wird die entstehende PM10-Emission im Verhältnis zu abstumpfenden Streumitteln nach dem derzeitigen Wissenstand annähernd halbiert.
Handlungsempfehlungen	➤ Vermehrter Einsatz abtauender Streumittel (Salz)
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Ökosysteme und Biodiversität, Gesundheit und Soziales
Lenkungsebene	Steiermark (A4), Stadt Graz

(UMWELT BURGENLAND 2006)

Maßnahme	Umbau vorhandener Schotter-Schwellengleis- und Asphaltbahnkörper zu Rasenbahnkörper
Abkürzung	VM 10
Ziel	Durch den Umbau der Gleiskörper zu Rasengleise wird der Anteil an Grün- und Ausgleichsflächen innerhalb des Ballungsraumes Graz erhöht
Beschreibung, Bedeutung	Rasengleiskörper führen nicht nur zu einer Schaffung von Grün- und Ausgleichsflächen, sondern haben auch den positiven Effekt, dass eine wesentliche Reduzierung der Lärmemission stattfindet. Weiters wird der Ökologiehaushalt, sowie Luft-, Boden- und Grundwasserverhältnisse verbessert. Es kommt zu einer Speicherung des Oberflächenwassers von bis zu 80 Prozent was zu einer erheblichen Entlastung der Kanäle führen würde. Durch die stetige Abgabe des gespeicherten Wassers an die Umgebung kommt es zu einer Abkühlung und dabei zu einer Verringerung des UHI-Effekts. Die Vegetationswurzeln können Schadstoffe speichern und führen somit zu einer Verringerung der Emissionsbelastung. Die Photosynthese bewirkt im Speziellen die Umwandlung von Kohlenstoffdioxid in Luftsauerstoff, was zu einer besseren Luftqualität innerhalb der Stadt führt.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Einbringen der Thematik in den Stadtrat (durch Experten) ➤ Erfahrungsaustausch mit anderen Städten wie z.B. Stuttgart
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Ökosysteme und Biodiversität, Gesundheit und Soziales, Urbane Grünräume
Lenkungsebene	Stadt Graz

(TRAVETTO FAHRWEGSYSTEME 2006)

Maßnahme	Asphaltmischungen, welche temperaturbeständig sind
Abkürzung	VM 11
Ziel	Bei Sanierungen und Neubauten sollten hitzebeständige Asphaltmischungen verwendet werden, um ein Verfließen zu verhindern.
Beschreibung, Bedeutung	Im Straßenbau werden üblicherweise sogenannte plastische Baustoffgemische aus Bitumenzusatz und mineralischen Gesteinen verwendet. Diese werden im heißen Zustand zwischen 150-200 °C verarbeitet. Durch längere anhaltende Hitzeperioden kann es zu einer starken Erwärmung des Asphalts kommen, der durch Belastung in Form von Anfahr- und Bremsvorgängen beschädigt wird. Diese Einwirkungen führen zu einer Verformung des Asphalts gerade im Bereich von Kreuzungen oder Straßen mit Schwerlastverkehr. Es können schwache bis starke Spurrillen entstehen, welche ein Sicherheitsrisiko für den laufenden Verkehr darstellen.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Beisetzung von speziellen Bitumen, welche sich nicht linear zur Temperaturveränderung verhalten (geringere Verformbarkeit). ➤ Eine zusätzliche Möglichkeit, um eine Schädigung des Asphalts durch hohe Temperatur zu verhindern, wäre eine Aufhellung der Straßendecke um die Wärmespeicherkapazität an der Asphaltfläche zu verringern und gleichzeitig eine höhere Reflexion zu erreichen. ➤ Bei Altbestand-Asphalt, welcher eine geringere Temperaturbeständigkeit besitzt, kann während länger anhaltende Hitzeperioden eine aktive Wasserkühlung genutzt werden. ➤ In Japan wird durch den Zusatz von Reiskleie die Festigkeit, Stabilität und Verwitterungsbeständigkeit der Asphaltdecken erhöht.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Bauen und Wohnen, Raumordnung/-planung
Lenkungsebene	Steiermark (A4), Verkehrsinfrastrukturbetreiber

(UMWELTBUNDESAMT 2014; LANDESHAUPTSTADT STUTTGART 2012)

5.5 Energie und Versorgung

Energie ist in unserer derzeitigen Gesellschaft nicht mehr wegzudenken, da wir auf eine permanente Verfügbarkeit von Energie angewiesen sind. Mögliche Energieversorgungsprobleme oder Energieknappheit sind für alle Bereiche unserer Gesellschaft ein Bedrohungsszenario. Dementsprechend ist die Energiesicherheit sehr wichtig und besitzt einen hohen Stellenwert. Der Energiesektor wird von Unmengen an Faktoren stark beeinflusst, zu diesen Faktoren zählen Wirtschaftswachstum, demographische Entwicklung, technologische Innovationen und die wirtschaftspolitischen Gegebenheiten bezüglich der Öffnung des Strom- und Gasmarktes. Ein weiterer Faktor wird in Zukunft zunehmend mehr Einfluss auf den Energiebereich nehmen, nämlich die klimatische Veränderung (BMLFUW 2012b, S. 118).

Extremwetterereignisse, die aufgrund von sich verändernden klimatischen Bedingungen zu erwarten sind, können sich negativ auf Infrastruktur wie Kraftwerke oder Leitungsnetze auswirken. Durch die ebenso zu erwartenden höheren Temperaturen, würde ebenfalls ein erhöhter Stromverbrauch vorhanden sein (aktive Kühlung), der das Risiko mit sich bringt, um Versorgungsengpässe entstehen zu lassen. Deshalb ist es von enormer Bedeutung, die zentrale Versorgung und Sicherstellung so an den Klimawandel anzupassen, dass keine negativen Folgen für die Gesellschaft und Wirtschaft entstehen (STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015, S. 31).

Das Aktivitätsfeld Energie und Versorgung erfasst nach dem BMLFUW (2012b) die Erzeugung bis hin zur Verteilung des Stroms, unter dem Schwerpunkt diese Bedingungen unter schwierigen klimatischen Bedingungen aufrechtzuerhalten. Primär zielen die Maßnahmen auf die Bereiche Sicherstellung der Versorgungs- und Transportnetze, Betroffenheit von Kraftwerksanlagen sowie Erzeugungsstruktur ab. Das Ziel, welches die Maßnahmen und Anpassungen verfolgt, ist, dass der Strombedarf in Zukunft gedeckt werden kann bzw. die Versorgungssicherheit nicht durch eventuelle Folgen des Klimawandels in Gefahr gebracht wird. Die Thematik bezüglich der Senkung von CO₂-Emissionen wird in Zukunft noch relevanter, dementsprechend müssen Maßnahmen gesetzt werden, welche energiesparend und

energieeffizienzsteigernd sind. So wäre beispielsweise der Einsatz von energieverbrauchsoptimierten Geräten (geringer Strombedarf und minimierte innere Lasten) eine weitere Maßnahme, um dem Ziel der CO₂-Emissionssenkung näher zu kommen. Ein Synergieeffekt, der hier zusätzlich zu tragen kommt, ist neben der erwähnten Anpassung an den Klimawandel der gleichzeitige Klimaschutz (BMLFUW 2012b, S. 118).

Bereits im Jahre 2010 wurde durch die Energiestrategie Österreich ein umfassendes Paket an Maßnahmenvorschlägen erstellt. In diesem Paket werden Bereiche und Maßnahmen dargestellt, die zu einer Entwicklung eines nachhaltigen Energiesystems führen und die Vorgaben der EU (Anhebung der erneuerbaren Energie auf einen Anteil von 34 Prozent und die Senkung der Treibhausgase im Non-ETS Bereich um 16 Prozent) sicherstellen. Jene vier Säulen, auf welcher dieser Maßnahmenkatalog aufbaut, sind Umweltverträglichkeit, Wettbewerbsfähigkeit, Versorgungssicherheit und Sozialverträglichkeit, die auf allen Ebenen das Ziel der Bereitstellung und Nutzung, sowie der Energieeffizienz verfolgen. Mit der künftigen Energiestrategie Österreichs soll der Energieimport stark verringert werden (geringe Abhängigkeit) und im Bereich Wirtschaft und Beschäftigung soll eine Steigerung erzielt werden. Für die Gesellschaft und Wirtschaft ist eine Sicherstellung der Energieversorgung unabdingbar und es ist daher noch einmal zu erwähnen, dass es zu keinem Verlust der Versorgungssicherheit wegen eventuellen Klimawandelbedingungen kommen darf. Eine enge Vernetzung liegt zu den Aktivitätsfeldern Wirtschaft und Industrie sowie Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft vor, sowie eine teilweise Überschneidung zu den anderen Aktivitätsfeldern (BMLFUW 2012b, S. 119).

Vulnerabilitätsabschätzung: Energie und Versorgung

Zum jetzigen Zeitpunkt ist das Ausmaß eventueller Veränderungen auf die Produktion, Energieverbrauch usw. nicht genau abschätzbar und daher ist es auch nicht möglich, eine wissenschaftliche Aussage über die Vulnerabilität zu treffen. Die laufende Überprüfung hinsichtlich der Klimasensitivität und deren Veränderung sind durchzuführen. Besonders bei der zentralisierten Energieversorgung ist von einer hohen Sensitivität auszugehen. In der österreichischen Energiewirtschaft sprechen wir von einer Mischform im Sinne einer zentralen- und dezentralen Erzeugung. Im

Speziellen für die zentralisierte Energieversorgung – insbesondere der Wasserkraft – wird eine hohe Sensitivität angenommen (BMLFUW 2012b, S. 120).

Bei derzeitigen Annahmen spricht man von drei Bereichen innerhalb des österreichischen Energiesektors, welche durch den Klimawandel besonders betroffen sein werden (KRANZL et al. 2010):

- Energienachfrage für Heizen und Kühlen
- Stromversorgung
- Biomasse

Schwerwiegende Folgen aufgrund des Klimawandels können im Sektor Wasserkraftwerke entstehen. Langanhaltende Niederwasserstände, welche durch die Zunahme von Hitzeperioden entstehen, könnten das Produktionspotential stark senken. Derzeit wird von stärkeren Niederwasserständen in der Zukunft ausgegangen welche zusätzlich noch deutlich früher entstehen (HABERSACK et al. 2011). Im Winter wird jedoch von einer besseren Wasserverfügbarkeit ausgegangen, welche durch höhere Winterabflüsse entsteht. Die auftretenden Hochwässer werden sich verschieben. Es kommt zu einem häufigeren Auftreten von Winterhochwässern und zu früheren Frühjahreshochwässern. Weiters wird eine Verlagerung des Niederschlags vom Sommer- zum Winterhalbjahr erwartet. Aufgrund dieser zu erwartenden Änderungen und der daraus resultierenden berechneten Szenarien wird von einem jährlichem Rückgang von 6 bis 15 Prozent der nationalen Wasserkraftstromerzeugung ausgegangen (KRANZL et al. 2010). Zum derzeitigen Stand liegt der Verbraucherschwerpunkt bezüglich der elektrischen Energie in den Wintermonaten, wobei das Erzeugungsmaximum der Wasserkraftwerke (Gesamt-österreich) in den Sommermonaten vorliegt. Künftige Szenarien gehen davon aus, dass es zu einer Umkehrung kommen wird, das heißt der Energiebedarf im Winter wird leicht abnehmen und im Gegenzug wird der Bedarf an elektrischer Energie für die aktive Kühlung im Sommer steigen (PRETTENTHALER et al. 2007; PRETTENTHALER & GOBIET 2008).

Die kalorischen Kraftwerke werden ebenfalls negativ beeinflusst, da aufgrund der steigenden Temperaturen und der daraus resultierenden höheren Umgebungstemperatur der Wirkungsgrad gesenkt wird. Des Weiteren führen erhöhte

Gewässertemperaturen zu einer Beeinträchtigung der Produktion, da eine geringere Kühlung durch das Wasser stattfindet (ROTHSTEIN et al. 2008).

In den kommenden Jahrzehnten kommt es im Bereich der Raumwärme zu einer starken Energieeffizienzsteigerung sowie einer Anhäufung von Solarthermie und anderen alternativen Energieträgern (KRANZL et al. 2010). Milde Temperaturen im Winter sowie der effiziente Neubau und thermische Sanierungsmaßnahmen führen dazu, dass die Raumwärme und der Warmwasserbedarf in den nächsten Jahrzehnten deutlich sinken. Werden die oben beschriebenen Annahmen umgesetzt, wird im Bezug auf die Raumwärme von einer geringen bis mäßigen Vulnerabilität gesprochen. Geht es um die Thematik der Kühlung, wird eine deutliche Nachfragesteigerung an Energie zu erwarten sein (PRETTENTHALER et al. 2007; PRETTENTHALER & GOBIET 2008). Gerade in Zeiten eingeschränkter Produktionsmöglichkeiten, welche aufgrund länger anhaltenden Hitzeperioden und des daraus resultierenden mangelnden Kühlwasserangebots einhergehen, was wiederum den Wirkungsgrad thermischen Kraftwerke verringert, könnte die Nachfrage des Strombedarfs zur Kühlung steigen (KUCKSHINRICHS et al. 2008). Wie bereits erwähnt, könnte auch das Produktionspotential von Wasserkraftwerken aufgrund langanhaltender Niederwasserstände vor allem während langen Hitzeperioden sinken. Um die Vulnerabilität zu verringern, sollen passive und alternative Kühlungen eingesetzt werden, die das Ziel der Reduktion des Energiebedarfs für Kühlzwecke verfolgen (BERGER & PUNDY 2010, KRANZL et al. 2010). Werden in Zukunft keine Maßnahmen gesetzt bzw. ausreichend forciert, wird mit einer hohen Vulnerabilität zu rechnen sein (BMLFUW 2012b, S. 121).

Die Nachfrage nach erneuerbaren Energieträgern und der steigende Energiebedarf gewinnen zunehmend an Bedeutung, die Produktion von erneuerbarer Energie wird stark von diversen Umweltfaktoren beeinflusst. Die Effizienz ist stark von Witterung und Klima sowie auch von Klimavariabilität und Extremereignissen abhängig. Dadurch wird gerade im Bereich der forstwirtschaftlichen Biomasseproduktion von einer hohen Vulnerabilität gesprochen (BMLFUW 2012b, S. 121).

Risiken und Chancen der Energie und Versorgung

- 👉 Entwicklung neuer Technologien
- 👉 Flexibilität der Energieversorgung erhöhen
- 👉 Verbesserter Ausbau der Leitungsinfrastruktur
- 👉 Speicherkapazitäten (Strom und Wärme) erweitern

- 👉 Steigende Energiepreise
- 👉 Geringer Produktivität der Wasserkraftwerke im Sommer
- 👉 Beeinträchtigung der Produktion im Bereich der Biomasse, durch Auftreten von Trockenperioden und neuen Schädlingen
- 👉 Negative Produktionsbeeinflussung aufgrund erhöhten Niederwasserperioden im Sommer
- 👉 Erhöhte Zunahme aktiver Kühlung, aufgrund zunehmender Temperaturen
- 👉 Zunahme möglicher Schäden an Infrastruktur durch Zunahme von Extremereignissen

(STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015, S. 32)

Anpassungsziele

Die Energieversorgung und die dafür notwendige Infrastruktur sollen angepasst werden. In weiterer Folge soll das Energiesystem gegenüber Extremereignissen widerstandsfähiger konstruiert werden, um damit mögliche Versorgungsausfälle zu verhindern. Weitere Kriterien sind die Leistbarkeit und der Klimaschutz für die Grazer Bevölkerung. Laut der STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG (2015) ergeben daraus sich folgende Punkte:

- Widerstandsfähigkeit steigern
- Für die Wirtschaft und Bevölkerung eine Sicherstellung von leitbarer Energie gewährleisten
- Klimaneutrale Energiesysteme erweitern
- Die Energieversorgung und gleichzeitige Sicherung für die Bevölkerung sicherstellen
- Entwicklung flexibler Energiesysteme (kurze An- und Abschaltzeiten)
- Die Anzahl dezentraler Anlagen erhöhen

- Beratung der Grazer Bevölkerung (Hilfestellungen bezüglich Energieeinsparungen, Pläne für Notfälle)

(STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015, S. 32)

Übergeordnete Handlungsprinzipien: Energie und Versorgung

- Maßnahmen zum Klimaschutz und Anpassungen an den Klimawandel sind in dieser Thematik sehr eng miteinander verbunden. Diese Synergie soll bestmöglich genutzt werden, um das Optimum für den Klimaschutz als auch für die Anpassung zu erreichen
- Die Versorgung der Bevölkerung mit Strom ist kein rein regionales oder nationales Thema. Mögliche Ausfälle oder Störungen von europäischen Verbundnetzen, Kraftwerken und der daraus resultierenden Lieferknappheit kann auch eine negative Auswirkung auf die inländische Versorgung haben. Zudem soll die globale Entwicklung des Energiemarktes (Preis- und Nachfrageentwicklung) berücksichtigt werden und dazu möglichst robuste Maßnahmen erarbeitet werden.
- Da einige Maßnahmen einen längeren Zeitraum benötigen um ihre Wirksamkeit zu entfalten, soll eine zeitliche Skalierung für Anpassungsmaßnahmen (z.B.: kurzfristig: 1 bis 10 Jahre, mittelfristig: 10 bis 20 Jahre und langfristig: 20 Jahre und länger) stattfinden, welche zwischen langfristigen und Übergangslösungen unterscheiden.
- In der Energiewirtschaft und den dabei resultierenden Maßnahmen sind unbedingt ökologische Auswirkungen und Naturschutzaspekte zu berücksichtigen und gegebenenfalls miteinzubeziehen. Dies gilt auch für den Ausbau und die Nutzung erneuerbarer Energiequellen
- Primäres Ziel sollte es sein, dass der Energieverbrauch reduziert wird und es gleichzeitig zu einer Erhöhung der Energieeffizienz kommt. Eine weitere Maßnahme, die zu forcieren wäre, ist die Vermeidung von Versorgungsengpässen in Phasen des erhöhten Bedarfs.
- Um diese übergeordneten Maßnahmen umzusetzen, sind nicht nur technische Maßnahmen von Bedeutung, sondern auch die Bewusstseinsbildung innerhalb der Gesellschaft.

(BMLFUW 2012b, S. 122)

Maßnahme	Netzinfrasturktur optimieren
Abkürzung	EV 1
Ziel	Die Netzinfrasturktur soll soweit optimiert werden, dass eventuelle vorhersehbare Engpässe und Überkapazitäten vermieden werden.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten sind vor allem Voraussetzungen speziell in den Bereichen Übertragungs- und Verteilungsnetze in Form von effizienten und belastbaren Übertragungsnetzen zu schaffen. In Zukunft werden Netzinfrasturkturen so konstruiert werden müssen, dass sie verstärkt mit einer höheren Durchflussmenge einer dezentralen Produktion und einer höheren Anforderung bezüglich Versorgungssicherheit zurechtkommen. Zukünftige Netze sollen so geplant und entwickelt werden, dass eventuelle Verbrauchssteigerungen zu bewältigen sind.</p> <p>Aufgrund der Zunahme von kleineren dezentralen Einspeisern ist eine Anpassung des Stromnetzmanagements unabdingbar. Um ein optimales Energieversorgungssystem sicherzustellen, welches durch erneuerbare Energiequellen und somit von kleinen dezentralen Stromproduzenten eingespeist wird, ist eine strategische Infrastruktur notwendig.</p> <p>Bei Neubauten (Kraftwerken) ist die Netzplanung strategisch so auszulegen, dass eine minimale Distanz zwischen Stromerzeuger und Stromverbraucher entsteht, um die Transportwege so gering als möglich zu halten und eventuelle Störanfälligkeiten zu minimieren. Bei der Standortwahl sollen Faktoren wie Strom und Wärmenutzung ausschlaggebend sein. Kalorische Kraftwerke, welche einen hohen Abwärmeanteil besitzen, sind in Zukunft in Verbrauchernähe anzusiedeln.</p>
Handlungsempfehlungen	➤ Förderung von „Smart Grids“ (Intelligentes Stromnetz) (KLANZL et al. 2010)

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Forschung auf dem Sektor dezentraler Einspeisung und aktiver Verteilernetze bezüglich ihrer Auswirkung (KRANZL et al. 2010) ➤ Einheitliche Kriterien erstellen, welche herangezogen werden um Anpassungsaspekte bei künftigen Erweiterungen und Planungen von Übertrags- und Verteilungsnetzen zu ermöglichen.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Bauen und Wohnen, Raumordnung/-planung
Lenkungsebene	Steiermark (A2), Elektrizitätswirtschaft, Netzbetreiber, E-Control (BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Informations- und Beratungsangebot über energieeffiziente Maßnahmen für Betriebe erweitern
Abkürzung	EV 2
Ziel	Grazer Unternehmen sollen für die neuen Herausforderungen auf dem Energiesektor sensibilisiert werden.
Beschreibung, Bedeutung	Sowohl die Energieeffizienz als auch der Klimaschutz sind bereits schon länger Themen bei den Grazer Unternehmen. Was jedoch zu wenig thematisiert wird, sind die möglichen negativen Auswirkungen aufgrund des Klimawandels, welche sich auch auf die Betriebe auswirken. Deshalb ist es wichtig, dass die Grazer Wirtschaftsunternehmen auf mögliche neue Herausforderungen und Maßnahmen, welche in Zukunft kommen könnten, reagieren können (betriebliche Ebene).
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Informationskampagnen starten ➤ Örtliche Betriebsberatung sowie allgemeine Betriebsangebote schaffen ➤ Ausbildungsworkshops für Betrieb und Mitarbeiter anbieten
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Bauen und Wohnen, Wirtschaft und Industrie
Lenkungsebene	Steiermark (A4), Umweltamt Graz, Fachabteilung Energie und Wohnbau

(STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015)

Maßnahme	Erhöhung und Einspeisung dezentraler Energie
Abkürzung	EV 3
Ziel	Die Versorgungssicherheit soll durch die Nutzung regionaler erneuerbarer Ressourcen erhöht werden und die Bevölkerung soll für die Thematik Energie/Versorgung sensibilisiert werden.
Beschreibung, Bedeutung	Die Erhöhung von dezentralen Erzeugungsanlagen (klein bis mittel), welche auf Basis erneuerbarer Energie funktionieren, führen zu einer Umstellung des derzeitigen Betriebsführungs- und Schutzsystems. Zu beachten ist auch, dass alternative Energieträger (Sonne, Wind usw.) nicht regelmäßig verfügbar sind. Dementsprechend sind „Smart Grids“ und entsprechende Transport- und Übergangnetze notwendig, welche die erhöhte Produktion an dezentraler Stromerzeugung integrieren können und somit die Bereitstellung zusätzlicher elektrischer Energie zu sichern. Ein Synergieeffekt, der nicht zu unterschätzen ist, ist die Reduktion von CO ₂ -Emission durch die verringerte Beanspruchung fossiler Energieträger.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Förderung von Haushalten, welche eine eigene Erzeugungseinheit auf Basis erneuerbarer Energie implementieren und den überschüssigen Strom in das öffentliche Stromnetz einspeisen (Haus als Kraftwerk). ➤ Entwicklung eines Strategieplans, welcher regionale Gegebenheiten und eine optimierte Einspeisung bzw. Auskopplung von dezentralen Systemen/Anlagen miteinbezieht. ➤ Energieeffizienzsteigerung durch Nutzung von raumplanerischen Instrumenten
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Wirtschaft und Industrie, Bauen und Wohnen, Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Raumordnung/-planung
Lenkungsebene	Bund, Steiermark (A4), Elektrizitätswirtschaft, Netzbetreiber, E-Control

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Steigerung der Energieeffizienz und Verringerung innerer Lasten
Abkürzung	EV 4
Ziel	Steigende Energieeffizienz führt zu einer Reduzierung des Energieverbrauchs und durch die Senkung der inneren Lasten wird der thermische Komfort gesteigert.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Circa ein Drittel der benötigten Energie wird im Sektor Gebäude zur Kühlung oder Erwärmung sowie für die Wasseraufbereitung und Beleuchtung verwendet. Warme Außenluft, Einstrahlung von Sonnenlicht und Energieverbraucher sind die wesentlichsten Produzenten von Wärme in Innenräumen („innere Lasten“)</p> <p>Durch den Einsatz effizienter Technologien (bei Kühlung, Beleuchtung, Warmwasser etc.) ist eine starke Verminderung der Erwärmung von Innenräumen messbar. Des Weiteren wird durch Verwendung dieser Technologien die innere thermische Last verringert.</p> <p>Die Reduktion des Energieverbrauchs sollte jedoch generell durch bewusstseinsbildende Maßnahmen umgesetzt werden.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Betriebszeiten von Geräten optimieren (z.B. Beleuchtungsintensität dem Tageslicht anpassen) ➤ Förderungen bezüglich stromsparenden Geräten und Beleuchtungen (Geräte welche einen geringen Standby-Verbrauch und einen hohen Wirkungsgrad besitzen) ➤ Gebäude welche einen geringen Primärenergiebedarf und CO₂-Emission besitzen, sollen gefördert werden ➤ Verlegung von IT-Anlagen (Servern) in ein energieeffizientes Rechenzentrum (Green-IT) ➤ Energieberatung und Bewusstseinsbildung weiter ausbauen
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Wirtschaft und Industrie, Tourismus und Freizeit, Gesundheit und Soziales, Bauen und Wohnen
Lenkungsebene	Bund, Steiermark (A4), GebäudenutzerInnen, HaustechnikplanerInnen, Geräte-EntwicklerInnen, F & E, IT-PlanerInnen

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Ausbau und Diversifizierung der Energieversorgung und erneuerbarer Energieträger
Abkürzung	EV 5
Ziel	In Zukunft soll ein flexibles und widerstandsfähiges Energiesystem entstehen. Die Forcierung soll auf Windkraft, Geothermie, Biomasse, Abwärmenutzung, Solarwärme etc. gelegt werden.
Beschreibung, Bedeutung	Aufgrund der sich verändernden klimatischen Bedingungen und der daraus resultierenden Folgen wird die Energieversorgung verletzlicher. Um diese Verletzlichkeit zu verringern und die Energieversorgung widerstandsfähiger zu gestalten, muss eine Anhebung der dezentralen Versorgungseinheiten stattfinden und auch Stromnetze sollen weiter resistenter gegenüber negativem Einfluss modelliert werden. Um mögliche Ausfälle zu kompensieren, ist es notwendig entsprechende Speichersysteme zu konstruieren. Weiters könnte die überschüssige Energie in solchen Speichersystemen gespeichert werden, um sie zu einem späteren Zeitpunkt zu nutzen. Die zukünftige Herausforderung wird die Vernetzung unterschiedlichste ErzeugerInnen und Speichersysteme über die Infrastruktur (Wärme und Stromnetz) und IKT-Netze sein, um bei eventuellen Extremereignissen die Versorgung mittels Strom für die Grazer Bevölkerung aufrechtzuerhalten.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Durch regionale Betriebskonzepte und Netzwiederaufbausysteme soll die Inselfähigkeit des Systems sichergestellt werden. ➤ intelligente („Smart Grids“) und hybridisierte Systeme sollen eine höhere Versorgungssicherheit bieten ➤ Überflüssige (redundante) Produktionsprozesse entlang der Wertschöpfungskette weiter reduzieren
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Bauen und Wohnen, Wirtschaft und Industrie
Lenkungsebene	Bund, Steiermark (A4), Energie Steiermark/Graz, E-Control Austria (ECA),

(STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015)

Maßnahme	Maßnahmen, welche zur Senkung des Energieverbrauchs führen, fördern
Abkürzung	EV 6
Ziel	Senkung der benötigten Energie vor allem in den Bereichen Gebäudedämmung, Beschattung, solare Kühlung etc. in Zeiten eingeschränkter Produktionsmöglichkeiten.
Beschreibung, Bedeutung	Laut Zukunftssimulationen kommt es in den nächsten Jahrzehnten zu einer jahreszeitlichen Verlagerung des Energiebedarfs. Im Sommer wird daher, wie oben bereits erwähnt, vermehrt Energie zur Kühlung von Innenräumen benötigt. Es muss zu einem vermehrten Ausbau der erneuerbaren Energieversorgung kommen, sowie eine deutliche Effizienzsteigerung und Energieeinsparung um den Mehrbedarf nachhaltig abdecken zu können. Der Klimaschutzplan Steiermark sowie die Energiestrategie des Landes verfolgen diese Ziele und daher sollen mögliche Umsetzungen in verstärkter Kooperation dieser beiden Leitfäden stattfinden.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Hinzufügen und Abgleichen der Förderrichtlinien und gegebenenfalls im Bereich der Wohnbauförderung adaptieren ➤ Forcierung der Energieeinsparung bezogen auf die Gebäudekühlung ➤ Förderungen auf die Wirksamkeit hinsichtlich der Klimawandelanpassung überprüfen
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Wirtschaft und Industrie, Bauen und Wohnen
Lenkungsebene	Steiermark (A4), Stadt Graz

(STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015)

5.6 Gesundheit und Soziales

Ein wichtiger Faktor für die wirtschaftliche und soziale Leistungsfähigkeit ist der Gesundheitszustand eines Menschen. Die Gesundheit wird durch Umweltfaktoren stark beeinflusst wobei diese wiederum vom Klima abhängig sind. Das Klima beeinflusst die Verbreitung und das Vorkommen von Erkrankungen. Ebenfalls spielt es eine wichtige Rolle wenn es sich um die Thematik Wasser- und Nahrungsangebot oder regionale Luftqualität handelt und ist weiters für das Auftreten von Extremwetterereignissen, welche eine Bedrohung für die Menschheit darstellen können, verantwortlich (BAFU 2009).

In der internationalen Gesundheitspolitik wird dem Zusammenhang zwischen Klima und Gesundheit ein hoher Stellenwert eingeräumt. Laut WHO-Europa und der EU haben klimatische Veränderungen einen starken Einfluss auf die Gesundheit und sind Ursache für eine bedeutende Anzahl von Krankheiten (WHO 2010b, c). Welche Maßnahmen zur Anpassung bezogen auf das Gesundheitssystem durchgeführt werden, und welche Grundversorgung der verschiedenen Bevölkerungsgruppen zur Verfügung steht, wird durch Umfang und Art der Auswirkungen bestimmt. Dementsprechend ist es wichtig, für alle Mitgliedsstaaten Instrumente zu entwickeln, die mögliche Gefährdungen durch den Klimawandel vorausschauend erkennen und vermeiden (EK 2007a, 2009).

Bei Analysen, wobei die Auswirkung des Klimawandels auf die Gesundheit untersucht wird, sind Co-Faktoren ebenfalls zu berücksichtigen. Hierbei handelt es sich laut EIS et al. (2010) um:

- Emission durch Verkehr und Industrie (Allergien und Atemwegserkrankungen)
- Flussrenaturierungsmaßnahmen und Landnutzung (Überschwemmungen)
- Massentierhaltung und weltweite Mobilität (Infektionskrankheiten)
- Globaler Handel (Transport von konterminiertem Futter)
- Lebensstil (z.B. UV-Strahlung)

(EIS et al. 2010).

Österreichweit werden regelmäßige Gesundheitsberichte von regionaler bis hin zur Bundesebene erstellt. Im Gesundheitsbericht Österreich 2009 wird der Beobachtungszeitraum 1998 bis 2007 analysiert (BMG 2009). In dieser Analyse wurde festgestellt, dass der Gesundheitszustand der Bevölkerung durch soziale und regionale Gegebenheiten unterschiedlich ausfällt. Regionen in Ostösterreich (Wien, Burgenland, Niederösterreich) sowie Menschen aus niedrigen sozialen Schichten weisen in diesem Zusammenhang einen schlechteren Gesundheitszustand auf. Neben dem individuellen Verhalten sind auch zahlreiche andere Faktoren im Sinne der Gesundheit von großer Bedeutung wie etwa Geschlecht, genetische Veranlagung, Alter und Umwelt. Die häufigste Todesursache sind Herz-Kreislauf-Erkrankungen, die einen Anteil von 43 Prozent einnehmen. Erkrankungen der Atemwege stellen mit 5,5 Prozent eine weitere häufige Todesursache dar (STATISTIK AUSTRIA 2010).

Die folgenden Handlungsempfehlungen beziehen sich auf die Anpassung von direkten Gesundheitseffekten in Österreich (Hitzewellen, Lebensmittelsicherheit, Risikomanagement). Das nachfolgend behandelte Aktivitätsfeld Gesundheit weist einen engen Bezug zu den Bereichen Bauen und Wohnen sowie Ökosysteme und Biodiversität auf.

Vulnerabilitätsabschätzung: Gesundheit und Soziales

Negative Gesundheitseffekte, die aufgrund des Klimawandels entstehen, werden sich in unterschiedlichem Ausmaß auf die Grazer Bevölkerung auswirken. Vor allem vorbelastete Personen, ältere Menschen, Kinder, Angehörige niedriger sozialer Schichten, sowie alleinstehende Personen werden aufgrund Folgen der klimatischen Veränderung besonders stark betroffen sein (WHO 2010b, c). Aufgrund dieser Tatsache sind Anpassungen des Gesundheitssystems notwendig um eventuelle Auswirkungen so gering als möglich zu halten.

Die Gesundheitseffekte lassen sich laut DOMBOIS & BRAUN-FAHRLÄNDER (2004) in zwei Gruppen unterteilen: direkte und indirekte Effekte. Mögliche Auswirkungen auf die Gesundheit werden durch zahlreiche sozio-ökonomische, infrastrukturelle und technologische Gegebenheiten beeinflusst.

Von direkten Effekten (Wirkungen) wird dann gesprochen, wenn sich unmittelbare Folgen von Klima- und Wetterveränderungen (Hitzeperioden) sowie gesundheitliche Folgen von witterungsbedingten Extremereignissen (Starkniederschläge) negativ auf den menschlichen Organismus auswirken (DOMBOIS & BRAUN-FAHRLÄNDER 2004, JENDRITZKY 2009).

Hitzewellen werden derzeit als bedeutendste Belastung auf den menschlichen Organismus vor allem in urbanen Gebieten gesehen. Sie wirken sich auf Morbidität, Leistungsfähigkeit, sowie Wohlbefinden aus und führen zu einer erhöhten Sterblichkeit. Menschen mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen sowie ältere Personen und Kinder gelten als besonders gefährdet. Ohne entsprechende Handlungsmaßnahmen ist eine hohe Verwundbarkeit gegeben. Für alle übrigen Bevölkerungsgruppen wird von einer mäßigen Vulnerabilität ausgegangen (BMLFUW 2012b, S. 215).

Ein enormes gesundheitliches Risiko stellt auch Vorkommnisse wie Blitzschlag, Überschwemmungen, Brände bei Dürreperioden oder Stürme dar. Einerseits können daraus langfristige chronische Erkrankungen resultieren und andererseits entsteht ein höheres Risiko für Tod und akute Verletzungen, welche zu lebenslangen Behinderungen führen können. Ein mögliches Beispiel für sekundäre Folgen sind etwa Schimmelpilzbefälle nach Feuchtschäden an Häusern, die sich auf die gesundheitliche Verfassung der HausbewohnerInnen auswirkt. Weiters können durch den Verlust von Verwandten oder der Zerstörung lebensnotwendiger Infrastruktur bzw. Eigentums sogenannte posttraumatische Belastungsstörungen (Posttraumatic Stress Disorder, PTSD) entstehen, die zu einer maßgeblichen Beeinträchtigung der Lebensqualität führen (BERRY et al. 2010).

Die Vulnerabilität ist abhängig von Regionen und der Anzahl auftretender klein- und großräumiger Extremereignisse und kann daher von mäßig bis hoch eingestuft werden. Sind regionale Gegebenheiten vorhanden, die eine hohe Vulnerabilität aufweisen, ist das Risiko abzuschätzen und dementsprechende Maßnahmen zu treffen um die Gesundheit der Menschen und die Umwelt zu schützen. Um die Verletzlichkeit zu verringern, ist die Eigenvorsorge der in den gefährdeten Gebieten lebenden Bevölkerung wichtig und das Analysieren möglicher Risiken (BMLFUW 2012b, S. 215).

Aufgrund veränderter Umweltbedingungen treten indirekte Effekte und Risiken auf. Beispiele dafür wären laut BMLFUW (2012b): Zunahme der UV-Strahlung, Erhöhung der Konzentration von Luftschadstoffen, Ausbreitung allergener Pflanzen und Tiere, Überträger von Krankheitserregern finden besser Lebensbedingungen vor oder die Kontamination und der Qualitätsverlust von Grund-, Trinkwasser und Lebensmittel. Die Qualität des Trinkwassers auf mikrobiologischer und chemischer Ebene sowie die Verfügbarkeit von Trinkwasser als Ressource können sich verschlechtern. Ebenso kann die mikrobiologische Qualität von Badegewässern in Mitleidenschaft gezogen werden. Bei Oberflächengewässern, die eine Temperaturzunahme erfahren kommt es zu einem vermehrten Auftreten von zoonotischen parasitischen Erregern (Zerkarien von Enten-Schistosomen im Jahre 2003, Bodensee). Durch die hohen Standards in der Lebensmittelverarbeitung als auch bei der Wasserqualität und -versorgung wird derzeit von einer geringen Vulnerabilität ausgegangen (BMLFUW 2012b, S. 217). Lebensmittel und deren Qualität können ebenfalls durch den Klimawandel beeinflusst werden. Es kann zu einem Wachstum von Mikroorganismen in Nahrungsmitteln kommen, die zu einer Gesundheitsgefährdung führen (Erkrankungen durch Salmonellen- und Campylobacter-Bakterien) (DOMBOIS & BRAUN-FAHRLÄNDER 2004, UPHOFF & HAURI 2005, JENDRITZKY 2009).

Laut MÜCKE & AUGUSTIN (2009) kommt es zu einer zunehmenden Vermehrung von Krankheitsüberträgern aufgrund von höheren Temperaturen. Die Temperaturveränderung führt zu einer kürzeren Generationsdauer, Ausdehnung der jährlichen Aktivitätsperioden (geringere Sterberate im Winter), vermehrte Verbreitung einheimischer Krankheitsüberträger sowie der Import von neuen Vektorarten und den daraus resultierenden neuen Krankheitserregern (MÜCKE & AUGUSTIN 2009).

Durch die beschriebene mögliche Ausbreitung der Vektoren sowie die unzureichende Datengrundlage bei neuen Krankheitserregern kann eine hohe Vulnerabilität nicht ausgeschlossen werden. Die Ausbreitung allergener Pflanzen und Tiere wird ebenfalls durch die zu erwartenden klimatischen Veränderungen begünstigt. Eine starke Ausbreitung der eingeschleppten Ambrosia-Arten wird, so zum Beispiel im Westen Österreichs, vermehrt stattfinden. Festgestellt wurde bereits, dass eine erhöhte Aggressivität der Pollen und eine längere Pollenflugsaison vorliegen. Die mögliche potentielle Ausbreitung allergener Pflanzen und Tiere ist derzeit

unzureichend dokumentiert und dementsprechend ist keine verlässliche Aussage über die Vulnerabilität möglich. Aufgrund der hohen Aggressivität des Ragweed-Allergens und dem hohen Risikopotential für Kreuzreaktivitäten mit Lebensmitteln ist eine hohe Vulnerabilität vorhanden (BMLFUW 2012b, S. 216)

Die Produktion von bodennahem Ozon wird stark durch das häufige Auftreten sommerlicher Hochdruckwetterlagen (hohe Temperaturen und starke Sonneneinstrahlung) begünstigt. Es bewirkt Schleimhautreizungen und führt zu entzündlichen Reaktionen der Atemwege. Menschen mit Allergien und Atemwegserkrankungen sind besonders massiv davon betroffen. Die Abnahme des stratosphärischen Ozons, aufgrund der Zunahme von UV-Strahlung, führt zu einer wahrscheinlichen Zunahme von Hauttumoren und -krebs. Ohne entsprechende Handlungsmaßnahmen wird von einer mäßigen Vulnerabilität ausgegangen, wobei Risikogruppen einer hohen Verwundbarkeit ausgesetzt sind (Ebenda 2012b, S. 216).

Risiken und Chancen der Gesundheit und Soziales

- ☞ Die Anzahl von Kältetoten wird wegen der Verringerung von Eistagen abnehmen

- ☞ Auftreten neuer Krankheiten in der Steiermark
- ☞ Erhöhte Hitzebelastung durch sommerliche Überhitzung
- ☞ Aufkommen neuer Tier- und Insektenarten
- ☞ Ausbreitung von allergener Pflanzen
- ☞ Probleme bezüglich Lebensmittel (Hygiene)

(STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015, S. 117-118)

Ziele der Anpassung

Primäre Ziele sind die Vermeidung von hitzebedingten Todesfällen und die Verringerung allgemeiner Belastungssymptome. Eine Steigerung des Bewusstseins bezüglich des Gefährdungspotentials hinsichtlich der sich veränderten allgemeinen Belastungssituation durch die Vermehrung allergener Pflanzen und Tiere, aber auch durch vektorvermittelte Infektionskrankheiten. Die Bevölkerung soll auch das Gefahrenpotential im Hinblick auf Hitzestress sowie auf eine erhöhte Schadstoffexposition aufgeklärt werden. Mögliche Umsetzungsmaßnahmen sollen unterschiedliche soziale Gruppen berücksichtigen (Ebenda 2015, S. 118).

Maßnahme	Informieren der Bevölkerung über Ausbrüche von Infektionskrankheiten und über Vorbereitungen auf Extremereignisse
Abkürzung	GS 1
Ziel	Die Bevölkerung sowie koordinierende Einsatzkräfte und verantwortliche Institutionen sollen über Gesundheitsbelastungen, Infektionskrankheiten und Extremereignisse geschult werden.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Es soll Informationsmaterial entwickelt und bereitgestellt werden welches auf spezifische Bevölkerungsgruppen ausgerichtet ist. Dadurch wird gewährleistet, dass Risikogruppen zentrale Mitteilungen erhalten.</p> <p>Durch intensivere Sonneneinstrahlung und der daraus folgenden höheren Ozonproduktion, sowie höhere Temperaturen im Sommer, führen zu einer stärkeren Belastung von jenen Menschen, die im Freien arbeiten. Im Freizeit- und Urlaubsbereich können mögliche Gesundheitsbelastungen während Hitze-perioden für Risikogruppen (Menschen mit Herz-Kreislauf-Schwächen) auftreten. Um diese negativen gesundheitlichen Auswirkungen zu minimieren, ist eine ausreichende und zielgerichtete Information notwendig.</p>
Handlungs-empfehlungen	<p>Allgemein</p> <p>Erarbeitung von Materialien, welche auf einzelne Gruppen zielorientiert ausgerichtet bzw. abgestimmt sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Einbauen der Thematik und verstärkte Integration in Lehrpläne und Bildungsstandards (Optimierung und Evaluation) ➤ Jugendliche über soziale Netzwerke oder über Webapplikationen informieren bzw. mit kreativen Aktionen und Workshops auf das Thema aufmerksam machen ➤ Über Fernseh- und Radiosendungen eine möglichst hohe Zielgruppe zu erreichen (Erwachsene und ältere Generationen) und für das Thema zu sensibilisieren ➤ „Schwer erreichbare“ Personengruppen sollen durch gezielte

	<p>abgestimmte Maßnahmen erreicht werden (Post, persönlicher Kontakt, Promotion)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Die Risikokommunikation (Wie soll in Risikosituationen mit der Grazer Bevölkerung kommuniziert werden?) soll weiter verbessert werden, wobei darauf zu achten ist, dass die Kommunikation nicht zur Panikmache beiträgt, darüber hinaus soll sie nicht zur Untertreibung neigen. <p>Hitze- und Extremereignisse</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Es sollen Öffentlichkeitsarbeiten in Bezug auf Verhaltensweisen bei Extremereignissen durchgeführt werden. Eine Möglichkeit dazu wäre die Entwicklung eines praxisorientierten Leitfadens, der zum Beispiel die Verhaltensweise bei Hitzeperioden beschreibt (Darstellung regionaler einfach zu erreichender Ausweichräume) <p>Infektionskrankheiten</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Bewusstseinsbildung über mögliche neue bzw. bestehende Infektionskrankheiten, die aufgrund des Klimawandels vermehrt auftreten können (z.B. Borreliose). Ebenfalls soll auf die sich veränderten Verbreitungsgebiete (z.B. FSME) und die verlängerten Aktivitätsperioden aufmerksam gemacht werden. ➤ Engere Kooperation zwischen Forschung (Bildungsinstitutionen) und Ärzten um den Wissenstransfer zu verbessern. ➤ Forcierung einer grenzüberschreitenden Kommunikation ➤ Förderung der Forschung
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Wirtschaft und Industrie, Bauen und Wohnen, Ökosysteme und Biodiversität
Lenkungsebene	BMG, Steiermark (A3), ÖAK (Österreichische Ärztekammer), Gesundheit Österreich GmbH, Arbeiterkammer, Medien, Bildungseinrichtungen

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Richtiger Umgang mit Trockenheit und Hitze
Abkürzung	GS 2
Ziel	Vermeidung von Hitzestress in urbanen Gebieten (Graz), bedingt durch den Hitzeinseleffekt (UHI).
Beschreibung, Bedeutung	<p>Es ist mit einer zunehmenden Hitzebelastung vor allem in urbanen Gebieten aufgrund des Klimawandels zu rechnen. Man bedenke, dass ca. zwei Drittel der österreichischen Bevölkerung in urbanen Gebieten leben und ein weiterer Zuzug erwartet wird. Vor allem im städtischen Bereich ist in den Sommermonaten mit weniger Niederschlag und längerer Sonnenscheindauer zu rechnen, die zu vermehrten Trockenperioden führen. Dies führt zu einer Wahrscheinlichkeitssteigerung von länger anhaltenden Hitzewellen. Die starke Überhitzung am Tage führt zu einem erhöhten Nachttemperaturniveau. Für Graz konnte bereits eine Zunahme der Tropentage und -nächte beobachtet werden (siehe Kapitel 3.5.4). Der Flüssigkeitsmangel des menschlichen Organismus (Dehydration), der insbesondere durch Hitze verursacht wird, kann zu Sonnenstich, Hitzeschlag und -krämpfe führen, aber auch verschiedene Krankheiten verschlimmern. Besonders betroffene Gruppen sind ältere Menschen, Säuglinge und Kinder sowie Menschen mit entsprechenden Grunderkrankungen (Stoffwechsel-, Atemwegs-erkrankungen etc.). Ebenfalls sind Personen, die im Freien oder an Hitze Arbeitsplätzen arbeiten besonders stark betroffen. In weiterer Folge findet eine Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit statt.</p> <p>Angesichts der zu erwartenden Temperaturzunahme und der Ausdehnung urbaner Gebiete nehmen folgende Handlungsempfehlungen einen großen Stellenwert ein.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bereitstellung von allgemeinen, öffentlich zugänglichen Räumen, welche gekühlt sind ➤ Ausweitung der Freiwilligenarbeit (z.B. Anrufdienst) um alleinstehende ältere Personen bei länger anhaltenden

	<p>Hitzewellen zu betreuen</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Die Arbeitsschutzmaßnahmen sollen an die zu erwartenden Temperaturveränderungen angepasst werden (auch im Hinblick auf Temperaturen in Innenräumen). Dies soll nicht nur in Unternehmen, sondern auch in Kindergärten und Schulen umgesetzt werden. ➤ Einführen neuer Arbeitszeitmodelle um bei Hitzetagen flexibler zu sein ➤ Entwicklung von mittel- und langfristigen Strategien zu Minderung der Hitzebelastung in Gebäuden (vor allem bei Krankenhäusern, Pflegeheimen usw.) und Steigerung der Sommertauglichkeit von Gebäuden. Möglichkeiten hierzu wären die Vermehrung von horizontaler und vertikaler Gebäudebegrünung, Ausbau des Grünraumanteils und Erhaltung von Frischluftschneisen sowie bauphysikalische energie- und verkehrspolitische Strategien, welche in die Stadtplanung miteingebracht werden (siehe Aktivitätsfeld Bauen und Wohnen). ➤ Entwicklung von Beschattungskonzepten im Bereich von öffentlichen Plätzen (durch Baumpflanzungen, Markisen, horizontaler Dachbegrünung) ➤ Für Risikogruppen (insbesondere Pflegebedürftige) gezielte Präventionsmaßnahmen entwickeln ➤ Verstärkte Bewusstseinsbildung sowohl im Alltags- als auch im Freizeitverhalten etablieren und über mögliche Risiken, welche bei Hitzewellen auftreten können (Veränderung der Badegewässerqualität, Ozonbelastung, Hautkrebsrisiko), informieren
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Es bestehen wesentliche Überschneidungen zu allen Aktivitätsfeldern
Lenkungsebene	BMG, Steiermark (A3), ÖAK, Gesundheit Österreich GmbH, Arbeiterkammer, Medien, Bildungseinrichtungen, Stadtplanung, Wirtschaftskammer, Hilfsorganisationen

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Forschung und Vorbereitung zum Handling von Erregern/Infektionskrankheiten
Abkürzung	GS 3
Ziel	Ausbau des Wissensstandes über die Etablierung und Ausbreitung von Infektionskrankheiten, Krankheitsüberträgern und Erregern sowie deren mögliche Unterdrückung.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Die prognostizierte Temperaturerhöhung führt zu einer Verbesserung der Lebensbedingung von Krankheitserregern, was zu einer Vergrößerung des Ausbreitungsgebiets von Süden in Richtung Norden und höheren Lagen führt. Zusätzlich kommt es zu einer Ausweitung der Aktivitätsphase im Jahresverlauf.</p> <p>Die sich positiv veränderten Lebensbedingungen für Krankheitsüberträger führen zu einer Zunahme von Infektionskrankheiten. Bestehende Vektoren können weitere zusätzliche Erkrankungen übertragen. Die Einführung von potentiellen Vektoren wie zum Beispiel der asiatischen Tigermücke, die Krankheitserreger wie Gelb-, West-Nil- oder Denguefieber übertragen können, ist für angrenzende Länder, wie die Schweiz und Deutschland, bereits belegt. Durch den globalen Handel und vermehrte Reisetätigkeiten kommt es ebenfalls zur Verbreitung neuer Vektoren (Krankheitsüberträger) und zur Einführung neuer Infektionskrankheiten.</p> <p>Der derzeitige Wissenstand bezüglich der Einfuhr und Verbreitung vektorübertragener Krankheiten ist gering. Informationen im Zusammenhang von Klimawandel und neuen Krankheiten sowie mögliche Aufklärungs- und Vorsorge-maßnahmen sind unzureichend. Teilweise sind keine Impfmöglichkeiten vorhanden und Therapien sind oft langwierig und nicht immer erfolgreich (z.B. Borreliose).</p>
Handlungs-empfehlungen	➤ Förderung von Forschungsarbeiten im Bereich der Etablierung und Einschleppung von Krankheitserreger um eine Grundlage

	<p>für geeignete Gegenmaßnahmen zu schaffen</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Ausbau der Meldepflicht für neu auftretenden Krankheiten bzw. Erreger und Aufnahme in das elektronische Meldesystem ➤ Vor allem in Risikogebieten sollen Maßnahmen zur vorbeugenden Bekämpfung von Krankheitsüberträgern gesetzt werden. ➤ Entsprechende Inhalte über Etablierung von Krankheitserregern in die Aus- und Weiterbildung von ÄrztInnen, PflegewissenschaftlerInnen und Pflegepersonal aufnehmen ➤ Erstellen von Modellen, die eine mögliche Ausbreitung von Vektoren simulieren, um gezielte Maßnahmen setzen zu können ➤ Festlegung von kritischen Schwellenwerten in Bezug auf die Verbreitung von Infektionskrankheiten und deren Erregern ➤ Prüfung und gegebenenfalls Adaptierung von Gesetzen (z.B. Epidemiegesetz und Zoonosegesetz) ➤ Förderung interdisziplinärer Forschung und Ausbau der Labor-Infrastruktur (internationale Vernetzung) ➤ Forcierung folgender Forschungsfragen: <ul style="list-style-type: none"> • Welche Erreger können im süd-östlichen Gebiet Österreichs (speziell Großraum Graz) in Zukunft eingeschleppt werden? • Mit welchem Risiko- und Gefahrenpotential ist durch die „neuen“ Krankheitserreger zu rechnen?
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Ökosysteme und Biodiversität, Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Urbane Grünräume
Lenkungsebene	BMG, Steiermark (A3), ÖAK (Österreichische Ärztekammer), Gesundheit Österreich GmbH, Steiermark (A4), Forschungseinrichtungen

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Bezüglich der Ausbreitung giftiger und allergener Arten soll ein Risikomanagement erstellt werden
Abkürzung	GS 4
Ziel	Durch die Handlungsmaßnahme soll die Verringerung gesundheitlicher Beeinträchtigung durch giftige, allergene Tiere und Pflanzen stattfinden.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Allergene sind Substanzen welche zu einer Immunreaktion (Überempfindlichkeitsreaktion des Immunsystems) führen und das Krankheitsbild einer Allergie hervorrufen. Diese Substanzen sind beinahe überall in der Umwelt zu finden und können auch in Pollen und Tierhaaren vorkommen.</p> <p>Durch die zu erwartenden höheren Temperaturen und der daraus resultierenden verlängerten Vegetationsperiode kommt es zu einer Verlängerung und Verstärkung der Allergenexposition. Allergene können zu unterschiedlichen Krankheitsbildern führen, welche sich oft im Bereich von Atemwegen und Schleimhäuten abzeichnen.</p> <p>Die Pollenflugsaison hat in den letzten Jahrzehnten zeitlich gesehen früher begonnen und die Dauer hat sich verlängert. Es kann zu Interdependenzen von allergenen Pflanzen mit beispielsweise Luftverunreinigungen (Feinstaub, Stickoxide usw.) kommen. Das Auftreten von sommerlichen Hochdruckwetterlagen kann diese Bildung von Luftverunreinigungen verstärken. Eine erhöhte Schadstoffkonzentration in der Luft hat zur Folge, dass die allergenen Kapazitäten der Pollen (erhöhte Aggressivität der Pollen) steigt. So kommt es in Folge von Stressreaktionen der Pflanzen durch Ozonbelastung zur Bildung von hochallergenen Proteinkomplexen.</p> <p>Eine hohe Bedeutung wird auch der Verbreitung von Arten mit hohem Allergiepotential (z.B. Beifuß-Ambrosie) zugewiesen. Alleine in Österreich werden jährlich ca. 90 Mio. Euro für die</p>

	<p>Behandlung von Asthma- und Allergiebeschwerden ausgegeben, welche durch Ambrosie verursacht werden (AGES 2010). Bei Risikogruppen können bereits fünf bis zehn Pollen pro m³ Luft allergische Reaktionen auslösen. Zum größten Teil entsteht bei den anfälligen Personen eine Heuschnupfensymptomatik, wobei jedoch bei einem Viertel der anfälligen Ambrosie-PollenallergikerInnen eine asthmabronchiale Symptomatik entsteht.</p> <p>Durch Schadinsekten können ebenfalls allergische Reaktion ausgelöst werden. Die Ausbreitung in den Norden des Insekts Eichenprozessionsspinner ist seit Jahren zu beobachten (EIS et al. 2010). Die oben erwähnten Schadinsekten (Ambrosie und Eichenprozessionsspinner) und allergene Pflanzen siedeln sich bevorzugt im Lebensraum des Menschen an. Dieser Umstand ist unbedingt in die Stadtplanung miteinzubeziehen. Die Einwanderung giftiger und wärmeliebender und ursprünglich im Mittelmeergebiet beheimateten Arten lässt sich durch klimawandelbedingte Prozesse beobachten. So ist eine Ausbreitung der Dornfingerspinne (giftigste mitteleuropäische Spinnenart) in nördlich Gebiete gegeben.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Vorbeugung von Betroffenen ➤ Importkontrollen (phytosanitär) verschärfen ➤ Weitere Ausbreitung (Ambrosie) bzw. Einschleppung und Verbreiten neuer, allergener Tiere und Pflanzen durch entsprechende Maßnahmen verhindern ➤ Öffentlichkeitsarbeit durch das Gesundheitssystem, um Problembewusstsein zu schaffen ➤ Forschung im Bereich Verbreitung/Wechselwirkung forcieren
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	<p>Ökosysteme und Biodiversität, Verkehrsinfrastruktur und Mobilität, Urbane Grünräume, Raumordnung/-planung</p>
Lenkungsebene	<p>BMG, Steiermark (A3), ÖAK, Gesundheit Österreich GmbH, Steiermark (A4), Bildungseinrichtungen, Medien, Landwirtschaftskammer, GärtnerInnen</p>

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Handhabung von UV-Strahlung und Schadstoffen
Abkürzung	GS 5
Ziel	Reduktion möglicher Schädigungen der Gesundheit durch Veränderung der Schadstoffexposition aufgrund Klimaänderungen und Extremereignissen.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Durch den Klimawandel kommt es zur gesundheitlichen Beeinträchtigung durch erhöhte UV-, Allergen- und Schadstoffexpositionen. Dabei spricht man von akuten Problematiken aufgrund von Extremereignissen, aber auch von langfristigen Veränderungen.</p> <p>In sensiblen Gebieten (Altlasten, Kläranlagen, Tankstellen, Industriebetrieben) kann es durch Hochwasser(-schäden) zu Kontaminationen kommen. Bei solchen Ereignissen steht im Vordergrund zwar die akute Gesundheitsgefährdung, aber durch mögliche Kontaminationen können Gewässer, Böden, Nahrungsmittel aber auch Grund- und Trinkwasser ein erhöhtes Gesundheitsrisiko darstellen. Solche Grundwasserbelastungen können, wie Studien eindrucksvoll zeigen, Jahrzehnte lang bestehen und bioakkumulierende Stoffe sind ebenfalls in Lebensmitteln und Organismen Jahre später noch nachweisbar.</p> <p>Durch die Abnahme der Ozonschicht und der daraus resultierenden verstärkten UV-Strahlung kommt es laut WHO zu einer vermehrten Zunahme bestimmter Formen von Hautkrebs (Plattenepithelkarzinomen und Basaliomen) (WHO 2010a). Aufgrund der erhöhten Sonnenexposition (UV-Exposition) ist ein verstärktes Auftreten des „Grauen Stars“ zu erwarten.</p> <p>Dieserußpartikel und Feinstaub sind höchst gesundheitsschädlich und sind Auslöser von entzündlichen, krebsfördernden und allergenen Prozessen. Daraus resultierend, sprechen wir von einer hohen Vulnerabilität von AllergikerInnen, da diese einerseits durch Schadstoffe und aggressive Pollen (längere Pollensaisonszeit) gesundheitlich geschädigt werden.</p>

	<p>Mögliche Folgen des Klimawandels auf persistenten organischen Schadstoffen und die Entwicklung von Feinstaubbelastungen sind derzeit noch nicht abschätzbar. Es kann zu einer verstärkten Schadstoffanreicherung durch indirektes Einwirken (Abschmelzen von eis- und gletschergebundenen Schadstoffen, verstärkter Pestizideinsatz, Konzentrationserhöhung durch Trockenheit) kommen, was sich ebenfalls negativ auf den Gesundheitszustand der Bevölkerung auswirkt. Schadstoffe und Chemikalien aus der Außenluft, von Bauprodukten und Einrichtungsgegenständen führen zu einer Verschlechterung der Qualität der Innenraumluft. Dieser Qualitätsverlust sollte durch neue Maßnahmen ausgeglichen werden ohne den Klimaschutz zu beeinträchtigen.</p>
<p>Handlungsempfehlungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Feststellen von Regionen welche eine überdurchschnittliche UV-Belastung aufweisen (durch Messung der Exposition). Aufgrund dieser Ergebnisse können gezielte Verhaltensanweisungen zum Schutz der Bevölkerung entwickelt werden. ➤ Im Bereich der indirekten Wirkung (Trockenheit, Temperatur etc.) auf die Schadstoffexposition in der Luft, Gewässern, Böden, Lebensmittel und Grundwasser, die Forschung vertiefen und weiter fördern. ➤ Die Schadstoffverbreitung durch Anpassung bzw. Überprüfung von derzeitigen Rahmenbedingungen reduzieren. ➤ Verschmutzungsquellen und Schutzgüter (Altlasten, Kläranlagen usw.) in Form einer Risikokarte in Bezug auf Hochwasser erstellen, um diese in die Notfallplanung miteinzubeziehen. Ziel ist es eine mögliche Kontamination von langlebenden, bioakkumulierenden Stoffen zu verhindern.
<p>Bezug weiterer Aktivitätsfelder</p>	<p>Bauen und Wohnen, Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Verkehrsinfrastruktur und Mobilität, Wirtschaft und Industrie</p>
<p>Lenkungsebene</p>	<p>BMG, BMASK, Steiermark (A3), ÖAK, Gesundheit Österreich GmbH, Steiermark (A4)</p>

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Hygiene und Lebensmittelsicherheit verstärken
Abkürzung	GS 6
Ziel	Durch die verstärkte Lebensmittelüberwachung soll die Hygiene und Lebensmittelsicherheit gewährleistet und einwandfreie Lebensmittel für KonsumentInnen sichergestellt.
Beschreibung, Bedeutung	Die Einhaltung von Hygienestandards wird angesichts der zunehmenden sommerlichen Hitzebelastung immer wichtiger. Denn einerseits kommt es zu wirtschaftlichen Verlusten (verdorbenes Lebensmittel) und andererseits zur Gesundheitsgefährdung der KonsumentInnen falls mangelnde Hygiene vorherrscht.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Transportwege so kurz als möglich halten ➤ Kühlketten nicht unterbrechen ➤ Richtiger Umgang mit Lebensmitteln (Bewusstseinsbildung)
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Verkehrsinfrastruktur und Mobilität, Wirtschaft und Industrie
Lenkungsebene	BMG, Steiermark (A3), Gesundheit Österreich GmbH, ÖGB,

(STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015)

Maßnahme	Im Freien beschäftigte ArbeitnehmerInnen schützen
Abkürzung	GS 7
Ziel	ArbeiterInnen, die im Freien tätig sind, müssen von übermäßiger Sonneneinstrahlung durch wirkungsvolle Handlungsmaßnahmen geschützt werden.
Beschreibung, Bedeutung	Angesichts der Zunahme von Sonnenstunden und der stärkeren Intensität der Sonnenstrahlung steigt das Risiko der ArbeitnehmerInnen, welche diesen Bedingungen dauerhaft ausgesetzt sind. Wie bereits erwähnt kann dies zu gesundheitlichen Folgeschäden wie Hautkrebs und -tumoren führen. Ebenfalls kommt es wie eingangs erwähnt zu Flüssigkeitsverlusten (Dehydration), Sonnenstichen und hitzebedingten Herz-Kreislaufstörungen. Wirtschaftlich gesehen sind zunächst höhere Investitionen notwendig, jedoch wird durch diese Maßnahme das Unfallrisiko minimiert, die Gesundheitsgefahren verringert und die Leistungsfähigkeit der MitarbeiterInnen erhöht.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Anpassung der Arbeits- und Schutzkleidung (atmungsaktive Materialien) ➤ Bereitstellung von kühlen Getränken am Arbeitsplatz vor allem an Hitzetagen ➤ Um den UV-Schutz zu erhöhen sollen Sonnenbrillen (mit UV-Garantie), Kopfbedeckungen und Sonnencreme zur Verfügung gestellt werden ➤ Anpassung des Kantinenspeiseangebots und Einführen von zusätzlichen Pausen bei Temperaturen über 30 °C ➤ Sensibilisierung und Aufklärung der Arbeitnehmer ➤ Auffrischung der Erste-Hilfe-Kenntnisse um in Notsituationen entsprechend richtig handeln und reagieren zu können
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Wirtschaft und Industrie
Lenkungsebene	BMG, Steiermark (A3), Gesundheit Österreich GmbH, ÖGB, Medien,

(LANDESHAUPTSTADT STUTTGART 2012)

Maßnahme	Arbeitsräume vor übermäßiger Sonneneinstrahlung und Wärmeeinwirkung schützen
Abkürzung	GS 8
Ziel	Durch wirkungsvolle Beschattungs- und Abschirmmaßnahmen soll der Schutz gegenüber zu hoher Wärmeeinwirkung und Sonneneinstrahlung erhöht werden.
Beschreibung, Bedeutung	Aufgrund steigender Außentemperaturen und der daraus entstehenden Wärme kommt es zu einer Temperaturerhöhung in Innenräumen, welche eine zusätzliche Hitzebelastung für Arbeitnehmer darstellt. Aktive und passive Kühlungen können eingesetzt werden um diese Wärmeentwicklung zu reduzieren, um somit ein besseres „Arbeits- und Wohlfühlklima“ innerhalb von Arbeitsräumen bzw. -stätten sicherzustellen bzw. zu schaffen. Bauliche Maßnahmen wie Wärmeschutzisolationen und Beschattungseinrichtungen werden im Kapitel 6.1 näher erläutert.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Erstellung eines flexiblen Arbeitszeitmodells (Gleitzeitregelung) ➤ Nächtliches Lüften und eventuelles Lüften in den Morgenstunden, um eine passive Kühlung zu bewirken ➤ Aktive Kühlung durch manische Klimatisierung soll nur in Ausnahmefällen (Hitzetage, Operationssaal, Einkaufszentren usw.) eingesetzt werden, um dem Klimaschutz nicht zusätzlich in negativer Weise zu beeinflussen ➤ Bauliche Maßnahmen siehe im Aktivitätsfeld Bauen und Wohnen
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Bauen und Wohnen, Wirtschaft und Industrie, Energie und Versorgung
Lenkungsebene	BMG, Steiermark (A3), Gesundheit Österreich GmbH, ÖGB, Medien

(LANDESHAUPTSTADT STUTTGART 2012)

Maßnahme	Ausrichtung des Gesundheitswesens mit dem Fokus auf zukünftige, stärkere Belastungen von Risikogruppen durch den Klimawandel
Abkürzung	GS 9
Ziel	Strategische Anpassung (Raumplanung) von Krankenhäusern und Gesundheitsinstitutionen an den Klimawandel.
Beschreibung, Bedeutung	Vor allem die ältere Bevölkerung leidet unter der klimatischen Veränderung (Hitzestress), die zu einer Zunahme von Herz-Kreislaufstörungen und -erkrankungen führen. Infolgedessen kommt es zu einer enormen Belastung von Ambulanzen im Gesundheitswesen in Zeiten von Hitzeperioden. Im Hinblick auf die zu erwartende größere Auslastung durch Hitzebelastungen sind Infrastrukturen dementsprechend zu planen und auszustatten. Wetterextrembedingungen (Hagel, Eis usw.) führen ebenfalls zu einer vermehrten Beanspruchung von Ambulanzen.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bei Neuplanungen von Krankenhäusern und Gesundheitszentren sollen mögliche Spitzenauslastungen durch große und geeignete Räumlichkeiten mit eingeplant werden. ➤ Des Weiteren soll auch das Angebot an geriatrischen Einrichtungen erweitert und entsprechender Raumbedarf geschaffen werden. ➤ Bestehende Dienstpläne von Pflegepersonal und ÄrztInnen gegebenenfalls überarbeiten, sodass ein spontan auftretender Mehrbedarf an Mitarbeitern (Hitzewellen) auch dementsprechend abgedeckt werden kann (Springersystem).
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Bauen und Wohnen, Raumordnung/-planung, Wirtschaft und Industrie
Lenkungsebene	BMG, Steiermark (A3), Gesundheit Österreich GmbH, ÖGB

(LANDESHAUPTSTADT STUTTGART 2012)

Maßnahme	Denkansätze zum Aufbau eines Monitoringsystems zu klimaassoziierten Erkrankungen
Abkürzung	GS 10
Ziel	Für das vermehrte Auftreten von klimaassoziierten Krankheiten sowie hitzebedingten Erkrankungen sollen klare Handlungsanweisungen festgelegt und auf ihre Funktionalität hin evaluiert werden.
Beschreibung, Bedeutung	Bedingt durch klimatische Veränderungen kommt es zu einer Zunahme der bereits oben erwähnten Krankheiten. Es müssen Pläne zur Verfügung gestellt werden, um den Rettungsdienst nicht zu überfordern. Es soll eine Evaluierung dieser Pläne hinsichtlich ihrer Funktionalität stattfinden.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Entwicklung von Gefahrenplänen für Gesundheits- und Rettungsdienste ➤ Ständige Evaluierung der Pläne
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Wirtschaft und Industrie
Lenkungsebene	BMG, Steiermark (A3), Gesundheit Österreich GmbH, ÖGB

(STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015)

5.7 Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft

Das Aktivitätsfeld Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft handelt von der Sicherstellung der qualitativen und quantitativen Wasserversorgung (Nutz- und Trinkwasser), Aspekten der Wassernutzung, sowie der Schutzwasserwirtschaft bzw. dem Schutz des Wassers. Die Thematik Wasserkraft wurde schon im Aktivitätsfeld Energie und Versorgung beschrieben und wird daher in diesem Kapitel nicht mehr explizit erläutert.

Die Problematik bezüglich der Wasserversorgung kann auch in einem wasserreichen Land wie Österreich in lokalen, niederschlagsarmen Gebieten der Ost-Steiermark auftreten. Derzeit werden ca. 3 Prozent der erneuerbaren Wassermenge, was ca. 2,6 Mrd. m³ pro Jahr entspricht, direkt entnommen und genutzt. Rund 60 Prozent entfallen dabei auf die Industrie (Kühlwasser, Produktion usw.), für die Trinkwasserversorgung werden 35 Prozent benötigt und ca. 5 Prozent werden in der Landwirtschaft verwendet. Wasser als Ressource ist sehr wichtig für die Produktions- und Standortwahl von vielen Bereichen (Energie, Wirtschaft, Tourismus etc.). Durch die Folgen des Klimawandels, wie etwa eine Verschiebung der Niederschlagsperioden und ein häufigeres Auftreten von Trockenphasen („Klimaszenarien für die Steiermark bis 2050“, Gobiet et al., 2012), können neben anderen hydrologischen Bedingungen die Verfügbarkeit von Wasser beeinflussen und somit kann eine Auswirkung auf die oben erwähnten Bereiche entstehen (BMLFUW 2012b, S. 78).

Vulnerabilitätsabschätzung: Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft

Angesichts der veränderten klimatischen Bedingungen und der daraus möglichen Auswirkungen auf den Wasserkreislauf, zählt das Aktivitätsfeld Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft zu den am stärksten betroffenen Bereichen. Aus der Studie „Anpassungsstrategie an den Klimawandel für Österreichs Wasserwirtschaft“ beziehen sich die folgende Ausführungen (SCHÖNER et al. 2010).

Für die Trinkwasserversorgung und deren Sicherstellung sind generell ausreichend Wasserressourcen vorhanden. In Frühjahr findet hauptsächlich die Grundwasser-

neubildung statt, maßgebliche Änderungen der Wasserneubildung sind auf klimatische Veränderungen in dieser Jahreszeit zurückzuführen. Im südlichen Wiener Becken wurde eine Zunahme der Grundwasserstände gemessen und für den Norden und Westen Österreichs wird ebenfalls eine Steigerung erwartet. Hingegen von Vorarlberg, über Kärnten, die Südsteiermark, das Burgenland bis hin zur Donau wurden Abnahmen gemessen. Regionen, welche bereits zum jetzigen Zeitpunkt einen sinkenden Grundwasserspiegel, Wasserknappheit bei Trockenheit und einen geringen Anschlussgrad an öffentliche Wasserversorgungsnetze aufweisen, sind lokal betrachtet als hoch vulnerabel einzuschätzen. Die Versorgungssicherheit kann auf lokaler Ebene, welche ungünstige Rahmenbedingungen besitzen (keine Redundanz durch Vernetzung, kein ausreichendes Rohwasservorkommen) in Zukunft nicht mehr gewährleistet werden (BMLFUW 2012b, S. 78; SCHÖNER et al. 2010).

In den letzten 30 Jahren wurde ein stetiger Anstieg der Wassertemperaturen in Flüssen festgestellt, wobei bis zum Jahre 2050 von einer weiteren Zunahme der Wassertemperatur von 0,8 °C ausgegangen wird. Prozesse welche zwischen Oberflächen- und Grundwasser stattfinden, werden durch die erhöhten Temperaturen beschleunigt und es findet eine vollständigere Umsetzung chemischer Prozesse statt, die zu einer Veränderung des Chemismus führen. Zusätzlich kommt es zu einer Einwirkung auf die Gewässerökologie und Biozönosen. Betrachtet man die Temperaturveränderung hinsichtlich der Seen, wurde ebenfalls in der Vergangenheit eine Temperaturzunahme gemessen und eine weitere erwartet. Angesichts der Mischungscharakteristik der Seen (zukünftige Änderungen) können keine gesicherten Aussagen getroffen werden (BMLFUW 2012b, S. 79; SCHÖNER et al. 2010).

In den vergangenen 30 Jahren ist keine Änderung im Bereich des Jahresabflusses von Oberflächengewässern festzustellen und dies wird auch künftig so bleiben, jedoch zeichnen sich regionale Unterschiede ab. Im Süden und in Vorarlberg treten fallende Trends auf, im östlichen Alpenraum hingegen kommt es zu einer Steigerung der Jahresabflüsse. Im Winter ist mit einer Erhöhung der Winterabflüsse (bis zu 20 Prozent) zu rechnen (Ausnahme ist der Süden), im Sommer hingegen sind sinkende Abflüsse zu verzeichnen (eine Ausnahme bildet der Osten). Regional betrachtet kann jedoch eine Zunahme von über 100 Prozent auftreten (DOBLER et al. 2010). In Regionen, welche zum jetzigen Zeitpunkt bereits eine geringe Abflussmenge

aufweisen (Osten/Südosten Österreichs), ist eine hohe Vulnerabilität gegeben (BMLFUW 2012b, S. 80). Niederwässer treten aufgrund von Verdunstungsprozessen (vermehrt in den Sommermonaten) in den südlichen und östlichen Teilen des Landes verstärkt auf. In Zukunft wird mit einer Fortsetzung dieses Trends zu rechnen sein, was für diese Regionen hinsichtlich Niederwassersituationen eine hohe Vulnerabilität mit sich bringt (Ebenda 2012b, S. 80).

Angesichts des Klimawandels konnten Studien in den letzten 30 Jahren belegen, dass eine Steigerung von 20 Prozent der Hochwässer in den Einzugsgebieten Österreichs stattfand. Es ist festzuhalten, dass Winterhochwässer eine deutlich stärkere Zunahme zu verzeichnen haben, als Sommerhochwässer. Zahlreiche Extremwetter-ereignisse wie Dürreperioden in den Jahren 2002 und 2003, aber auch Hochwässer in den Jahren 2005, 2009 und 2013 haben steiermarkweit große Schäden verursacht. Dies führt zu großen Herausforderungen im Bereich der Wasserwirtschaft, die einerseits Maßnahmen zur Versorgungssicherheit von Trinkwasser in ausreichender Menge und Qualität für die Bevölkerung schaffen müssen und andererseits ist Handlungsbedarf notwendig um Menschen und Umwelt vor Extremereignissen zu schützen (STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015, S. 22)

	Maßnahme	Wasser- nutzung	Wasser- schutz	Schutz vor dem Wasser
1	Analyse bestehender Daten und Datenerhebung betreffend Wasserverbrauch und Wasserbedarf	X	X	X
2	Wasser-Transportsysteme ausbauen und vernetzen	X	X	
3	Sicherstellung der Wasserversorgung	X	X	
4	Sorgfältiger Umgang mit Wasser (Ressource)	X	X	
5	Gewährleistung eines guten Gewässerzustandes (chemisch und ökologisch)	X	X	
6	Wassertemperatur hinsichtlich wasserwirtschaftlicher Maßnahmen vermehrt berücksichtigen		X	
7	Errichtung von Nutzwassermanagement-Instrumenten	X	X	
8	Hochwasser(risiko)management			X
9	Straßenentwässerung verbessern			X
10	Regenwasserbehandlung	X	X	
11	Niederschlagswassergebühr	X	X	
12	Regenwasserbewirtschaftung			X

Tabelle 18: Maßnahmen berücksichtigen – Wassernutzung, Wasserschutz und Schutz vor dem Wasser (Eigene Darstellung nach BMLFUW 2012b, S. 82)

Risiken und Chancen des Wasserhaushalts und Wasserwirtschaft

- ☞ Verbesserung und Sicherung des Wasserhaushalts und der Wasserversorgung
- ☞ Optimierung von Hochwasserrisiko- und Wassermanagement
- ☞ Wasserinfrastruktur ausbauen

- ☞ Hoch- und Niederwassersituationen führen eventuell zu negativen Auswirkungen auf die Abwasserentsorgung
- ☞ Hochwasserereignisse und Vermurungen führen zu hohen Schäden (Kosten)
- ☞ Zunahme der Wassertemperatur von Oberflächen- und Grundwässern bringen negative hygienische und ökologische Folgen mit sich
- ☞ Durch Hochwasserereignisse erfolgt ein vermehrter Eintrag von Schadstoffen in das Grundwasser
- ☞ Wasserqualität und Ökosystem werden durch Niederwasserstände beeinflusst
- ☞ Jahreszeitliche geänderte Wasserverfügbarkeit bzw. Trink- und Nutzwasserknappheit können durch längere Trockenperioden entstehen
- ☞ Schadstoffe gelangen durch Starkregen leichter in Oberflächengewässer – Speicherung in ungesättigten Zonen (bei Trockenperioden) – erhöhte Konzentration im Grundwasser (STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015, S. 23)

Anpassungsziele

Die flächendeckende Versorgungsmöglichkeit mit quantitativen und qualitativen Trinkwasser zu leistbaren Preisen (auch in Notsituationen) soll für die Bevölkerung sichergestellt werden. Der Schutz vor Naturgefahren, sowie die Resilienz gegenüber Änderungen von Abfluss- und Niederschlagsverhalten, welche zu Hochwasserereignissen führen können, sollen garantiert werden (Ebenda 2015, S. 23).

Übergeordnete Handlungsprinzipien

- Schutz vor Hochwasser durch entsprechende Maßnahmen, welche in der Raumordnungs- bzw. Bebauungsplanung verankert werden
- Versorgungssicherheit für Trink- und Nutzwasser (hygienische und ökologische Standards beibehalten)
- Monitoringsystem von Wasserqualität und -menge (dient als Grundlage für die Entwicklung notwendiger Maßnahmen)

(STEIERMÄRKISCHE LANDES-REGIERUNG 2015, S. 24)

Maßnahme	Analyse bestehender Daten und Datenerhebung betreffend Wasserverbrauch und Wasserbedarf
Abkürzung	WW 1
Ziel	Der Wissensstand der Ressource Wasser und deren Nutzung hinsichtlich Auswirkungen des Klimawandels erweitern. Zusätzlich sollen Datenerhebungen zum Wasserverbrauch erfolgen, um die Steuerung und Sicherung der Wasserversorgung zu verbessern.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Die Zusammenführung bestehender Daten und deren Erhebung sind notwendig, um eventuelle Schwierigkeiten und Engpässe der Wasserversorgung und anderen wasserwirtschaftlichen Aufgaben besser abschätzen zu können und somit gezielt „pro-aktive“ Anpassungsmaßnahmen zu setzen. Die Weiterführung der Messung der Aspekte von Wasserhaushalt- und Wasserqualität sind unabdingbar. Zusätzlich sollen vermehrt Daten zur Verdunstung erhoben werden, welche zur Einschätzung über den Einfluss des Klimawandels auf das Wasserangebot hilfreich sind. Das Messstellennetz hinsichtlich des Grundwasserstands soll weiterhin aufrechterhalten und der Wärmehaushalt bezogen auf das Grundwasser weiter beobachtet werden.</p> <p>Monitoringprogramme sind in der Lage durch Datenreihen den Zustand von Oberflächen- und Grundwässer so darzustellen, dass die unterschiedlichen Einflussfaktoren hinsichtlich der Klimaänderung klar erkennbar sind.</p> <p>Es liegen zwar Aufzeichnungen über Wasserentnahmemengen von Wasserversorgungsunternehmen vor, jedoch gibt es kaum Daten über den Verbrauch einzelner Nutzungsgruppen (Elektrizitätswirtschaft, Industrie, Tourismus). Liegt der Bedarf von Wasser über den Haushalts- und Wirtschaftsnutzen, so unterliegt dieser einer Bewilligungspflicht (Wasserrechtsbehörde) und wird in das Wasserbuch eingetragen. Die Bewilligung erfolgt aufgrund des österreichischen Wasserrechtsgesetzes. Es kann jedoch zu Unterschieden zwischen genehmigten Wasserverbrauch und den tatsächlichen benötigten Mengen, aufgrund fehlender Daten</p>

	<p>einzelner Nutzungsgruppen kommen.</p> <p>Beispielhaft soll der Tourismus angeführt werden: Rund 66 Prozent der Pisten in Österreich sind beschneibar. Bevor es zu einer Errichtung von Beschneiungsanlagen kommt, wird durch ein Bewilligungsverfahren die maximal zu entnehmende Menge und Qualität des benötigten Wassers vorgeschrieben. Es wird Nutzwasser zur Beschneigung verwendet, welches meist in Speicherteichen gesammelt ist. Welche Wassermengen für die Produktion von Kunstschnee benötigt werden, ist hingegen nicht bekannt. In Fachliteraturen sind ebenfalls keine exakten Zahlen zum Verbrauch zu finden, da diese von verschiedenen Faktoren (Beschneiungssystem, klimatischen Bedingungen, Standort) abhängen. Laut Studien aus der Schweiz benötigen einige Winter-sportregionen für die technische Beschneigung zwischen 20 und 36 Prozent des jährlichen regionalen Wasserverbrauchs (TEICH et al. 2007).</p> <p>Durch eine strukturierte Datenerhebung soll der tatsächliche Wasserverbrauch unterschiedlicher Nutzungsgruppen erhoben werden. Besondere Priorität hat diese Maßnahme für Regionen, welche zu saisonalen Zeiten durch einen zu hohen Wasserverbrauch an ihre Versorgungsgrenzen gelangen. Die Steuerung und Sicherstellung der Wasserversorgung sowie deren Planung können durch die transparente Aufzeichnung optimiert werden. Gebiete welche ein geringes Wasserdargebot aufweisen, sollen bezüglich der Nutzung (Wasserverbrauch) angepasst werden.</p>
<p>Handlungs-empfehlungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Klima- und Wasserdaten sollen enger miteinander verknüpft werden (hydrologische Modellierung) ➤ Gegebenenfalls Messstellennetze zur Grundwassertemperatur und Grundwasserstandmessung optimieren und verdichten ➤ Messstellen aufbauen, welche die aktuelle Verdunstung bei der Bestimmung des Wasserdargebots aufzeichnen

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aufzeichnen von langfristigen, konstanten Oberflächen- und Grundwasserdaten ➤ Homogenisierung bestehender, langer Datenreihen um eine Verbesserung über mögliche Trendentwicklungen zu erhalten (Wassertemperatur, Niederschlag, Abfluss) ➤ Den tatsächlichen Wasserverbrauch einzelner Nutzungsgruppen erheben ➤ Berücksichtigung des geringer werdenden Wasserdargebots (in betroffenen Regionen) bei Neubewilligungsverfahren bzw. Anpassungen bei bestehenden Bewilligungen
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Wirtschaft und Industrie, Energie und Versorgung, Ökosysteme und Biodiversität, Tourismus und Freizeit
Lenkungsebene	BMWFW, Steiermark (A5), Regionen, Interessensverbände

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Wasser-Transportsysteme ausbauen und vernetzen
Abkürzung	WW 2
Ziel	Gewährleistung der Trinkwasserversorgung in der Steiermark
Beschreibung, Bedeutung	Die steirische Bevölkerung soll qualitativ und quantitativ mit Trinkwasser versorgt werden. Um dies zu gewährleisten, sollen bestehende Leistungssysteme optimiert bzw. erneuert und Regionen mit Wasserunterversorgung an übergeordnete Leitungsnetze angeschlossen werden.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Trinkwassernotversorgungskonzepte auf Gemeindeebenen (überregional) erstellen und konkrete Maßnahmen setzen ➤ Wassernetzwerke weiter ausbauen um einen innersteirischen Wasserausgleich schaffen bzw. aufrechtzuerhalten ➤ Fertigstellung bzw. Optimierung des Projektes „Wassernetzwerk Steiermark“ (2003)
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Wirtschaft und Industrie, Energie und Versorgung
Lenkungsebene	BMWFW, Steiermark (A5), Regionen, Wasserwirtschaftsverbände

(STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015)

Maßnahme	Sicherstellung der Wasserversorgung
Abkürzung	WW 3
Ziel	Durch planerische und technische Maßnahmen soll eine Erhöhung der qualitativen und quantitativen Gewährleistung der Wasserversorgung in Gebieten mit Wasserknappheit entstehen.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Grundsätzlich ist in Österreich mit keinem großflächigen Mangel an Wasserversorgung zu rechnen, allerdings könnte es zu Versorgungsengpässen in bestimmten Regionen kommen. Die Zunahme von Extremereignissen, können die Häufigkeit solche Ausfälle enorm steigern (konnte in den vergangenen Jahren beobachtet werden) (PERFLER et al. 2006; SCHÖNER et al. 2010).</p> <p>Geringe Niederschlagsmengen im Sommer und höhere Temperaturen führen zu einer stärkeren Verdunstung. Dies hat zur Folge, dass die Grundwasserneubildung reduziert wird und es zu einer Absenkung des Grundwasserspiegels kommt. Dieser Effekt ist laut einigen Studien im Süden Österreichs, sowie in niederschlagsarmen Regionen im Osten beobachtbar. Dementsprechend müssen in diesen Regionen verstärkt Planungsgrundsätze und wasserwirtschaftliche Infrastrukturen angepasst werden (siehe folgende angeführte Handlungsempfehlungen).</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Neue Wasservorkommen im regionalen Umfeld sind unter Berücksichtigung ökologischer Aspekte zu erschließen ➤ Bei Neuplanungen oder Sanierungen von Anlagen Risikozonen wenn möglich vermeiden ➤ Bestehende Schutzzonen sind weiter zu sichern und potentielle Wasserentnahmen (Brunnen, Quellen) sollen geschützt und aufrechterhalten werden ➤ Schwachstellen und Gefahren innerhalb der Wasserversorgung sind zu überprüfen. Die gesammelten Erfahrungen aus dem Jahrhundertsommer 2003 sind hinsichtlich Nutzungs- und Versorgungsengpässen auszuwerten. Die Ergebnisse sind bezüglich der Steigerung

	<p>der Wasserversorgungssicherheit abzuleiten. Gegebenenfalls sind aufgrund dieser Daten Maßnahmen zu setzen (Errichtung redundanter Systeme).</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Um Nutzungskonflikte in Zeiten von Engpässen besser überwinden zu können, sind geeignete Vorsorgemaßnahmen zu schaffen. ➤ Die Anreicherung des Grundwassers kann, wenn es wasserwirtschaftlich gesehen sinnvoll ist, durch Maßnahmen (Wasserrückhalt in Flächen) verstärkt durchgeführt werden ➤ Versiegelungsflächen sind konstant zu halten bzw. zu verringern und es können weitere Versickerungsflächen geschaffen werden (sofern wasserwirtschaftlich benötigt). ➤ Das Tiefengrundwasser und deren Nutzung sind in erster Linie nur für die Notwasserversorgung zu beanspruchen. ➤ Integration von klimabedingten Veränderungen in die Gewässerwirtschaftsplanung, welche für die Wasserversorgung relevant sind ➤ Ein Risikomanagementinstrument („Water-Safety-Plan“) ist durch die Wasserversorger zu etablieren, welches Störungen der Wasserversorgung (Hochwasser, Muren) berücksichtigt ➤ Besonders für vulnerable Regionen sind regionale Strategien zu entwickeln und umzusetzen um die Wasserversorgung zu sichern. Mögliche Maßnahmen wären die Vernetzung bestehender Versorgungsstrukturen, um ein Ausfallrisiko zu reduzieren, oder für Einheiten, welche nicht an zentrale Anlagen angeschlossen sind, soll eine konkrete Versorgungsmöglichkeit entwickelt werden. ➤ Bestehende Instrumente gegebenenfalls erweitern, um die Wasserversorgung hinsichtlich klimarelevanter Aspekte zu gewährleisten
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Wirtschaft und Industrie, Energie und Versorgung, Gesundheit und Soziales, Bauen und Wohnen, Urbane Grünräume
Lenkungsebene	BMWWF, Steiermark (A5), Wasserversorgungsunternehmen

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Sorgfältiger Umgang mit Wasser (Ressource)
Abkürzung	WW 4
Ziel	Effiziente Spartechnologien und Bewusstseinsbildung sollen zur Schonung der Wasserressourcen in Regionen, welche drohende Wasserknappheit aufweisen, führen.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Große Potentiale zur Wassereinsparung wären durch den Einsatz effizienter Technologien in Industrie, sowohl als auch in privaten Haushalten möglich. Neben effizienten Technologien sind infrastrukturelle (Behebung von Leckagen) und technische Weiterentwicklungen (Verbesserung des Verdunstungsschutzes) von großer Bedeutung. Die Umsetzung dieser Empfehlungen ist vor allem für Gebiete mit Wasserversorgungsproblemen notwendig.</p> <p>Weiters soll durch Öffentlichkeitsarbeit und Bewusstseinsbildung der gezielte und bewusste Umgang mit Wasser gefördert werden. Jedoch darf die Reduzierung des Wasserverbrauchs keine hygienischen Probleme mit sich bringen.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aufklärung und Bewusstseinsbildung über die Ressource Wasser und deren Nutzung ➤ Förderung von wassersparenden Technologien unter Berücksichtigung hygienischer Aspekte
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Wirtschaft und Industrie, Energie und Versorgung, Gesundheit und Soziales, Tourismus und Freizeit
Lenkungsebene	BMWWF, Steiermark (A5), Regionen, Wasserversorgungsunternehmen, NutzerInnen

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Gewährleistung eines guten Gewässerzustandes (chemisch und ökologisch)
Abkürzung	WW 5
Ziel	Die Sicherstellung und Erreichung eines guten ökologischen Potentials von Gewässern ist zu verfolgen.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Durch menschliche Nutzungsansprüche sind die natürlichen Funktionsfähigkeiten der österreichischen Gewässer teils stark gestört. Die ökologischen und chemischen Zustände von Oberflächengewässern werden durch die Auswirkungen des Klimawandels noch weiter belastet. So kommt es aufgrund Temperaturveränderungen der Gewässer zu Gebietsverschiebungen einzelner Fischarten (Arealgrenzen der Forellen verschieben sich im Gewässerverlauf nach oben, was zu einer Verkleinerung des potenziellen Lebensraums führt). Bei der Erstellung fischökologischer Leitbilder und der daraus resultierenden ökologischen Zustandsbewertungen, sind diese Aspekte zu berücksichtigen.</p> <p>Der Schutz der Binnenoberflächen-, Küsten-, Übergangsgewässer und des Grundwassers werden durch die Wasserrahmenrichtlinien geregelt. Um die Zielsetzungen obiger Richtlinien zu erreichen, obwohl es zu einer klimatischen Veränderung kommt und daraus negative Auswirkungen auf Ge- und Grundwasser entstehen können, ist eine Erhöhung des Problembewusstseins unabdingbar.</p> <p>Kommt es zu einer stärkeren Belastung der Oberflächengewässer und des Grundwassers (z.B. Erhöhung der Wassertemperatur, Reduktion des Abflusses) sind Maßnahmen zu setzen, um eine weitere Verschlechterung zu verhindern und die Zielsetzung zu erreichen.</p> <p>Eventuelle Auswirkungen auf die Badewasserqualität angesichts der Klimaänderung sind ebenfalls zu berücksichtigen (siehe Studien von DOKULIL 2009 und SCHÖNER et al. 2010).</p>
Handlungs-	➤ Die Fortsetzung des ÖPUL-Programmes bzw. die Einführung

empfehlungen	<p>eines Folgeprogramms</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Im Bereich der Landwirtschaft soll es zu einer Reduktion chemischer Stoffeinträge kommen ➤ Erhöhte Anforderungen sind im Bereich der Ammonium- und Gesamtposphorentfernung, durch die Anpassung von Emissionsverordnungen zu bewerkstelligen (es sollen keine bauliche Maßnahmen benötigt werden; sind nur einzuhalten bei Unterschreitung festgelegter Verdünnungsverhältnisse bei Niederwasserdurchfluss). ➤ Bei Sauerstoffmangel und dem daraus resultierenden Qualitätsproblemen im Uferfiltrat: Reduzierung der Ammonium- und Stickstofffrachten sowie des gelösten organischen Kohlenstoffs (DOC), welche durch diffuse und Punktquellen eingebracht werden. Es sind Aufbereitungsanlagen zu planen und umzusetzen. ➤ Naturnahe, aquatische Lebensräume schaffen und wiederherstellen bzw. renaturieren ➤ Bei Bewirtschaftungsplänen der Wasserrahmenrichtlinien ist der Einfluss des Klimawandels zu berücksichtigen (Bei Extremniederwassersituationen eine Durchgängigkeit garantieren um Fischsterben zu verhindern). ➤ Die Qualitätszielverordnungen sind an die klimatischen Veränderungen anzupassen ➤ Kraftwerk- und Industriestandorte sind an die Veränderungen der Wasserressource 2050 hinsichtlich der strategischen Planung und Errichtung anzukoppeln ➤ In Gewässerbewirtschaftungsplänen sind anpassungsrelevante Aspekte miteinzubeziehen
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Wirtschaft und Industrie, Energie und Versorgung, Gesundheit und Soziales, Ökosysteme und Biodiversität
Lenkungsebene	BMWFV, Steiermark (A5), Regionen, Wasserversorgungsunternehmen, Industrie, Hochwasserverbände, AGES

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Wassertemperatur hinsichtlich wasserwirtschaftlicher Maßnahmen vermehrt berücksichtigen
Abkürzung	WW 6
Ziel	Erhöhte Wassertemperaturen und deren negativer Einfluss auf die Nutzung werden zum Schutz der Gewässer reduziert.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Die Zunahme der Temperaturen in Oberflächengewässern, als auch der Grundwässer, konnte in den letzten Jahrzehnten verstärkt beobachtet werden. Voraussichtlich wird sich dieser Trend fortsetzen. Die Stärke der Zunahme ist von lokalen Verhältnissen abhängig (DOKULIL 2009; SCHÖNER et al. 2010). Die Erwärmung des Wassers führt zu Auswirkungen auf die Wassernutzung und beeinflusst diese negativ. Das Ausmaß dieser Auswirkungen, auf Basis thermischer Belastung, ist aufgrund unzureichender Daten noch nicht abschätzbar.</p> <p>Die Qualität der Oberflächen- und der Grundwässer wird aufgrund der klimatischen Erwärmung durch Erhöhung der Wassertemperatur verändert. Es kommt zu einer Beschleunigung und vollständigen Umsetzung biologischer und biochemischer Prozesse.</p> <p>Weiters kommt es aufgrund dieser Erwärmung zu Einschränkungen der Kühlfunktion durch Oberflächenwasser in Kraftwerken und Industrie (als Kühlwasser).</p> <p>Erhöhte Wassertemperaturen, welche klimatisch bedingt sind, sollen bei Neubewilligungen bei Wärmeabgaben an Grund- und Oberflächengewässern berücksichtigt werden. Es sollen Wärmelastpläne erstellt werden, um so Daten über thermische Belastungen hinsichtlich ihrer Schwankung, Einleitungen und anderen temperaturrelevanten Parametern zu ermitteln. Durch diese Daten kann eine Modellierung sämtlicher Wechselwirkungen und ihrer Belastungen dargestellt werden. Hinsichtlich des Artenspektrums ist es durch gezielte</p>

	<p>Untersuchungen möglich, die Verschiebung der Arten im Gewässerlängsverlauf und eventuelle Auswirkungen auf die Biozönose festzustellen.</p>
Handlungs-empfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Zukünftig soll eine verstärkte Überprüfung möglicher Auswirkungen auf das Grundwasser, aufgrund des Wärmehaushalts stattfinden. ➤ Bei bestehenden und künftigen Wärmeeinleitungen sind eventuell zu erwartende steigende Oberflächentemperaturen miteinzubeziehen. ➤ Es sollen alternative Verfahren hinsichtlich der Kühlung in Betracht gezogen werden. ➤ Behörden sollen Ausnahmegewilligungen erteilen dürfen falls Extremsituationen vorliegen. ➤ Entlang des Gewässerverlaufs sind Daten zu temperaturrelevanten Parametern und thermischen Belastungen zu erfassen, um anschließend die Notwendigkeit eines Wärmelastplanes festzustellen. ➤ Die Durchgänglichkeit von Gewässern soll durch die Umsetzung des nationalen Gewässerbewirtschaftungsplans sichergestellt werden, um eine Ausweichmöglichkeit für Fische zu erreichen. ➤ Feldarbeit im Bereich Verschiebung des Artenspektrums verstärkt durchführen, um eventuelle Veränderungen auf die Biozönose festzustellen
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	<p>Wirtschaft und Industrie, Energie und Versorgung, Ökosysteme und Biodiversität</p>
Lenkungsebene	<p>BMWF, Steiermark (A5), Gemeinden, Fischerei, Wasserversorgungsunternehmen, Industrie</p>

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Errichtung von Nutzwassermanagement-Instrumenten
Abkürzung	WW 7
Ziel	Für die unterschiedlichsten Bereiche, wie Landwirtschaft (Bewässerung), Tourismus und Freizeit (Golfplätze, Beschneigung) Industrie und Gewerbe, Energiewirtschaft (Kühlwasser), sowie Kühlung und Klimatisierung, ist die Gewährleistung der Nutzwasserversorgung zu garantieren.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Nutz- bzw. Brauchwasser wird für landwirtschaftliche, technische oder gewerbliche Nutzung verwendet. Dies führt zu einem geringeren Bedarf an Trinkwasser, was wiederum die Ressource schont.</p> <p>Für den menschlichen Genuss ist das Nutzwasser nicht vorgesehen, es muss aber je nach Verwendung einigen hygienischen Aspekten standhalten (landwirtschaftliche Bewässerung).</p> <p>Die Kosten für Brauch- und Prozesswasser (in Kombination mit einem Wärmestrommanagement) stellen in der Wirtschaft einen hohen Kostenfaktor dar. In diesem Sektor kommt es aufgrund der hohen Kosten vermehrt zu einer Kreislaufführung, welche zu einer Verringerung des Wasserbedarfs führt.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Für die Sektoren Land- und Energiewirtschaft, Industrie und Gewerbe sind Regelungen und Anforderungen hinsichtlich der Verwendung von Nutz- und Versickerungswasser festzulegen. ➤ Ressourcen- und Bedarfserhebung bei Nutzwasser steigern ➤ Vermehrte Verwendung wassersparender Technologien ➤ Förderungen entwickeln und bekannt machen, für die Nutzung von unterschiedlichen Wasserqualitäten ➤ Umsetzung der hygienischen Standards kontrollieren
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Wirtschaft und Industrie, Energie und Versorgung, Tourismus und Freizeit, Bauen und Wohnen
Lenkungsebene	BMWWF, Steiermark (A5), BetreiberInnen

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Hochwasser(risiko)management
Abkürzung	WW 8
Ziel	Abflussspitzen bzw. Schäden sollen hinsichtlich ihrer Erhöhung vermieden werden; Hochwasserrisikomanagement ist in gefährdeten Gebieten umzusetzen
Beschreibung, Bedeutung	<p>Eine wichtige Aufgabe der Wasserwirtschaft in Österreich ist die Gesellschaft von möglichen Auswirkungen, die durch Hochwässer entstehen können, zu schützen. Hierbei kommt es zu einer Kombination von unterschiedlichsten Methoden des integrierten Hochwassermanagements und zu deren Einsatz (Ausgleichsflächen in der Raumentwicklung, Steigung der Retention, Öffentlichkeitsarbeit zur Stärkung des Gefahrenbewusstseins, technische Maßnahmen um Objekte und Menschen zu schützen).</p> <p>Die hydrologischen und klimatischen Extremereignisse sind derzeit wissenschaftlich nicht ausreichend zu berechnen, weshalb Auswirkungen des Klimawandels auf Hochwasserabflüsse noch nicht getroffen werden können. Die Studie „Anpassungsstrategien an den Klimawandel für Österreichs Wasserwirtschaft“ (SCHÖNER et al. 2010), beschreibt, dass die künftige, natürliche Variabilität der Hochwässer (im Vergleich zu früheren Dekaden) annähernd gleich bleibt. Trotzdem ist es sinnvoll angepasste Maßnahmen des Hochwassermanagements an die Verhältnisse der einzelnen Regionen umzusetzen, da diese auch einen umweltpolitischen und wirtschaftlichen Nutzen für die Gesellschaft erbringen.</p> <p>Für kleine Gebiete, welche aufgrund von Starkregen hochwassergefährdet sind und ein möglicher Einfluss des Klimawandels nicht vorhersehbar ist, ist eine Schaffung von Hochwasserprognosen sinnvoll.</p> <p>Um Schäden durch Extremhochwasserereignisse zu vermeiden ist es notwendig, die Maßnahmen der Hochwasserrisiko-</p>

	managementpläne (2015) in den nächsten Jahren zu realisieren.
Handlungs-empfehlungen	<p>Hochwassermanagement</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Um Flächen für den Hochwasserrückhalt und Abfluss sowohl als auch für die Notentlastung zu schaffen bzw. freizuhalten, sind falls vorhanden bestehende rechtliche Instrumente zu verwenden oder ggf. neue Gesetze zu verabschieden. ➤ Mit dem Sektor Landwirtschaft ist eine intensive Kooperation anzustreben um eine nachhaltige Bewirtschaftungsform zu erreichen. ➤ Um Entscheidungen beim robusten Hochwassermanagement einfacher treffen zu können, sind Bandbreiten bzw. Unsicherheiten angesichts der „Klimaimpactanalyse“ auszuweisen (Trennung erfolgt nach Mechanismen, welche für die Änderungen verantwortlich waren). ➤ Durch Kooperation mit anderen EU-Ländern, welche ebenfalls Hochwassererfahrung aufweisen, sind neue Maßnahmen einzuholen und auf die Nutzbarkeit für Österreich zu überprüfen. ➤ Feststellung der Sinnhaftigkeit (Überprüfung) bezüglich Hochwasserprognosen für kleine Einzugsgebiete ➤ Eine Verdichtung der Messstellen sowie der weitere Einsatz des hydrologischen Messdienstes sind für kleine Einzugsgebiete umzusetzen bzw. wünschenswert ➤ Kommt es zu Ausarbeitung von konkreten Maßnahmen soll auf das Projekt „FloodRisk I & II“ zurückgegriffen werden, um eventuelle Empfehlungen nutzen zu können (HABERSACK et al. 2004, 2009) ➤ Durch Informationen (Niederschlag-Abflussmodellierung, historische und regionale Informationen, Hochwasserstatistik) anderer Regionen innerhalb Österreichs ist der Bemessungswert des Hochwassers zu ermitteln. ➤ Aufgrund steigender Lufttemperaturen ist eine teilweise zeitliche Verschiebung (Sommer nach Winter) der Hochwässer möglich. Dementsprechend sind Bemessungswerte zu

	<p>überprüfen wobei der Klimawandel innerhalb der Region zu berücksichtigen ist.</p> <p>Hochwasserrisikomanagement</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Entwicklung von Gefahrenzonenplänen ➤ Forcierung von Hochwasserschutzmaßnahmen ➤ Im Baugesetz sind Vorgaben hinsichtlich der Verbesserung von Bauten (Bauweise) festzulegen (Anreize schaffen durch Förderungen). ➤ Regelmäßige Überprüfung von Hochwasser-Risikomanagementplänen
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Bezug zu sämtlichen Aktivitätsfeldern
Lenkungsebene	BMWWF, Steiermark (A5, A6), Baubezirksleitungen, Gemeinden, Stadt Graz

(BMLFUW 2012b; STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015)

Maßnahme	Straßenentwässerung verbessern
Abkürzung	WW 9
Ziel	Entwässerungssysteme im Sektor Verkehr sind zu verbessern.
Beschreibung, Bedeutung	Aufgrund der wahrscheinlichen Zunahme von Niederschlagsspitzen sind die Planungsgrundsätze in Verkehrsflächen zu berücksichtigen.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Entwässerungssysteme für eine höhere Wasserableitung bauen (Einbau zusätzlicher Straßenabläufe) ➤ Unterschreiten des Mindestgefälles ist zu vermeiden ➤ Reinigungsbedürftiges Schmutzwasser komplett abführen
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Verkehrsinfrastruktur und Mobilität, Bauen und Wohnen, Raumordnung/-planung
Lenkungsebene	BMWWF, Steiermark (A5, A6), Baubezirksleitungen, Gemeinden, Stadt Graz

(LANDESHAUPTSTADT STUTTGART 2012)

Maßnahme	Regenwasserbehandlung
Abkürzung	WW 10
Ziel	Die Belastung soll für die Gewässer durch die Regenwasserbehandlung reduziert werden.
Beschreibung, Bedeutung	Die Entwässerung der Stadt Graz wird durch ein Mischwassersystem ausgeführt. Hierbei werden anfallende und häusliche und industrielle Abwässer mit Regenwasser in Mischwasserkanäle abgeleitet. Da das Volumen der anfallenden Mischwässer nicht an Kläranlagen weiterleitbar ist, sind in den MW-Kanälen sogenannte Regenwasserbehandlungsanlagen eingerichtet. Diese haben das Ziel, dass Wasser aufzufangen und zeitversetzt an Kläranlagen abzugeben. Wird die max. Kapazität des Beckens erreicht erfolgt ein Überlauf in ein Gewässer.
Handlungsempfehlungen	➤ Ausbauen (Kapazität der Regenüberlaufbecken und Regenüberlaufkanäle) der Regenwasserbehandlungsanlagen
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Wirtschaft und Industrie, Raumordnung/-planung
Lenkungsebene	BMWWF, Steiermark (A5, A6), Stadt Graz

(LANDESHAUPTSTADT STUTTGART 2012)

Maßnahme	Niederschlagswassergebühr
Abkürzung	WW 11
Ziel	Entlastung der Mischwasserkanäle
Beschreibung, Bedeutung	Bei befestigten Flächen, welche an das Kanalnetz angeschlossen sind, werden anfallende Kosten bzgl. Abwasserleitung/-reinigung verrechnet. Durch die Einnahmen werden ökologische Maßnahmen (Zisternen, Gründächer und Entsiegelungen) gefördert.
Handlungsempfehlungen	➤ Einführung der Niederschlagswassergebühr für die Stadt Graz und Förderungen ökologischer Maßnahmen
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Wirtschaft und Industrie, Raumordnung/-planung
Lenkungsebene	BMWWF, Steiermark (A5), Stadt Graz

(LANDESHAUPTSTADT STUTTGART 2012)

Maßnahme	Regenwasserbewirtschaftung
Abkürzung	WW 12
Ziel	Es sind Schäden an Gebäuden und Infrastruktur zu verhindern bzw. zu reduzieren, welche durch den Oberflächenabfluss (vor allem durch unkontrollierten Regenwasserabfluss) entstehen.
Beschreibung, Bedeutung	Starkniederschläge und der daraus resultierende Abfluss können negative Auswirkungen für Gebäude und Infrastrukturen mit sich bringen. In vielen Fällen können diese enormen Regenmengen, nicht mehr durch Regenwasserkanäle aufgenommen werden. Dies führt zu Überflutungen von Gebäuden und Infrastruktur und in Folge zu immensen Schäden.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Erarbeitung von Regenwasserbewirtschaftungskonzepten welche konkrete Maßnahmen beinhalten (Gemeindeebene) ➤ Erstellen und beschließen einer einheitlichen Regenwasserbewirtschaftung (Landesebene) ➤ Versickerungen führen zu einer zusätzlichen Anreicherung des Grundwasserleiters
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Wirtschaft und Industrie, Raumordnung/-planung, Bauen und Wohnen
Lenkungsebene	BMWWF, Steiermark (A5, A6), Stadt Graz, Abwasserverbände

Abbildung 5: GW3 (STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015)

5.8 Raumordnung/-planung

Die Raumordnung nimmt eine immer wichtigere Rolle in den Bereichen Klimaschutz, Anpassung an den Klimawandel sowie auch der Klimapolitik ein. Viele der Maßnahmen zum Klimaschutz und Anpassung sind raumbezogen. Zusätzlich sind Raumnutzungen von den Folgen des Klimawandels betroffen bzw. können das Klima selbst beeinflussen. Maßnahmen, welche energieeffizient sind, CO₂-sparend wirken, und verkehrsreduzierende Raumstrukturen sowie Flächen für die regenerative Energieerzeugung schaffen, sind wichtig im Sektor Klimaschutz (BMLFUW 2012b, S. 298).

Die Raumordnung hat einen sehr breit gefächerten Charakter und durch ihre Kompetenz Raumnutzung zu steuern, kann sie einen wichtigen Beitrag hinsichtlich der Anpassung an den Klimawandel leisten. Sie besitzt die Fähigkeit die Verwundbarkeit sektorübergreifend zu berücksichtigen und widerstandsfähige Raumstrukturen zu fördern (PÜTZ & KRUSE 2011). Um die Raumordnung in Zukunft gegenüber dem Klimawandel stärker zu positionieren, ist es wichtig, die beiden Säulen Klimapolitik sowie Klimaschutz und Anpassung sinnvoll miteinander zu kombinieren (Synergiepotentiale nutzen). Die Raumordnung hat viele Aufgaben und Ziele, welche einen wichtigen Beitrag zur Anpassung leisten können. Wichtig hierbei ist, bestehende Instrumente konsequenter und forcierter anzuwenden und mögliche Potentiale auszuschöpfen. Das Grün-Weißbuch zur Anpassung an den Klimawandel in Europa (EK 2007, 2009) beinhaltet ebenfalls, dass die Raumordnung ein wichtiges Instrument für die Festlegung von Anpassungsmaßnahmen ist.

Raumordnung in Österreich

In Österreich wird laut BMLFUW (2012b) die Gesetzgebung und Vollziehung der Raumordnung auf Landes- und Gemeindeebene geregelt. Zielformulierungen und Planungsgrundsätze, welche in den Raumordnungsgesetzen verankert sind und somit als Ausgangsposition für überörtliche und örtliche Raumordnung dienen, werden auf Ebene des Landes erlassen. Die Erstellung und Verordnung von Planungsinstrumenten werden auf überörtlicher Ebene verfasst. Diese beziehen sich entweder auf das gesamte Landesgebiet, bestimmte Regionen oder auf ausgewählte Sektorbereiche (Landesentwicklungs-, Regionalentwicklungs- und Sachprogramme etc.). Ihr Tätigkeitsbereich liegt darin, Raumgesetze festzulegen und Vorgaben

bezogen auf die örtliche Raumplanung und Baurecht zu konkretisieren (BMLFUW 2012b, S. 299).

Der örtliche Flächenwidmungsplan, Bebauungsplan und das Entwicklungskonzept wird auf Gemeindeebene genutzt um die Raumordnung (örtliche) auszuführen. Als zentrales planungsrechtliches Instrument dient der Flächenwidmungsplan, der die Flächennutzung auf Gemeindeebene parzellenartig darstellt. Der Bebauungsplan schreibt die Bauformen, Bebauungsdichten und Art bzw. Umfang der Ausnutzung der Grundstücke (Bauzweck) vor. Das strategische Instrument (Entwicklungskonzept) dient dazu, die zukünftige räumliche Gemeindeentwicklung festzulegen. Neben der nominellen Raumordnung sind noch einige andere Institutionen für raumrelevante Aufgaben zuständig, die jedoch nicht den Raumordnungsgesetzen unterliegen. (Ebenda 2012b, S. 299).

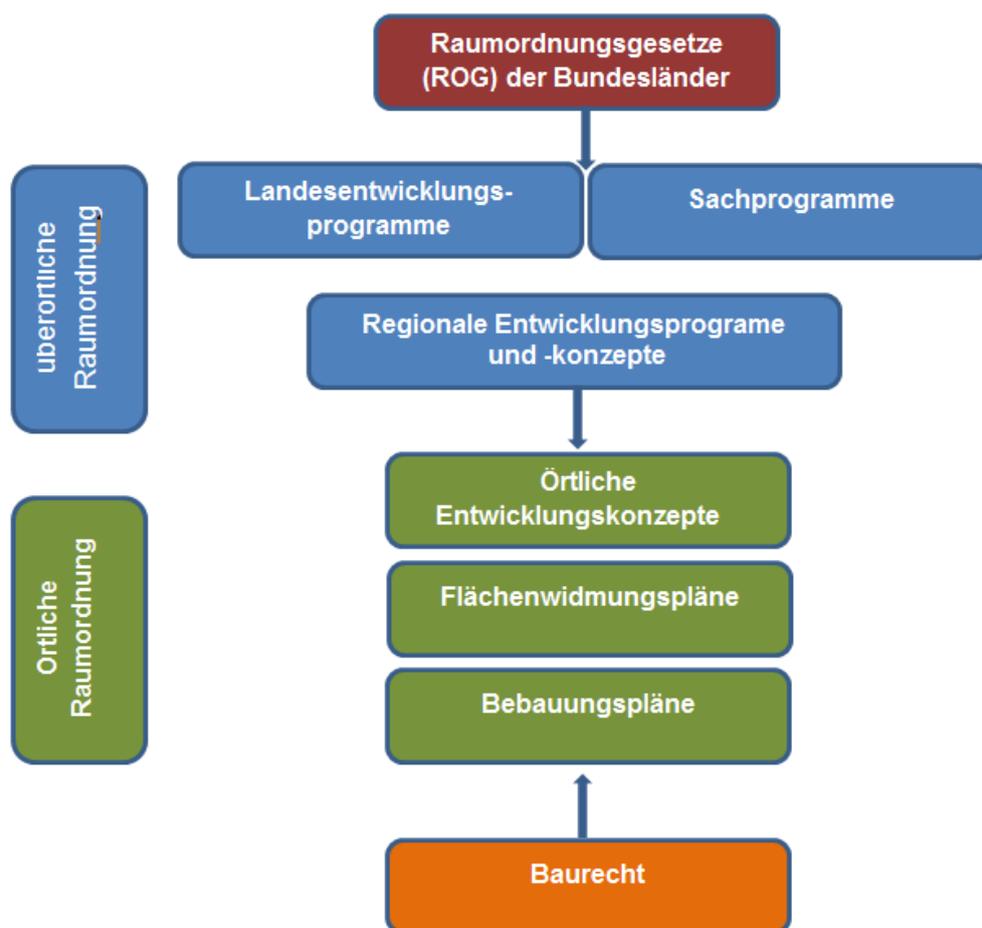


Abbildung 37: Ebenen und wesentliche Instrumente der Raumordnung in Österreich (vereinfachte Darstellung). (Eigene Darstellung, BMLFUW 2012b, S. 299 nach UMWELTBUNDESAMT)

Die ÖROK als Vermittlungsglied zwischen Bund, Ländern und Gemeinden wurde eingerichtet sowie um mit Interessensvertretern zu fungieren. Die wichtigste Aufgabe ist die Erarbeitung und kontinuierliche Veröffentlichung des österreichischen Raumentwicklungskonzeptes (ÖREK), welches Vorgaben hinsichtlich der Raumentwicklungspolitik und Handlungsanleitungen beschreibt (BMLFUW 2012b, S. 300).

Folgen des Klimawandels bezogen auf Raumordnung/-planung

Raumentwicklung, Flächennutzung aber auch Ökosystemleistungen werden durch den Klimawandel beeinflusst. Es kommt zu einer direkten Auswirkung auf Raumnutzung (Überhitzungseffekt von Gebäuden, Hochwässer) oder indirekten Beeinflussung auf naturräumliche Gegebenheiten (veränderte Wasserverfügbarkeit, Eignung von Flächen) durch den Klimawandel (BIRKMANN et al. 2010). Zu erwähnen ist, dass raumrelevante Folgen nicht gleichzeitig auch raumplanungsrelevant sein müssen (BMLFUW 2012b, S. 300).

Wirtschaftliche Sektoren und Landnutzung, welche mit der räumlichen Entwicklung Österreichs in Verbindung stehen, sind von den negativen Folgen des Klimawandels (wenn auch sektoral und regional unterschiedlich) stark betroffen. Die folgende Tabelle zeigt einen Überblick über eventuell mögliche Folgen für Raum- und Raumplanung aufgrund der sich verändernden klimatischen Bedingungen (BMLFUW 2012b, S. 301).

Klimaänderung	Wirkung	Betroffene Raumnutzung	Relevanz für Raumordnung	Relevanz für Fachplanung
Zunehmende Hitzeintensitäten und -perioden	Hitzebelastung/Überhitzung Bioklimatische und gesundheitliche Auswirkungen	Dicht verbaute Bereiche	Sicherung von Kalt- u. Frischluftentstehungsgebieten, „grüne“ und „blaue Infrastruktur etc. Ventilationsbahnen,	Grünraumplanung
Zunehmende Trockenperioden	Verknappung von Wasserressourcen Steigende Waldbrandgefahr Gefährdung der Schutzfunktion des Waldes	Wasserversorgung Wasserabhängige Nutzungen Wald	Sicherung von Wasserressourcen	Wasserwirtschaft Landwirtschaft Forstwirtschaft
Zunehmende Starkregenereignisse Permafrost-degradetion	Steigendes Naturgefahrenpotenzial (Hochwasser Massenbewegungen) Qualitative Beeinträchtigungen des Trinkwassers	Siedlungen Infrastruktur Wasserversorgung	Vorsorgender Hochwasser- u. Naturgefahrenschutz Flächensicherung für alternative Wasserspender	Wasserwirtschaft Wildbach – und Lawinenverbauung
Temperaturanstieg	Permafrost- u. Gletscherrückgang Steigendes Naturgefahrenpotenzial	Infrastruktur Siedlungen	Naturgefahrenschutz	Wildbach- und Lawinenverbauung
Veränderte Niederschlagsregime	Veränderte Abflussregime von Flüssen Vermehrte Hochwassergefahr Verändertes Wasserkraftpotenzial	Siedlungen Infrastruktur Energie	Vorsorgender Hochwasserschutz Sicherung unversiegelter Flächen Verbesserung von Versickerungskapazitäten auf bebauten Flächen	Wasserwirtschaft Energiewirtschaft Stadtplanung Grünraumplanung
Änderung klimatischer Parameter (Allgemein)	Verschiebung von Arealgrenzen Veränderung der Lebensraumeignung, Lebensgemeinschaft und Ertragspotenzial	Ökosysteme Land- und forstwirtschaftliche Nutzungen	Flächensicherung für Habitatsvernetzungen und Schutzgebiete Klimainduzierte Landnutzungsänderungen	Infrastrukturplanung Naturschutz Landwirtschaft Forstwirtschaft

Tabelle 19: Überblick über ausgewählte Auswirkungen des Klimawandels auf die Raumentwicklung, Relevanz für die Raumordnung und raumwirksame Fachplanungen (BMLFUW 2012b, S. 301).

Mögliche Folgen, welche die Raumplanungsrelevanz betreffen, sind Raumnutzungskonflikte, vermehrte humangesundheitliche Belastungen, Beeinträchtigung für Wasser- und Energieversorgung sowie die Steigerung von Naturgefahrpotentialen. Räumlich relevante Klimafolgen können ebenfalls durch langfristige Prozesse auftreten, welche beispielsweise zu lokalen und regionalen Veränderungen von Anbot, Qualität und Kontinuität von Ökosystemleistungen, Wirtschaft und Gesellschaft führen. Zusätzlich können auch sozioökonomische Auswirkungen oder eine Veränderung der Nutzflächen geschehen (Ebenda 2012b, S. 301).

Mögliche Folgen für das Aktivitätsfeld: Raumordnung/-planung

- Die Naturgefahrensituation kann durch die zu erwartenden klimatischen Veränderungen (Extremwetterereignisse, Anstieg der Jahrestemperatur, Niederschlagsveränderungen) innerhalb Österreichs stark beeinflusst werden. Je nach lokaler und regionaler Gegebenheit kann es vermehrt zu Muren, Hochwässern etc. kommen, welche die Infrastruktur und Siedlungsgebiete enorm gefährden. Sowohl die wirtschaftliche als auch die gesellschaftliche Entwicklung führen zu einem vermehrten Schadenspotential (Infrastruktur/Bebauung), die eine steigende Vulnerabilität der Raumnutzung gegenüber Klimawandelfolgen bedingt.
- Die Quantität und Qualität der Ressource Wasser wird durch sich ändernde Niederschlagsbedingungen und steigende Temperaturen verändert. So kann es regional in Zukunft vorkommen, dass ein Engpass von Wasserressourcen entsteht. Meteorologische Extremwetterereignisse sind in der Lage die Qualität des Trinkwassers zu verschlechtern, was zu einer mangelnden Versorgungssicherheit führt. Deshalb ist es erforderlich neue bzw. alternative Wasserspender zu erschließen.
- In urbanen Gebieten bzw. dicht verbauten Gebieten wird aufgrund steigender Tropentage mit einer zunehmenden Hitzebelastung zu rechnen sein, welche die Gesundheit und das Wohlbefinden der Bevölkerung beeinträchtigen.
- Die Biodiversität bleibt auch nicht verschont, denn es ist eine Verschiebung der Arealgrenzen der Phänologie festzustellen. Ohne die schlüssige Vernetzung von Schutzgebieten, sowie der Verhinderung von Landschaftszerschneidungen ist eine Beschleunigung von Biodiversitätsverlusten unweigerlich

(BMLFUW 2012b, S. 302).

Der Anstieg des Raumannspruches, durch die Gesellschaft, und die gleichzeitige Erhöhung raumwirksamer Klimafolgenrisiken führen zu einer vermehrten Flächenverknappung, die wiederum wirtschaftliche Entwicklungsmöglichkeiten einengt. Das ungleiche Verhältnis zwischen Raumbedarf und -verfügbarkeit wird vermehrte Raumnutzungskonflikte (zwischen Gewerbe, Energieaufbringung, Siedlungsentwicklung, Tourismus, Wasserkraft, Landwirtschaft und private Haushalte) mit sich bringen (Ebenda 2012b, S. 302).

Risiken und Chancen der Raumordnung/-planung

- ☞ Aufrechterhaltung und deren Wirksamkeit von Schutzwäldern
 - ☞ Raumplanerische Umsetzung von ressourcenschonenden und energieeffizienten Maßnahmen
 - ☞ Reduktion bzw. Vermeidung weiterer Bodenversiegelung und Zersiedelung

 - ☞ Verstärkung städtischer Erwärmung (Wärmeinseln; Überhitzung dicht bebauter Gebiete)
 - ☞ Zusätzliche gesundheitliche Belastungen und unterschiedliche soziale Auswirkungen verringern die Lebensqualität der Grazer Bevölkerung
 - ☞ Durch den steigenden Bedarf an Trink- und Brauchwasser kommt es zu einer Beeinträchtigung der Daseinsvorsorge (Wasser- und Energieversorgung).
 - ☞ Naturgefahrenpotenziale können sich verändern/verlagern (Schäden an Infrastruktur und Gebäuden, Gefährdung von Siedlungsgebieten, Hochwasserrisiko wird vom Sommer in den Winter und Frühling verlagert)
 - ☞ Vermehrtes Auftreten von Raumnutzungskonflikten (Flächenbedarf für den aktiven und passiven Hochwasserschutz oder Ausweitung von Gefahrenzonen)
- (STIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015, S. 44)

Ziele der Anpassung

Durch bestehende und neu entwickelte Planungsziele/-instrumente und durch den Erhalt von Ökosystemleistungen wird das Ziel der Anpassung der Raumordnung an den Klimawandel verfolgt (STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015, S. 45).

Im Steiermärkischen Raumordnungsgesetz 2010 (StROG 2010) wurde neben Klimaschutzzielen auch die Klimawandelanpassung berücksichtigt. Aufgrund von Raumordnungsmaßnahmen wird das Risiko bei Hochwasserereignissen bzw. Ereignisse in Wildbacheinzugsgebiete reduziert. Mit Hilfe regionaler Entwicklungsprogramme werden der Schutz und die Vernetzung der Lebensräume von Pflanzen und Tieren verfolgt und die Freihaltung von Verkehrsstraßen noch besser verankert. Es werden regionale wildökologische Korridore sowie eine nachhaltige Siedlungsentwicklung berücksichtigt (STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015).

Bereiche, die das Kleinklima, die Luftgüte und den Luftaustausch (klimatologische Vorbehaltsflächen und Frischluftzubringer) betreffen, sind bei allen Planungsmaßnahmen jetzt und in Zukunft zu berücksichtigen. Dies kann vor allem durch die örtliche Raumplanung, regionale Entwicklungs- und Sachprogramme geschehen und sie tragen somit einen wichtigen Betrag zur Klimawandelanpassung bei (Ebenda 2015, S. 45).

Leitfäden wie „Leitlinie zur Beurteilung von örtlichen Siedlungsschwerpunkten“ stellen neben der nominellen Raumplanung ebenfalls ein wichtiges Instrument dar. Sie beschreiben konkrete Maßnahmen zur Umsetzung hinsichtlich des Klimawandels sowie Definitionen zum Umgang mit umweltrelevanten Vorhaben. Die Steiermark verfügt über etliche, verbindliche und empfehlende Festlegungen um Maßnahmen an die klimatischen Gegebenheiten anzupassen. Der Klimaschutz ist im Verhältnis zur Klimawandelanpassung im Bewusstsein der Bevölkerung stärker verankert und daher ist es umso wichtiger, den Umgang mit der Anpassung an den Klimawandel in die Bewusstseins- und Informationsarbeit zu heben (Ebenda 2015, S. 45).

Damit die Raumordnung der Herausforderung Klimawandel gerecht wird, ist nicht nur eine Bewusstseins- und Informationsarbeit notwendig, sondern es müssen auch Maßnahmen auf Landes- und Gemeindeebene gesetzt werden.

Maßnahme	Aufrechterhaltung von Ventilationsbahnen sowie von Frisch- und Kaltluftentstehungsgebieten
Abkürzung	RO 1
Ziel	In urbanen Räumen ist die Kalt- und Frischluftzufuhr zu gewährleisten, um hitzebedingte Gesundheitsrisiken zu reduzieren (Wärmeinseleffekt verringern, positiver Einfluss auf das Kleinklima).
Beschreibung, Bedeutung	<p>Angesichts des Klimawandels und der daraus resultierenden Zunahme von Extremtemperaturen sowie der Intensivierung und Dauer von Hitzeperioden ist eine Versorgung von Frisch- und Kaltluft der innerstädtischen Räume notwendig. Ist diese Versorgung nicht mehr gewährleistet steigt die Gefahr von Überhitzungs- und Wärmeinseleffekten in der Stadt, welche negative Folgen auf die bioklimatischen Bedingungen in Siedlungsräumen haben sowie eine Erhöhung des Hitzestresses für die gesamte Bevölkerung bedingen.</p> <p>Durch Aufrechterhaltung und Schaffung axialer Schneisen, die mit dem Umland verbunden sind, wird die städtische Luftzirkulation verstärkt und die Versorgung mit Kalt- und Frischluft gesichert. Kaltluftproduktionsstätten sind vor allem große land- und forstwirtschaftliche Flächen. Angesichts dieser Tatsache ist auf die Topographie des Umlandes zu achten (Hanglagen erhöhen die Luftbewegung; die Kaltluftproduktion wird durch ebene be- und unbewaldete Grünflächen gefördert usw.).</p> <p>Der innerstädtische Luftaustausch wird zusätzlich durch die Erhaltung und Schaffung von Ventilationsbahnen, sowie durch das Vernetzen innerstädtischer Grün- und Freiflächen erhöht. Es kommt durch diese Luftzirkulation nicht nur zu einem Kaltluftaustausch, sondern auch zu einem Austausch von schadstoffbelasteten Luftmassen. Voraussetzung ist, dass diese Verbindungen eine geringe Rauigkeit aufweisen (Luftaustausch nicht abbremsen). Eine Mindestbreite, welche einer zehnfachen</p>

	<p>Höhe der angrenzenden Bebauungen entspricht, wird für lokale Luftleitbahnen empfohlen (SCHWAB & STEINICKE 2003).</p> <p>Synergieeffekte, die neben der Luftzirkulation durch die Luftzirkulationskorridore entstehen, sind einerseits die Kühlung bzw. Verminderung möglicher Überhitzung urbaner Räume sowie die Verbesserung des Kleinklimas durch Grünverbindungen. Zusätzlich sind innerhalb des Siedlungsraums „grüne und blaue“ Infrastrukturen vermehrt umzusetzen um eine Verdunstung bzw. einen Schatteneffekt für die Kühlung zu generieren (BMVBS & BBSR 2009a, b; ÖROK 2011; CLISP 2011a, b, c).</p> <p>Die Raumplanung wird hier als Instrument benötigt um geeignete Räume und Korridore auf überörtlicher Ebene zu schaffen und Vorrangflächen freizuhalten. Grün- und Freiräume sind in Bezug auf örtlicher und überörtlicher Ebene zu gliedern und zu vernetzen. Es sind Bereiche in urbanen Gebieten aber auch das städtische Umland betroffen.</p> <p>Stadt und Bioklimakarten dienen als Grundlagen für die Informations- und Planungsebene der Raumordnung (KEMPER et al. 2011).</p> <p>Werden Maßnahmen wie die Durchgrünung und Auflockerung urbaner Bereiche angestrebt, ist eine Absprache und ein Ausgleich mit dem siedlungspolitischen Ziel (verdichtete und kompakte Siedlungsstruktur) durchzuführen.</p>
<p>Handlungs-empfehlungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bei der Planerstellung (Flächenwidmungsplan, Stadtentwicklungsplan und Bebauungsplan) sind die mikro- und mesoklimatischen Bedingungen zu berücksichtigen. ➤ Als Grundlage für weitere Handlungsmaßnahmen ist eine Bestandserhebung, von existierenden Grün-, Wasser- und Freiflächen durchzuführen. Verstärkte Forcierung der Freihaltung und Kennzeichnung von Frisch- und

	<p>Kaltluftentstehungsgebieten sowie Ventilationsbahnen in den unterschiedlichen Raumplänen.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Die Förderung sowie Sicherstellung und Erhaltung und Vernetzung von Grün- und Gewässerflächen im innerstädtischen Raum („grüne und blaue“ Infrastruktur) ➤ Abgenutzte Brachflächen sind zu renaturieren und klimatisch wirksame Grün- und Freiräume zu schaffen ➤ Konkretisierung von Widmungs- und Nutzverbote bzw. -gebote in definierten Frisch- und Kaltluftträumen. Weiters soll die konsequente Umsetzung in der Widmungspraxis verfolgt werden. ➤ Vermehrte Miteinbeziehung von Freiraum und Landschaftskonzepten in örtliche Entwicklungskonzepte.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Ökosysteme und Biodiversität, Gesundheit und Soziales, Bauen und Wohnen, Urbane Grünräume, Verkehrsinfrastruktur und Mobilität
Lenkungsebene	Bund, Steiermark (A6), Stadtplanung, Naturschutz, PlanerInnen

(BMLFUW 2012b; MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015)

Maßnahme	Beschleunigung energieeffizienter Raumstrukturen
Abkürzung	RO 2
Ziel	Erhöhung der Energieeffizienz und Reduktion des Energieverbrauchs; Energiesystem bezüglich des Raumbezugs stärken
Beschreibung, Bedeutung	Raumplanerische Maßnahmen wirken sich vermehrt auf den Energieverbrauch/-effizienz und die Versorgung mit erneuerbarer Energie aus. Die „Energieraumplanung“ (ÖROK 2009, 2011) verfolgt die Vorantreibung energieeffizienter, verkehrssparender, CO ₂ -armer und versorgungstechnisch optimaler Raumstrukturen (z.B.: Vermeidung von Zersiedelung, dichte Siedlungsstrukturen, Funktionsmischung, kostengünstige zentrale Energieversorgung). Es werden optimierte Versorgungs- und Entsorgungskonzepte mit Fokus auf regionalen Bezug benötigt um eine erhöhte

	<p>Bereitstellung erneuerbarer Energie zu gewährleisten (kurze Distanzen zwischen Erzeugung und Verbrauch, regional geschlossene Kreisläufe) (ÖROK 2011). Eine energieeffiziente, integrierte Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung trägt indirekt sowie auch direkt (effiziente Kühlversorgung) zur Anpassung an den Klimawandel bei.</p> <p>Bei der Trassensicherung von Stromnetzen nimmt die Raumordnung zusätzlich eine wichtige Rolle ein. Eine Verbesserung dezentraler Einspeisung sowie die strategische Planung von Stromnetzen ist zu forcieren (ÖROK 2011).</p> <p>Angesichts des Infrastrukturausbaus und der Flächenwidmung stellen integrierte Raum- und Energiekonzepte eine wichtige Entscheidungsgrundlage dar (ÖROK 2011).</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Entwicklung integrierter Raum- und Entwicklungskonzepte ➤ Gründung einer Energieleitplanung ➤ Sicherung und Freihaltung von Versorgungsstraßen ➤ Ausbau dezentraler Netzplanung ➤ In der Flächenwidmung – Energieeffizienzkriterien etablieren (alle ÖROK 2011) ➤ In Förderinstrumenten – Überprüfung und Anpassung von Energieeffizienzkriterien ➤ Im Bereich der energieeffizienten Raumplanung sind Leitfäden und Arbeitshilfen bereit zu stellen.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Energie und Versorgung, Verkehrsinfrastruktur und Mobilität, Wirtschaft und Industrie
Lenkungsebene	Bund, Steiermark (A6), ÖROK, Energieversorgungsunternehmen/-agenturen, -institute, Regionalverbände/-management

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Bioklimatische Maßnahmen in Bebauungspläne einbringen
Abkürzung	RO 3
Ziel	Als Ziel werden die Verbesserung des Kleinklimas in urbanen Gebieten und die Reduktion des Wärmeinseleffektes verfolgt. Zusätzlich sollen hitzebedingte und bioklimatische Belastungen für die menschliche Gesundheit verringert werden.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Bioklimatisch wirksame Maßnahmen sind neben der Schaffung von „grüner und blauer“ Infrastruktur (siehe RO1) auch durch baurechtliche und bebauungsplanerische Maßnahmen umsetzbar.</p> <p>Dazu zählen kleinräumig wirksame Frischluftschneisen, Baugrenzen, Mindestgröße der Grundstücke und die Festsetzung hinsichtlich des baulichen Nutzen (KEMPER et al. 2011). Förderung der passiven Gebäudekühlung aber auch objektbezogene Kühlung tragen in dicht verbauten Gebieten zur klimatischen Verbesserung in Gebäuden bei und zusätzlich werden bioklimatische Bedingungen positiv beeinflusst. Wie bereits öfters erwähnt sind weitere Maßnahmen einerseits durch baurechtliche Verordnungen (Gebäudebeständigkeit gegenüber Extremwetterereignissen erhöhen, Regen- und Grauwassernutzung in Gebäuden) und andererseits durch Förderungen umzusetzen, wobei diese Maßnahmen im Verantwortungsbereich der Eigentümer liegen (CLISP 2011a, b; CIPRA 2010; HIESS & PFEFFERKORN 2010).</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bestimmen welche Siedlungsbereiche überhitzungsgefährdet sind (Darstellung durch thermische Karten) ➤ Den Bebauungsplan überprüfen und gegebenenfalls anpassen, um bioklimatische Maßnahmen so wirkungsvoll als möglich zu setzen (Dachbegrünung, Ausrichtung von Gebäudefassaden)
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Bauen und Wohnen, Gesundheit und Soziales, Urbane Grünräume
Lenkungsebene	Steiermark, (A6), Stadtplanung

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Reduzierung der Lebensraumzerschneidung und Aufrechterhaltung ökologischer Freiräume
Abkürzung	RO 4
Ziel	Verhindern weiterer Lebensraumzerschneidungen und Aufrechterhaltung von Rückzugsräumen von Tier- und Pflanzenarten.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Standort- und Habitatfaktoren von naturnahen Lebensräumen sind im Zuge des Klimawandels Veränderungen ausgesetzt. Für den Artenverlust sowie auch die Verhinderung von Anpassungsprozessen von Flora und Fauna (veränderte Klimabedingungen durch Migrationsbewegungen und Ausbreitungsprozesse) ist eine Hauptübersache die zunehmende Landschaftszerschneidung und Habitatfragmentierung. Dies führt zu regionalen und überregionalen Lücken im Biotopverbundsystem und die Funktionsfähigkeit bestehender Schutzgebietsnetze werden dadurch gefährdet. Zusätzlich kann dies zu einem beschleunigten Biodiversitätsverlust führen (ARL 2009).</p> <p>Um den Erhalt der Biodiversität unter dem Einfluss des Klimawandels zu sichern, ist eine regionenübergreifende Sicherung einer weitläufigen Lebensraumvernetzung und eine Reduzierung weiterer Lebensraumzerschneidung notwendig. Ein Synergieeffekt, der dadurch entstehen würde, wäre das diese Freiräume als Frischluftschneisen genutzt werden könnten (BMVBS & BBSR 2009).</p> <p>Zu forcieren ist die die Freihaltung von ökologischen Korridoren sowie die raumplanerische Sicherung um weitere Zerschneidungen von unzerschnittenen Lebensräumen durch Siedlungsentwicklungen und Infrastrukturen zu vermeiden.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Entwickeln von Modellen, um die Sicherung von Flächen bezüglich Ausgleichsmaßnahmen zu gewährleisten ➤ SUP und UVP sind stärker zu forcieren, um eine Verschlechterung der ökologischen Landschaftskonnektivität

	<p>zu verhindern. Verstärkte Umsetzung einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung (CLISP 2010a; BMLFUW 2011).</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Um lineare Infrastrukturtrassen in Raumplänen zu überwinden sind ökologische Korridore (multifunktionale Grünzonen) freizuhalten und abzusichern sowie die Errichtung und Funktionssicherung ökologischer Querungshilfen (Grünbrücken) (CLISP 2010a). ➤ Für ökologisch bedeutsame Freiräume ist es notwendig Vorrangs- und Vorbehaltsflächen zu schaffen. ➤ In die Flächenwidmung sind Freiraumfunktionen (inklusive ökologischer Funktionen) als selbstständige Nutzungskategorien einzubinden (ÖROK 2011). ➤ Raumordnungsgesetzliche Grundlagen schaffen, die in der Regionalplanung ökologische Funktionen zu den Bereichen Frei- und Grünraumflächen eine Zuweisung ermöglichen. Ebenfalls sollen Widmungs- und Nutzungsver- und -gebote festgelegt werden. Diese sollen zur Sicherung von Lebensräumen in ökologischen Korridoren in Raumordnungsprogrammen (regionale Ebene) mitwirken (CLISP 2010a). ➤ In den überörtlichen und örtlichen Instrumenten der Raumordnung ist die Integration und Berücksichtigung von Zielsetzungen des Naturschutzes (Österreichische Biodiversitätsstrategie, Naturschutzgesetze der Bundesländer usw.) zu berücksichtigen.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Ökosysteme und Biodiversität, Verkehrsinfrastruktur und Mobilität, Urbane Grünräume
Lenkungsebene	Steiermark, (A6), ÖROK, Naturschutz, Verkehrs- und Infrastrukturplanung

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Zusammenarbeit von Raumordnung und Tourismus stärken
Abkürzung	RO 5
Ziel	Gewährleistung und Förderung einer nachhaltigen, räumlichen touristischen Infrastruktur und Anpassung an den Klimawandel.
Beschreibung, Bedeutung	Der Tourismus ist eng mit raumbezogener Nutzung und räumlichen Strukturen vernetzt. Das Erbauen von touristischen Großanlagen sowie daraus resultierende Verkehrsströme und Umweltbelastungen haben eine große räumliche Auswirkung. Die Tourismuswirtschaft und die touristische Infrastruktur sind durch den Klimawandel zahlreich betroffen, umso wichtiger ist es daher die vorausschauende Bewältigung negativer Klimawandelfolgen und die daraus resultierenden Chancen zu nutzen. Um dies umzusetzen, wird eine Umorientierung hin zu attraktiven und neuen klimawandelangepassten Angeboten unabdingbar. Angesichts der Bewertung von Raumverträglichkeit touristischer Angebote sowie Folgenutzungskonzepten und der Standortplanung kann die Raumordnung unterstützend wirken.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bessere Zusammenarbeit von Raumordnung und Tourismusstrategien (Erarbeitung gemeinsamer Konzepte, die den Klimawandel miteinbeziehen). ➤ Die Raumordnung soll eine aktive Rolle hinsichtlich der Entwicklung der Standortfindung von alternativen Tourismusstandorten, der Planung von Folgenutzung inaktiver Tourismusstandorte sowie bei der Entwicklung neuer raumverträglicher Tourismusangebote spielen. ➤ Die Standortsicherheit touristischer Infrastruktur gegenüber Extremereignissen ist vermehrt zu überprüfen. ➤ Die Raumordnung soll bei der Entwicklung nachhaltiger, raum- und umweltverträglicher aber auch klimarobusten Tourismusangeboten eine helfende Rolle einnehmen.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Tourismus und Freizeit, Ökosysteme und Biodiversität, Verkehrsinfrastruktur und Mobilität
Lenkungsebene	Steiermark (A6), Tourismusplanung/-verbände, Regionalentwickl.

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Bei der Stadt und Freiraumplanung ist eine klimatologische Verbesserung (mikro- und mesoklimatisch) mit einzubinden
Abkürzung	RO 6
Ziel	Die angepasste Stadt- und Freiraumplanung soll zu einer Verminderung des Wärmeinseleffektes sowie zu verbesserten Lebensbedingungen führen.
Beschreibung, Bedeutung	Versiegelung, Bebauung, Verkehrsaufkommen, Abwärme- und Luftschadstoffemissionen usw. beeinflussen das Mikro- und Mesoklima in städtischen Gebieten enorm. Dies führt zu einer Veränderung des Stadtklimas, das sich durch eine erhöhte Lufttemperatur im Jahresmittel, verminderte nächtliche Abkühlung und eine längere Vegetationsperiode äußert. Diese Phänomene werden durch klimatische Veränderungen verstärkt, die zu einer Verschlechterung der Lebensbedingungen und somit eine nachteilige gesundheitliche Auswirkung bedingt. Durch die Verbesserung des mikro- und mesoklimatischen Klimas und deren dazugehörige Maßnahmen leisten einen wichtigen Teil zur Anpassung an den Klimawandel. Ein nicht zu vernachlässigender Nebeneffekt ist die Verbesserung der Voraussetzung für den Einsatz von passiven Kühlstrategien. Zudem wird der Wärmeinseleffekt, die Windgeschwindigkeit, Luftgüte und -feuchtigkeit verbessert, was das soziale Wohlbefinden steigert.
Handlungs-empfehlungen	<p>Reduktion des Wärmeinseleffektes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Bei der Objektplanung sind Umwelt- und Windverhältnisse miteinzubeziehen und nach Objekterrichtung ist ein Nachweis der verbesserten Klimabedingungen zu erbringen (Mikroklimasimulationen). ➤ Strahlungsbilanz durch entsprechende Oberflächengestaltung positiv beeinflussen (Verwendung heller Farben) ➤ Außenräume sind entsprechend zu beschatten (z.B.: Vordächer, Bäume, überdachte Passagen etc.) ➤ Vermehrter Einsatz von Dach- und Fassadenbegrünung. Dies führt zu einer Verbesserung des Innen- und des Stadtklimas

	<p>bei richtiger Planung und Umsetzung (um eventuelle Schäden durch Naturgefahren zu reduzieren sind technische Maßnahmen in der Planung und Umsetzung zu berücksichtigen).</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Verbesserung des Wasserhaushaltes (z.B.: Gewährleistung der Wasserversorgung für Grünflächen und Verdunstungsflächen zur passiven Kühlung schaffen) ➤ Grün- und begrünte Freiräume und Kleinstrukturen aufrechterhalten und ggf. schaffen, die zur Beschattung, als Schadstofffilter oder der Lärmvermeidung dienen. ➤ Ventilationskorridore und Kaltluftproduktionsstätten sind sicherzustellen und freizuhalten um die kühleren Temperaturen des Umlandes zu nutzen ➤ Entwicklung von Wärmeinsel- und Windkomfort-, Versiegelungskataster; Diese sollen als Grundlage herangezogen werden, um „Hotspots“ gezielt durch Begrünungs- und anderweitige Maßnahmen zu entschärfen. ➤ Bei der Entwicklung und Erstellung von planerischen Instrumenten (Flächenwidmungs-, Bebauungs- und Stadtentwicklungsplan) sind mikro- und mesoklimatische Bedingungen verstärkt miteinzubeziehen. ➤ Verstärkte Nutzung bereits bestehender Instrumente/Leitfäden ➤ Rechtliche Grundlagen dahingehend verändern und ggf. schaffen, welche für die Umsetzung der Maßnahmen notwendig sind und Anreize zur Umsetzung (durch Förderungen) liefern. ➤ In Sachen technischer und meteorologischer Fragen ist eine Aus- und Weiterbildung zu forcieren. ➤ Um die entsprechende Bewertung unterschiedlicher Auswirkungen festzustellen, ist die Betrachtung des gesamten Mikroklimas wesentlich.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Tourismus und Freizeit, Ökosysteme und Biodiversität, Verkehrsinfrastruktur und Mobilität
Lenkungsebene	Steiermark (A6), Tourismusplanung/-verbände, Regionalentwickl.

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Hangparallele Riegelbebauung vermeiden
Abkürzung	RO 7
Ziel	Die angepasste Stadt- und Freiraumplanung soll zu einer Verminderung des Wärmeinseleffektes sowie zu verbesserten Lebensbedingungen führen.
Beschreibung, Bedeutung	Windsysteme wie etwa Fallwinde (der Murtalauswind sowie Hang- und Seitentalwinde im Osten von Graz) sind wichtige Faktoren für die kontinuierliche Versorgung nahestehender urbaner Räume mit Kalt- und Frischluft. Sie fördern weiters den Abtransport von Schadstoffen und führen zu einer passiven Kühlung.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Neubauten in Kaltluftventilationsbahnen dürfen nicht hangparallel errichtet werden, sondern in Fallrichtung ➤ Flächen, die eine niedrige Vegetationsbedeckung aufweisen oder landwirtschaftlich genutzt sind, sollen als Ausgleichsflächen für Bauvorhaben dienen ➤ Um günstige Strömungsverhältnisse aufrechtzuerhalten, sollen zukünftige Hangbebauungen so niedrig als möglich geplant und umgesetzt werden (die Barrierewirkung wird für Kaltluftströme und Hangwinde gesenkt, welche für die Frisch- und Kaltluftzufuhr sowie Luftzirkulation notwendig sind). ➤ Lüftungsschneisen, die senkrecht zu Hang orientiert sind, müssen unbedingt frei bleiben ➤ Zusammenhängende Freiflächen sind gegenüber verstreuten Flächen zu bevorzugen ➤ Ist eine zukünftige Hanglagenbebauung nicht vermeidbar, sind die Erhaltung flächenmäßig großer unbebauter Flächen und ein großer Abstand zwischen den einzelnen Gebäuden unabdingbar.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Bauen und Wohnen, Gesundheit und Soziales, Urbane Grünräume
Lenkungsebene	Steiermark (A6), Grazer Bauordnung, Stadtentwicklungsplanung, Flächenwidmungs- und Bebauungsplan

(MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015)

Maßnahme	Klimatische Optimierung von Bebauungsplanentwürfen
Abkürzung	RO 8
Ziel	Die Optimierung hinsichtlich einer nachhaltigen und klimagerechten Stadtentwicklung
Beschreibung, Bedeutung	Durch künftig zu erwartende Ereignisse, die Zunahme städtischer Überwärmung, ist es erforderlich bereits bei der Planung bzw. beim Entwurf diese stadtklimatologisch zu optimieren.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Eine frühzeitige Bewertung und Prüfung von Bauvorhaben (Entwürfen) ist unausweichlich ➤ Mit einer neuen Stelle im Amt für Stadtplanung/-erneuerung und Umweltamt wäre eine stadtklimatologische Verbesserung der Entwürfe frühzeitig möglich ➤ Die erforderlichen Maßnahmen sind im steiermärkischen Baugesetz verbindlich festzusetzen und zu überführen.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Bauen und Wohnen, Gesundheit und Soziales
Lenkungsebene	Steiermark (A6), Grazer Bauordnung, Stadtentwicklungsplanung

(LANDESHAUPTSTADT STUTTGART 2012)

Maßnahme	Kritische Infrastruktur erfordert eine klimagerechte Standortsuche
Abkürzung	RO 9
Ziel	Bei der Standortsuche für strategisch wichtige Einrichtungen sollen die Kriterien „Auswirkungen des Klimawandels“ und „Vulnerabilität“ vermehrt berücksichtigt werden.
Beschreibung, Bedeutung	Aufgrund der thermischen Auswirkung des Klimawandels sind besonders kritische Infrastrukturen (Krankenhäuser usw.) gefährdet und Kranke zusätzlichen Belastungen ausgesetzt sind.
Handlungsempfehlungen	➤ Berücksichtigung der Thermalkarten bzw. „Wärmehotspots“ von Graz bei der Planung von kritischer Infrastruktur
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Bauen und Wohnen, Gesundheit und Soziales
Lenkungsebene	Steiermark (A4, A6), Grazer Stadtplanung, Umweltamt

(LANDESHAUPTSTADT STUTTGART 2012)

5.9 Schutz vor Naturgefahren und Katastrophenmanagement

Schutz vor Naturgefahren

Der Lebensraum innerhalb Österreichs wird schon seit Anbeginn von Naturgefahren und den damit verbundenen Konsequenzen stark geprägt. Unter Naturgefahren werden die Ereignisse und Prozesse verstanden, die in der Natur ablaufen und zu einer Bedrohung von Mensch, Sach- und Vermögenswerten sowie Umwelt führen können (LESER 2005; GLADE 2006). Menschliche Aktivitäten sind in der Lage Naturgefahrenprozesse und Ereignisse zu beeinflussen und auch in Gang zu setzen.

Das Land Österreich weist mehr als 100.000 km Fließgewässer auf, was auf der einen Seite zu einem Wasserreichtum führt und andererseits die Gefahr von Hochwässern und Überschwemmungen stets mit sich bringt. Hochwässer sind für hohe volkswirtschaftliche Schäden im Vergleich zu anderen Naturkatastrophen verantwortlich, da sie im Verhältnis die größte Anzahl von Menschen betreffen und das höchste Schadenspotential aufweisen (HABERSACK et al. 2009). Laut PRETTENTHALER & ALBRECHER (2009) und deren Abschätzung hinsichtlich des Schadenpotentials kann gesagt werden, dass mehr als 10 Prozent aller Gebäude und mehr als 6 Prozent der Wohngebäude im Bereich eines Hochwasserabflussgebietes (HORA 200 – bei einem alle 200 Jahre stattfindenden Hochwasser kann dieses Gebiet überflutet werden –) liegen und somit potenziell von einem Hochwasser gefährdet sein können.

Restriktion des Aktivitätsfeldes Schutz vor Naturgefahren

Aufgrund der geo- und topographischen Lage Österreichs sowie der vorhandenen meteorologischen Gegebenheiten lassen sich laut BMLFUW (2012b) folgende Gefahrenkategorien für das Aktivitätsfeld Schutz vor Naturgefahren aufstellen:

- Meteorologie: Starkniederschlag, Gefahren durch Schnee, Hagel, Sturm und Trockenheit
- Geologie: Muren, Felsstürze und Bodenerosion
- Hydrologie: Hochwasser und Feststofftransport
- Biologie: Epidemien und Schädlingskalamitäten
- Wald und Flächenbrände

(BMLFUW 2012b, S. 169)

Da die angeführten Gefahrenkategorien nicht alle für Graz zutreffend sind, findet eine weitere Unterteilung statt. Die Thematik der Biologie sowie die meteorologischen Gegebenheiten werden in den Aktivitätsfeldern Gesundheit und Soziales sowie Bauen und Wohnen behandelt und daher wird hier der Fokus auf Hochwässer und deren möglichen Auswirkungen gelegt. Wobei zu erwähnen ist, dass hier eine enge Verknüpfung mit dem Aktivitätsfeld Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft besteht und einige Maßnahmen bereits in diesem Kapitel behandelt worden sind.

Es stehen zum Schutz vor Naturgefahren in Österreich aktive (strukturelle) und passive (nicht strukturelle) Handlungsinstrumente zur Verfügung, die Schutzmaßnahmen beinhalten. Durch aktive Schutzmaßnahmen sollen gefährliche Prozesse beeinflusst werden (technische Maßnahmen, wie Retentionsräume usw.). Passive Schutzmaßnahmen wirken sich auf das Schadensausmaß und die Verletzlichkeit aus (gesteuerte Raumordnung, Informationen, Versicherungen etc.). Durch Bund, Länder und Gemeinden sowie private Handlungsträger werden diese Schutzleistungen erbracht (BMLFUW 2012b, S. 171).

Der Erfolg bzw. Misserfolg angesichts des Schutzes von Naturgefahren hängt direkt und indirekt von allen anderen Aktivitätsfeldern ab, daher ist es wichtig das eine Kooperation bzw. Abstimmung der anderen Aktivitätsfeldern mit dem Aktivitätsfeld Schutz vor Naturgefahren stattfindet (HABERSACK et al. 2009).

Übergeordnete Handlungsprinzipien für den Schutz vor Naturgefahren

Auch wenn eine prognostische Unsicherheit hinsichtlich regionaler Auswirkungen des Klimawandels gegeben ist, ist es trotzdem notwendig einen Adaptionprozess einzuleiten. Dies soll zu einer verbesserten Vorbereitung möglicher künftiger Ereignisse mit unbestimmtem Ausmaß beitragen. Ein Rundumschutz vor Naturgefahren ist technisch, finanziell und aus ressourcenbedingten Gründen nicht möglich und daher ist es wichtig die Grenzen zu verdeutlichen. Ziel ist es die Gefahr und das Risiko zu einem gewissen Ort und Zeitpunkt auf ein tolerierbares Maß zu reduzieren. Das Naturgefahrenmanagement soll im Wesentlichen den Schutz von Menschenleben, Lebensgrundlagen, Reduzierung von Sachschäden, Sicherung des Wiederaufbaus und nachhaltige Maßnahmen verfolgen. Um diese Ziele zu erreichen,

sind laut BMLFUW (2012b) wirtschaftliche, soziale und regulatorische Maßnahmen notwendig, die in den folgenden Handlungsprinzipien eingebunden sind:

- Wissen und Informationen über eventuelle Auswirkungen des Klimawandels sind über nationale und internationale Vernetzungen auszutauschen um eine erfolgreiche Grundlage für Maßnahmen zu schaffen.
- Eine Kombination von strukturellen und nicht strukturellen Maßnahmen ist erforderlich um flexibel gegenüber möglichen klimatischen Folgen zu sein.
- Die Widerstands- und Regenerationsfähigkeit (z.B.: OVERBECK et al. 2008) der Gesellschaft ist zu stärken, um negative Auswirkungen von Extremereignissen zu minimieren.
- Die Zusammenarbeit (interkommunal wie auch überinstitutionell) innerhalb des Naturgefahrenmanagements ist zu forcieren.
- Weiterführung des Vorsorge-Prinzips (Flächen-, Eigen- und Verhaltensvorsorge) in Bezug auf die Anpassung an den Klimawandel.
- Einhalten des Prinzips der Verhältnismäßigkeit (kein Schutz um jeden Preis); Das Einsetzen von Maßnahmen soll in einem realistischen Verhältnis zum verfolgten Schutzziel stehen.
- Ausbau des Wissen-, Erfahrungs- und Datentransfers
- Öffentlichkeitsarbeit und Bewusstseinsbildung ist im Hinblick auf den Selbstschutz zu erweitern.

(BMLFUW 2012b, S. 173-174)

Risiken und Chancen des Schutzes vor Naturgefahren

- ☞ Bessere Kooperation aller Institutionen des Naturkatastrophenmanagements
- ☞ Reduktion der Anfälligkeit von Bevölkerung und Infrastruktur gegenüber negativen Folgen des Klimawandels
- ☞ Verbesserte Widerstandsfähigkeit des Versorgungsnetzes hinsichtlich Naturkatastrophen

- ☞ Mögliche Zunahme der Extremwetterereignisse und daraus resultierende Schäden an Mensch, Infrastruktur und Umwelt

Katastrophenmanagement

Das Katastrophenmanagement ist eng mit dem Auftreten sowie dem Ausmaß von Naturgefahren verknüpft. Die mögliche Zunahme von Naturkatastrophen aufgrund des Klimawandels hat ebenfalls Auswirkungen auf das Katastrophenmanagement. Laut BMLFUW (2012b) ist mit der Zunahme von Katastrophenereignissen zu rechnen (Hochwässer sowie hitzeassoziierte Ereignisse, Starkregen etc.) (BMLFUW 2012b, S. 193).

Unter „Katastrophe“ wird laut ÖNORM (2011) ein Ereignis verstanden, „*bei dem Leben oder Gesundheit einer Vielzahl von Menschen, die Umwelt oder bedeutende Sachwerte in außergewöhnlichem Ausmaß gefährdet oder geschädigt werden und die Abwehr oder Bekämpfung der Gefahr oder des Schadens einen durch eine Behörde koordinierten Einsatz der dafür notwendigen Kräfte und Mittel erfordert*“ (ÖNORM S 2304: 2011). Zusätzlich sind kritische Infrastrukturen, Versorgungsnetze und die Sicherstellung von Dienstleistungen gefährdet.

Das folgende Diagramm veranschaulicht, dass die Anzahl an Naturkatastrophen seit 1980 zugenommen hat. Das Maximum von Katastrophenereignissen wurde im Jahr 1999 festgestellt, wobei hier der Bereich Temperaturextreme und Massenbewegung ausschlaggebend war. Im Jahr 2005 wurde im Verhältnis dazu auch eine deutliche Steigerung der Ereignisse registriert (HAUER 2007).

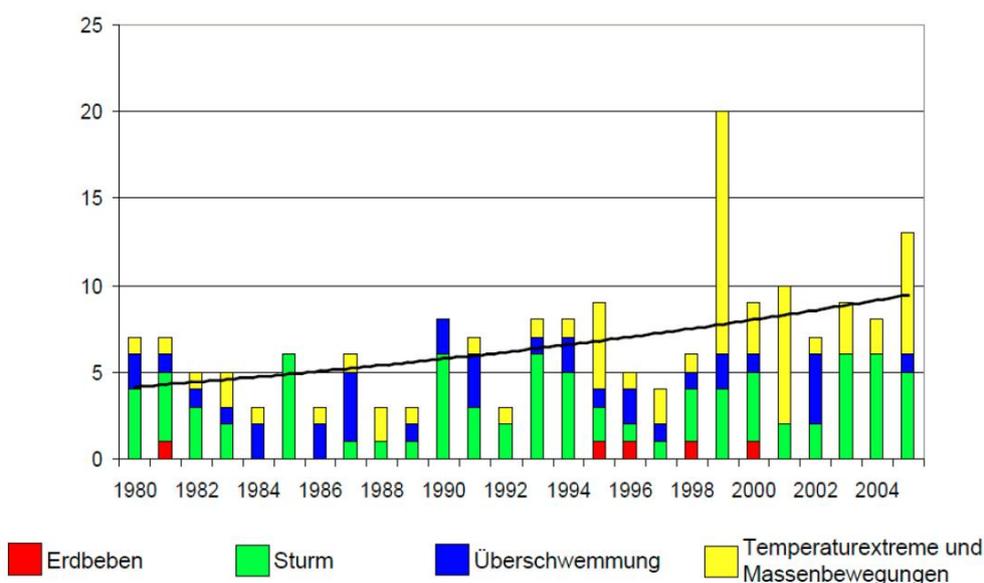


Abbildung 38: Anzahl der Naturkatastrophen in Österreich von 1980 bis 2005 (HAUER 2007)

Das staatliche Krisen- und Katastrophenschutzmanagement (SKKM) umfasst Einsatzorganisationen, HandlungsträgerInnen der Bundes- und Landesebene, Medien und BetreiberInnen von kritischen Infrastrukturen. Die SKKM 2020-Strategie (BMI 2009), umfasst fünf Säulen des Katastrophenmanagements (die Behörden, Einsatzorganisationen, Wirtschaft, Wissenschaft und Bevölkerung). Durch das SKKM soll eine rasche interkoordinatorische Organisation der unterschiedlichen Handlungsträger bei Krisen und Katastrophen erfolgen. Koordinierende Maßnahmen erfolgen auf Bundesebene, wobei die primäre Verantwortung bei den einzelnen Bundesländern liegt. Freiwillige Organisationen (Feuerwehr, Rettungswesen) tragen einen wichtigen Beitrag zum Katastrophenschutz bei (BMLFUW 2012b, S. 194).

Das Katastrophenmanagement hat laut ÖNORM (2011) vier grundlegende Aufgaben: *„Katastrophenvermeidung, Katastrophenvorsorge, Katastrophenbewältigung und Wiederherstellung nach Katastrophen, einschließlich der laufenden Evaluierung der in diesen Bereichen getroffenen Maßnahmen“* (ÖNORM S 2304: 2011).

Wie die Hochwässer in den vergangenen Jahren verdeutlichen, ist ein funktionierendes Katastrophenmanagement notwendig, um die Gesellschaft vor solchen Naturereignissen zu schützen (BMLFUW 2012b, S. 195).

Folgende Organisationen des Katastrophenschutzmanagements sind laut der STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG (2015) von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen:

- Katastrophenschutzbehörden
 - Feuerwehren
 - Rettungsdienste
 - Bundesheer
 - Sachverständige
 - Sektion Steiermark der Wildbach- und Lawinenverbauung
 - Wasserrechtsbehörden
 - Bezirksverwaltungsbehörden und (Fach)-Abteilungen
- (STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015, S. 39)

Übergeordnete Handlungsprinzipien für den Katastrophenschutz

- Auf Ebene der Behörden und Einsatzorganisationen sind umfangreiche Maßnahmen umzusetzen sowie das Einbeziehen von neuen Erkenntnissen aus der Forschung über die Praxis des Katastrophenmanagements.
- Die Sensibilisierung der Bevölkerung und das Einbinden der Wirtschaft ist notwendig, um gegenüber Naturkatastrophen und deren resultierenden Schäden besser gewappnet zu sein.
- Die Forschungsaktivität hinsichtlich eventueller Zunahme klimatisch bedingter Extremereignisse und deren Schäden und Auswirkungen auf die Gesellschaft sind zu forcieren, um das Auftreten von Gefahren und Vulnerabilität zu identifizieren und das Risiko zu minimieren.
- Die Aufrechterhaltung der freiwilligen HelferInnen (413.000 Personen – 1,6 Mio. Wochenarbeitsstunden) ist unbedingt notwendig (BMLFUW 2012b, S. 195).

Risiken und Chancen des Katastrophenschutzes

- 👉 Stärkung der Freiwilligenarbeit und Effizienz von Einsatzorganisationen
 - 👉 Verbesserung von Katastropheneinsatzplänen; Unwetterwarnsysteme adaptieren
 - 👉 Forcierung der Vernetzung verschiedener AkteurlInnen
- 👉 Mögliche Zunahme der Extremwetterereignisse, die zu einem vermehrten Einsatz von Einsatzkräften(-organisationen) führen können
(STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015, S. 39-40).

Anpassungsziele

Um zu gewährleisten das klimabedingte und zusätzlich auftretenden Gefahren vermindert werden, ist die Bewusstseinsbildung von Einsatzkräften, aber auch der Grazer Bevölkerung anzustreben. Das dabei verfolgte Ziel ist eine rasche und professionelle Bewältigung von Katastrophen, die durch eine effiziente Vernetzung und Vorbereitung aller betroffenen Handlungsträger geschaffen wird. Das vorausschauende und selbstverantwortliche Handeln sowie das Umsetzen von vorherrschenden Maßnahmen soll durch Informationen an die Bevölkerung gestärkt werden. Neue Herausforderungen, welche durch den Klimawandel entstehen, sollen in das Risikomanagement aufgenommen werden und in die regionale Ressourcenplanung mit einfließen (STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015, S. 40).

Maßnahme	Aufrechterhaltung und Schaffung von Hochwasserrückhalte- und Hochwasserabflussflächen und festlegen von Richtlinien bezüglich Widmungsverboten und -beschränkungen
Abkürzung	NK 1
Ziel	Durch Aufrechterhaltung und Renaturierung von natürlichen Rückhalteräumen und Überflutungsflächen soll der Siedlungsraum gegenüber Hochwasser besser geschützt werden. Flächen welche im Einzugsgebiet der Flüsse liegen weisen ein verbessertes Wasserrückhaltevermögen auf. Durch Verminderung der Abflussspitzen und Verlangsamung von Hochwasserwellen kommt es zu einer Reduktion hochwasserbedingter Schäden.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Zukünftig werden regionale Differenzen von Hochwasserereignissen, Abflussregimen und Niederschlagsmustern erwartet. Neben klimatischen und hydrologischen Gegebenheiten beeinflusst auch die Landnutzungsänderung die Hochwasserneigung. Wie in den vergangenen Jahren die zunehmenden Hochwasserereignisse bestätigten ist es notwendig Maßnahmen zum Schutz der Infrastruktur und des Siedlungsraums zu treffen.</p> <p>Das Hochwasserrisikomanagement nimmt auch in der Raumplanung eine wichtige Rolle ein. Um die Gefahren und Schadenspotentiale, die durch Hochwässer entstehen können, zu minimieren, ist neben dem Bestandsschutz insbesondere der passive (nicht bauliche) Hochwasserschutz zu forcieren. In der Raumordnung ist es daher wichtig natürliche Hochwasserabflüsse und -rückhalteräume zu kennzeichnen sowie deren Sicherung über Vorrangflächen mit Freihaltewirkung (ÖROK 2011). Neben dem passiven Hochwasserschutz haben diese Flächen auch eine zusätzliche bedeutende Funktion als Freiraum (Naherholung, Naturschutz, Biodiversität).</p>
Handlungsempfehlungen	➤ Hochwasserabfluss und Hochwasserrückhalteräume sind nach einheitlichen Faktoren im Zuge der wasserwirtschaft-

	<p>lichen Fachplanungskompetenz des Bundes zu analysieren und auszuweisen (auf Basis der Novellierung des WRG 1959 i.d.F. 2011);</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Gesetzliche Grundlagen für das Aufrechterhalten von Hochwasserabfluss- und -retentionsflächen ist im Raumordnungsrecht zu verbessern oder ggf. zu schaffen. Festlegung von Verboten und Einschränkungen für Baulandwidmungen und Nutzung, welche zu einer negativen Auswirkung auf Abfluss- und Retentionswirksamkeit führen (ÖREK 2011; ÖROK 2005 a, b; FloodRisk II, HABERSACK et al. 2009; CLISP 2011a). ➤ In regionalen Raumordnungsprogrammen sind Hochwasserabfluss- und -retentionsflächen als Vorrang- und Vorsorgeflächen (Freihaltewirkung) zu kennzeichnen (verbindliche Vorgabe für örtliche Raumplanung) (ÖROK 2005a). ➤ Ausnahmen von Widmungsverboten und -beschränkungen in jenen Flächen sind rechtlich klar zu definieren (FloodRisk II, HABERSACK et al. 2009; ÖROK 2005a; CLISP 2011a); ➤ Für gewidmetes aber unbebautes Bauland, welches Hochwasserabfluss und -rückhalteflächen beinhaltet, sind eindeutige Richtlinien und Vorgehensweisen festzulegen (ÖREK 2011) z.B. Bausperren, Rückwidmungen, festlegen von Aufschließungsgebieten (FloodRisk II 2009); ➤ Hochwasserabflussgebiete und Gefahrenzonen sind in den örtlichen Raumplänen und wenn möglich in der überörtlichen Raumplanung auszuweisen. ➤ Die Stärkung hinsichtlich der Kommunikation und Abstimmung von Gebietskörperschaften, welche sich im Flusseinzugsgebiet befinden, ist zu forcieren, wenn es um Freihaltung von Hochwasserabfluss- und -rückhalteräumen geht (ÖREK 2011; CLISP 2011a; FloodRisk II 2009).
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Raumordnung/-planung, Bauen und Wohnen, Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Ökosysteme und Biodiversität
Lenkungsebene	ÖROK, Steiermark (A5), Gemeinden, Schutzwasserwirtschaft

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Flächenwidmung und Gefahrenzonenplanung sollen enger miteinander verknüpft werden
Abkürzung	NK 2
Ziel	Gefährdete Bereiche sind von Bebauungen und Nutzungen frei zu halten um den Siedlungsraum und die Infrastruktur vor Naturgefahren besser schützen zu können.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Klimatische Veränderungen können die Häufigkeit und Intensität von Naturgefahrenereignissen beeinflussen, wobei regionale Gegebenheiten ebenfalls eine Rolle spielen. Dies führt zu einer Ausweitung von Gefährdungsbereichen in den betroffenen Regionen. Abgesehen davon, steigt das Schadenspotential und die Vulnerabilität durch die Ausweitung von Siedlungsflächen und Verkehrsinfrastruktur. Die Ausweitung des Gefährdungsbereiches und im Gegenzug dazu die flächenintensive Entwicklung der Siedlungsbereiche führt zu einem verstärkten Konfliktpotential.</p> <p>Um einen weiteren Anstieg von Schadensereignissen sowie steigende Kosten für Schutzmaßnahmen zu vermeiden ist es notwendig, dass Gefahrenzonen- und Flächenwidmungspläne stärker miteinander vernetzt werden.</p> <p>Instrumente wie Gefahrenzonenpläne besitzen ein hohes Risikosteuerungspotential, wobei der Wirkungsgrad in der Praxis abhängig von der Berücksichtigung in der Raumordnung ist.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Rechtsverbindliche Koppelung von Gefahrenzonenplänen im Raumordnungsrecht (Stärkere Verknüpfung zwischen Flächenwidmungs- und Gefahrenzonenplan); ➤ Festlegung der Rechtsfolgen (Widmungs- und Nutzungsverbote- bzw. -gebote) von Inhalt der Gefahrenzonenpläne im Raumordnungsrecht und eine verstärkte Verpflichtung für die Flächenwidmung (örtliche Raumplanungen) (FloodRisk II 2009); ➤ In den Bereichen rot- und rot-gelbe Zonen (Gefahren-

	<p>zonenpläne der BWV) sowie roten Zonen (Gefahrenzonenpläne der WLW) sind Baulandwidmungsverbote umzusetzen (ÖROK 2005a, 2011);</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Ausnahmen hinsichtlich Widmungsverbote und Beschränkungen in Gefahrenzonen sind eindeutig rechtlich festzulegen (ÖROK 2005b, FloodRisk II 2009). ➤ In örtlichen und überörtlichen Raumplänen sind Gefahrenzonen und ausgewiesene Hochwasserabflussgebiete einzuzeichnen (KANONIER & DAVID 2004). ➤ In der Widmungspraxis sind Widmungs- und Bebauungsverbote in Gefahrenzonen strikt durchzusetzen (die Aufsichtsbehörden sollen die Flächenwidmungsplaninhalte verstärkt überprüfen). ➤ Die Kooperation und Koordination von Raumordnung und Schutzwasserwirtschaft ist zu vertiefen. ➤ Planungsgrundlagen (Gefahrenzonenpläne, Hochwasseranschlaglinien) sind durch die Wasserwirtschaft flächendeckend bereitzustellen ➤ In schutzwasserbaulich geschützten Zonen sind Restriktionsbereiche darzustellen, um das Risikobewusstsein sowie Aussagen zu Restrisiken in der Raumordnung zu fördern (FloodRisk II, HABERSACK et al. 2009). ➤ Das Aktualisieren und regelmäßige Überprüfungen von Gefahrenzonierungen ist umzusetzen, wobei jüngste Extremereignisse dabei berücksichtigt werden sollen.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Raumordnung/-planung, Bauen und Wohnen, Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Ökosysteme und Biodiversität
Lenkungsebene	ÖROK, Steiermark (A5), Gemeinden, Schutzwasserwirtschaft

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Für Widmungs- und Bebauungsbestand sind Regeln hinsichtlich dem richtigen Umgang in Gefährdungsbereichen festzulegen
Abkürzung	NK 3
Ziel	Reduktion des Risikoschadenpotentials durch Naturgefahrenereignisse und Gewährleistung einer vorausschauenden Gefahrvorsorge.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Baulandwidmungen (gewidmetes aber unbebautes Bauland) und bestehende Bauten und Anlagen sind trotz dem Eingreifen der Raumordnung hinsichtlich Naturgefahren gefährdet. Dies stellt für die Raumordnung, welche das Ziel der Naturgefahrenvorsorge verfolgt, eine große Herausforderung dar, da in beiden Fällen die Rechte von LiegenschaftseigentümerInnen involviert sind. Weiters kann sich aufgrund des Klimawandels das Naturgefahrenpotenzial zusätzlich verschärfen.</p> <p>Bei unbebauten Baulandflächen, welche aber gewidmet sind und innerhalb von Gefahrenzonen liegen, besitzt die Raumordnung Regelungsinstrumente (befristete Bausperren, Rückwidmungen, Aufschließungszonen, technische Sicherstellung der gefährdeten Flächen) um das Risiko zu minimieren. Im Zuge der Überarbeitung von Flächenwidmungsplänen (Rückwidmungen) kann im Sinne der Nachhaltigkeit eine Überdimensionierung der Baulandreserven reduziert werden, welche zu einer Verringerung neuen Flächenverbrauchs führt. Durch Nutzungszuordnungen im Bebauungsplan soll eine Risikoverminderung zusätzlich verstärkt werden.</p> <p>Bei bestehenden Bauten sind Handlungsmaßnahmen aufgrund des nachgeschalteten Baurechts stark limitiert. Ist eine Gewährleistung der Sicherheit nicht mehr vorhanden, kann als letzte Option eine Absiedlung von gefährdeten Objekten in Betracht gezogen werden, um das Schadenspotential zu verringern (FloodRisk II 2009).</p> <p>Bei Rückwidmungen sind eventuelle rechtliche Ausgleichs-</p>

	maßnahmen (Entschädigungszahlungen) zu berücksichtigen.
Handlungs-empfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Festlegung von klaren Richtlinien bezüglich Rückwidmungsbestimmungen ➤ Bei Neubearbeitung von Flächenwidmungsplänen sind Baulandreserven in Gefährdungsgebieten zu überprüfen und gegebenenfalls rückzuwidmen. ➤ Um gefährdete Objekte und Liegenschaften besser zu sichern ist ein verstärkter Einsatz von Regelungsansätzen (Bausperren und Aufschließungsgebieten) durchzuführen. ➤ Um Risikominimierung durchzuführen, soll ein verstärktes Einsetzen von Flächenwidmungs- und Bebauungsplänen durch Anwendung von risikodifferenzierter Nutzungspraxis bzw. Nutzungsordnung angestrebt werden (nach dem Grad der Gefährdung und dem Schadenspotential kommt es zu einer ausgewählten Zuordnung von Bebauungsstrukturen bzw. Nutzung). ➤ Vorschriften bezüglich Sicherheitsmaßnahmen für Liegenschaften sollen in Zukunft nachträglich in die Bauordnung übernommen werden können ➤ Baurechtliche Auflagen sind gewissenhaft zu überprüfen und auszuführen um eine Sicherheit zu garantieren ➤ Erstellen eines Leitfadens, der den Umgang mit gefährdeten Widmungs- und Baubestand regelt (FloodRisk II 2009) ➤ Im Raumplanungsinstrumentarium sind verpflichtende Vorgaben zum Umgang mit gefährdeten Widmungs- und Bebauungsbeständen festzulegen.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Raumordnung/-planung, Bauen und Wohnen, Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Wirtschaft und Industrie
Lenkungsebene	BMLFUW, Steiermark (A5), Gemeinden,

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Nachhaltige Raumentwicklungsstrategien (Gefahrenzonenplanung und Risikodarstellung)
Abkürzung	NK 4
Ziel	Durch Naturgefahren potentiell beeinflusste Flächen sind freizuhalten bzw. gezielt hinsichtlich ihrer Nutzung zu steuern.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Vergangene katastrophale Hochwässer und Wildbachereignisse in Österreich haben aufgezeigt, dass Gebäude und Infrastrukturanlagen welche sich in Gefahrenzonen befinden, hohe Schadens- und Folgekosten aufweisen trotz umfangreicher Schutzmaßnahmen (vgl. Analysen und Ergebnisse aus FloodRisk I, HABERSACK et al. 2004 und FloodRisk II, HABERSACK et al. 2009; KEILER 2005).</p> <p>Schutzmaßen alleine sind keine Garantie für eine nachhaltige Sicherung bestimmter Standorte oder Flächen, daher ist die Kombination der Raumordnungsinstrumente (Gefahrenzonenplanung, Flächenwidmung etc.) zu forcieren.</p> <p>Durch die vermehrte Einbeziehung der Ergebnisse der Gefahrenzonenplanung in die (über- und örtliche) Raumordnung kann die Flächenvorsorge verbessert werden und teilweise kostenintensive Vorsorgeschutzmaßnahmen reduziert werden.</p> <p>Diese Handlungsempfehlung ist sowohl nachhaltig als auch unterstützend angesichts der Klimaschutzziele, da keine baulichen Begleitmaßnahmen erforderlich sind.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Debatte über den Rückzug (Absiedlung) und Nutzungsänderung gefährdeter Bereiche ➤ Im Raumordnungsrecht sind ausgewiesene Gefahrenzonen und Überflutungsräume stärker zu verankern. ➤ Einbindung des Lasten-/Nutzen-Ausgleichs zwischen Ober- und Unterlieger ➤ Um weitere Zersiedelung des Lebensraums zu verhindern,

	<p>sind Siedlungsentwicklungen an gut erschlossene Standorte anzubinden.</p> <p>➤ Gefährdungszonen, welche bekannt sind bzw. ein hohes Gefährdungspotential aufweisen, sind für Bauzwecke unbedingt freizuhalten (ausgewiesen in den Gefahrzonenplänen). Ausnahmen sind vereinzelt möglich, sofern keine zusätzlichen Maßnahmen notwendig sind, um den nachweislichen Schutz des Objektes zu gewährleisten.</p>
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Verschneidungen mit allen Aktivitätsfeldern
Lenkungsebene	Bund, Steiermark (A5), Gemeinden

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Gefahren- und Risikobewusstseinsbildung sowie Eigenversorgungsmaßnahmen sind gezielt voranzutreiben
Abkürzung	NK 5
Ziel	Der verantwortungsvolle Umgang mit Risiken, welche Naturgefahren mit sich bringen, ist zu forcieren.
Beschreibung, Bedeutung	Die effektivste Maßnahme zum Schutz vor Naturgefahren ist das Vermeiden von Gefahren und bedrohten Zonen. Aufgrund der intensiven Raumnutzung und der extensiven Wirkung und Überlagerung von Naturkatastrophen kommt es immer wieder zu Beeinträchtigungen regionaler Gebiete durch Naturgefahren. Dies führt zu Einschränkungen der Grundfunktionen der Bevölkerung, dass zu einem wachsenden Schutzbedürfnis durch den Staat führt. Jedoch ist der Staat nicht in der Lage eine absolute Sicherheit von Naturgefahren zu gewährleisten, deshalb kommt das Prinzip der Eigenverantwortlichkeit immer mehr zu tragen. Um diese Selbstvorsorge umzusetzen ist ein verantwortungsvolles Verhalten im Umgang mit dem Risiko der Naturgefahren

	<p>notwendig.</p> <p>Es gibt eine Vielzahl von möglichen Maßnahmen, welche LiegenschaftsbesitzerInnen selbstständig umsetzen können, jedoch ist in vielen Fällen die Meinung von FachexpertInnen unabdingbar.</p>
Handlungs-empfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Weitergabe von wissenschaftl. Daten und Vernetzung von Informationen (Gefahrenzonenpläne, Hochwasserzonen etc.) ➤ Für die Bevölkerung soll eine Einrichtung für Fragen und Anliegen im Zusammenhang mit Naturgefahren und Klimawandel errichtet werden. ➤ Bereitstellung von Informationen (Web-basierte Informationsplattformen) über Naturgefahren und Risiken ➤ Elektronischer Zugang zu Gefahrenzonenplänen ➤ Die Thematik „Naturgefahren und Klimawandel“ in Bildungseinrichtungen etablieren ➤ Liegt eine potentielle Gefährdung eines Standorts vor, so ist dies mit Hilfe eines Zertifikats zu zertifizieren, welches bei Neukauf bzw. Neuerwerb von Grundstücken vorzulegen ist. ➤ Mitteilung von Nutzungseinschränkungen, welche aufgrund des Flächenwidmungsplans (und andere Planungsdokumente) gegeben sind. ➤ Um die Eigenverantwortlichkeit zu fördern, sind zielgruppenorientierte Risikokommunikation und -information zu entwerfen und bereitzustellen. ➤ Regionale Beratungsmodelle entwickeln, welche sozio-ökonomische und naturräumliche örtliche Gegebenheiten berücksichtigen ➤ Um die Eigenvorsorge zu erhöhen, ist die Förderung von Objektschutzmaßnahmen in gefährdeten Gebieten zu stärken.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Raumordnung/-planung, Bauen und Wohnen,
Lenkungsebene	Bund, ZAMG, ÖROK, SSKM, Steiermark (A5), Gemeinden, Bildungseinrichtungen, Individuen

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Handhabung von Hochwässern, Muren und Hangrutschungen
Abkürzung	NK 6
Ziel	Im Katastrophenfall soll die Versorgungsfunktion gewährleistet und schwerwiegende Gesundheitsfolgen verhindert werden.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Die Versorgungssicherheit kann nur dann gewährleistet werden, wenn entsprechende Notfallpläne und Strukturen für den Katastrophenfall (z.B. Hochwässer) vorhanden sind. Diese Basis wird benötigt, um die HelferInnen im Einsatz besser zu schützen. Durch eine stärkere Vernetzung der Hilfsorganisationen kann eine Sicherstellung des Versorgungsnetzes erhöht werden. Dadurch würde eine Doppelgleisigkeit vermieden werden und es käme zu einer Effizienzsteigerung.</p> <p>Die Bereitstellung von Trinkwasser mit entsprechender Qualität, welches die Mindestversorgung abdeckt und somit für die Gesundheit der Menschen benötigt wird, ist prioritär.</p> <p>Neben offensichtlichen Folgen (Verletzungen) durch Katastrophen sind auch weniger sichtbare chronische Effekte verstärkt zu berücksichtigen. Hierbei sollte der Fokus vor allem auf eventuelle großflächige Kontaminationen von Wasser, Lebensmittel und Boden nach Hochwässern von Industriebetrieben, Altlasten etc. gelegt werden. Folgeschäden wie Schimmelbildung sind nicht zu unterschätzen und als gesundheitsschädigend anzusehen.</p> <p>Die sozialen und ökonomischen Bereiche sind oft durch Extremwetterereignisse stark betroffen und daher sollen speziell im Bereich der Gesundheit Strategien entwickelt werden, um negative Folgen zu reduzieren. Im Speziellen wird es in der Zukunft wahrscheinlich zu vermehrten Schäden und Verletzungen durch Hochwässer kommen.</p> <p>Die Handlungsempfehlungen verfolgen das Ziel einen Schutz und</p>

	die Erhaltung einer langfristigen Gesundheit der Bevölkerung zu garantieren.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Verstärkte Vernetzung, Koordination und Kommunikation der Hilfsorganisationen bundesweit ➤ Adaptieren bestehender Notfallpläne und gegebenenfalls Koordination und Zusammenführung ➤ Bei Eintreten eines Katastrophenfalls ist für die Erstversorgung die Bereitstellung eines Kriseninterventions-teams vor Ort notwendig ➤ Kapazitäten von Einsatzkräften sind im Ernstfall zu erhöhen ➤ Schaffung von Förderungen und weiteren Anreizen zur Gewinnung von freiwilligen HelferInnen und vermehrte Schulung und Vorbereitung der Einsatzkräfte. ➤ Für Betroffene mit posttraumatischen Belastungsstörungen soll eine frühzeitige Intervention sowie länger andauernde psychische Betreuung organisiert werden. ➤ Nach Extremereignissen soll eine Gewährleistung der Trinkwasserversorgung sowie die hygienisch sanitäre Entsorgung von Fäkalien aufrechterhalten werden. ➤ Vorsorge und Verhinderung von Kontaminationen durch ständige Überwachung der Trinkwasserqualität sowie die Sicherstellung von Zugriffsmöglichkeiten ➤ Bei Planung und Ausführung von Wasserver- und Abwasserentsorgung ist auf eine Reduktion der Anfälligkeit gegenüber Extremereignissen zu achten ➤ Einbinden des Wassersicherheitsplans der WHO (Betreiber von Wasserversorgungsanlagen)
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Raumordnung/-planung, Tourismus und Freizeit, Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft
Lenkungsebene	BMLFUW, Steiermark (A5), Gemeinden, Einsatzorganisationen

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	SKKM-Strategie 2020
Abkürzung	NK 7
Ziel	Rasche und konsequente Etablierung der SKKM-Strategie 2020
Beschreibung, Bedeutung	<p>Die SKKM-Strategie verfolgt laut BMLFUW (2012b) folgende Herausforderungen und deren Handlungsbedarf:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>„Effizienzsteigerung durch technische Innovationen,</i> ➤ <i>Intensivierung der organisationsübergreifenden Ausbildung und Übungen,</i> ➤ <i>Optimierung der Koordinationsstrukturen und der rechtlichen Rahmenbedingungen,</i> ➤ <i>Intensivierung von Risikoanalysen als Grundlage für Katastrophenschutzplanung,</i> ➤ <i>Erhalt der flächendeckenden Versorgung mit überwiegend ehrenamtlichen Einrichtungen,</i> ➤ <i>Konzept für strategisch wichtige Ressourcen,</i> ➤ <i>Gestaltung und Nutzung europäischer und internationaler Rahmenbedingungen,</i> ➤ <i>stärkere Einbeziehung von Forschung und Entwicklung,</i> ➤ <i>Optimierung des Einsatzes finanzieller Mittel und</i> ➤ <i>Einbeziehung von Bevölkerung und Wirtschaft“</i> (BMLFUW 2012b) <p>Die Umsetzung dieser oben zitierten Herausforderungen und der daraus resultierende Handlungsbedarf scheinen zielführend bei der zukünftigen Risikoverringerung, angesichts der Gefahren durch den Klimawandel.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kontinuierliche Überprüfung, Anpassung und Umsetzung der SSKM-Strategie 2020 unter Berücksichtigung neuer Erkenntnisse zu den Auswirkungen des Klimawandels ➤ Einbinden von Projekten, welche sich mit der Umsetzung der SSKM-Strategie beschäftigen
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Es bestehen Schnittstellen zu allen Aktivitätsfeldern.
Lenkungsebene	Bund, Steiermark (A5), Gemeinden, Einsatzorganisationen

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Rahmenbedingungen für ehrenamtliches Engagement und die Gewährleistung der Einsatzfähigkeit von freiwilligen HelferInnen (Organisationen) im Katastrophenfall
Abkürzung	NK 8
Ziel	Sicherstellung des Ehrenamtes durch budgetäre, gesellschaftlich anerkannter Rahmenbedingungen; die Zahl der Freiwilligen für den Bevölkerungsschutz erhöhen und innerhalb der Gesellschaft Wertschätzung und Bedeutung des ehrenamtlichen Engagements stärken; Effiziente Einsatzfähigkeit von Einsatzorganisationen
Beschreibung, Bedeutung	<p>Mit einer Zunahme von Wetterextremereignissen ist aufgrund der klimatischen Veränderung zu rechnen. Um für eventuelle Zunahmen von Katastrophenfällen gewappnet zu sein, ist die Erhöhung der freiwilligen Einsatzkräfte wichtig. Neben personellen Erhöhungen sind auch finanzielle und technische Ressourcen sowie die Bedeutung und Ansehen der Einsatzkräfte in der Gesellschaft zu erhöhen.</p> <p>Um die gesteigerte Effizienz der freiwilligen Organisationen (Einsatzfähigkeit) sicherzustellen sind Rahmenbedingungen (finanziell, technisch) festzulegen.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aus- und Weiterbildungen der Einsatzkräfte sowie Informationsweitergabe an die Bevölkerung ➤ Umsetzen von legislativen, gesellschaftlichen und budgetären Rahmenbedingungen ➤ Verbesserte Ausstattung zur Verfügung stellen bzw. garantieren ➤ Führungs- und Organisationsstrukturen sind zu überprüfen und gegebenenfalls zu optimieren ➤ Zivile Einrichtungen stärker vernetzen (Wasser- und Energieversorgung)
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Energie und Versorgung
Lenkungsebene	Steiermark, FA für Katastrophenschutz und Landesverteidigung

(STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015)

Maßnahme	Kommunikationsmöglichkeiten im Katastrophenfall
Abkürzung	NK 9
Ziel	Im Katastrophenfall ist ein rascher und flächenabdeckender Informationsfluss der steirischen Bevölkerung sicherzustellen
Beschreibung, Bedeutung	Bei Eintreten von Katastrophenfällen ist eine Kommunikation zwischen Einsatzkräften, Bevölkerung und Staat erforderlich um rasch und richtig reagieren zu können.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Analyse und Ausbau des steirischen Informationsmanagements (Möglichkeiten bei Ausfall von Sendernetzen) ➤ Zusammenarbeit lokaler und regionaler AkteuerInnen ➤ Zielgruppenorientierte Kommunikationsablaufplanung
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Gesundheit und Soziales
Lenkungsebene	Steiermark, FA für Katastrophenschutz und Landesverteidigung

(STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015)

Maßnahme	Risikobeurteilung und -bewältigung
Abkürzung	NK 10
Ziel	Entwicklung einer Österreichweiten Methodik zur Beurteilung von Katastrophenrisiken auf Landesebene
Beschreibung, Bedeutung	Für das Katastrophenmanagement gibt es keine einheitliche, bundesweite Risikoanalyse. Die Bundesmaßnahme laut BMLFUW (2012b) „ <i>Einheitliche Methodik zur Durchführung von Risikoanalysen</i> “ soll durch die Steiermark unterstützt werden. In Bezug auf die Risikoanalyse sollen Aktions- und Maßnahmenpläne adaptiert bzw. neu ausgearbeitet werden.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mitbestimmung bei der Umsetzung der Bundesmaßnahme ➤ Etablieren der Ergebnisse in der Steiermark ➤ auf regionaler Ebene weiterentwickeln
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Gesundheit und Soziales
Lenkungsebene	Steiermark, FA für Katastrophenschutz und Landesverteidigung

(STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015)

5.10 Ökosysteme und Biodiversität

Natürliche Ökosysteme und die Organismen, welche sie beherbergen, sind für Menschen, Gesellschaft und Wirtschaft von großer Bedeutung. Sie sind mit dem Klima eng verknüpft und dementsprechend kommt es durch Klimaveränderungen auch zu Veränderungen der Biodiversität und Lebensräume (EK 2007b).

Intakte Ökosysteme sind gegenüber klimatischen Veränderungen resistenter und sind daher in der Lage Funktionen, welche für unser Wohlergehen verantwortlich sind, besser aufrechtzuerhalten. Aufgrund dieser Tatsache ist es notwendig natürliche Lebensgrundlagen trotz Klimawandel zu bewahren. Dies kann nur durch eine zentrale Anpassungspolitik geschehen. Um einen Erfolg von Anpassungsmaßnahmen von anderen Aktivitätsfeldern zu garantieren, ist diese Aufrechterhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen notwendig (EK 2007b, 2009).

Biodiversität

Die Biodiversität bildet die Grundlage sämtlicher Ökosystemleistungen und Lebensprozesse auf der Erde. Dies ist eine Entwicklung, dessen Evolutionsprozess über mehrere Millionen Jahre durch menschliche Nutzungsformen (Landwirtschaft, Rodungen, Siedlungsformen usw.) in den letzten Jahrhunderten beeinflusst wurde. Biodiversität bedeutet somit das die *„Eigenschaft lebender Systeme, unterschiedlich, d. h. von anderen spezifisch verschieden und andersartig zu sein...“* (SOLBRIG 1994).

Die Biodiversität unterscheidet nach CBD (Convention on Biological Diversity, United Nations, 1992) drei unterschiedliche Ebenen:

- unterschiedlichste Lebensformen (Arten von Tieren, Pflanzen, Pilzen usw.)
- verschiedenste Lebensräume (Ökosysteme wie Wälder, Gewässer)
- die genetische, arteninterne Vielfalt (Rassen, Sorten etc.)

(UNITED NATIONS 1992)

Veränderte Niederschlagsverhältnisse und steigende Temperaturen sowie die mögliche Zunahme von Extremereignissen führen dazu, dass sich Organismen, welche in einem konkurrierenden Umfeld leben, entweder rasch anpassen oder neue

Lebensräume erschließen müssen. Die Biodiversität wird zusätzlich durch die vielfältige Nutzung des Menschen positiv aber auch negativ beeinflusst (GITAY et al. 2002).

Ökosysteme

Sie bestehen aus den Wechselwirkungen zwischen der Gemeinschaft von Organismen und ihrer Umwelt. Ökosysteme beinhalten Lebensgemeinschaften von einem abgestorbenen Baumstamm bis hin zu einem komplexen Ökosystemgefüge (Flüsse, Wälder usw.). Sie schaffen klimatische Verhältnisse, welche Voraussetzungen für unsere Lebensgrundlage sind (BMLFUW 2004).

Die vier grundlegendsten Funktionen laut Millenium Ecosystem Assessment³ sind:

- Versorgungsfunktion (Wasser, Nahrung etc.)
- Selbstregulierungsfunktion (Klima, Hochwasserschutz, Luftreinigung etc.)
- Allgemeine Leistungen (Bodenbildung, Fotosynthese etc.)
- Kulturelle Funktion (Ökotourismus, Bildung, Ästhetik etc.)

(MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT 2005)

Durch den Klimawandel werden die obigen Funktionen des Ökosystems unmittelbar und mittelbar beeinflusst. Gesunde und funktionsfähige Ökosysteme sind daher eine Grundvoraussetzung um eventuelle Folgen des Klimawandels zu bewältigen (EK 2009).

Zusammengefasst kann festgestellt werden, dass eine hohe Biodiversität eine große Variabilität auf genetischer, organismischer und ökosystemarer Ebene bedeutet. Dies erlaubt eine rasche, klimabedingte Anpassung ökosystemarer Prozesse und Dienstleistungen. Somit kann gesagt werden, dass der Schutz von Biodiversität auch der Anpassungsfähigkeit von menschlichen Gesellschaften dient, welche auf ökosystemare Prozesse angewiesen sind (VOHLAND, 2008).

³ „Das Millenium Ecosystem Assessment hatte zum Ziel, die Auswirkungen von Ökosystem-Veränderungen auf die Menschheit abzuschätzen und Reaktionsmöglichkeiten auf wissenschaftlicher Basis zu erarbeiten. Die Maßnahmen sollen den Schutz und die Nachhaltigkeit der Nutzung dieser Ökosysteme und ihrer Leistungen für das Wohl der Menschheit unterstützen.“ (BMLFUW 2012b S. 246)

Vulnerabilitätsabschätzung: Ökosysteme und Biodiversität

Folgende Faktoren gefährden Ökosysteme und Biodiversität seit langem:

- Lebensraumveränderung: Durch Nutzungsveränderungen in der Landwirtschaft und durch Beseitigung von Landschaftselementen (Bäume, Hecken, Böschungen)
- Lebensraumzerschneidung: Hauptsächlich durch Straßen
- Lebensraumverlust: Die Versiegelung von Flächen oder Gebäudeerrichtungen führen zum Verlust naturnaher Lebensräume

Das Anpassungspotential einiger biologischer Systeme und Arten wird aufgrund des Klimawandels überschritten. Folgen, die durch die veränderten klimatischen Gegebenheiten entstehen, sind bereits heute zu erkennen. Es kommt zu Verschiebungen von Arealgrenzen in höhere Lagen und Richtung Norden, Zuwanderung von fremden Arten und Veränderungen in der Phänologie von Pflanzen und Tieren (BMLFUW 2012b, S. 249).

Aufgrund der Verschiebung von Artenarealen kommt es zu einer Wanderungsbewegung von Arten, die Migrationsfähigkeit besitzen. Arten die diese Fähigkeit nicht besitzen bzw. aufgrund geographischer Hindernisse oder fehlender Biotopvernetzung eingeschränkt sind, werden früher oder später aussterben. Die Anpassungsfähigkeit und Migrationsgeschwindigkeit hängt von der jeweiligen Art, Eigenschaften des Raumes und der Geschwindigkeit/Amplitude ab. Rote-Liste-Arten (Gefährdung von Arten/Lebensräumen wird in roten Listen bewertet) sowie Arten mit geringer Standorttoleranz und Arten, die feucht und kälteliebend sind, werden als hoch vulnerabel eingeschätzt. Es wird mit einem Verlust von 20 bis 30 Prozent in gefährdeten Feuchtgebieten gerechnet (BMLFUW 2012b, S. 249-250).

Durch die klimatisch bedingte Verschiebung der Arealgrenzen wird die Anzahl und Artenzusammensetzung in Biotopen sowie auch in Lebensräumen verändert. Ökosysteme werden wahrscheinlich durch das artenspezifische unterschiedliche Verhalten negativ beeinflusst. Findet ein rascher und massiver Klimawandel statt, sind einzelne Auswirkungen auf Funktionen und Eigenschaften kaum abschätzbar. Insbesondere Feuchtgebiete sind als hoch vulnerabel einzuschätzen. Kommt es zu einem großen Ausfall von Populationen (einer Art) hat dies zur Folge, dass der

Genpool verringert wird und dadurch eine verringerte Anpassungsfähigkeit entsteht (BMLFUW 2012b, S. 250).

Die Zuwanderung durch wärmeliebende Arten führt zu einem Konkurrenzkampf heimischer Arten. Vor allem wärmebevorzugende Neobiota werden mit oder ohne Hilfe des Menschen, ihre Areale in Österreich erweitern, die vor allem auf milde Winter zurückzuführen sind. Es können dadurch erhebliche land- und forstwirtschaftliche Schäden entstehen, sowie die Gesundheit des Menschen beeinträchtigen. Aufgrund der zu erwartenden Ausbreitung von Neobiota wird von einer hohen Verletzlichkeit von Biodiversität und Ökosystemen ausgegangen. Abgesehen von Einwanderungen neuer Tier- und Pflanzenarten werden auch neue Tierkrankheit und Pflanzenschädlinge auftreten. Im Gegensatz dazu werden kälteliebende Arten verringert wenn nicht sogar aussterben und dementsprechend wird von einer hohen Vulnerabilität ausgegangen (Ebenda 2012b, S. 250).

Das Ausmaß zukünftiger Veränderungen hängt von der Intensität und Geschwindigkeit des Klimawandels, sowie von dem Klimarisiko der betreffenden Arten und Lebensräume ab. Allgemein wird im Bereich der Biodiversität und Ökosysteme von einer hohen Vulnerabilität ausgegangen. Auch wenn eine Vielzahl geeigneter Maßnahmen für Arten und Ökosysteme umgesetzt werden, kann diese Verletzlichkeit nur gering bis mittelmäßig vermindert werden (BMLFUW 2012b, S. 251).

Allgemeine Handlungsprinzipien

- Maßnahmen, welche die Freisetzung von Kohlenstoff aus Ökosystemen reduzieren und im Optimalfall die Kohlenstoffspeicherung von Ökosystemen erhöhen.
- Allgemein sind Handlungen zu setzen, welche Synergien zwischen Anpassung, Klima- und Naturschutz nutzen um Ökosysteme und Biodiversität zu erhalten.
- Es sind Maßnahmen, welche den Naturschutz aber auch politische Handlungsfelder naturschutzrelevanter Aspekte (Landnutzung etc.) verfolgen.
- Negative Einflüsse durch den Menschen auf Ökosysteme sind zu vermeiden (BMLFUW 2012b, S. 251)

Risiken von Ökosystemen und Biodiversität

- ☞ Die Austrocknung von Feuchtgebieten und Mooren wird verstärkt
- ☞ Erwärmung des Wassers, welches Auswirkungen auf Lebensgemeinschaften hat
- ☞ Negative Beeinträchtigung von Ökosystemleistungen
- ☞ Ausfälle von Populationen führen zu einer Verminderung des Genpools
- ☞ Migration und Etablierung von nicht-heimischen Arten
- ☞ Vor allem im Sommerhalbjahr verstärkter Hitzestress bei Pflanzen und Tieren
- ☞ Begrenzte Möglichkeit der Anpassung führt zu einer Gefährdung der Artenvielfalt
- ☞ Veränderung der Artenzusammensetzung in Ökosystemen
- ☞ Lebenszyklen von Pflanzen und Tieren ändern sich

(STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015, S. 90)

Anpassungsziele

Um den Herausforderungen welche der Klimawandel mit sich bringt, gerecht zu werden, werden laut der STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG (2015) drei grundsätzliche Handlungsziele verfolgt:

Artensterben stoppen

- Schaffung bzw. Erhaltung geeigneter Lebensräume (hinsichtlich der klimatischen Gegebenheiten)
- Funktionierende Funktionskorridore sind bereit zu stellen

(STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015, S. 90)

Biodiversität fördern (verschiedene Ebenen)

- Aufrechterhaltung der Vielfalt und Interaktionen in Ökosystemen
- Artenvielfalt innerhalb eines Ökosystems schaffen
- Förderung von Populationen im Arealzentrum und -grenzen (genetische Vielfalt als Grundlage für die Anpassung an den Klimawandel)

(STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015, S. 90)

Forcierung der nachhaltigen Entwicklung der Kulturlandschaft und Sicherung der ursprünglichen Naturlandschaft (STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015, S. 90).

Maßnahme	Berücksichtigung des Klimawandels in Naturschutzkonzepten
Abkürzung	OB 1
Ziel	Integration der Auswirkungen welche durch den Klimawandel verursacht werden und die Erläuterung möglichen Handlungsbedarfs in Naturschutzkonzepten.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Naturschutzkonzepte werden benötigt um fachliche Grundlagen und Anforderungsprofile darzustellen. Sie fungieren als Leitfaden für die Umsetzung naturschutzfachlicher Maßnahmen. Da diese Konzepte als Basis für Planungen und Projekte herangezogen werden, ist ein frühes Einbinden in den Planungsprozess möglich.</p> <p>Die Anforderungen und Ziele an die Konzepte des Naturschutzes werden durch den Klimawandel verändert. Neu zu bewertende Aspekte sind unter anderem: Umgang mit migrierten Arten, Gewährleistung von Ökosystemdienstleistungen, Handling von Schutzgebieten, Verhältnis zwischen dynamischen und bewahrenden Naturschutz sowie das Gleichgewicht zwischen bestehenden und sich neu ausbildenden Lebensräumen. Die Aufrechterhaltung der Biodiversität als Grundlage wird zunehmend an Bedeutung gewinnen, während Anforderungen wie Nahrungsmittelproduktion usw. steigen werden. Ein flexibler Naturschutz mit antizipatorischen Elementen wird zunehmend an Bedeutung gewinnen. So könnte beispielsweise das Verschieben von Korridoren und Schutzgebieten forciert werden. Gebiete, welche aus derzeitiger Sicht ungeeignet sind, könnten sich zu Schutzgebieten von morgen entwickeln.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ In der Raumordnung soll verstärkt der Naturschutz berücksichtigt werden ➤ Bestehende Naturschutzkonzepte überprüfen und ggf. weiterentwickeln bzw. Entwicklung neuer Konzepte
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Energie und Versorgung, Tourismus und Freizeit, Raumordnung/-planung
Lenkungsebene	BMLFUW, Steiermark (A6)

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Freizeit und Urlaubsaktivitäten anpassen
Abkürzung	OB 2
Ziel	Freizeitaktivitäten, welche die Biodiversität gefährden, sind anzupassen und zu Gunsten nachhaltiger Freizeitaktivitäten umzuwandeln.
Beschreibung, Bedeutung	Der Klimawandel führt wahrscheinlich zu einem veränderten Freizeit- und Urlaubsverhalten. Es kommt zu einer räumlichen (Verlagerung in höhere Regionen/Gebiete) und zeitlichen Veränderung (Badetourismus) sowie einem Rückgang heutiger Freizeitaktivitäten und im Gegenzug zu einem vermehrten Aufkommen neuer Aktivitäten. Zusätzlich ist durch die zu erwartenden Hitzetage in urbanen Räumen (Graz) eine Flucht der Bevölkerung in kühle grüne Gebiete denkbar. Dies führt zu einem vermehrten Druck auf naturschutzfachliche sensible Lebensräume und daher ist es umso wichtiger negative Beeinträchtigungen auf die Biodiversität durch Freizeit und Urlaubsaktivitäten zu vermeiden.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sensible Lebensräume, welche aufgrund der Aktivitäten negativ betroffen sein könnten, sind zu identifizieren ➤ Urlaubsaktivitäten sind so zu gestalten, dass es zu keiner Verschlechterung der Lebensräume kommt ➤ Ein Maßnahmenkatalog für ausgewählte Regionen (Konzeptentwicklung) in Abstimmung zwischen Naturschutz, Forstwirtschaft, Jagd- und Tourismusverantwortlichen ist zu erstellen. ➤ Die Thematik ist in zukünftige kommunale Energie und Klimaschutzkonzepte einzubinden.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Energie und Versorgung, Tourismus und Freizeit, Raumordnung/-planung, Gesundheit und Soziales
Lenkungsebene	BMLFUW, Steiermark (A1, A6)

(BMLFUW 2012b; STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015)

Maßnahme	Öffentliche und private Freiflächen in Siedlungen an den Klimawandel und Naturschutzziele anpassen
Abkürzung	OB 3
Ziel	Lokalklima in besiedelten Gebieten verbessern; Steigerung des Wasserrückhalts; Schaffung von Rückzugsräumen und Gestaltung von Grünanlagen;
Beschreibung, Bedeutung	<p>Bebaute und stark versiegelte Gebiete weisen während Hitzeperioden ein heißes Lokalklima mit geringer Luftfeuchte auf. Dieser Hitzeeffekt kann durch geeignete Maßnahmen reduziert werden, wobei die Vegetation dabei einen hohen Stellenwert einnimmt (Verdunstung und Beschattung beeinflussen das Lokalklima positiv).</p> <p>Eine Abstimmung mit der Stadtentwicklung sowie Raumordnung und den Aktivitätsfeldern Urbane Grünräume und Verkehrsinfrastruktur und Mobilität ist notwendig.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Grünflächen, ungenützte Brachen sind naturschutzgemäß zu gestalten um Rückzugsräume zu schaffen ➤ Flächen innerhalb von Siedlungsräumen entsiegeln (erhöhte Versickerung, Entlastung von Kanalsystemen) ➤ Dächer und Fassaden sind zu begrünen ➤ Baumbestand in öffentlichen Gebieten erweitern ➤ Hitze- und trockenresistentes Gehölze verwenden ➤ Spontangrün auf wenig verwendeten Flächen zulassen ➤ Förderung naturnaher Raumgestaltung (Gärten) ➤ Etablierung von Verordnungen an Gartenämter
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Energie und Versorgung, Tourismus und Freizeit, Raumordnung/-planung, Gesundheit und Soziales
Lenkungsebene	BMLFUW, Steiermark (A6), Gartenamt, Umweltberatung, GartenbesitzerInnen, GebäudeeigentümerInnen

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Vernetzung und Einbettung von Lebensräumen und Schutzgebieten
Abkürzung	OB 4
Ziel	Lebensräume und Schutzgebiete und deren Vernetzung sind zu verbessern, wobei Pufferzonen und Korridore zu integrieren sind um die Überlebenswahrscheinlichkeit von Populationen und Arten zu erhöhen.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Lebensräume verändern sich zum jetzigen Zeitpunkt rasant. Durch die Vielzahl menschlicher Eingriffe wie u. a. fortschreitende Zersiedelung und Zerschneidung der Landschaft, Versiegelung usw. werden Lebensräume häufig zu isolierten Inseln. Dieser Prozess steigt stetig was zu einer Verkleinerung und einem weiteren Auseinanderrücken der Lebensräume führt. Parallel dazu steigen die klimatischen Veränderungen, was dazu führt, dass bestimmte Arten neue klimatisch geeignete Gebiete erschließen müssen. Die rasante Veränderung erschwert es den Arten zusätzlich sich an die veränderten Bedingungen anzupassen, was zur Folge hat, dass es zu Veränderungen in der Lebensgemeinschaft und der Interaktion zwischen Arten kommt.</p> <p>Eine hohe Bedeutung betrifft die Vernetzung von Lebensräumen (z.B. Biotopsvernetzung), da mögliche Auswirkungen des Klimawandels nicht punktuell sondern flächenmäßig wirken. Die Erhaltung bestehender und die Vorantreibung potentieller Austauschmöglichkeiten zwischen Individuen angrenzender Populationen haben zum Ziel, diese gegen Umwelteinflüsse resistenter zu machen und dadurch die Überlebensfähigkeit zu verbessern. Maßnahmen, welche zu einem ökologischen Verbundsystem führen, sind idealer Weise in enger Kooperation und Abstimmung mit allen Agierenden durchzuführen.</p> <p>Ein wichtiges Instrument des Naturschutzes sind rechtlich verordnete Naturschutzgebiete. Die Wertigkeit von Schutzgebieten und Lebensräumen außerhalb der Schutzgebiete ist</p>

	<p>stark von der räumlichen Anordnung, dem Vernetzungsgrad von Schutzgebieten und Lebensräumen untereinander sowie dem Einbinden der umgebenden Landschaft abhängig. Diese Faktoren sind maßgeblich für die Überlebenswahrscheinlichkeit von Arten und die Erhaltung von Schutzgebieten angesichts des wandelnden Klimas.</p> <p>Um einen bestmöglichen Naturschutzwert von Schutzgebieten und Lebensräumen aufrecht zu erhalten, ist eine effektive Vernetzung notwendig. Trotzdem kann eine verbesserte Vernetzung von Schutzgebieten unter besonderen Umständen eine Gefährdung für Zielarten darstellen und somit kontraproduktiv wirken (z.B. nordamerikanische Flusskrebse finden eine verbesserte Ausbreitungsmöglichkeit vor, was zu einer Übertragung der Krebspest auf heimische Flusskrebse führen kann).</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ein effektives Netzwerk von Habitatkorridoren ist anzustreben (Schutzgebiete und Lebensräume durch geeignete Strukturen verbinden) ➤ Korridore sind so zu designen, dass sie für die Zielart gut nutzbar sind ➤ Gebiete entlang von Klima- und Höhengradienten sind für Vernetzungen sehr gut geeignet ➤ Anpassung des Schutzgebietsmanagements und Stärkung der Schutzgebietsbetreuung ➤ Menschliche Eingriffe, welche zu einer Beeinträchtigung von Schutzgebieten führen, sind zu vermeiden ➤ EU-Naturschutzrichtlinien und WRRL umsetzen
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Schutz vor Naturgefahren und Katastrophenmanagement
Lenkungsebene	BMLFUW, BMWF, Steiermark (A6), Schutzgebietsverwaltung, GrundbesitzerInnen, Agrarbezirksbehörde, Umweltbundesamt, Raumplanungsbehörde

(BMLFUW 2012b; LANDESHAUPTSTADT STUTTGART 2012)

Maßnahme	Schutz von Feuchtlebensräumen
Abkürzung	OB 5
Ziel	Die Qualität und Quantität des Wassers soll gesichert werden, um einen erhöhten Schutz von Feuchtlebensräumen zu erzielen. Zusätzlich ist eine Steigerung der Wasserspeicher und -rückhaltefähigkeit mit Hilfe abflussverzögernder Maßnahmen anzustreben.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Regional gesehen kann es zu einer verstärkten Beanspruchung des Grundwasserkörpers in Folge des Klimawandels kommen, da vor allem in heiß-trockenen Phasen der Wasserbedarf steigen wird. Die daraus resultierenden Grundwasserbestände könnten vermehrt wasserabhängige Ökosysteme zerstören. Zusätzlich sind die Wasserspeicher und -rückhaltefähigkeit der Landschaft durch bauliche Maßnahmen, Fließgewässerausbau und Entwässerungen stark gesunken.</p> <p>Aufgrund dieser Tatsachen sind Maßnahmen, welche die Grundwasserneubildung fördern, den Wasserrückhalt verbessern und die Grundwasserkörper schonen wichtig, um den klimatischen Veränderungen und den daraus resultierenden zunehmenden Druck auf Lebensräume und biologische Vielfalt zu reduzieren. Der Schutz von Feuchtlebensräumen (Mooren, Auen) trägt einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz bei, da diese Gebiete eine große Menge an Kohlenstoff speichern.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Verstärkte Umsetzung der Renaturierung von Fließgewässern unter der Öffnung versiegelter Gewässersohlen ➤ Umsetzen der Maßnahmen, welche die Wasserrahmen-Richtlinien (WRRL), Grundwasser- und Naturschutzrichtlinien sowie Hochwasser-Richtlinien (HWRL) der EU vorsehen ➤ RAMSAR-Übereinkommen für den Schutz der Feuchtgebiete weiter verfolgen ➤ Weiterer Schutz der Natura-2000-Gebiete ➤ Abflussverzögernde Maßnahmen sind umzusetzen (Öffnung

	<p>von ehemaligen Überflutungsgebieten bis hin zur Errichtung von Rückhaltebecken oder -teiche)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Entwässerte Feuchtgebiete sind gezielt wieder zu vernässen und die Nutzung an die Standortgegebenheiten anzupassen ➤ Grundwasserneubildung in Gebieten, welche einen sinkenden Grundwasserspiegel aufweisen (regionale Prüfung erforderlich), erhöhen durch gezielte Rücknahme von Entwässerungen und Verhinderung weiterer Entwässerungen. Im Umfeld von großen Wasserentnahmestellen könnte die Grundwasserneubildung durch geplante Grundwasseranreicherung unterstützt werden. ➤ Verstärkte Forcierung und Förderung von wassersparenden Bewässerungssystemen sowie der Weiterentwicklung der Bewässerungsplanung
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Energie und Versorgung, Raumordnung/-planung, Schutz vor Naturgefahren und Katastrophenmanagement
Lenkungsebene	BMLFUW, Steiermark (A6), Energieerzeuger, Wasserversorger, Raumordnung/-planung

(BMLFUW 2012b, STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015)

Maßnahme	Vorantreiben des Gewässerrückbaus und Verminderung starker Gewässererwärmung
Abkürzung	OB 6
Ziel	Vermeidung starker Gewässererwärmung sowie Gewässerrenaturierung (kombinierter Hochwasser-/Biodiversitätsschutz)
Beschreibung, Bedeutung	Die Abflussverhältnisse der Gewässer werden sich unter dem Einfluss des Klimawandels saisonal und absolut verändern (hohe Unsicherheit über die Entwicklung von Extremereignissen). Die Zunahme von regionalen Extremhochwässern ist allerdings mit hoher Wahrscheinlichkeit anzunehmen. Des Weiteren entsteht durch die verstärkte Errichtung von Wasserkraftwerksprojekten ein

	<p>erhöhter Druck auf natürliche Fließgewässer.</p> <p>Durch die bereits regional beobachtete Erhöhung der Wassertemperatur (Folge des Klimawandels) kommt es zu einer Gefährdung der Gewässerökosysteme, wobei eine hohe Belastung vor allem während Hitzeperioden entsteht. Bei gleichbleibender Entwicklung ist davon auszugehen, dass kälteliebende Fischarten (Bachforelle, Äsche) sich in die Oberläufe zurückziehen und wärmeliebende Arten zunehmen. Diesem Ausweichtrend sind jedoch natürliche und bauliche Grenzen gesetzt. Menschliche Eingriffe (in Gewässer) können einen Temperaturanstieg bewirken und somit sind Maßnahmen zu setzen, welche einer Gewässererwärmung entgegenwirken.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Umsetzung der WRRL und HWRL ➤ Anpassung d. Raumplanung und des Gewässermanagements ➤ Umsetzung von Monitoring und Modellprojekten, Studien ➤ Prüfung und ggf. Einschränkung von thermisch vorbelasteten Wasser; Einsetzen von Maßnahmen/Verfahren um thermische Belastungen durch Wärmeeinleitungen zu reduzieren. ➤ Wasserkraft nur unter Berücksichtigung ökologische Folgewirkungen und Einbeziehung von Aspekten des Naturschutzes weiter ausbauen ➤ Bei Starkniederschlägen Abflussspitzen dämpfen ➤ Sicherstellung d. nachhaltigen Nutzung von Gewässerkörpern ➤ Risikozonen und Nichtbebauungszonen sind auszuweisen (unter Einbeziehung des steigenden Hochwasserrisikos) ➤ Forcierung der Ausweitung von Überflutungs- und Hochwasserrückhaltebereichen
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	<p>Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Energie und Versorgung, Bauen und Wohnen, Schutz vor Naturgefahren und Katastrophenmanagement, Wirtschaft und Industrie</p>
Lenkungsebene	<p>BMLFUW, Steiermark (A6), Energieerzeuger, Wasserwirtschaftsverbände, Industrie, Umweltbundesamt, Interessensverbände</p>

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Regionale Vulnerabilitätsabschätzung von Artengruppen und Lebensräumen
Abkürzung	OB 7
Ziel	Erweiterung des Wissensstandes über bedeutende naturschutzfachliche oder vom Klimawandel besonders betroffene Arten und Lebensräume
Beschreibung, Bedeutung	Um Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel umzusetzen, ist ein Verständnis über die Auswirkung des Klimawandels von Nöten. Besonders benötigt werden regionalisierte Aussagen über die Betroffenheit von naturschutzfachlichen bedrohten Arten und Lebensräumen. Um Schnittstellen zu anderen Aktivitätsfelder herzustellen, Synergien festzustellen und übergreifende Maßnahmen zu entwickeln, ist ein interdisziplinärer Ansatz erforderlich.
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Verknüpfung von Praxis und Wissenschaft ➤ Erfassen und analysieren von Daten und Informationen hinsichtlich möglicher Folgen des Klimawandel auf Lebensräume und Arten mit Bezug auf die Steiermark (Graz) ➤ Feststellen naturschutzfachlich wichtiger betroffener Artengruppen und Lebensräumen (regionale Vulnerabilitätsabschätzung mittels interdisziplinärer Forschungsteams durchführen) ➤ Planung und Umsetzung eines Monitoringsystems → Indikatorenarten für den Klimawandel (ACRP-Projekt „Klimawandel und sein Einfluss auf die Biodiversität – Grundlagen für ein Monitoring ausgewählter Indikatorenarten“ kann als Basis dienen)
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Urbane Grünräume
Lenkungsebene	Steiermark (A6)

(STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015)

Maßnahme	Umgang mit Neobiota
Abkürzung	OB 8
Ziel	Reduktion, Eliminierung und Verhinderung von invasiven Neobiota um Schäden der Ökologie, Ökonomie und Gesellschaft zu verringern
Beschreibung, Bedeutung	<p>Die Einfuhr und Ausbreitung gebietsfremder Tier- und Pflanzenarten (Neobiota) gewinnt immer mehr an Bedeutung. Sie bedrohen die heimische biologische Vielfalt durch Konkurrenz, Raubdruck, Übertragung von Parasiten und Krankheitserreger. Des Weiteren kommt es aufgrund dieser Invasion zu einer Veränderung der Artenzusammensetzung. Die gesundheitlichen und wirtschaftlichen Schäden, welche durch Neobiota entstehen, sind nicht zu unterschätzen. Mit dem derzeitigen Wissensstand existieren Europaweit 12.000 Neobiota, wobei in Österreich ca. 2.000 vorkommen. 17 gebietsfremde Pflanzenarten (z.B. Götterbaum, Drüsenspringkraut, Robinie, Amerikanisches Weidenröschen usw.) sind mit dem Stand 2004 als invasiv (problematisch) hinsichtlich dem Naturschutz eingestuft.</p> <p>Für den Naturschutz sind bei den Tieren sechs Arten (z.B. Signalkrebs) problematisch eingestuft. Als potentielle invasive Bedrohung der Biodiversität sind weitere 18 Arten vermerkt (BMLFUW 2004). Da biologische Invasionen eine hohe Dynamik aufweisen, ist eine kontinuierliche Anpassung dieser Listen notwendig. Das Heimischwerden und Ausbreiten von Neobiota wird durch den Klimawandel begünstigt, da sie in der Lage sind sich rascher, im Gegensatz zu anderen Arten, an veränderte Umweltbedingungen anpassen (RABITSCH & ESSL 2010). Aufgrund dieser Tatsache ist ein verstärkter Fokus auf den Umgang mit Neobiota zulegen.</p>
Handlungsempfehlungen	➤ Strategien bezüglich der Eindämmung und Bekämpfung vor allem von invasiven Neobiota sind an neue Gegebenheiten anzupassen

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Entwickeln und Schaffung eines Frühwarmsystems für Neobiota; Arten welche hohe gesundheitliche sowie auch ökonomische Folgekosten für die Gesellschaft mit sich bringen sind besonders zu berücksichtigen. ➤ Förderung und gezielte Forschung zur Thematik Neobiota ➤ EU-Verordnungen angesichts invasiver, gebietsfremder Arten sind kontinuierlich umzusetzen ➤ „Biotopenmanagement in ausgewählten Tier- und Pflanzenschutzgebieten und wertvollen Biotopen“ (ELER Projekt von 2010-2013) ist weiterzuführen ➤ Aktionstage wie die Bekämpfung des Drüsigen Springkrautes von 2008-2010, Aktionstag zur Bekämpfung invasiver Arten (2011), Projekt Steirische Grenzmur, Exkursionen, Tagungen und Veranstaltungen in Schulen sind fortzusetzen. ➤ Bestehende Maßnahmen zur Reduktion von invasiven Neobiota sowie entsprechende Netzwerke (Steirische Landwirtschaftskammer, Umweltbundesamt, Naturparks) sind auszubauen
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Urbane Grünräume, Gesundheit und Soziales, Raumordnung/-planung,
Lenkungsebene	Steiermark (A5, A6), Gemeinden und Bezirkshauptmannschaften

(STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2015)

5.11 Urbane Grünräume

Urbane Grünräume nehmen einen sehr wichtigen Stellenwert hinsichtlich des Siedlungsraumes in Österreich ein. So leben mehr als 50 Prozent der Bevölkerung im städtischen Bereich. 64 Prozent der österreichischen Bevölkerung und mehr als 70 Prozent der Arbeitsplätze sind in Ballungszentren, in den sogenannten Stadtregionen zu finden. Der Zuzug in Städte und urbane Räume wächst stetig und somit nimmt auch die Priorität dieser Gebiete zu (2001 bis 2009 war ein Zuwachs von 6,2 Prozent in österreichischen Stadtregionen zu verzeichnen) (STATISTIK AUSTRIA & ÖSTERREICHISCHER STÄDTEBUND 2010).

Die Handlungsfelder, die für Städte relevant sind, beinhalten eine starke Verknüpfung mit allen Aktivitätsfeldern, welche wir in unserer Arbeit behandelt haben. Dementsprechend ist bei der Planung und Umsetzung von Handlungsmaßnahmen der stadtspezifische Aspekt zu berücksichtigen. Die Planung, Gestaltung und Pflege der urbanen Frei- und Grünräume unterliegt der Stadtverwaltung. Das folgende Kapitel befasst sich im Speziellen mit Handlungsempfehlungen zur Anpassung an den Klimawandel im Bereich städtischer Frei- und Grünräume (BMLFUW 2012b, S. 364).

Urbane Grün- und Freiräume werden als unbebaute Flächen einer Stadt definiert, wobei auch Freiräume auf und an Gebäuden (Dachgärten und Fassaden usw.) miteinbezogen werden (GRÖNING 1976). Diese Definition beinhaltet städtische Freiräume, welche in ihren Funktionen aber auch nach Eigentumsverhältnissen divergieren können. Beispiele für Freiraumtypen in urbanen Räumen wären Straßen, Plätze, Parks, Privatgärten, Außenanlagen, Stadtbrache etc. Die Gesamtheit dieser urbanen Freiräume bildet die Freiraumstruktur des gesamten Stadtgebietes (BMLFUW 2012b, S. 365).

Die Lebensqualität in Städten wird aufgrund der vielfältigen Funktion der Grün- und Freiräume gesteigert. Sie tragen unter anderem zur Reduzierung des Wärmeinseleffekts bei, bilden Frischluftschneisen, regulieren den Wasserhaushalt, entlasten das Abwassersystem durch Versickerungsleistung und reinigen die Luft sowie stellen für einheimische Tiere und Pflanzenarten einen bedeutenden

Lebensraum dar. Auf die physische und psychische Gesundheit findet ein nachweislich positiver Einfluss statt. Das Stadtgefüge wird zusätzlich durch städtische Freiräume strukturiert und trägt einen wichtigen Beitrag zur örtlichen Identität bei (STILES et al. 2010). Damit diese Funktionen trotz sich verändernden klimatischen Bedingungen aufrechterhalten bleiben, ist eine vorausschauende Anpassung notwendig (BMLFUW 2012b, S. 365).

Vulnerabilitätsabschätzung: Urbane Grünräume

Besonders stark von Klimawandel betroffen gelten Städte und urbane Räume aufgrund der hohen vorhandenen Dichte der Besiedelung, der hohen Konzentration an Vermögenswerten und kritischer Infrastruktur. Es wird durch Wechselwirkungen des Stadtklimas mit der Bebauung und deren Auswirkungen beeinflusst. Diese Beeinflussung ist stark abhängig von Art und Maß der Stadtstruktur, baulicher Nutzung und dem Einbinden des Stadtkörpers in die Umgebung. Der Klimawandel führt zu einer weiteren Modifizierung bzw. Verstärkung des Stadtklimas (BMVBS & BBSR 2009a).

Wärmehaushalt

Der bedeutendste Effekt, welcher durch den Klimawandel in urbanen Räumen hervorgerufen wird, ist die städtische Überwärmung. Der Anstieg extremer Hitzebelastungen (Zahl der Hitzetage steigt) sowie die Zunahme von Hitzewellen ist bereits heute beobachtbar (MOSHAMMER et al. 2006, 2009; FORMAYER et al. 2007; KROMP-KOLB et al. 2009; MARKTL et al. 2010).

Dieser Effekt wird stark durch die zunehmende Verdichtung und Ausdehnung des Stadtkörpers beschleunigt (KROPP et al. 2009). Die nächtliche Abkühlung ist in stark versiegelten und bebauten Siedlungsflächen im Verhältnis zu ländlichen Gebieten bzw. Grünanlagen sehr gering. Dieser Effekt kann zu einer vermehrten gesundheitlichen Belastung führen (KROMP-KOLB et al. 2007). Die Morbidität und Mortalität werden unmittelbar und mittelbar durch Hitzeperioden beeinflusst. Selbst die Leistungsfähigkeit und das menschliche Wohlbefinden werden in diesen Phasen beeinträchtigt (KOPPE 2005; WHO 2005; WWF 2007; SEPPÄNEN et al. 2006).

Wie die unten dargestellte Grafik zeigt, ist eine starke nächtliche Überwärmung der Grazer Innenstadt vorhanden, wobei in den östlichen und westlichen Teilen der Stadt kühlerer Bereiche erkennbar sind.

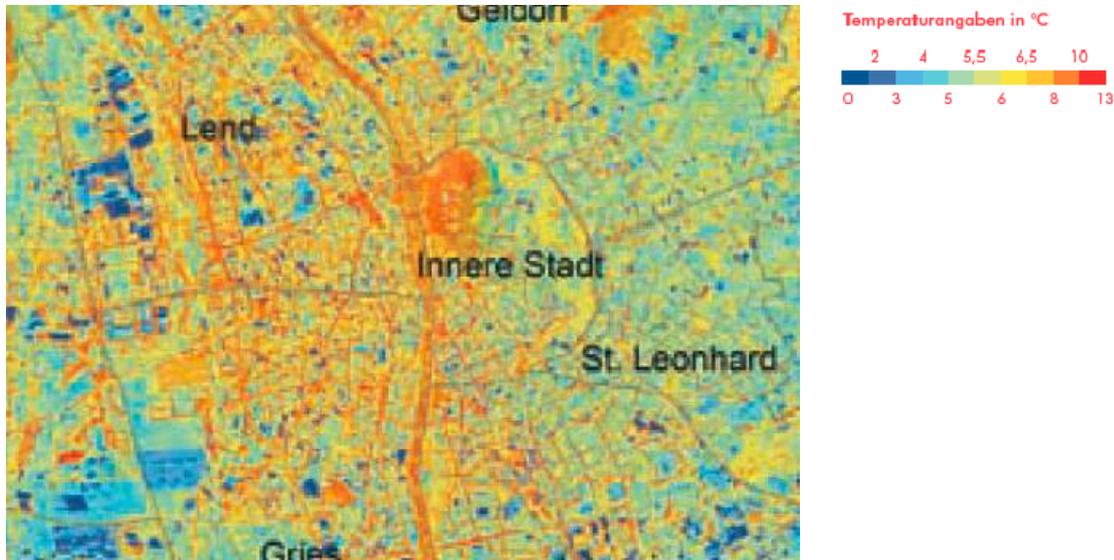


Abbildung 39: Wärmeinsel in Graz, Strahlungstemperaturkarte der Thermalbefliegung 1986, Nachtflug (LAZAR & SULZER 2013, S. 189)

Wasserhaushalt

Die Niederschlagsmengen werden laut LOIBL et al. (2011) im Sommer abnehmen bzw. im Winter zunehmen, wobei die Jahressumme annähernd gleich bleibt (LOIBL et al. 2011). Aufgrund der steigenden Temperaturen wird der Bedarf an Brauch- und Trinkwasser in den Sommermonaten vermehrt zunehmen. Der Wasserbedarf, der für die städtische Vegetationspflege benötigt wird, nimmt ebenfalls zu. Dieser erhöhte Wasserverbrauch und die Abnahme des Niederschlags im Sommer können zu einem Mangel an Trink- und Brauchwasser in urbanen Räumen führen. Um dies zu verhindern, sind Maßnahmen zu setzen (BMLFUW 2012b, S. 366).

Bei häufigerem Auftreten von Starkregenereignissen werden bestehende Kanalsysteme überfordert sein, aufgrund des hohen Versiegelungsanteils in Städten. Dies führt zu einem steigenden Überflutungsrisiko. Um die Risiken zu senken und solche Extremereignisse besser überwinden zu können, muss ein hoher Vegetationsgrad und Retentionsflächen sowie eine dezentrale Regenwasserbewirtschaftung angestrebt werden (BMVBS & BBSR 2009b; BMVBS 2010; HELLMERS & HÜFFMEYER 2011).

Das Gründach speichert mehr als die Hälfte des Regens dauerhaft. Ein Kiesdach hat keine nennenswerte Wasserrückhaltung womit der Regen fast ohne Verzögerung in die Kanalisation eingeleitet wird und nicht für die Verdunstung zur Verfügung steht (BAUDER o.J.).

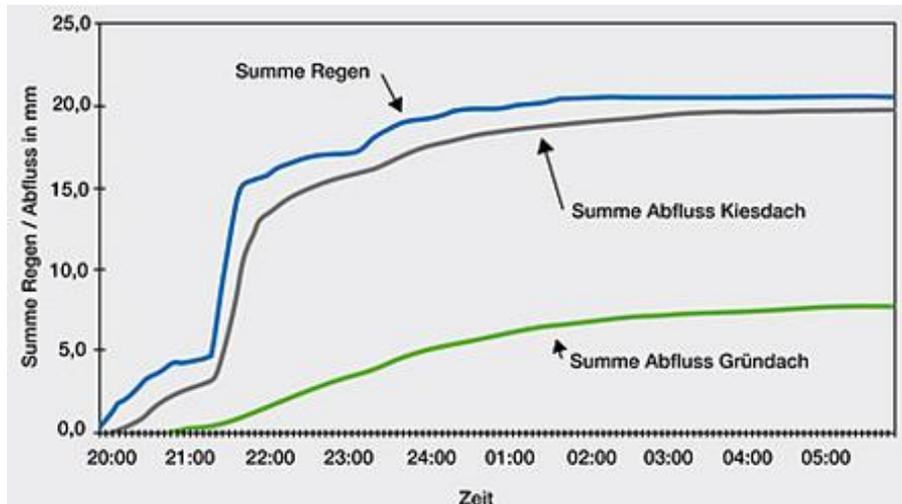


Abbildung 40: Wasserrückhaltung Kiesdach vs. Gründach (BAUDER o.J.)

Luftverschmutzung

Der Klimawandel beeinflusst die Verteilung und die atmosphärische Mischung von Schadstoffen. Hochdruckwetterlagen können die Bildung unterschiedlichster Luftverunreinigungen begünstigen. Ozon in Kombination mit anderen Luftschadstoffen kann eventuelle gesundheitliche Auswirkungen negativ verstärken (UPHOFF & HAURI 2005). Durch den vermehrten Einsatz städtischer Vegetation würde die Konzentration von Luftschadstoffen gesenkt werden.

Folgen des Klimawandels auf urbane Grünräume

Die Temperaturerhöhung wirkt sich auf unterschiedliche Art und Weise auf Grünflächen und Freiräume aus. Es kommt zu einer Verlängerung der Vegetationszeit, welche zu einer zeitlichen Verschiebung der Entwicklungsphase führt und somit einen veränderten Wasserbedarf zur Folge hat. Mit verbesserten Vermehrungs- und Überwinterungsmöglichkeiten für Schädlinge ist zu rechnen. Es kann allgemein von einem erhöhten Pflegebedarf von Grünflächen in urbanen Räumen gesprochen werden. Der Bewässerungsbedarf im Sommer wird aufgrund der oben erwähnten Niederschlagssituation zunehmen. Zudem werden einige Pflanzenarten nicht mehr für die Verwendung in urbanen Räumen geeignet sein. Besonders betroffen werden hierbei die Straßenbäume sein (BMVBS & BBSR 2009b).

Wie bereits oben angeführt sind Grünflächen, welche Versickerung zulassen, aber auch Dachbegrünungen (siehe Abb. 40) von hoher Bedeutung um das Abwassersystem zu entlasten und lokale Überschwemmungen zu vermeiden.

Die Anforderung (Nutzung und Funktion) an bestehende Fläche als Erholungsgebiet wird steigen und der Bedarf an neuen Grünflächen wird zunehmen. Grünflächen, welche mindestens eine Größe 2,5 ha und eine Entfernung von unter 150 m aufweisen, sind in der Lage den städtischen Wärmeinseleffekt zu reduzieren (KROPP et al. 2009). Positive Effekte wie Abschattung, Temperaturminderung aber auch Verbesserung der Luftqualität werden den Stadtbäumen zugeschrieben (MATZARAKIS 2008).

Die Lufthygiene wird durch die vermehrte Pflanzenoberfläche (sprich Grünräume) in Stadtgebieten verbessert. Studien untermauern die Filterwirkung von (Stadt-) Bäumen hinsichtlich unterschiedlicher Luftschadstoffe (Stickoxide, Ozon, Feinstaub). Frischluftentstehungsgebiete werden immer wichtiger; Stadtwälder, welche ein geschlossenes Kronendach aufweisen, sind in der Lage die Luftqualität deutlich zu verbessern (MATZARAKIS 2008). Eine indirekte Verringerung der Luftverschmutzung könnte auch durch eine ansprechend gestaltete Umgebung entstehen, da diese Anreize schafft, sich mittels Fahrrad- oder zu Fuß fortzubewegen (SCHOLZ et al. 1997; MATZARAKIS 2008; BMVBS & BBSR 2009 b).

Laut BMLFUW (2012b) liegt zwischen Stadt- und Stadtumland eine raumstrukturelle Verbindung in Bezug auf die Temperatur vor. Fehlen beispielsweise Frischluftschneisen, so ist kein Luftaustausch der Stadt mit dem Umland möglich und es kommt kaum zu einer Abkühlung der Stadt. Die stadtstrukturelle Wirkung von Grünräumen (Funktion als Luftschneisen) muss also sichergestellt werden (BMLFUW 2012b, S. 368).

Die Folgen des Klimawandels auf den städtischen Raum sind von verschiedensten Faktoren (ökonomisch, ökologisch, physisch-infrastrukturell) und der Exposition von Stadt bzw. deren Gesellschaft abhängig (BIRKMANN 2006). Für Städte und urbane

Räume wird laut BMLFUW von einer hohen Vulnerabilität ausgegangen. Für eine detaillierte und genaue Einschätzung ist eine regionale Untersuchung notwendig.

Risiken und Chancen von urbanen Grünräumen

- ☞ Ausweitung von Grün- und Freiflächen (Erhöhung der Biodiversität)
- ☞ Verbesserung der Lebensqualität der Stadtbevölkerung
- ☞ Positive Entwicklung des urbanen Klimas
- ☞ bessere Luftqualität (Schadstofffilterung)
- ☞ Reduktion des UHI-Effekts (Verdunstungskälte)
- ☞ erhöhtes Wasserrückhaltevermögen (Entlastung des Abwassersystems)
- ☞ Bessere Vermarktung und Attraktivierung der Stadt Graz

- ☞ Konflikte angesichts der Nutzung von Flächen

Anpassungsziele

- Die städtische Durchlüftung wird verbessert und Stärkung von Kaltluftschneisen und Ventilationsbahnen
- Abkühlungseffekte sowie eine positive Beeinflussung des lokalen Klimas werden über das unmittelbare Umfeld der Grün- und Freiräume erzielt
- Grün- und Freiflächenbestand aufrechterhalten und hinsichtlich des erhöhten Nutzungsdrucks und klimatischen Veränderungen sicherstellen
- Steigerung der Verdunstung und Abkühlung sowie der Verbesserung der Luftqualität
- Synergieeffekte schaffen bzw. fördern (Steigerung der Grünflächen, welche zu einem erhöhten Wasserrückhalt führen)
- Der Grazer Baumbestand wird aufrechterhalten und erweitert sowie an neue klimatische Stresssituationen (Auswahl richtiger Baumart) angepasst
- Attraktivierung des Stadtbildes
- Verbesserung des Mikro- und Mesoklimas
- Passive Kühlungsmethoden werden verstärkt gefördert was zu einem positiven Auswirkung auf das Stadtklima führt
- Steigerung der Aufenthaltsqualität im Freien an heißen Tagen

(MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015)

Maßnahme	Adaptierung des Wassermanagements (Grünräume)
Abkürzung	UR 1
Ziel	Unter veränderten klimatischen Bedingungen ist die Wasserversorgung für Grünräume sicherzustellen sowie die Retentionsfunktion aufrechtzuerhalten.
Beschreibung, Bedeutung	<p>In den Sommermonaten wird aufgrund höherer Temperatur, Hitzewellen und Trockenheit mit einem erhöhten Wasserbedarf gerechnet. Parallel dazu wird ein wachsender Bedarf an Grünflächen (für die Naherholung) und von einem höheren Nutzungsdruck ausgegangen.</p> <p>Die mögliche Zunahme von Starkniederschlagsereignissen stellt das Wassermanagement von Grünflächen im Hinblick auf die Retentionsfunktion und Versickerungsleistung vor neue Herausforderungen. Extremniederschläge sind in der Lage in urbanen Räumen lokale Überflutungen zu verursachen, welche meist ein hohes Schadenspotential aufweisen. Dementsprechend werden Flächen, die den Regenabfluss vor Ort versickern, verdunsten, speichern oder zeitlich verzögert abgeben immer wichtiger. Dazu zählen versickerungsfähige Oberflächen, Regenwasserspeicher, begrünte Dachflächen und Innenhöfe, Versickerungsmulden und entsiegelte Flächen. Eine weitere Möglichkeit, die in Betracht gezogen werden kann, ist eine multifunktionale Flächennutzung in Siedlungsräumen um lokale Überschwemmungen zu vermeiden.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bewässerungsmanagement für urbane Grünanlagen ist zu überprüfen und gegebenenfalls zu adaptieren ➤ Vermehrter Einsatz der Nutzung von Regenwasser sowie Anlagen von Regenwasserteichen (Sammelbecken) ➤ Um evtl. Abflussspitzen bei Starkniederschlag besser handhaben zu können, sind Grünräume auf funktionalen Nutzen zu eruiieren ➤ Retentionsfunktionen von Grünräumen sind zu verbessern bzw. zu erhöhen um lokale Überflutungen zu verhindern

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Oberflächen welche eine Versickerung zulassen sind zu forcieren und auszubauen ➤ Abteilungen und AkteurInnen in der Stadtverwaltung sind zu koordinieren um einen bestmöglichen Nutzen zu erzielen ➤ Die Bevölkerung (KleingartenbesitzerInnen, private Grünflächen, Gewerbeflächen) sind über die Nutzung von Regenwasser sowie die richtige Wahl der Bepflanzung zu informieren und aufzuklären.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Bauen und Wohnen, Schutz vor Naturgefahren und Katastrophenmanagement, Verkehrsinfrastruktur und Mobilität
Lenkungsebene	Steiermark (A6), Magistratsabteilungen, Gartenbauamt, Wasserversorgungsunternehmen

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Erhalt und Förderung von Grünräumen (biologische Vielfalt)
Abkürzung	UR 2
Ziel	Die Ökosystemfunktionen und Artenvielfalt von städtischen Frei- und Grünräumen sind aufrechtzuerhalten.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Die lokale Pflanzen- und Tierwelt wird durch die urbane Nutzung und Infrastruktur beeinflusst. Die Nutzungsarten und -intensitäten erschaffen unterschiedlichste Habitate und Habitatgefüge. Zusätzlich kommt es zu einem Einbringen (gewollt und ungewollt) kultivierter bzw. nicht kultivierter Pflanzen- und Tierarten. Auf Grundlage dessen findet sich in Städten eine hohe Artenanzahl wieder und sie bilden ökologische Nischen für spezialisierte Arten (WERNER & ZÄHRER 2009).</p> <p>Die biologische Vielfalt wird durch die StadtbewohnerInnen direkt durch private Grünflächen beeinflusst. Um bioklimatische Vorteile, von Grün- und Freiflächen zu nutzen (unter geänderten klimatischen Bedingungen) sind Anreize und Informationen zu einer angepassten Gestaltung notwendig. Vorteile welche durch Grün- und Freiflächen entstehen, sind die Erhöhung der</p>

	<p>Luftfeuchtigkeit, Beschattung, Luftaustausch, Reinigung der Luft sowie Temperaturlausgleich.</p> <p>Die zu erwartende zunehmende Temperaturerhöhung führt zur unerwünschten Migration von Neobiota, wobei hier unbedingt Gegenmaßnahmen gesetzt werden müssen (siehe Kapitel Ökosysteme und Biodiversität).</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bei Neubepflanzungen und Grünraumsanierungen sind klimaresistente (Trockenheit, Hitze) Gattungen zu wählen ➤ Biotopenverbände sind auszubauen und aufrechtzuerhalten ➤ Naturschutzkonzepte sind an die sich verändernden Bedingungen anzupassen ➤ In Wettbewerben und Ausschreibungen sind Maßnahmen zur biologischen Vielfalt zu verankern ➤ Bodenversiegelungen sind zu vermeiden ➤ Innerhalb von Siedlungen soll die Entsiegelung forciert werden (Entlastung des Abwassersystems durch vermehrte Versickerung von Niederschlag in Böden) ➤ Auf wenig bis ungenutzten Flächen ist das Auftreten von Spontangrün zuzulassen ➤ Baumbestand sowie Anlagen von Grünflächen im öffentlichen Bereich sind auszuweiten ➤ Förderungen zur naturnahen Gestaltung von Innenhöfen, Dächern, Gärten usw. sind vermehrt anzubieten ➤ Projekte wie das „Grüne Netz Graz⁴“ sowie „Grazer Innenhöfe beleben“ sind zu forcieren und auszubauen
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Ökosysteme und Biodiversität, Gesundheit und Soziales, Raumordnung/-planung
Lenkungsebene	BMLFUW, Steiermark (A6), Magistratsabteilungen, Gartenbauamt, Stadtplanung und Raumordnung

(BMLFUW 2012b)

⁴ „Konzept für eine ökologische, verkehrliche und gestalterische Vernetzung vorhandener und geplanter Grün- und Freiräume in der Stadt. Es zeigt Werte und Defizite auf und leitet daraus Handlungsbedarf sowie -spielräume ab. Das Konzept soll als praxisorientierte Grundlage zur Flächenwidmungsplanung dienen.“ (BMLFUW 2012b, S. 322)

Maßnahme	Frei- und Grünraumgestaltung sowie Pflege
Abkürzung	UR 3
Ziel	Klimatische Veränderungen sind in der Gestaltung und Umsetzung aber auch in der Pflege von Grünräumen miteinzubeziehen
Beschreibung, Bedeutung	<p>Aufgrund eines stärkeren Nutzungsdrucks und steigender Temperaturen ist die Gestaltung und Pflege anzupassen. Des Weiteren sind innerhalb des urbanen Raums zusätzliche Versickerungsstrukturen zu schaffen.</p> <p>Zu berücksichtigen ist jedoch, dass Grün- und Freiflächen unterschiedliche Besitzverhältnisse aufweisen (Private Eigentümer, Wohnbaugenossenschaften usw.) welche ebenso gefordert sind notwendige Schritte umzusetzen. Die Forcierung der Bewusstseinsbildung und Schaffung von Anreizen sind empfehlenswert.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kontrolle und Anpassung der Pflege- und Planungskonzepte ➤ Pflanzenauswahl an die neuen klimatischen Gegebenheiten anpassen ➤ Oberflächen welche Versickerungen zulassen sind auszudehnen und weitere Bodenversiegelungen zu verhindern ➤ Entsprechend dem steigenden Nutzungsdruck sind Strukturen potentiell zu erhöhen ➤ Alternative Bewässerungs- und Wassersammelsysteme sind verstärkt einzusetzen ➤ Für private GrundeigentümerInnen ist die Bewusstseinsbildung und Förderungen von Anreizen zu erhöhen
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Ökosysteme und Biodiversität, Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Raumordnung/-planung
Lenkungsebene	Steiermark (A6), Magistratsabteilungen, Gartenbauamt, Stadtplanung und Raumordnung, MikrometeorologInnen

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Naherholung und Freizeitgestaltung sind für Grün- und Freiräume anzupassen
Abkürzung	UR 4
Ziel	Grün- und Freiräume sind als Naherholungs- und Freizeiträume zu erhalten und zu erweitern um das Wohlbefinden der Stadtbevölkerung unter sich verändernden klimatischen Bedingungen sicherzustellen.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Aufgrund ihrer vielfältigen Funktionen tragen Grün- und Freiräume einen wichtigen Beitrag zur Lebensqualität in Städten bei. Sie bieten Raum für soziale Kontakte und dienen als Freizeit- und Erholungsgebiete. Für die soziale und psychische Entwicklung von Kindern ist das Erleben von Natur und biologischer Vielfalt ein wichtiger Bestandteil (CERVINKA & KARLEGGER 2009; SERGEL 2010).</p> <p>Besonders bei Hitzewellen und Tropentagen wird mit einem stärkeren Nutzungsdruck zu rechnen sein. Vorausschauende Planung und Anpassung in der Pflege verhindern negative Beeinträchtigungen von Grünflächen (durch steigende Besucherzahlen). Frei- und Grünräume sollten durch öffentliche Verkehrsmittel gut erschlossen sein.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Gewährleistung der Erreichbarkeit mit Hilfe öffentlicher Verkehrsmittel ➤ Bei der Planung und Stadterweiterung sind ausreichend Grün- und Freiflächen zu berücksichtigen ➤ Grünflächen sind angesichts dem zu erwartenden steigenden Nutzungsdruck und auf die Klimaverträglichkeit (steigende Temperaturen usw.) zu überprüfen und ggf. umzugestalten.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Ökosysteme und Biodiversität, Tourismus und Freizeit, Raumordnung/-planung, Verkehrsinfrastruktur und Mobilität
Lenkungsebene	Steiermark (A6), Magistratsabteilungen, Gartenbauamt, Stadtplanung und Raumordnung, MikrometeorologInnen

(BMLFUW 2012b)

Maßnahme	Künstliche Bewässerung urbaner Vegetation bzw. Einsatz trockenresistenter Pflanzen
Abkürzung	UR 5
Ziel	Anpassung des Grünraumes an das Auftreten vermehrter Trockenperioden
Beschreibung, Bedeutung	<p>Durch die zunehmende Sommerhitze in urbanen Räumen und der daraus resultierenden Trockenperioden kommt es zu einer negativen Beeinflussung der städtischen Vegetation. Um eine Austrocknung begrünter Flächen, die während Trockenperioden zu wenig Grundwasser oder Bodenfeuchtigkeit besitzen, zu verhindern, ist eine künstliche Bewässerung eine mögliche Maßnahme.</p> <p>Da es aber zu einem Nutzungskonflikt hinsichtlich der Gewährleistung der allgemeinen Wasserversorgung (bei längeren Trockenperioden im Sommer) führt ist diese Handlungsempfehlung nur bedingt umsetzbar. Eine Alternative wäre der Einsatz von einheimischen Arten, welche eine hohe Trockenresistenz aufweisen. Jene Pflanzen benötigen nämlich nur einen geringen Wasserbedarf und somit würde der Nutzungskonflikt teilweise entschärft werden.</p> <p>Um eine erhöhte Artenvielfalt im städtischen Raum aufrechtzuerhalten bzw. schaffen zu können, dass neben heimischen Arten auch Arten aus Herkunftsgebieten (mit erhöhten Sommertrockenzeiten) zur Begrünung verwendet werden. Dies hat den Synergieeffekt, dass eventuelle Risiken durch neue wärmeliebende Schädlinge reduziert werden.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Wenn möglich künstliche Bewässerung ➤ Einsatz von hitze- und trockenresistenten Pflanzen
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Ökosysteme und Biodiversität, Tourismus und Freizeit, Raumordnung/-planung, Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft
Lenkungsebene	Steiermark (A6), Magistratsabteilungen, Gartenbauamt

(KUTTLER et al. 2012)

Maßnahme	Verstärkte Durchlässigkeit von Niederschlag der oberen Bodenschicht
Abkürzung	UR 6
Ziel	Verbesserung der Versickerungsleistung durch Einsatz geeigneter Bepflanzung in urbanen (Grün- und Frei-)Flächen
Beschreibung, Bedeutung	<p>Die oberen Bodenzonen werden durch Hitze zum Austrocknen bewegt, was wiederum zur Folge hat, dass bei Erstniederschlägen nach einer längeren Trockenperiode der Niederschlag nicht in den ausgetrockneten Boden versickern kann, sondern oberflächlich abfließt. Dies führt zu einer erhöhten Bodenerosion, zu höheren Niederschlagsabflüssen in das Abwassersystem, zu einer verringerten Grundwassererneuerungsrate, sinkendem Grundwasserspiegel und das Risiko für lokale Überflutungen steigt.</p> <p>Die Versickerung urbaner Flächen wird verbessert, indem Vegetationen eingesetzt werden, deren Wurzelwerk den Untergrund auflockert. Eine gleichmäßige Durchwurzelung der oberen Bodenzonen führt zu einer erhöhten Durchlässigkeit.</p> <p>Es werden Arten benötigt, welche eine Überstautoleranz und eine überwiegende Trockenheitsverträglichkeit aufweisen sowie eine extensive Pflege benötigen. Der Wirkungsgrad von Stauden gegenüber Rasen liegt – hinsichtlich der Bodendurchlässigkeit – ca. um ein Drittel höher. Dies beruht darauf, dass Stauden eine intensivere Durchwurzelung des Bodens ausführen (geringes Angebot an wasserspeichernden Poren in Oberbodenschichten führt zu tiefliegender, intensiver Erschließung von Bodenzonen). Die Kapillarität und Porosität im Untergrund werden aufgrund der Wurzelaktivität verbessert, was wiederum zu einer erhöhten Versickerungsleistung führt. Die Wurzelmasse von Rasen liegt mit mehr als 95 Prozent in Oberbodenschichten (20 cm Dicke), Stauden hingegen sind in der Lage, abhängig von der Art, innerhalb von fünf Jahren mit 75 Prozent der Wurzeln bis zu 40</p>

	cm tief in den Boden einzudringen.
Handlungs-empfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Einsetzen von Stauden, welche eine tiefere Verwurzelung (als Rasen) aufweisen ➤ Schaffung der Grundlagen (tiefe der Bodenschicht) für die Durchwurzelung des Bodens geeigneter Pflanzen
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Ökosysteme und Biodiversität, Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft
Lenkungsebene	Steiermark (A6), Magistratsabteilungen, Gartenbauamt

(KUTTLER et al. 2012)

Maßnahme	Verstärkter Einsatz bodenbedeckender Vegetation bzw. Einsatz künstlicher Bedeckung
Abkürzung	UR 7
Ziel	Reduktion unbepflanzter Bodenflächen bzw. der vermehrte Einsatz künstlicher Abdeckung
Beschreibung, Bedeutung	Nicht versiegelte Flächen werden durch die wahrscheinlich zunehmende Hitze in urbanen Räumen zum Austrocknen bewegt. Wie in der vorherigen Maßnahme (UR 6) erwähnt, führt dies zu negativen Folgen (fehlende Versickerung etc.). Flächen, welche eine bodendeckende Vegetation aufweisen, reduzieren die Austrocknung des Bodens und steigern somit das Versickerungsvermögen. Bei Flächen in denen keine Bepflanzung möglich ist, können künstliche Materialien wie z.B. Mulch zur Abdeckung verwendet werden, um die Verdunstung aus dem Boden zu verringern.
Handlungs-empfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Verstärkter Einsatz von bodenbedeckter Vegetation ➤ Verwendung künstlicher Abdeckungen
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Ökosysteme und Biodiversität, Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft
Lenkungsebene	Steiermark (A6), Magistratsabteilungen, Gartenbauamt

(KUTTLER et al. 2012)

Maßnahme	Gewässerbegleitende Grünräume
Abkürzung	UR 8
Ziel	Schaffung von Grün-/Freiräumen entlang von Fließgewässern
Beschreibung, Bedeutung	<p>Wasser hat die physikalische Eigenschaft Energie in Form von Wärme zu speichern. Die Schwankungen tagsüber sind gering, wobei man sagen kann, dass es in Nacht wärmer ist und am Tag deutlich kühler. Ab einer Größe von rund einem Hektar beeinflussen Gewässer die Temperatur und Luftfeuchte in ihrer Umgebung (SCHWAB & STEINICKE 2003).</p> <p>Eine weitere Eigenschaft die Gewässer besitzen, ist die geringe Rauigkeit, die dazu führt, dass sie sich als Luftleitbahnen gut eignen, wobei es entlang derer zu einem Kaltluftaustausch kommen kann. Die Sicherung der Randbereiche sowie der Ausbau von Grün- und Freiflächen entlang von Gewässern führen zu einer Förderung der Kaltluftströme.</p> <p>Fließgewässer (Mur und Mühlgang), welche urbane Gebiete durchlaufen, sind meist nicht mehr naturell strukturiert (bebaute gradlinig verlaufende Ufer). Würde eine naturelle Gestaltung der Gewässer und Uferzonen (nutzbare Grün- und Freiflächen) vollzogen werden, würden einerseits Erholungsräume für Menschen entstehen und die Biodiversität der Stadt würde stark davon profitieren. Diese Maßnahme bewirkt einerseits die Verbesserung der Lebensqualität und andererseits zum Anderen wird aber auch der Luftaustausch in der Stadt gefördert.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sicherstellung, Aufrechterhaltung und Ausbau der Randzonen sowie Grün- und Freiflächen ➤ Renaturierung der Gewässer und Uferzonen
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Ökosysteme und Biodiversität, Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Raumordnung/-planung
Lenkungsebene	Steiermark (A6), Stadtentwicklungsplan, Flächenwidmungs- und Bebauungsplan, Wasserrechtsgesetz

(MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015)

Maßnahme	Sicherstellung und Attraktivierung von Grünräumen
Abkürzung	UR 9
Ziel	Parkanlagen und Grünräume sind aufzuwerten
Beschreibung, Bedeutung	<p>Die vorhandenen städtischen Grün- und Freiflächeninfrastrukturen werden in Graz bereits länger erhalten bzw. aufgewertet, was zu einer Verbesserung des Mikroklimas in urbanen Räumen führt. Der Wirkungsgrad auf das lokale Klima hängt von der bisherigen Nutzung ab. Landwirtschaftliche Flächen, welche als Parks umfunktioniert werden, tragen nur zu einer geringen Verbesserung des lokalen Klimas bei. Versiegelte Flächen, welche entsiegelt und zu Grünflächen umgestaltet werden, fördern das Stadtklima immens.</p> <p>Bestehende Parks können an die zunehmende Hitzebelastung durch schattenspendene Bäume, Sonnensegel oder verbesserte Bewässerung angepasst werden.</p> <p>Die Ausweitung von Parks bzw. die Verlängerung von Grünzügen kann durch Auflassung von Verkehrsflächen ermöglicht werden.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Überprüfen der Nutzbarkeit von Brach- und Verkehrsflächen zur Umwandlung in Grünräume ➤ Bestehende Grünanlagen sind an die neuen klimatischen Bedingungen anzupassen ➤ Aufwertung und Attraktivierung von Parks durch Wasserspender, nachhaltige Infrastruktur, schattenspendende Elemente (Bäume), offene Wasserstellen ➤ Fahrradstreifen und Gehwege welche versiegelt sind (Grazer Stadtpark) sind durch Rasengittersteine zu ersetzen.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Ökosysteme und Biodiversität, Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Raumordnung/-planung, Freizeit und Tourismus
Lenkungsebene	Steiermark (A6), Stadtentwicklungsplan, Flächenwidmungs- und Bebauungsplan, Fachkonzept Grün- und Freiraum

(MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015)

Maßnahme	Schaffung von Parks
Abkürzung	UR 10
Ziel	Forcierung und weiterer Ausbau von Grünflächen (Parks)
Beschreibung, Bedeutung	<p>Das Stadtklima wird positiv durch Parks beeinflusst, da es bei entsprechender Bewässerung zur Förderung der Verdunstung kommt und sie sich weniger stark aufwärmen als versiegelte Flächen. Ab einer Größe von 2,5 ha ist ein messbarer Abkühlungseffekt auf das städtische Umfeld feststellbar und bei 10 ha wird die doppelte Umgebungsfläche positiv beeinflusst (MATHEY et al. 2011, S. 38).</p> <p>Eine Studie der Stadt Dresden hat aufgezeigt, dass der erreichbare Abkühlungseffekt bei größeren Flächen (31,5 ha) höher ist, als wenn die gleiche auf mehrere kleinere Parks aufgeteilt wird (MATHEY et al. 2011, S. 83).</p> <p>Zu erwähnen ist jedoch, dass verteilte kleine Grünflächen schneller erreichbar sind, wodurch dem Hitzestress kurzfristiger ausgewichen werden kann. Selbst die Randeffekte sind durchaus größer.</p> <p>Aufgrund dieser Fakten ist eine Mischung beider Varianten anzustreben um eine flächenmäßige Durchgrünung von Stadtteilen zu erreichen.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Zentrale große Parkanlagen planen, umsetzen und realisieren ➤ Kleinflächige Grün- und Freiräume aufrechterhalten und weiter ausbauen
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Ökosysteme und Biodiversität, Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Raumordnung/-planung, Freizeit und Tourismus
Lenkungsebene	Steiermark (A6), Stadtentwicklungsplan, Flächenwidmungs- und Bebauungsplan, Fachkonzept Grün- und Freiraum

(KUTTLER et al. 2012; MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015)

Maßnahme	Waldflächen
Abkürzung	UR 11
Ziel	Aufrechterhaltung und weiterer Ausbau von Waldflächen
Beschreibung, Bedeutung	<p>Wälder sind große Kaltluftproduzenten, welche auch aufgrund des verzögerten Kaltluftabflusses auch untertags einen Beitrag zur Abkühlung leisten. Die Kaltluftproduktivität reicht von 0,6 m³/(m² h) bis weit über 20 m³/(m² h) (SCHWAB & STEINICKE 2003, S. 28).</p> <p>Darüber hinaus tragen stadtnahe Wälder einen wichtigen Beitrag zu städtischen Luftverbesserung, in Form von Fähigkeiten wie der Sauerstoffproduktion, CO₂-Speicherung und Luftfilterung, bei.</p> <p>Grazer Waldflächen können durch die Umwandlung von Feldern, Wiesen und brach liegende Bereiche erweitert werden.</p> <p>Synergieeffekte welche durch diese Handlungsempfehlung entstehen, fördern sowohl neue Lebensräume für Tier- und Pflanzenarten als auch die Schaffung neuer Naherholungsgebiete und die Verbesserung der Biodiversität.</p> <p>Wichtig ist, dass Waldflächen nicht in städtische Kaltluftbahnen angelegt werden, da es sonst zu einer Verschlechterung der Luftzirkulation kommen kann.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aufforstung, Ausweitung und Schaffung von stadtnahen Wäldern ➤ Bestehende Waldflächen hinsichtlich ihrer Lage (Kaltluftströme) überprüfen und ggf. versetzen.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Ökosysteme und Biodiversität, Raumordnung/-planung, Freizeit und Tourismus
Lenkungsebene	Steiermark (A6), Stadtentwicklungsplan, Flächenwidmungs- und Bebauungsplan, Forst- und Naturschutzgesetz, Waldentwicklungsplan

(MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015)

Maßnahme	Baumbestand sichern und ausweiten
Abkürzung	UR 12
Ziel	Instandhaltung, Ausweitung und Sicherung des städtischen Baumbestands
Beschreibung, Bedeutung	<p>Eine wichtige Funktion nimmt der Baumbestand für das Grazer Stadtklima ein. Bäume im städtischen Raum sind unterschiedlichsten anthropogenen Einflüssen und Belastungen ausgesetzt. Dies stellt die Pflanzen (Bäume) vor extreme Herausforderungen, welche oft zu Schädigungen und Absterben führen. Die größte Belastung entsteht durch erhöhte Trockenheit und Überhitzung, die unter anderem auf zu geringe Substratvolumina zurückzuführen sind sowie die verstärkte Abgasbelastung. Das Immunsystem wird dadurch geschwächt was oft zur Folge hat, dass Schädlinge die Bäume befallen. Steigende Temperaturen in urbanen Räumen, zunehmender Versiegelungsgrad und erhöhte Bautätigkeit führen zusätzlich zu einer vermehrten Belastung.</p> <p>Größe und Vitalität von Bäumen sind maßgeblich für den stadtklimatischen Einfluss. Wichtig ist, dass Bäume ein optimales Alter erreichen und nicht durch zurückstutzen am wachsen gehindert werden.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ UHI-relevante Pflegemaßnahmen, Ersatz- und Neubepflanzungen sind zu forcieren ➤ Vermehrte Errichtung von Bewässerungssystemen ➤ Baumschutzmaßnahmen umsetzen ➤ Für Neu- und Ersatzbepflanzungen sind klima- und standortgerechte Baumarten zu wählen (siehe folgende Handlungsempfehlung)
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Ökosysteme und Biodiversität, Raumordnung/-planung, Verkehrsinfrastruktur und Mobilität
Lenkungsebene	Steiermark (A6), Stadtentwicklungsplan, Grazer Bau- und Baumschutzverordnung, Forstgesetz

(MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015)

Maßnahme	Verwendung geeigneter Baumarten
Abkürzung	UR 13
Ziel	Die Auswahl und Umsetzung von anpassungsfähigen, robusten, hitze- und trockenheitstoleranten Baumarten für jegliche Grünanlagen (Alleen, Parks usw.) ist zu forcieren.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Klimatische Szenarien sagen steigende sommerliche Temperaturen bei gleichzeitigem Rückgang der Niederschlagsmengen voraus. Dies führt zu einer vermehrten Belastung urbaner Bäume. Dementsprechend soll bei Erweiterungs- und Neubepflanzungen auf Hitze- und Trockenverträglichkeit geachtet werden.</p> <p>Neben den erwähnten positiven Eigenschaften von Bäumen hinsichtlich des Mikroklimas besitzen sie noch weitere; wie beispielsweise die lufthygienische Wirkung (Spaltöffnung der Blätter; sind in der Lage gasförmige Luftschadstoffe – Stickoxide, Schwefeldioxyde, bodennahes Ozon, Kohlenmonoxide und andere flüchtige organische Kohlenstoffe – aufzunehmen) und die Verringerung der Lufttemperatur (Reduktion des Ozonbildungspotentials) (MENKE et al. 2008).</p> <p>Verschiedene, geeignete Baumarten sowie Hinweise zur Standortoptimierung und Pflege von Bäumen sind in der Masterarbeit von OSWALD (2009) „Zustandsanalyse von Jungbäumen im Stadtgebiet von Graz“ aufgelistet.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Auswahl hitzebeständiger und trockenresistenter Baumarten ➤ Baumscheibenoptimierung
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Ökosysteme und Biodiversität, Raumordnung/-planung, Verkehrsinfrastruktur und Mobilität
Lenkungsebene	Steiermark (A6), Stadtentwicklungsplan, Grazer Bau- und Baumschutzverordnung, Forstgesetz

(MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015)

Maßnahme	Straßenbegleitgrün (Allee, Einzelbäume, Strauchreihe, Rasen und Wiesenfläche)
Abkürzung	UR 14
Ziel	Ausdehnung und Anlegen von Straßenbegleitgrün
Beschreibung, Bedeutung	<p>Allee</p> <p>Es besteht die Möglichkeit eine ein- bzw. zweireihige Allee sowie eine straßenmittige Allee zu gestalten. Die Aufheizung der Straße wird durch vorhandene Bäume reduziert. Die Beschattung führt zu einer geringeren Erwärmung der beschatteten Oberfläche, geringerer Wärmespeicherung sowie einer Verminderung der nächtlichen Wärmeabgabe. 80 Prozent des klimatischen Effekts sind auf die Beschattung zurückzuführen und 20 Prozent auf die Transpiration (SHASHUA-BAR & HOFFMAN 2000, S. 234). Es wird von einer täglichen Verdunstungsleistung von 500 l Wasser pro Baum (z.B. Linde) ausgegangen. Zusätzlich kommt es zu einer Erhöhung der relativen Luftfeuchte von 30 auf 60 Prozent und der Wärmeentzug beträgt 300.000 kcal (ERMER et al. 1996, zitiert nach MATHEY et al. 2011). Simulationen zeigen auf, dass eine Abkühlung der Luft direkt unter den Bäumen bis zu 10 °C beträgt und im Umfeld bis zu 3 °C niedriger ist (BRANDL et al. 2011). Die Ursache für den klimatischen Effekt hängt vor allem von der Größe der Baumkrone ab, weshalb großkronige, hochwachsende Laubbäume zu pflanzen sind (KUTTLER 2011). Infolgedessen ist die Wirksamkeit dieser Maßnahme vom Alter der Bäume abhängig. Alle drei Allee-Varianten führen zu einer Verbesserung des Mikroklimas und wirken sich geringfügiger auf das Mesoklima aus. Die Kosten für einseitige- und Mittel-Alleen werden als niedrig eingestuft, für zweiseitige Allees wird von mittleren Erhaltungs- und Errichtungskosten ausgegangen.</p> <p>Einzelbäume</p> <p>Diese Maßnahme ist für Standorte geeignet, in denen aufgrund der vorhandenen Gegebenheiten nur die Bepflanzung von Einzelbäumen gegeben ist. Einzelbäume nehmen ebenfalls</p>

wichtige klimatische Funktionen ein, etwa die Beschattung von Raum (geringere Erwärmung), was zu einem angenehmeren Aufhalten im Straßenfreiraum führt. Die konkreten klimatischen Auswirkungen einzelner Bäume sind in den vorherigen Maßnahmen genauer beschrieben. Die Errichtungs- und Erhaltungskosten werden als niedrig eingestuft. Sind Einbauten vorhanden oder wird ein Bewässerungssystem benötigt, so ist mit höheren Kosten zu rechnen. Einzelne Bäume sind nicht nur für die klimatische Wirksamkeit notwendig, sondern wirken sich positiv auf das Wohlbefinden der urbanen Bevölkerung aus.

Strauchreihe

Diese Handlungsempfehlung zielt auf die Bepflanzung von Strauchreihen und Hecken entlang von Straßen ab. Oft lassen Rahmenbedingungen die Errichtung von Alleen oder Einzelbäumen nicht zu und so stellen Sträucher und Hecken eine kostenextensive Alternative dar. Positive Effekte wie die Beschattung, Verdunstung, Wasserrückhalt sowie lufthygienische Verbesserung sind auch durch Sträucher gegeben (geringer als bei Bäumen). Sie besitzen den Vorteil, dass bei Reparaturen der Einbauten, diese schneller entfernt bzw. ersetzt werden können als Bäume. Sie sind allerdings in der Pflege aufwendiger.

Rasen und Wiesenflächen

Die Begrünung durch Rasen- bzw. Wiesenstreifen entlang von Straßen sollte ca. eine Breite von zwei Metern aufweisen um eine klimatische Wirksamkeit zu erreichen. Eine weitere Maßnahme wäre die Begrünung von Gleiskörpern. Um bei Trockenphasen im Sommer die klimatische Funktion aufrechtzuerhalten, sind Rasenstreifen zu pflegen und zu bewässern. Aus diesem Grund ist die Entwicklung extensiverer Wiesen zu bevorzugen. Durch die zwei-mal jährliche Mahd von Wiesen ist der Pflegeaufwand geringer als bei intensiv gepflegten Rasenflächen. Ein Synergieeffekt, der die Verringerung der Mahd entsteht, ist die

	<p>Erhöhung der Artenvielfalt. Grünflächen (Rasen und Wiesen) sind eine Alternative, wenn Baum und Strauchbepflanzungen aufgrund baulicher Voraussetzungen nicht möglich sind. Werden versiegelte Flächen in Grünflächen umgewandelt, wird die tagsüber entstehende Erwärmung der Oberflächen reduziert sowie die nächtliche Wärmeabgabe verringert. Da bei dieser Art von Grünfläche keine Beschattung erfolgt, beruht die klimatische Auswirkung auf der Evapotranspiration (Ausreichende Feuchtigkeit der Vegetation und des Bodens notwendig) (KUTTLER 2011).</p> <p>Die Begrünung von Gleisbett kann mittels Rasen, Sedum im Substrat oder durch Vegetationsmatten erfolgen. Diese Begrünung wirkt sich positiv auf das Klima aus. Es kommt zur Verdunstung von Wasser wobei Verdunstungskälte freigesetzt wird. Oberflächen werden von direkter Sonneneinstrahlung besser geschützt, was zu einer geringeren Erwärmung tagsüber führt. Des Weiteren werden ca. 90 Prozent der Niederschläge, die auf Gleisbegrünungen fallen, darin gebunden. Theoretisch trägt somit jeder begrünter Gleisquadratmeter durch seine Verdunstungsleistung zur Abkühlung von 44.000 m³ Luft und 10 K bei (GRÜNGLEISNETZWERK o. J.).</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Evaluierung und Überprüfung möglicher Standorte für Alleeen, Einzelbäume bzw. Rasen- und Wiesenflächen ➤ Forcierung der Begrünung von Gleisbetten ➤ Versiegelte Flächen sind hinsichtlich ihrer Nutzung zu überprüfen, ggf. zu entsiegeln und durch Grünflächen zu ersetzen. Sind Alleeen oder Einzelbäume nicht möglich, sollten mindestens Rasen- bzw. Wiesenflächen angestrebt werden.
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	<p>Ökosysteme und Biodiversität, Raumordnung/-planung, Verkehrsinfrastruktur und Mobilität, Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, Gesundheit und Soziales</p>
Lenkungsebene	<p>Steiermark (A6), Stadtentwicklungsplan, Grazer Bau- und Baumschutzverordnung, GVB, Magistratsabteilung</p>

(KUTTLER et al. 2012; MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015)

Maßnahme	Kleinflächige Grünflächen (Innenhofbegrünung)
Abkürzung	UR 15
Ziel	Die Begrünung von Innen- und Hinterhöfen, sowie unversiegelter Flächen ist zu verstärken
Beschreibung, Bedeutung	<p>Die Lebensqualität der AnrainerInnen sowie das Mikroklima wird durch begrünte Innenhöfe positiv beeinflusst. Messungen belegen, dass zwischen begrünten und nicht begrünten Innenhöfen große Temperaturunterschiede vorliegen. Wie bereits in UR 14 erwähnt, sind auch hier Bäume am effektivsten hinsichtlich des positiven klimatischen Einflusses. Als Alternative können aber auch großwüchsige Sträucher oder mobiles Grün verwendet werden. Ein Projekt der technischen Universität Wien, „Urban Summer Comfort“ hat belegt, dass die Begrünung von Innenhöfen zu einer Verminderung der Temperaturspitzen im Tagesverlauf sowie zu einer Reduktion der Nachttemperaturen führen. Zusätzlichen Einfluss haben Faktoren wie Art des Hofes (offen oder geschlossen), dessen Größe und Intensität der Begrünung. Dieses Projekt zeigt auf, dass die Verbindung aus intensiver Begrünung und einseitig geöffnetem Hof klimatisch gesehen am günstigsten ist (Mitteilung Dr. Azra Korjenic, TU Wien, 2014).</p> <p>Die Umsetzung dieser Handlungsempfehlung führt zu einer Verbesserung des Mikroklimas, wobei der Einfluss auf das Mesoklima vernachlässigbar ist.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Weiterführung und Ausbau der Förderung von Innenhofbegrünungen ➤ Verstärkte Öffentlichkeitsarbeit und Bewusstseinsbildung hinsichtlich der Thematik
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Ökosysteme und Biodiversität, Raumordnung/-planung, Gesundheit und Soziales, Bauen und Wohnen
Lenkungsebene	Steiermark (A6), Stadtentwicklungsplan, Grazer Bau- und Baumschutzverordnung, Forstgesetz

(MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015)

Maßnahme	Mobiles Grün und grüne Wandelemente
Abkürzung	UR 16
Ziel	Eine Ausweitung mobiler Grünanlagen und Wandelemente soll angestrebt werden.
Beschreibung, Bedeutung	<p>Mobiles Grün</p> <p>Hierbei werden Pflanzengefäße zur Begrünung von Freiräumen genutzt. Aufgrund diverser Standortfaktoren ist oft eine bodengebundene Bepflanzung nicht möglich und daher ist der Einsatz von „Mobilem Grün“ eine Alternative. Die Auswirkung auf das Mikroklima ist abhängig von Größe der Pflanze sowie deren Verdunstungsleistung. Eine intensive Pflege und Bewässerung ist hierbei notwendig, da kein Bodenkontakt vorherrscht. Mobiles Grün führt zwar nur zu einer geringen klimatischen Verbesserung, es kommt jedoch zu einer Aufwertung der Straßen, was sich wiederum positiv auf das Wohlbefinden der Bevölkerung auswirkt.</p> <p>Grüne Wandelemente</p> <p>Sie sind flächig mit Vegetation bewachsen und können als unterschiedlichste Bauelemente verwendet werden (Lärmschutzwand, grüne Wände usw.). Die Effizienz dieser Maßnahme hängt von der Verdunstung sowie der Beschattung und verringerter Erwärmung von Oberflächen ab. Sie können als Gestaltungselemente und Sichtschutz in urbanen Räumen eingesetzt werden.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pflege von „Mobilem Grün“ kann durch Kooperation mit Privatpersonen (GeschäftsinhaberInnen, AnrainerInnen) erleichtert werden ➤ Förderung von mobilem Grün insofern, dass Unternehmen und Geschäfte so ein „Grün“ einsetzen ➤ Attraktivierung der Stadt durch „Mobiles Grün“ und „Grüne Wandelemente“
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Ökosysteme und Biodiversität, Raumordnung/-planung, Tourismus und Freizeit, Gesundheit und Soziales
Lenkungsebene	Stadt Graz, EigentümerInnen, Geschäfte, AnrainerInnen

(MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015)

Maßnahme	Schaffung offener Wasserflächen
Abkürzung	UR 17
Ziel	Erweiterung, Planung und Schaffung von Wasserflächen
Beschreibung, Bedeutung	<p>Die Erhöhung des Anteils offener Wasserstellen kann durch Erstellung künstlicher Fließgewässer oder Wasserflächen in Parks (Biotope usw.) geschaffen werden.</p> <p>Sinn dieser Maßnahme ist es, dass Wasser, welches verdunstete Wärmeenergie aus der Luft benötigt, zu einer Abkühlung der aufgeheizten Innenstadtluft führt. Der Abkühlungseffekt von urbanen Räumen kann durch die Ausweitung offener Wasserstellen enorm gesteigert werden und gleichzeitig wird die Luftfeuchtigkeit in der meist relativ trockenen Stadtatmosphäre erhöht. Die positive Wirkung des Abkühleffekts durch die Verdunstung überwiegt den Nachteil einer eventuell häufiger auftretenden Schwüle im städtischen Gebiet. Bewegtes Wasser (Springbrunnen) oder Wasserzerstäuber tragen im Gegensatz zu stehenden Wasserflächen einen höheren Beitrag hinsichtlich der Verdunstungskühle bei.</p> <p>Offene Wasserflächen haben den zusätzlichen Effekt, das Lufttemperaturen in der Umgebung ausgeglichen werden. Wasser erwärmt sich im Verhältnis zu Luft langsamer, was dazu führt, dass sie im Sommer relativ kühl und im Winter relativ warm sind.</p>
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bei der Entwicklung neuer Stadtteile sollen bereits in die Planung offene Wasserflächen miteinbezogen werden ➤ Wasserflächen wie im Grazer Stadtpark sind aufrechtzuerhalten und falls möglich auszuweiten ➤ Fließgewässer (Volksgarten) sind sicherzustellen
Bezug weiterer Aktivitätsfelder	Ökosysteme und Biodiversität, Raumordnung/-planung, Tourismus und Freizeit, Gesundheit und Soziales
Lenkungsebene	Stadt Graz, EigentümerInnen, Geschäfte, AnrainerInnen

(KUTTLER et al. 2012; MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015)

6. Bedeutende Maßnahmen für Graz

6.1 Dachbegrünung

Das Mikroklima wird durch die Dachbegrünung positiv beeinflusst. Die Gebäudeoberflächen- und die Lufttemperaturen werden durch diese Maßnahme verringert, wobei eine zusätzliche Abkühlung durch die Verdunstungsleistung der Pflanzen entsteht. Des Weiteren kommt es zu einer Verminderung der nächtlichen Wärmeabstrahlung, da eine verringerte Oberflächenerwärmung vorliegt. Die am Dach vorhandene Vegetation ist in der Lage Schadstoffe zu binden und trägt einen wichtigen Teil zur Luftreinigung bei. Die Photosynthese, die durch die vorhandene Vegetation betrieben wird, führt einerseits zur Produktion von Sauerstoff und andererseits wird das Treibhausgas CO₂ gebunden. Eine weitere Funktion der Dachbegrünung ist die Eigenschaft des Wasserrückhalts bzw. die Retentionsleistung welche einerseits das städtische Abwassersystem entlastet und andererseits einen wichtigen Beitrag zum passiven Hochwasserschutz leistet (UMWELTAMT GRAZ 2015; MAGISTRAT DER STADT WIEN 2015).

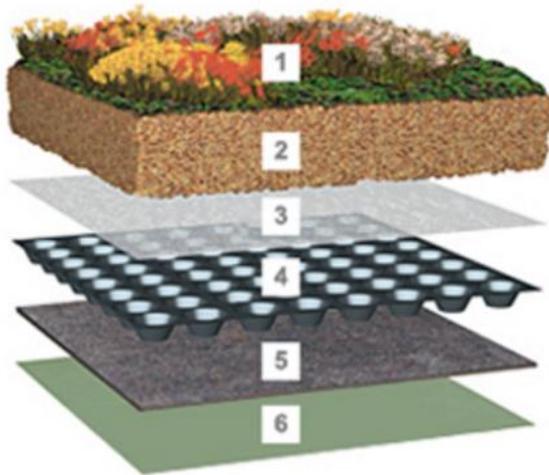
Es werden 2 Arten der Dachbegrünung unterschieden:

Extensivbegrünung	Intensivbegrünung
Geringe Aufbauhöhe (8-15 cm)	Größere Aufbauhöhe (25-50 cm)
Geringer Last (ab 80 k/m ²)	Schwere Auflast (300-600 kg/m ²)
Geringer Pflegeaufwand	pflegeintensiver
Wasserspeicherkapazität 30-50 l/m ²	Wasserspeicherkapazität 90-160 l/m ²
Ca. 40 €/m ²	Kostenrichtwert: ab 90 €/m ²
Moose, Kräuter, Sedumarten, Horstgräser, Blütenstauden, Polstergräser usw.	Dachgarten, Gemüsegarten usw.
	Nutz- und begehbar

Tabelle 20: Extensiv- vs. Intensivbegrünung (Eigene Darstellung nach OPTIGRÜN 2014)

In den folgenden beiden Darstellungen wird der theoretische Aufbau der Extensiv- bzw. Intensivbegrünung gezeigt.

Extensivbegrünung



1 Begrünung

Sedum-Sprossen, Flach- und Kleinballenstauden, Sedum-Matten

2 Vegetationstragschicht

Pflanzsubstrat Extensiv, 8 - 15cm Höhe

3 Filterschicht

Flitervlies 100 - 150 g pro m²

4 Drän- und Wasserspeicherschicht

Höhe 20 - 40 mm

5 Schutzschicht

Schutzvlies 600 g pro m²

6 Wurzelfeste Folie

Abbildung 41: Aufbau - Extensivbegrünung (DACHUNDGARTEN o.J.)

Intensivbegrünung



1 Begrünung

Rasen, Stauden, Sträucher

2 Vegetationstragschicht

Pflanzsubstrat Intensiv, Pflanzsubstrat Tiefgarage
Höhe 30 - 100 cm

3 Filterschicht

Flitervlies

4 Drän- und Wasserspeicherschicht

Höhe 40 - 100 mm

5 Schutzschicht

Schutzvlies

6 Wurzelfeste Folie

Abbildung 42: Aufbau - Intensivbegrünung (DACHUNDGARTEN o.J.)

Vorteile die durch die Dachbegrünung entstehen sind:

Wasserrückhalt und Retentionsleistung

Die Dachbegrünung weist eine hohe Wasserspeicherfunktion aufgrund der Vegetationsschicht auf. Es kommt zu einer Verminderung des Wasserabflusses (Wasserrückhaltefunktion) und überschüssiges Wasser wird verzögert abgegeben. Das Wasser geht über die Pflanzen (Transpiration) bzw. den Schichtaufbau (Evaporation) wieder in den Wasserkreislauf ein (UMWELTBERATUNG WIEN 2009).

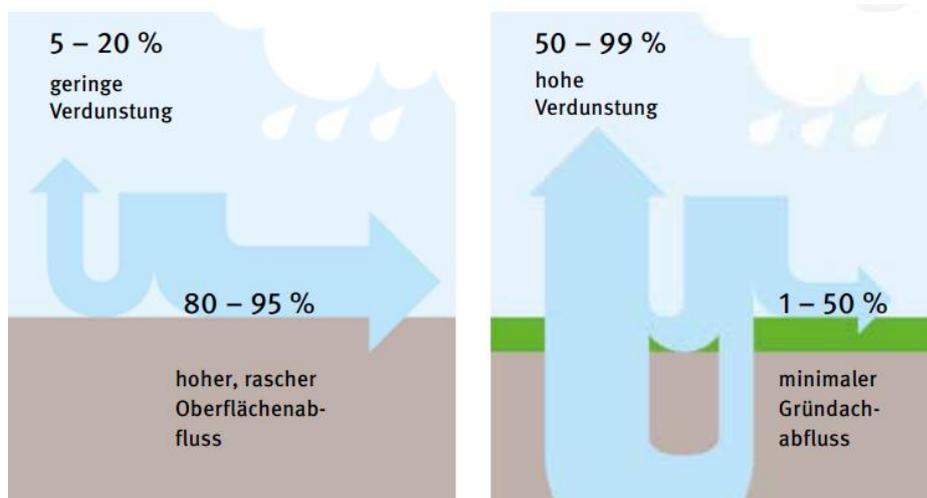


Abbildung 43: Wasserkreislauf ohne (links) und mit Dachbegrünung (rechts) (OPTIGRÜN 2014)

Hier sind einige Vegetationsformen hinsichtlich ihrer Art, Aufbaudicke, des Wasserrückhalts und Jahresabflusses aufgelistet.

Begrünungsart	Aufbaudicke (cm)	Vegetationsform	Wasserrückhaltung im Jahresmittel (%)	Jahresabflussbeiwert/ Versiegelungsfaktor
Extensivebegrünungen	>8-10	Sedum-Moos-Kraut-Begrünung	50	0,50
	>10-15	Sedum-Kraut-Gras-Begrünung	55	0,45
	>15-20	Gras-Kraut-Begrünung	60	0,40
Intensivbegrünungen	15-25	Rasen, Stauden, Kleingehölze	60	0,40
	>25-50	Rasen, Stauden, Sträucher	70	0,30
	>50	Rasen, Stauden, Bäume, Sträucher	>90	0,10

Tabelle 21: Anhaltswerte für die prozentuale jährliche Wasserretention bei Dachbegrünungen in Abhängigkeit von der Aufbaudicke (Eigene Darstellung nach FLL 2002a,b, S. 36).

Schutz und Verlängerung der Lebensdauer des Daches

Die Dachoberfläche ist extremen Temperaturschwankungen (je nach Art des Daches bis zu 100 °C) durch die jahreszeitlichen Temperaturunterschiede ausgesetzt. Begrünte Dächer vermindern die mechanische und thermische Belastung von Dächern und verlängern die Lebensdauer mindestens um die Hälfte (UMWELTBERATUNG WIEN 2009).

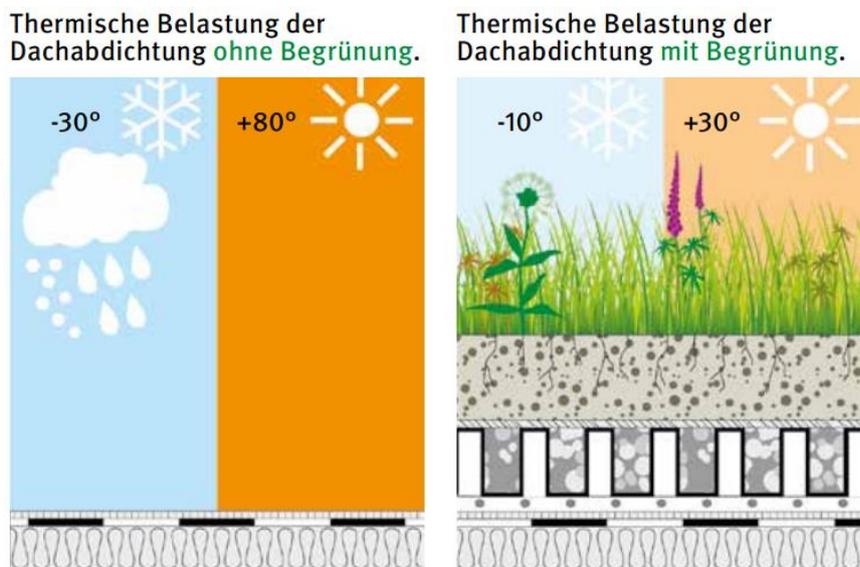


Abbildung 44: Winterliche und sommerliche Temperaturextreme auf einem unbegrüntem (links) und einem begrünten Dach (rechts) (OPTIGRÜN 2014)

Wasserreinigung

Begrünte Dächer besitzen eine starke Puffer- und Reinigungsleistung. Schadstoffe (gelöst/partikulär) werden bei herkömmlichen Dächern nach einer gewissen Zeit abgespült, während bei Gründächern das Substrat als Schadstofffilter fungiert. Nach diesem Filtrationsvorgang kann ablaufendes Niederschlagswasser ohne Probleme in offene Gewässer abgeleitet werden (UMWELTBERATUNG WIEN 2009).

Schadstoff	Kiesdach	Gründach
Cd	0 %	96 %
Zn	0 %	16 %
Cu	0 %	99 %
Pb	0 %	99 %
N	0 %	97 %

Tabelle 22: Ausmaß der Schadstofffilterung durch ein Kies- bzw. Gründach in Prozent (Eigene Darstellung nach Köhler 1993)

Sommerlicher Hitzeschutz

Die Verdunstung, das Blattwerk und der Luftpolster der Vegetationsschicht führen zu einer Reduktion der Aufheizung der Dachfläche im Sommer, zu einer verbesserten Isolation (geringer Wärmeverlust im Winter) und einer Klimatisierung der darunter liegenden Räume (KUTTLER et al. 2012).

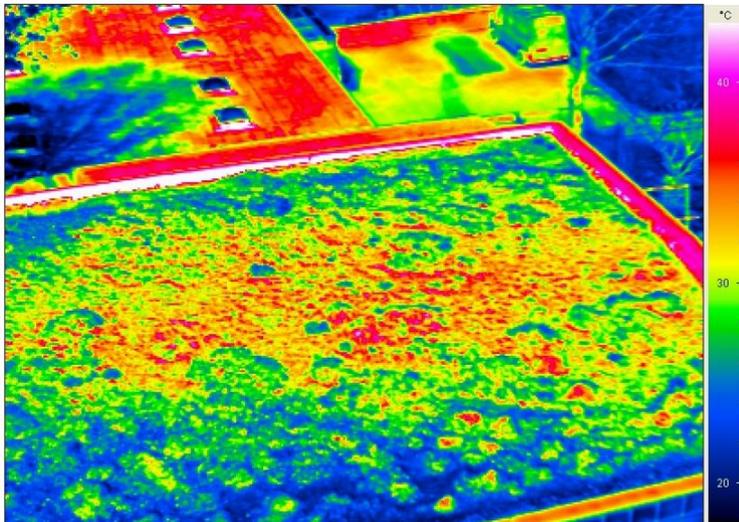


Abbildung 45: Oberflächentemperaturen eines begrünten (vorne) und unbegrünten Dachs im Frühjahr (Foto: Mersmann in KUTTLER et al. 2012)

Die folgende Grafik zeigt den Temperaturunterschied im Tagesverlauf zwischen einem konventionellen bzw. begrünten Dach.

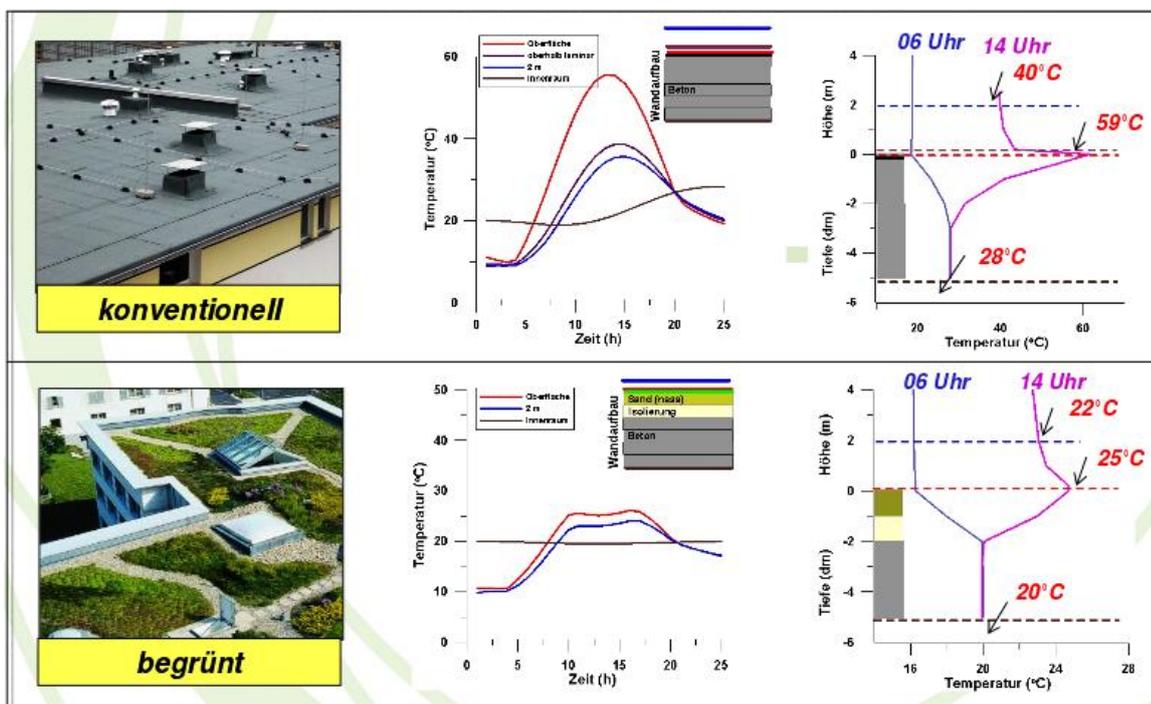


Abbildung 46: Tagestemperaturunterschiede - Konventionelles Dach vs. begrüntes Dach (KARLSRUHE o.J.)

Eine andere Grafik stellt ebenfalls einen Temperaturunterschied im Tagesverlauf dar (Sommer bis August 1997):

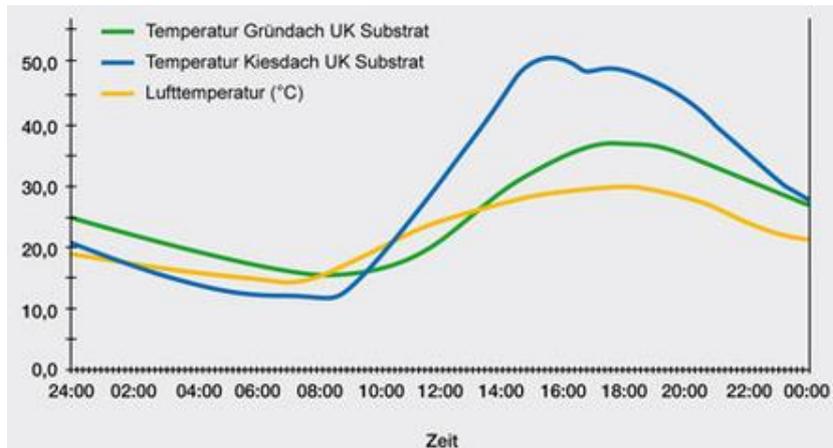


Abbildung 47: Temperaturunterschied Gründach gegenüber einem Kiesdach - UK Substrat (BAUDER o.J.)

Weitere Vorteile

- Lebensraum für Flora und Fauna
- Sommerlicher Hitzeschutz
- Wärmedämmender Effekt im Winter
- Lärminderung (schallabsorbierende Wirkung)
- Klimaschutz (CO₂-Senkung)
- Attraktivierung des öffentlichen Raums
- Schutz vor Elektrosmog

(UMWELTAMT GRAZ 2015; UMWELTBERATUNG WIEN 2009)

Begrünungspotential der Stadt Graz laut UMWELTAMT GRAZ (2015)

- gesamte Dachflächen in Graz: 14,6 Mio. m²
- begrünbare Dachflächen: 1,6 Mio. m²

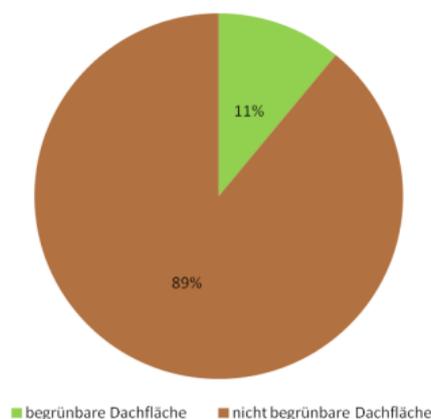


Abbildung 48: Aufteilung der Grazer Dachflächen (UMWELTAMT GRAZ 2015)

6.2 Fassadenbegrünung

Ähnlich wie bei der Dachbegrünung wirkt sich auch die Begrünung der Hausfassaden positiv auf das thermische, lufthygienische und energetische Potenzial eines Gebäudes aus. Die mikroklimatischen Verhältnisse an Gebäuden werden verbessert. Es kommt auch hier zu einer Abmilderung der Temperaturextreme im Jahresverlauf. Das Aufwärmen der Hauswand (intensive Sonneneinstrahlung) wird durch das Blattwerk, Luftpolster und Vegetationsschicht reduziert, wobei zusätzlich der Wärmeverlust im Winter vermindert wird. Um die winterliche Sonneneinstrahlung und deren Wärme nutzen zu können, kann eine Begrünung von laubabwerfenden Pflanzen (z.B. wilder Wein) verwendet werden (KUTTLER et al. 2012, S. 176).

Ein weiterer Synergieeffekt der Fassadenbegrünung nach KUTTLER et al. (2012) ist der Schutz des Mauerwerks, da es zu einer verringerten Feuchtigkeitsbelastung kommt. Ebenfalls wirkt sich die Fassadenbegrünung positiv auf die lufthygienische Situation im innerstädtischen Bereich aus, da es vor allen zu einer Herausfilterung von Schadstoffen kommt (Ebenda et al. 2012, S. 176).

Bodengebundene Begrünung

Sie wird im Boden oder in großen Trögen angelegt und ermöglicht je nach Kletterpflanze unterschiedliche Wuchshöhen. Es werden je nach Art diverse Kletterhilfen (Seile, Stahlgerüste) benötigt. Selbstkletternde Pflanzen (z.B. Efeu) sind nicht auf Kletterhilfen angewiesen (UMWELTAMT GRAZ 2015).

Vorteile

- Einfache Umsetzung
- Finanziell gesehen günstigste Form der Fassadenbegrünung
- Geringer Wartungsaufwand und Pflege
- Recht einfach umsetzbar
- Kann mit Rankhilfen sehr schön designt werden
(GRÜNSTATTTGRAU 2014; UMWELTAMT GRAZ 2015).

Fassadengebundene Begrünung

Bei dieser Form der Fassadenbegrünung werden Pflanzen direkt in die Fassade integriert. Es wird kein Bodenanschluss benötigt, jedoch müssen die Pflanzen bewässert und mit Nährstoffen versorgt werden. Im Verhältnis zu bodengebunden Form ist diese Form der Begrünung mit deutlich höheren Kosten und einem erhöhten Wartungsaufwand verbunden (UMWELTAMT GRAZ 2015).

Vorteile

- Schutz der Gebäudehülle („zweite Haut“ – auch Schallschutz –)
- Gestaltungsspielraum und Pflanzenvielfalt enorm (Teilflächenbegrünung, Design, Muster)
- Nach Montage bereits fertig begrünt und somit fertiggestellt
- Verschiedene Höhen und Teilbereiche möglich
- Bildet große Blattmassen am Gebäude (hohe Effektleistung)

(GRÜNSTATTGRAU 2014; UMWELTAMT GRAZ 2015).

Um zu verdeutlichen welchen positiven Effekt eine Fassadenbegrünung hinsichtlich ihres Wärmehaushaltes hat, wird in den unten dargestellten Bilder aufgezeigt.

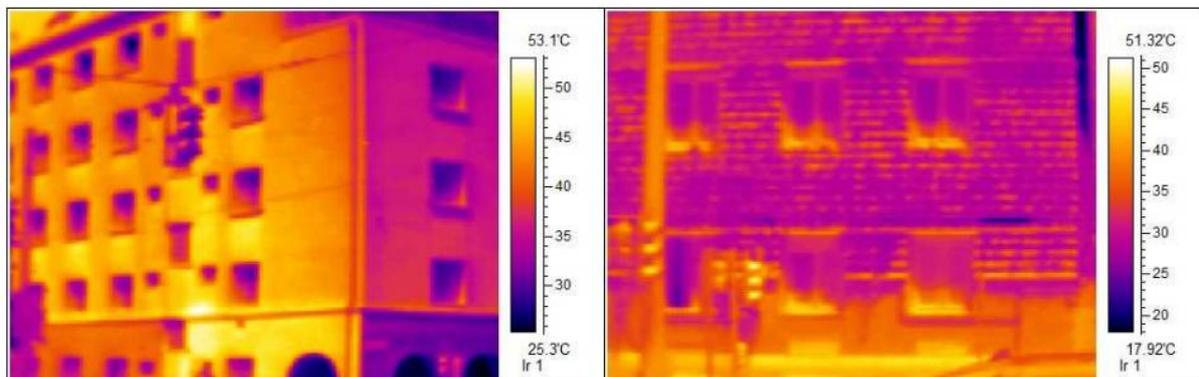


Abbildung 49: Vergleich der Oberflächentemperaturen an der Südfassade des nebenstehenden Gebäudes (45 °C) und der Grünfassade (30 °C) im August 2011, (ENZI & SCHARF 2011 aus IBLB)



Abbildung 50: Oberflächentemperaturen einer begrünten (rechts) und unbegrünten Hauswand (Foto: Mersmann in KUTTLER et al. 2012)

Bei Gebäuden, an denen eine Fassadenbegrünung nicht möglich ist, kann auf geeignete Oberflächenmaterialien zurückgegriffen werden.

Helle Oberflächen

Helle Baumaterialien reflektieren die eingestrahlte Sonnenenergie stärker, was zu einer reduzierten Erwärmung der Hausfassade führt. Hell gestrichene Häuser (Straßen – heller Asphaltbelag –) heizen sich daher weniger stark auf, was zu einer Verringerung des Wärmeinseleffekts führt (KUTTLER et al. 2012, S. 181).



Abbildung 51: Oberflächentemperaturen einer Hauswand oben mit hellem Anstrich (Foto: Mersmann in KUTTLER et al. 2012)

6.3 Grüne Gleise

Die Begrünung von Straßenbahngleisen bringt eine Vielzahl von ökologischen, stadtgestalterischen und ökonomischen Effekten mit sich. So entstehen mehr als ein Hektar Vegetationsfläche bei einer Begrünung von zwei Kilometer eines Doppelgleises (HENZE & SIEMSEN 2003).

Auswirkungen auf den urbanen Wasserhaushalt

Das anfallende Niederschlagswasser wird durch das Vegetationssystem (im Gleis) bis zu seiner Sättigung gespeichert. Das überflüssige Wasser gelangt in die Kanalisation bzw. ins Grundwasser, wobei im Verhältnis zu einem nicht begrünten Gleis mit einer geringen Abflussrate zu rechnen ist. Ein Abfluss erfolgt in der Regel erst bei Niederschlägen längerer Dauer oder größerer Intensität. Das aufgenommene und gespeicherte Wasser wird durch Evaporations- und Transpirationsprozesse an die Umgebung abgegeben. Dies führt zu einer Abkühlung der Lufttemperatur sowie zu einer Erhöhung der Luftfeuchte (GRÜNGLEISNETZWERK o. J.).

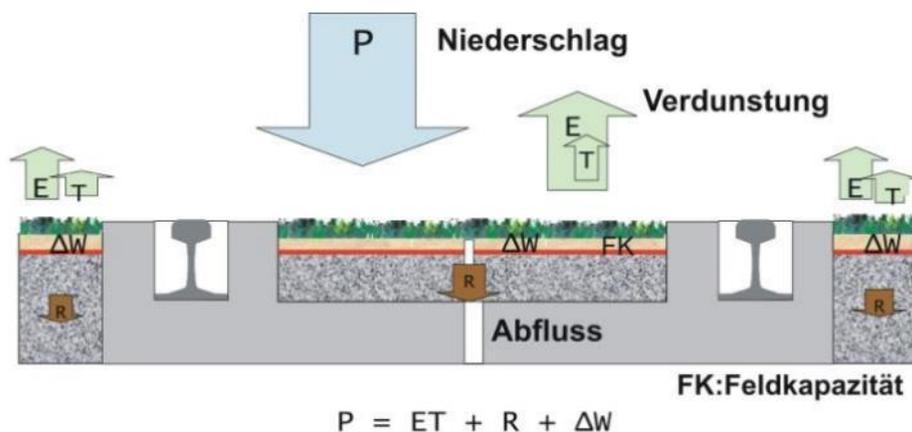


Abbildung 52: Elemente des Wasserhaushalts im begrünten Straßenbahngleis (HENZE et al. 2003)

P = Niederschlag; ET = Verdunstung; R = Abfluss; ΔW = Veränderung des Wasservorrates im Vegetationssystem in mm bzw. l/m^2 FK = Feldkapazität (die maximale Menge des Haftwassers im Begrünungssystem, angegeben als Feuchte in Vol. % oder als W in mm).

Der durchschnittliche Wasserrückhalt der jährlichen Gesamtniederschlagsmenge liegt bei Sedumgleise bei rund 50 und bei Rasengleisen bei 70 Prozent. Dementsprechend werden 50 bis 70 Prozent des jährlichen Niederschlags pro m^2 absorbiert und wieder verdunstet (HENZE et al. 2003, SIEGL et al. 2010, WASSERBILANZ 2013).



Abbildung 53: Sedumgleis (links), (Foto: Kappis, IASP in GRÜNGLEISNETZWERK o.J.) und Rasengleis (rechts), (Foto: Schreiter, IASP in GRÜNGLEISNETZWERK o.J.)

Berechnungen in Deutschland geben an das ca. 400 bis 500 l Niederschlagswasser pro m² zurückgehalten werden, bei einer durchschnittlichen Niederschlagsmenge von 790 l/m²/a. Darüber hinaus halten in den Sommermonaten die grünen Gleise durchschnittlich 90 Prozent der Niederschlagsmenge pro m² zurück und nur 10 Prozent fließen ab (HENZE et al. 2003). Aufgrund der Verdunstung im Sommer kommt es zu einer Verringerung des Sättigungsgrades und somit zu einem verbesserten Wasserspeichervermögen im Vegetationssystem (GRÜNGLEISNETZWERK o. J.).

Im folgenden Diagramm von HENZE et al. (2003) trifft eine Niederschlagsmenge von 11,5 l/m² auf ein Vegetationssystem (40 Prozent mit Wasser gesättigt):

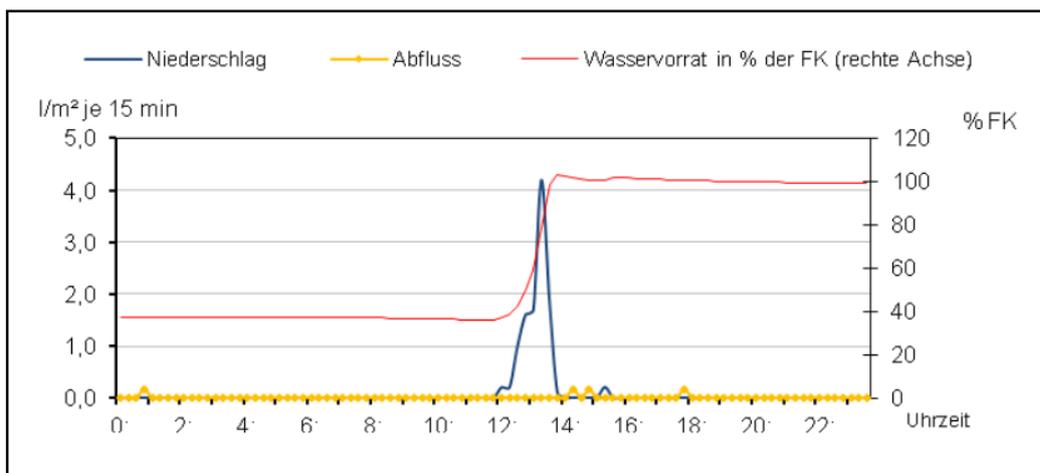


Abbildung 54: Niederschlags- und Abflusswerte in l/m² und Wasservorratswerte in % des maximal gebundenen Wasseranteils im Boden (Feldkapazität, FK) des Gleisbegrünungssystems; Vorsättigungsgrad ca. 40 % der FK (HENZE et al. 2003).

In diesem Fall sind 11 l/m^2 des Niederschlags gespeichert worden (entspricht 95 Prozent des Regens) und $0,6 \text{ l/m}^2$ des Niederschlags flossen ab. Das nicht gebundene Wasser floss erst zwei Stunden nach dem Niederschlagsereignis ab, wobei der Abflusswert weniger als $0,2 \text{ l/m}^2$ in 15 Minuten betrug.

Die starke Aufnahme der Niederschläge und das langsame Abfließen des nicht gebundenen Wassers führt zu einer Entlastung des Abwasserkanals und auch die Verschmutzung des Abwassers wird aufgrund der Filterwirkung des Begrünungssystems reduziert. Zusätzlich fungiert diese Maßnahme auch als passiver Hochwasserschutz (GRÜNGLEISNETZWERK o. J.).

Verbesserung des Stadtklimas

Angesichts des zunehmenden Wärmeinseleffekts und des dadurch verstärkten Hitze- und Trockenstress, kann es durch Vegetationssysteme zu Entlastungen kommen (genauerer siehe Dach- und Fassadenbegrünung).

Die Verdunstung von Wasser benötigt Energie, die der Umgebung entnommen wird. Wird ein Liter Wasser verdunstet, so können 200 m^3 Luft und 10 K (Senkung von 30 auf 20 °C) gekühlt werden. Diese Kühlleistung gilt auch für Rasengleise. Da in den Sommermonaten dieser Verdunstungsprozess am häufigsten stattfindet, ist die Bedeutung der Kühlleistung dann besonders hoch (SIEGL et al. 2010).

Laut dem Dresdener Berechnungsmodell nach SIEGL et al. (2010) ergibt sich folgende theoretische Kühlleistung (Beispiel: Berlin). 90 Prozent des Niederschlags im Sommer werden auf den grünen Gleisen gebunden, was ca. 220 l/m^2 entspricht (HENZE et al. 2003). Demzufolge kann theoretisch jeder Quadratmeter eines begrüneten Gleises im Sommer durch die Verdunstung des absorbierten Wassers 44.000 m^3 Luft um 10 K kühlen. Im Beispiel Berlin (45 km begrünte Gleise, ca. 24.750 m^3 gespeichertes Wasser) würden also rund 4,95 Mrd. m^3 (rund 5 km^3) um 10 K gekühlt werden (GRÜNGLEISNETZWERK o. J.).

Für Graz mit seinen 66,4 km Straßenbahngleisen würde sich somit ein Potential ergeben, das ca. 7,3 Mrd. m³ Luft um 10 K kühlen könnte.

Verminderung der Temperatur im Gleis

Aufgrund der erhöhten Evapotranspiration von Vegetationssystemen kommt es zu einem Kühlungseffekt und somit zu einer Verringerung der Temperatur im Gleis (HENZE et al. 2003; SIEGL et al. 2010; TU CHEMNITZ o.J.). Laut Studien erwärmen sich Rasen- und Sedumgleis nur 25 bis 30 °C, während nicht begrünte Bereiche wie freiliegender Schotter über 50 °C erreichen (HENZE et al. 2003; SIEGL et al. 2010; TU CHEMNITZ o.J.). Hinsichtlich der Temperatur von Schienen sprechen wir bei hochliegenden Rasengleis von 25 bis 30 °C wobei Schottergleise und tiefliegende Vegetationssysteme Temperaturen zwischen 50 und 60 °C erreichen (SIEGL et al. 2010).



Abbildung 55: tiefliegende Begrünung (links), (Foto: Henze, IASP in GRÜNGLEISNETZWERK o.J.) und hochliegende Begrünung (rechts), (Foto: Kappis, IASP in GRÜNGLEISNETZWERK o.J.)

Vegetationssysteme sind daher in der Lage an heißen Sommertagen die Lufttemperatur erheblich zu reduzieren. Dieser Effekt ist speziell im Sommer von hoher Bedeutung insbesondere bei Wetterlagen mit hoher Sonneneinstrahlung (GRÜNGLEISNETZWERK o. J.).

Fazit der Gleisbegrünung

Folgende positive Wirkungen der Begrünung von Straßenbahngleisen sind laut GRÜNGLEISNETZWERK (o. J.) zusammenfassend festzustellen:

Wasserrückhalt

- Jahresdurchschnitt: 50-70 % der Niederschlagsmenge
- Sommer: bis zu 90 %
- pro m² Vegetationsfläche im Jahr 400-500 l
- 2 km Doppelgleis (abhängig vom Vegetationssystem) halten im Sommer mehr als 2200 m³ und jährlich 4000-5500 m³ Wasser zurück

Verdunstung von Regenwasser

- Verdunstung von einem Liter Wasser kühlt 200 m³ Luft um 10 K
- pro m² begrüntem Gleis werden im Sommer ca. 44.000 m³ Luft um 10 K gekühlt

Verringerung der Aufheizung

- Erhöhte Verdunstungskühlung
- Schutz des Bodens von direkter Sonneneinstrahlung (Verminderte Wärmeaufnahme)
- Geringere Wärmespeicherkapazität als Beton/Asphalt
- Abkühlung in der Nacht stärker
- Isolierende Wirkung von hochliegenden Vegetationssystemen
- Beitrag zur Reduktion lokaler Aufheizung

Schadstoffaufnahme und Rückhaltung

- Desposition führt zu einer potentiellen Verringerung der Feinstaub- und Schadstoffkonzentrationen
- Verstoffwechselung und teilweise Bindung von Schadstoffen durch die Vegetation
- Reduktion der Wiederaufwirbelung von Staub

(GRÜNGLEISNETZWERK o. J.).

Lärminderung

- Schallabstrahlung
- Schallminderung (bis 3 dB) gegenüber schalltechnisch optimalen Schottergleisen
- Subjektive Wahrnehmung (grüne Gleise sind leiser)

Gesundheit und Wohlbefinden

- Positive Wirkung auf die Gesundheit (Feinstaubbindung, Reduktion Wärmebelastung, Lärmminimierung)
- Erkrankungen der Atemwege und Herzbeschwerden können reduziert werden
- Soziales und physisches Wohlbefinden wird gesteigert

Stadtgestalterische Effekte

- Optische Aufwertung
- Image-Verbesserung von Stadt und Verkehrsunternehmen

Wirtschaftliche Effekte

- Niederschlagswasserabfluss wird entlastet
- Verringerung des Instandhaltungsaufwandes
- Minimierung der Verschmutzung der Gleise
- Können als Ausgleichsflächen gesehen werden

(GRÜNGLEISNETZWERK o. J.)

7. Resümee und Ausblick

Das Land Österreich, die Bundesländer und Städte müssen sich in der Gegenwart und Zukunft sukzessive an den Klimawandel anpassen. Die in dieser Diplomarbeit behandelten Anpassungsstrategien, dienen dafür als Basishandlungsempfehlungen.

Im Gegensatz zum Klimaschutz verfolgt die Anpassung nicht ein konkretes Ziel, sondern ist in vielen Bereichen vertreten. Es werden die Intentionen verfolgt, dass die Vulnerabilität von ökonomischer, gesellschaftlicher und natürlicher Systeme reduziert und gleichzeitig die Anpassungsfähigkeit gesteigert wird. Die Vernetzung und Kooperation von Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel anzustreben.

Der Prozess des Klimawandels kann nicht mehr geleugnet werden. Es kommt zur globalen Erwärmung und Zunahme von Extremereignissen sowie zu einer Veränderung des lokalen Klimas im Bundesland Steiermark speziell in Graz. Diese Veränderungen werden spürbar durch die rasante Zunahme von Sommer- und Hitzetagen, Tropennächten, Starkniederschlagsereignissen und eventuellen Trockenperioden in den Sommermonaten. Vor allem in urbanen Räumen (z.B. Graz) kommt es zum klimatischen Effekt „Urban Heat Island“. Diese städtische Überwärmung führt zu zusätzlichen Problemen der urbanen Bevölkerung.

Um sich den neuen veränderten klimatischen Bedingungen anzupassen und um mögliche negative Auswirkungen sowie eine steigende Vulnerabilität auf Gesellschaft Wirtschaft und Umwelt zu verhindern, ist es unabdingbar sich an den Klimawandel anzupassen. Diese Anpassung betrifft nicht nur bauliche Infrastruktur, sondern auch Bereiche wie Gesundheit, Verkehr, Wasserwirtschaft, Ökosysteme und Schutz vor Naturgefahren sowie Wirtschaft, Tourismus und Energie.

Die von uns vorgeschlagenen Handlungsempfehlungen, die in unserer Arbeit erläutert worden sind, nur ein Bruchteil möglicher Anpassungsstrategien und Ansätze. Hierbei ist es notwendig, dass alle AkteurInnen sowohl auf Bundes- als auch auf Landesebene sowie auch auf regionaler und lokaler Ebene miteinander kooperieren und eng zusammenarbeiten, um das gemeinsame Ziel „Anpassungsstrategien für Graz im Zuge des Klimawandels“ umzusetzen.

Beantwortung der Forschungsfragen

- Inwiefern hat sich das Grazer Stadtklima im Laufe der letzten Jahrzehnte verändert und welche negative Folgen können sich daraus entwickeln?

Wie aus den Diagrammen im Einführungsteil unserer Arbeit ersichtlich ist, kann es zu einer Zunahme des Jahresmittel bezogen auf die Temperatur, Sonnenscheindauer, Anzahl der Sommertage, Tropentage bezogen auf den Zeitraum der letzten 30 Jahre. Hinsichtlich des Niederschlags explizite Zu- oder Abnahme ersichtlich, wobei Extremereignisse (hoher Jahresmittelwert bzw. niedriger Jahresmittelwert) zunahmen. Bereits jetzt zeichnen sich negative Folgen für Mensch und Umwelt angesichts der klimatischen Veränderung ab. Es kommt zu einer städtischen Überwärmung, lokalen Überflutungen, Zunahme von Neobiota, höherem Energieverbrauch, vermehrtem Hitzestress und zu einem erhöhten Risiko von Trockenperioden und Wasserknappheit.

Aufgrund dieser negativen Folgen besteht eine potenzielle Gefahr jeglicher Bereiche, die nur durch Anpassung vermindert werden können.

- Welche Maßnahmen und Anpassungsstrategien im Zuge des Klimawandels sind für die Stadt Graz möglich und welche Handlungsempfehlungen sind Primär umzusetzen?

Viele der angeführten Maßnahmen sind nicht nur auf lokaler Ebene sondern auch Bundesweit relevant. Dies führt zu einer erschwerten administrativen Umsetzung der Maßnahmen, weshalb viele der Maßnahmen nur in Kooperation zwischen allen Entscheidungsträgern realisierbar sind. Der primäre Fokus sollte auf das Aktivitätsfeld urbane Grünräume gelegt werden, da das höchste vorhandene Potenzial in diesen Bereich liegt. Dach- und Fassadenbegrünung sind effektive und realistische Maßnahmen, die für die Stadt Graz primär umsetzbar sind. Jedoch kann nur eine Anpassung an den Klimawandel vollzogen werden, wenn in allen Aktivitätsfeldern Maßnahmen umgesetzt werden. Eine optimale Ausschöpfung ist gegeben, wenn die Handlungsempfehlungen so miteinander verschnitten werden, dass sich Synergieeffekte ergeben.

Ausblick

Für eine nachhaltige klimagerechte Stadtplanung ist nach LAZAR, SIMPERL & WINTSCHNIG (2015) die Vorsorge für ausreichende Grünflächen bis hin zur Entsiegelung von bestehenden Flächen ein entscheidendes Strategiekriterium. Gemäß der Studien, die bisher vorliegen, kommt klarerweise größeren Parks eine stärkere Rolle für eine Klimaausgleichsfunktion bei Hitzeperioden zu. Es existieren aber auch Belege, dass selbst kleine Flächen einen Beitrag leisten können, der sich im Rahmen von 2-4 K Kühlleistung bewegt. Dies konnte durch Messfahrten im Stadtpark in Graz belegt werden; die erfassten niedrigeren Temperaturen gegenüber der Umgebung wären allerdings bei einem dichteren Baumbestand noch eindeutiger ausgefallen. Die Messungen zeigten unter anderem, dass sich die Luft auf asphaltierten Wegen erwärmen kann und daher die Kühlleistung geringer bleibt. Die Auswirkung auf die Umgebung hängt wesentlich von der Straßenführung und blockierenden Häuserzeilen ab. Gemäß einer Studie (WENQI LIN et al. 2015) werden Einflüsse je nach Größe der Grünfläche bzw. des Parks in der Bandbreite von 40 bis 800 m nachgewiesen; auch benachbarte Grün-flächen können sich gegenseitig beeinflussen.

In der Nacht hängt der Effekt einer Kühlung stark von den lokalen Windverhältnissen ab. In Graz etwa spielen die Seitentalauswinde, die kühlere Luft von der Peripherie Richtung Zentrum transportieren, eine entscheidende Rolle. Die Kaltluft strömt dabei über die Elisabethstraße kommend durch den Stadtpark und dann weiter zum überwärmten Zentrum. Generell darf im Übrigen festgehalten werden, dass die Frage der Klimawirksamkeit von Grünflächen in Städten mit der Problematik der Berechnung der Kaltluftproduktion derzeit Gegenstand von Forschungsprojekten ist und noch sehr viel offen ist (LAZAR, SIMPERL & WINTSCHNIG 2015).

Grundsätzlich sind zwei Aspekte zu beachten: Welche Potentiale zur Entsiegelung sind realerweise – also auch unter Beachtung des finanziellen Aufwandes – für den IST-Bestand in Graz vorhanden und andererseits welche Rahmenbedingungen lassen sich verbindlich für neue Bauvorhaben bis hin zu neuen Stadtquartieren verankern. In Graz gibt es sehr gute Kartengrundlagen zur Versiegelung, woraus sich die Potentiale ableiten lassen können. Konkret geht es um den ruhenden Verkehr,

wo vorhandene Parkplätze mit einem neuen Pflastersystem versehen werden könnten bzw. mit einer Baumbepflanzung Schatteneffekte erwirkt werden können. Bei neuen Bauvorhaben umfassen die Maßnahmen Gründächer bis zum fünften Geschoss, da darüber die Horizontalwinde zu starken Einfluss haben und die abkühlende Wirkung verpufft und für den bodennahen Bereich wirkungslos bleibt. Die Dächer von höheren Gebäuden könnten demnach sinnvoller für Photovoltaik genutzt werden. Weiters ist bei der Konzeption von neuen Quartieren darauf zu achten, dass der versiegelte Anteil unter 70 Prozent bleibt. Die Grünflächen zwischen den Baukörpern müssten so gegliedert werden, dass eine Drittelung zwischen Park (Wiesen mit Bäumen mit hohem Deckungsgrad, da die Schattenwirkung zählt), sowie Wiesen und Abschnitte mit Urban Gardening (gemischte Struktur) als Zielvorgabe anzustreben ist. Entscheidend ist, dass auch für ältere Personen Grünflächen mit Bäumen in geringer Distanz auf jeden Fall einen hohen Stellenwert einnehmen, da gemäß den Ergebnissen der Studien bei den Temperaturmaxima die Kühlleistung von Bäumen gerade bei den geringen Windgeschwindigkeiten mehr zur Geltung kommt. Die relativ geringe Durchlüftung etwa im Vergleich mit Wien betrifft in Graz vor allem die Innenhöfe bzw. die zwischen den einzelnen Gebäuden verbliebenen Grünflächen. Gerade in Hinblick auf die Durchlüftung ist auch auf die Ausrichtung der Gebäude in der Hauptwindrichtungssachse zu achten. Dies insofern relativ in weiten Teilen der Stadt entweder NW-SE oder N-S; Abweichungen treten vor allem im Osten der Stadt mit den Seitentälern auf. Damit wird bei der Errichtung von neuen Quartieren wie Reininghaus zumindest eine Mindestdurchlüftung garantiert (LAZAR, SIMPERL & WINTSCHNIG 2015).

Eine klimagerechte nachhaltige Stadtentwicklung ist nicht nur zum Wohle der BewohnerInnen aus bioklimatischer Sicht mit einer Reduktion des Wärmestresses zu sehen, sondern schützt Umwelt und Infrastruktur ebenfalls vor negativen Folgen.

Die Anpassung an den Klimawandel und deren auszuführende Prozesse sind heute und nicht erst morgen umzusetzen, wobei nicht zu vergessen ist, dass diese Entwicklung über eine längere Zeitspanne dauert. Die Forcierung von Forschung und die Umsetzung von Handlungsmaßnahmen sind Grundlage dafür, dass eine Stadt wie Graz sich den wahrscheinlich zu veränderten klimatischen Bedingungen anpasst.

8. Literatur

AGES – Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (Hrsg.) (2010): Ambrosie – Eine allergene Pflanze breitet sich aus. Wien.

ALLEX, B.; LIEBL, U.; BRANDENBURG, C.; GERERSDORFER, T. & CZACHS, C. (2011): „Hot town, summer in the city“ – Die Auswirkungen von Hitzetagen auf das Freizeit- und Erholungsverhalten sowie das Besichtigungsprogramm von StädtetouristInnen – dargestellt am Beispiel Wiens. Endbericht von Start-Clim2010.F in StartClim2010: Anpassung an den Klimawandel: Weitere Beiträge zur Erstellung einer Anpassungsstrategie für Österreich, Auftraggeber: BMLFUW, BMWF, BMWFJ, ÖBF.

AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG (2015): Klimawandelanpassung - Strategie Steiermark 2050, Fachabteilung Energie und Wohnbau (FAEW) Landhausgasse 7/II, 8010 Graz
[http://www.umwelt.steiermark.at/cms/dokumente/11919303_125052026/73703933/2015-09-24%20KWA-Strategie%20Steiermark%202050%20\(Web\).pdf](http://www.umwelt.steiermark.at/cms/dokumente/11919303_125052026/73703933/2015-09-24%20KWA-Strategie%20Steiermark%202050%20(Web).pdf) (Zugriff: 06.05.2016)

ANGERER E. (2008): Die steirischen Klimaregionen – eine qualitative Analyse des Klimawandels und seiner Folgen für die Wirtschaft – Institut für Geographie und Raumforschung, Universität Graz; 92 S.
http://www.klimafit.at/upload/file/Magisterarbeit_Angerer.pdf (Zugriff: 06.05.2016)

ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.) (2009): Klimawandel als Aufgabe der Regionalplanung. Positionspapier aus der ARL, Nr. 81, Hannover.

AUER, I.; BÖHM, R.; JURKOVIC, A. et al. (2007): HISTALP – Historical instrumental climatological surface time series of the Greater Alpine Region 1760–2003. International Journal of Climatology 27: 17–46.

BAFU – Bundesamt für Umwelt Schweiz (2009): Klimainformation im Dienste der menschlichen Gesundheit. Faktenblatt 2. 3. Weltklimakonferenz in Genf (WCC-3).

BAUDER (o.J.): Bauder Gründachsysteme, Dachbegrünung - die Vorteile liegen auf der Hand;
<http://www.bauder.at/at/gruendach/gruendach-grundlagen/vorteile-dachbegruenung.html> (Zugriff: 12.02.2016)

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2007): Klimaanpassung – Bayern 2020. Der Klimawandel und seine Auswirkungen – Kenntnisstand und Forschungsbedarf als Grundlage für Anpassungsmaßnahmen. Augsburg.

BECKER, P.; DEUTSCHLÄNDER, T.; KOSSMANN, M.; NAMYSLO, J.; KNIERIM, A. (2008): Klimaszenarien und Klimafolgen. In: Informationen zur Raumentwicklung, 6/7, S. 341-351.

BERGER, T. & PUNDY, P. (2010): Adapting office buildings to climate change: optimization of thermal comfort and energy demand. Final report StartClim2009.E within StartClim2009: adaptation to climate change: contributions to the establishment of a national Austrian adaptation strategy. Awarding authority: BMLFUW, BMWF, BMWFJ, ÖBF.

BERRY, H. L.; BROWN, K. & KJELLSTROM, T. (2010): Climate change and mental health: A causal pathways framework. Int. J. Public Health 55 S. 123-132.

BIRKMANN, J. (2006): Measuring vulnerability to hazards of natural origin. Towards disaster resilient societies. United Nations University Press. York.

BIRKMANN, J.; BÖHM, H.R.; BÜSCHER, D.; FLEISCHHAUER, M.; FROMMER, B.; JANSSEN, G.; OVERBECK, G.; SCHANZE, J.; SCHLIPF, S.; STOCK, M. & VOLLMER, M. (2010): Planungs- und Steuerungsinstrumente zum Umgang mit dem Klimawandel. Arbeitskreis Klimawandel und Raumplanung der Akademie für Raumforschung und Landesplanung. Diskussionspapier 8, 07/2010. Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften. Berlin.

BMG – Bundesministerium für Gesundheit (Hrsg.) (2009): Gesundheit und Krankheit in Ös-terreich – Gesundheitsbericht 2009. Verfasst von der Gesundheit Österreich GmbH. Wien.

BMI – Bundesministerium für Inneres (2009): SKKM-Strategie 2020.

BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft und Umwelt (2004): Biodiversität in Österreich. Wien.

BMFLUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2011): Grund genug? Flächenmanagement in Österreich – Fortschritte und Perspektiven. Wien.

BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft) (2012a): Die Österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel, Teil 1 – Kontext, https://www.bmlfuw.gv.at/umwelt/klimaschutz/klimapolitik_national/anpassungsstrategie/strategie-kontext.html (Zugriff: 21.01.2016)

BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft) (2012b): Die österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel Teil 2 – AKTIONSPLAN Handlungsempfehlungen für die Umsetzung, https://www.bmlfuw.gv.at/dam/jcr:34b6f38d-4fba-40af-a4ca-45133b57de33/Anpassungsstrategie_Aktionsplan_23-10-2012_MR.pdf (Zugriff: 11.05.2016)

BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung & BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) (2009a): Ursachen und Folgen des Klimawandels durch urbane Konzepte begegnen. BBSR-Online-Publikation 22/2009.

BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung & BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) (2009b): Klimawandelgerechte Stadtentwicklung – Wirkfolgen des Klimawandels. BBSR-Online-Publikation, Nr. 23/2009.

BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) (2010): Klimawandel als Handlungsfeld der Raumordnung: Ergebnisse der Vorstudie zu den Modellvorhaben „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel“. Forschungen Heft 144, Bonn.

BÖTTNER R., FISCHER R., KUHR D. (2012): Abgrenzung und Intensität der urbanen Hitzeinsel und der Überwärmungsgebiete. Zustand und Perspektive für Bielefeld hergeleitet aus Infrarot-Satellitenaufnahmen und numerischen Extrapolationen bis 2100. In: FROHN J.; GEBHARD K. und DECKER R. (Hrsg.): Diskussionspapier Nr. 55.

BRANDL H., FALTERMAIER M., HERMENAU C., SCHUHMANN G., STOCK H., TONNDORF T., WELSCH J. (2011): Stadtentwicklungsplan Klima. Urbane Lebensqualität im Klimawandel sichern. Hrsg: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Berlin.

BSR (2009a): Adapting to Climate Change: A Guide for the Consumer Products Industry. www.bsr.org/adaptation. (Zugriff: 11.05.2016)

BSR (2009b): Adapting to Climate Change: A guide for Food, Beverage, and Agriculture Companies. www.bsr.org/adaptation. (Zugriff: 11.05.2016)

CERVINKA, R. & KARLEGGER, A. (2009): Grünräume als Ressourcen für die persönliche Entwicklung von Kindern und Jugendlichen. Wissenschaft und Umwelt – Interdisziplinär 12/2009, S. 242-248.

CIPRA – Commission Internationale pour la Protection des Alpes (2010): Raumplanung im Klimawandel. Ein Hintergrundbericht der CIPRA. COMPACT Nr. 02/2010.

CLISP – Climate Change Adaptation by Spatial Planning in the Alpine Space (2011a): Transnational Strategy for Climate Proof Spatial Planning (TPS). Report for WP7 of the CLISP Project. www.clisp.eu (Zugriff: 11.05.2016)

CLISP – Climate Change Adaptation by Spatial Planning in the Alpine Space (2011b): Pütz, M.; Kruse, S.; Casanova, E. und Butterling, M.: Climate Change Fitness of Spatial Planning. WP5 Synthesis Report. www.clisp.eu (Zugriff: 11.05.2016)

CLISP – Climate Change Adaptation by Spatial Planning in the Alpine Space (2011c): Pütz, M.; Kruse, S. & Butterling, M.: Bewertung der Klimawandel-Fitness der Raumplanung. Ein Leitfaden für PlanerInnen zur Bewertung der Klimawandelfitness. www.clisp.eu

DEUTSCHE BANK RESEARCH (2007): Klimawandel und Branchen – Manche mögen's heiß.

DEUTSCHE BUNDESREGIERUNG (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Berlin.

DOBLER, C.; CAMMERER, H.; THIEKEN, A.; SCHÖBERL, F.; STÖTTER, J.; BRONSTERT, A. (2010): Entwicklung von Hochwasser-Risiko-Zeitreihen für das 21. Jahrhundert. In: Tagungsband des 11. österreichischen Klimatags, 11.-12.03.2010. AustroClim.

DOKULIL, M. (2009): Abschätzung der klimabedingten Temperaturänderungen bis zum Jahr 2050 während der Badesaison. Universität Wien, Fakultät für Lebenswissenschaften, De-partment für Limnologie und Hydrobotanik. Im Auftrag der Österreichischen Bundesforste.

DOMBOIS, O. T.; BRAUN-FAHRLÄNDER, C. (2004): Gesundheitliche Auswirkungen der Klimaänderung mit Relevanz für die Schweiz. Institut für Sozial- und Präventivmedizin, Basel.

ELIASSON, I. (2000): The use of climate knowledge in urban planning. *Landscape and Urban Planning* 48 (2000), S. 31-44.

EK – Europäische Kommission (2007a): Weißbuch – Gemeinsam für die Gesundheit: Ein strategischer Ansatz der EU. KOM (2007)

EK – Europäische Kommission (2007b): Grünbuch der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Anpassung an den Klimawandel in Europa – Optionen für Maßnahmen der EU. Brüssel. KOM/2007/354

EK – Europäische Kommission (2009): Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen. Begleitpapier für das Weißbuch – Anpassung an den Klimawandel: Ein europäischer Aktionsrahmen. KOM/2009/147

EK – Europäische Kommission (2009): Impact assessment on the White Paper on adapting to climate change. Commission Staff Working Document accompanying the WHITE PAPER Adapting to climate change: Towards a European framework for action. SEC/2009/0387. Brüssel.

EIS, D.; HELM, D.; LAUBMANN, D.; STARK, K. (2010): Klimawandel und Gesundheit: Ein Sachstandsbericht. Robert Koch-Institut, Berlin.

ENZI & SCHARF (2011): Das Haus im „Grünen Pelz“ BÜROGEBÄUDE der MA 48, Einsiedlergasse 2, 1050 Wien. Department für Bautechnik und Naturgefahren, Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau, Universität für Bodenkultur (BOKU). Wien
http://www.gruenwand.at/files/188_Seite_28_Fachzeitschrift_fuer_Architekten_04.2012x.pdf

(Zugriff: 16.05.2016)

ERIKSEN, W. (1975): Probleme der Stadt- und Geländeklimatologie; in: Erträge der Forschung, 35. Darmstadt

ERIKSEN, W. (1976): Die städtische Wärmeinsel; in: Geographische Rundschau, 28. Braunschweig. S. 368-373

ERIKSEN, W. (1985): Grundlagen, bioklimatische und planungsrelevante Aspekte des Stadtklimas; in: Geographie und Schule, 36. Köln. S. 1-9

ERMER K.; HOFF R.; MOHRMANN R. (1996): Landschaftsplanung in der Stadt. Stuttgart: Ulmer Verlag; zitiert in: MATHEY J., RÖBLER St., LEHMANN I., BRÄUTER A., GOLDBERG V., KURBJUHN C., WESTBLED A. (2011): Noch wärmer, noch trockener? Stadtnatur und Freiraumstrukturen im Klimawandel. Abschlussbericht zum F+E-Vorhaben (FKZ 3508 821 800). Naturschutz und Biologische Vielfalt, Heft 111. Bundesamt für Naturschutz, Bonn – Bad Godesberg 2011.

EPA (2008a): Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies, Urban Heat Island Basics, U.S. Environmental Protection Agency's Office of Atmospheric Programs.

FELLENBERG, G. (1984): Stadtökologie; in: Naturwissenschaften, 71. München u.a. S. 393-403

FELLENBERG, G. (1991): Lebensraum Stadt. Stuttgart, Zürich

FIRTH, J. & COLLEY, M. (2006): The Adaptation Tipping Point: Are UK Businesses Climate Proof? Acclimatise and UKCIP, Oxford.

FLL (2002b): Hinweise zur Pflege und Wartung von begrünten Dächern, FLL Bonn.

FLL (2002a): Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen, FLL Bonn.

FORMAYER, H.; HAAS, P. & HOFSTÄDTER, M. (2007): Beobachtete Veränderungen der Hitzeperioden.

GITAY, H.; SUAREZ, A.; WATSON, R.T. & DOKKEN, D.J. (2002): IPCC Technical Paper V, Climate change and Biodiversity. www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-changes-biodiversity-en.pdf
(Zugriff: 11.05.2016)

GLADE, T. (2006): Herausforderungen bei der Abgrenzung von Gefährdungsstufen und bei der Festlegung gefährdeter Zonen von Naturgefahren. 55. Deutscher Geographentag, Trier, 1.8.10.05, S. 453-462.

GOBIET, A., (2008): Globaler und regionaler Klimawandel, Klimamodelle und Klimaszenarien, Unterlagen von einem Vortrag im Interdisziplinären Praktikum „Globaler Klimawandel u. Auswirkungen auf Mensch u. Natur“, <http://www.unigraz.at/geowww/geo/neu//images/storiesEE2-gobiet-100308.pdf> (Zugriff: 11.05.2016)

GOBIET, A., SUKLITSCH, M., LEUPRECHT, A., PEßENSTEINER, S., MENDLIK, T., TRUHETZ, H., (2012): Klimaszenarien für die Steiermark bis 2050, Eine Studie des Wegener Zentrums für Klima und Globalen Wandel im Auftrag des Landes Steiermark. http://www.umwelt.steiermark.at/cms/dokumente/11678675_75236689/0a848902/KWF-Szenarien-Report%20NEU.pdf (Zugriff: 11.05.2016)

GRÖNING, G. (1976): Zur problemorientierten Sortierung von Freiräumen. In: Das Gartenamt, H. 10, S. 601-607.

GRÜNGLEISNETZWERK (o.J.): Wirkung und Funktion grüner Gleise. Veröffentlichung des Grüngleisnetzwerks. <http://www.gruengleisnetzwerk.de/images/downloads/wirkung.pdf> (Zugriff: 06.05.2016)

GRÜNSTATTTGRAU (2014): Verband für Bauwerksbegrünung – Fassadenbegrünung, <http://gruenstattgrau.at/fassadenbegruenung/#arten> (Zugriff: 03.05.2016)

GRÜNSTADTKLIMA (o.J.): Grüne Bauweisen für Städte der Zukunft. Ein Leitfaden <http://www.gruenstadtklima.at/klima.htm> (Zugriff: 03.05.2016)

HAAS, W.; WEISZ, U.; PALLUA, I.; AMANN, C. & PICHLER, A. (2010a): Weiterentwicklung von Handlungsempfehlungen zur Anpassung an den Klimawandel in Österreich, Aktivitätsfeld „Bauen und Wohnen“ und „Schutz vor Naturgefahren“. AustroClim. Im Auftrag des Klima- und Energiefonds. Wien.

HABERSACK, H.; BÜRCEL, J. & PETRASCHECK, A. (2004): Analyse der Hochwasserereignisse vom August 2002 – FloodRisk, Synthesebericht, Wien.

HABERSACK, H.; BÜRCEL, J. & KANONIER, A. (2009): Vertiefung und Vernetzung zukunftsweisender Umsetzungsstrategien zum integrierten Hochwassermanagement. Synthesebericht FloodRisk II Juni 2009, Lebensministerium. Wien.

HABERSACK, H.; WAGNER, B.; HAUER, C.; JÄGER, E.; KRAPESCH, G.; STRAHLHOFER, L.; VOLLERITSCH, M.; HOLZAPFEL, P.; SCHMUTZ, S.; SCHINEGGER, R.; PLETTERBAUER, F.; FORMAYER, H.; GERERSDORFER, T.; POSPICAL, B.; PRETTENTHALER, F.; STEINER, D.; KÖBERL, J. & ROGLER, N. (2011): DSS_KLIM:EN: Entwicklung eines Decision Support Systems zur Beurteilung des Wechselwirkungen zwischen Klimawandel, Energie aus Wasserkraft und Ökologie. Endbericht. Studie im Auftrag der Kommunalkredit Austria AG, gefördert vom Klima- und Energiefonds. Wien.

HÄCKEL, H. (1994): Meteorologie. Stuttgart

HELLMERS, S. & HÜFFMEYER, N. (2011): Anpassungsprozesse im Regenwassermanagement und Binnenhochwasserschutz. KLIMZUG-NORD Teilprojekt 2.2. Zwischenstand Mai 2011. <http://klimzug-nord.de/index.php/page/2009-04-06-Teilprojekt-T2.2> (Zugriff: 19.04.2016)

HAUER, G. (2007): Der Klimawandel und seine Auswirkungen. <http://www.arge.at/file/000564.pdf> (Zugriff: 19.04.2016)

HENZE, H. J., SIEMSEN, M. (2003): Die stadtoökologische Bedeutung des Grünen Gleises. Green Track and the Ecology of Cities.- Hrsg. Überwachungsgemeinschaft Gleisbau e. V., Interdisziplin. Forschungsverbund Bahntechnik e. V., S. 4-13,

HENZE H.J.; KAPPIS, C.; MODEL, N.; SIEMSEN, M.; TAPIA, O.; TREFFKORN, A.; TSCHUIKOWA, S.: (2003): Grundlagenforschung und Entwicklung von Schienenfahrwegen für den regionalen Personenverkehr - Prognosemodelle ANIRAIL zur Emissionsminderung von schienengebundenen Fahrwegen unter Nutzung von Gleisbett-Naturierungen (LERM).- Abschlussbericht Forschungsvorhaben

HEYER, E. (1981): Witterung und Klima. Leipzig

HIESS, H. & PFEFFERKORN, W. (2010): Alpen|Raum|Planung im Klimawandel. In: Klimawandel und Raumentwicklung. Vorausschauen, vermeiden anpassen. SIR-Mitteilungen und Berichte, Band 34, Salzburg.

HOFFMANN, E.; ROTTER, M. & WELP, M. (2009): Arbeitspapier zur Vorbereitung des Stakeholderdialogs zu Chancen und Risiken des Klimawandels – Verkehrsinfrastruktur. KomPass, UBA Deutschland.

HOWARD, L. (1820): The Climate of London. Deduced from Meteorological Observations Made at Different Places in the Neighbourhood of the Metropolis. In Two Volumes.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007): Klimaänderung 2007. Zusammenfassungen für politische Entscheidungsträger. Bern/Wien/Berlin, September 2007, engl. 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, <http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm> , deutsche Version (verwendet für die Abbildungen) <http://www.umweltbundesamt.at> (Zugriff: 06.05.2016)

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2008): Klimaänderung 2007, Synthesebericht. Berlin, September 2008. <https://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/deutch/IPCC2007-SYR-german.pdf> (Zugriff: 06.05.2016)

IPCC (2014a): Kernbotschaften – Fünfter Sachstandsbericht des IPCC – Synthesebericht http://www.de-ipcc.de/media/141102_Kernbotschaften_IPCC_SYR.pdf (Zugriff: 06.05.2016)

IPCC (2014b): MIMURA, N., PULWARTY, R., Duc, D.M., ELSHINNAWY, I., REDSTEER, M.H., HUANG, H.-Q., NKEM, J.N., and RODRIGUEZ, R.A.S. ,Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change', C.B. Field, V.R. Barros et al., Eds. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom (in press). <http://www.ipcc.ch/report/ar5/> (Zugriff: 06.05.2016)

ISOARD, S.; GROTHMANN, T. & ZEBISCH, M. (2008): Climate Change Impacts, Vulnerability and Adaptation: Theory and Concepts, Workshop Climate Change Impacts and Adaptation in the European Alps: Focus Water. Vienna.

JENDRITZKY, G. (2009): Folgen des Klimawandels für die Gesundheit. In: Geographische Rundschau 9, S. 36-42. Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann. Braunschweig.

JUNGFER, E.; LAMBERT, K.-H. (1985): Einführung in die Klimatologie. Stuttgart

KANONIER, A. & DAVID, C. (2004): Naturgefahren im österreichischen Raumordnungsrecht. Übersicht hinsichtlich der raumordnungsgesetzlichen Bestimmungen bezüglich Naturgefahren im Raumordnungsrecht der Länder. Studie im Auftrag der Österreichischen Raumordnungskonferenz (ÖROK). Wien.

DACHUNDGARTEN (o.J.): KARL GRÜBL GmbH Dachbegrünung und Gartengestaltung <http://www.dachundgarten.at/dach/dienstleistung/extensive-dachbegruenung/> (Zugriff: 12.05.2016)

KARLSRUHE (o.J): Natur und Umwelt – Klimafolgen,
http://www.karlsruhe.de/b3/natur_und_umwelt/Klimafolgen (Zugriff: 03.04.2016)

KEILER, M. (2005): Development of the damage potential resulting from avalanche risk in the period 1950-2000, case study Galtür; Natural Hazards and Earth System Sciences 4, S. 249-256; European Geosciences Union.

KEMPER, T.; RIECHEL, R. & SCHULLER, T. (2011): Kommunen im Klimawandel – Wege zur Anpassung, für Modellvorhaben der Raumordnung „Klimaanpassung Mittel- und Südhessen“ Klamis. (Hrsg.) Regionalverband Frankfurt/Rhein-Main. Frankfurt.

KOPPE, C. (2005): Gesundheitsrelevante Bewertung von thermischer Belastung unter Berücksichtigung der kurzfristigen Anpassung der Bevölkerung an die lokalen Witterungsverhältnisse. Dissertation, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

KRANZL, L.; HAAS, R.; KALT, G.; MÜLLER, A.; NAKICENOVIC, N.; REDL, C.; FORMAYER, H.; HAAS, P.; LEXER, M.J.; SEIDL, R.; SCHORGHUBER, S.; NACHTNEBEL, H.P. & STANZEL, P. (2010): Ableitung von prioritären Maßnahmen zur Adaption des Energiesystems an den Klimawandel. Endbericht. Gefördert durch den Klima- und Energiefonds (Energie der Zukunft).

KRATZER, P. A. (1962): Das Stadtklima; in: Die Wissenschaft, 90. Braunschweig

KROMP-KOLB, H. & FORMAYER, H., (2005): Schwarzbuch Klimawandel, Salzburg: ecowin Verlag der TopAkademie GmbH, Salzburg, 222 S.

KROMP-KOLB, H.; FORMAYER, H. & CLEMENTSCHITSCH, L. (2007): Auswirkungen des Klimawandels auf Wien unter besonderer Berücksichtigung von Klimaszenarien. Institut für Meteorologie und Physik, Universität für Bodenkultur. Studie im Auftrag der Magistratsdirektion der Stadt Wien – Klimaschutzkoordination, Wien.

KROMP-KOLB, H.; ASPÖCK, H.; BAIER, P.; SCHOPF, A.; GEPP, J.; GRAF, W.; MOOG, O.; KROMP, B.; KYEK, M.; PINTAR, M.; FORMAYER, H.; PARZ-GOLLNER, R.; RABITSCH, W.; SCHEIFINGER, H.; SCHMUTZ, S.; JUNGWIRTH, M.; VOGL, W.; WINKLER, H. (2008): Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Tierwelt – derzeitiger Wissensstand fokussiert auf den Alpenraum und Österreich, <http://www.boku.ac.at/imp/klima/Literatur/tiere.pdf> (Zugriff: 06.05.2016)

KROMP-KOLB, H. (2008): Klimaszenarien – Klimafolgen Was „wissen“ wir? Präsentation im Rahmen des 3. Nationalen Workshops zur Anpassung an den Klimawandel in Österreich, am 13. November 2008. Wien.

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. BOKU-Met Report 12. http://www.boku.ac.at/met/report/BOKU_Met_Report_12_online.pdf (Zugriff: 31.04.16)

KUCKSHINRICHS, W.; FISCHEDICK, M.; FICHTNER, W. & ROTHSTEIN, B. (2008): Thesenpapier für das DAS Symposium – Betrachtungsfeld: Energie. <https://www.ufz.de> (Zugriff: 31.04.16)

KUTTLER W. (2011): Klimawandel im urbanen Bereich. Teil 2, Maßnahmen. Environmental Sciences Europe, Vol. 23, Issue 21.

KUTTLER W.; DÜTEMEYER D., BARLAG A.-B. (2012): Erstellung eines Konzeptes zur städtebaulichen Anpassung an den Klimawandel in Gelsenkirchen; Stufe III: Handlungsstrategien und Maßnahmenkatalog zur Mitigation und Adaption möglicher Auswirkungen des Klimawandels auf das Stadtklima Gelsenkirchens. Essen, im April 2012. Universität Duisburg Essen, Fakultät für Biologie, Angewandte Klimatologie und Landschaftsökologie, 190 S. https://www.gelsenkirchen.de/de/infrastruktur/umwelt/klima/klimawandel/_doc/handlungsleitfaden_klimaanpassung_webopt.pdf (Zugriff: 26.04.2016)

LANDSBERG, H. E. (1981): City Climate. In: World Survey of Climatology Volume 3. Amsterdam, Oxford, New York, S. 299-334

LANDESHAUPTSTADT STUTTGART (2012): Klimaanpassungskonzept Stuttgart – KLIMAKS, Amt für Umweltschutz, Abteilung Stadtklimatologie, Stand: 14.09.2012, Stuttgart, 75 S. https://www.stadtklima-stuttgart.de/stadtklima_filestorage/download/kliks/KLIMAKS-2012.pdf (Zugriff: 26.04.2016)

LAUER, W. (1995): Klimatologie. Braunschweig

LAZAR R.; BUCHROITHNER M. F. & KAUFMANN V. (1994): Stadtklimaanalyse Graz – Magistrat Graz, Stadtplanungsamt, Graz, 163 S.

LAZAR R.; SULZER W., & KERN K., (2004): Klimatopkarte und Planungshinweise aus klimatologischer Sicht. - Institut für Geographie und Raumforschung, Universität Graz.

LAZAR R. & SULZER W. et al. (2006): Endbericht und Ergebnisdokumentation zur Thermalbefliegung 2004 Graz – im April 2006. Unpubl. Studie, Institut für Geographie und Raumforschung, Universität Graz, 144 S.

LAZAR R.; SIMPERL B. & WINTSCHNIG C. (2015): Grünraum in Graz und seine Rolle in Hinblick auf den Klimawandel, Institut für Geographie und Raumforschung, Universität Graz, 7 S.

LESER, H. (1997): Diercke-Wörterbuch Allgemeine Geographie, Westermann / dtv; 12. Auflage, Deutschland, S. 1037

LESER, H. (Hrsg.) (2005): Diercke-Wörterbuch Allgemeine Geographie (2005): DTV Deutscher Taschenbuch, 13. Auflage.

LOIBL, W.; BECK, A.; DORNINGER, M.; FORMAYER, H.; GOBIET, A.; SCHÖNER, W. (2008): Executive Summary: Climate change scenarios for the Alps, <http://systemsresearch.arcs.ac.at/SE/projects/reclip/> (Letzter Zugriff: 26.04.2016)

LOIBL, W.; ZÜGER, J.; KÖSTL, M.; SUKLITSCH, M.; PREIN, A. F.; TRUHETZ, H.; HEINRICH, G.A.; GOBIET, A.; FORMAYER, H.; SCHICKER, I.; NEDEEM, I.; HAAS, P.; SCHÖNER, W.; ANDERS, I. & MATULLA, C. (2011): reclip:century – regionalisierte Klimaszenarien für Österreich. Vortrag im Rahmen der Veranstaltung „Klimafolgenforschung in Österreich: Aktuelle Projekte im Überblick. 17./18. Mai 2011. Wien.

MAGISTRAT DER STADT WIEN (2015): Urban Heat Islands – Strategieplan Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22. <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/uh-strategieplan.pdf> (Letzter Zugriff: 26.04.2016)

MARKTL, W.; MUTERS, S.; KOCH, E. & MATZARAKIS, A. (2010): Klima beeinflusst Mortalität. Österreichische Ärztezeitung, 10. Mai 2010. Wien.

MATHEY J.; RÖßLER St.; LEHMANN I.; BRÄUTER A.; GOLDBERG V.; KURBJUHN C.; WESTBLED A. (2011): Noch wärmer, noch trockener? Stadtnatur und Freiraumstrukturen im Klimawandel. Abschlussbericht zum F+E-Vorhaben (FKZ 3508 821 800). Naturschutz und Biologische Vielfalt, Heft 111. Bundesamt für Naturschutz, Bonn – Bad Godesberg 2011.

MATZARAKIS, A. (2008): Klimawandel und Städte – Stadtklimatischer Einfluss von Bäumen. Osnabrücker Baumpflegetage – Aktiv für Bäume. 30. Sept. und 1. Okt. 2008. III, S. 1-24.

MENKE P.; THÖNNESEN M.; BECKKRÖGE W.; BAUER J.; SCHWARZ H.; GROß W.; HIEMSTRA J.; SCHOENMAKER-VAN DER BIJL E.; TONNEIJK A. (2008): Bäume und Pflanzen lassen Städte Atmen. Schwerpunkt – Feinstaub. Forum Die Grüne Stadt.

METZGER, M. (2009): Klimawandel in Nordrhein-Westfalen – Regionale Abschätzung der Anfälligkeit ausgewählter Sektoren. Abschlussbericht des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) für

das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (MUNLV).

MIES, M. (1988): Rückwirkungen der Bodenversiegelung auf das Stadtklima. In: Informationen zur Raumentwicklung 8/9. Bonn. S. 529-534

MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (2005): Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.
<http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf> (Zugriff: 06.04.2016)

ML THÜRINGEN (Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt) (o.J.): Gemeinsam klimabewusst handeln. Thüringer Klima- und Anpassungsprogramm. Erfurt.

MOSHAMMER, H.; HUTTER, H.P.; FRANK, A.; GERERSDORFER, T.; HLAVA, A.; SPRINZL, G. & LEITNER, B. (2006): Einflüsse der Temperatur auf Mortalität und Morbidität in Wien. In: StartClim2005 Klimawandel und Gesundheit. Wien.

MOSHAMMER, H.; HUTTER, H.P. & GERERSDORFER, T. (2009): Einfluss von Adaptionsmaßnahmen auf das akute Sterberisiko in Wien durch Temperaturextreme. Wien.

MÜCKE, H. G. & AUGUSTIN, J. (2009): Fachgespräch "Klimawandel und Gesundheit – welche Probleme verursachen Wärme liebende Schadorganismen?" In: Umwelt-medizinischer Informationsdienst Themenheft Klimawandel und Gesundheit, Ausgabe 3. Berlin, S.11-14.

MUNICH RE (2010): Topics Geo – Annual review: Natural catastrophes 2010. München.
http://www.munichre.com/site/corporate/get/documents_E1520419191/mr/assetpool.shared/Document/s/5_Touch/Publications/302-08605_de.pdf (Zugriff: 11.05.2016)

ÖROK – Österreichische Raumordnungskonferenz (2005a): Empfehlung zum präventiven Umgang mit Naturgefahren in der Raumordnung. Empfehlung Nr. 52, Wien.

ÖROK – Österreichische Raumordnungskonferenz (2005b): Präventiver Umgang mit Naturgefahren in der Raumordnung. Materialienband. ÖROK Schriftenreihe Nr. 168. Wien.

ÖROK – Österreichische Raumordnungskonferenz (2009): Energie und Raumentwicklung, Räumliche Potenziale erneuerbarer Energieträger, Schriftenreihe Nr. 178. Wien.

ÖROK – Österreichische Raumordnungskonferenz (2011): Österreichisches Raumentwicklungskonzept ÖREK. 2011. Wien.

OKE, T. R. (1973): City Size and the Urban Heat Island; in: Atmospheric Environment, 7. Oxford u.a., Frankfurt/ M. 769-779

OKE, T. R. (1987): Boundary Layer Climates, 2. Auflage, Methuen, London.

OPTIGRÜN (2014): Die Dachbegrüner - BEGRÜNTÉ DÄCHER ... FÜR ALLE! Nutzen Sie die Vielfalt, http://www.optigruen.at/fileadmin/contents/Prospekte/4_Sonstige_Broschueren/Optigruen-Privat-Image.pdf (Zugriff: 03.05.2016)

OTT, H. & RICHTER, C. (2008): Anpassung an den Klimawandel – Risiken und Chancen für deutsche Unternehmen. Wuppertal Papers Nr. 171, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie. Wuppertal.

OVERBECK, G.; HARTZ, A. & FLEISCHHAUER, M. (2008): Ein 10-Punkte-Plan "Klimaanpassung". Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel im Überblick. In: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.): Räumliche Anpassung an den Klimawandel. Informationen zur Raumentwicklung, Heft 6/7 2008: S. 363-380.

PERFLER, R.; UNTERWAINING, M. & FORMAYER H. (2006): Auswirkungen von Extremereignissen auf die Sicherheit der Trinkwasserversorgung in Österreich. In StartClim2005: Klimawandel und Gesundheit. Wien.

PRETTENTHALER, F. & ALBRECHER, H. (Hrsg.) (2009): Hochwasser und dessen Versicherung in Österreich. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien.

PRETTENTHALER, F. & GOBIET, A. (Hrsg.) (2008): Heizen und Kühlen im Klimawandel – Teil 1, Studien zum Klimawandel in Österreich. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. Wien.

PRETTENTHALER, F.; GOBIET, A.; HABSBURG-LOTHRINGEN, C.; STEINACKER, R.; TÖGLHOFER, C. & TÜRK, A. (2007): Auswirkungen des Klimawandels auf Heiz- und Kühlenergiebedarf in Österreich. In StartClim2006: Klimawandel und Gesundheit, Tourismus, Energie. Wien.

PÜTZ, M. & KRUSE, S. (2011): Governance der Klimaanpassung: zur Anpassungsfähigkeit der Raumplanung im Alpenraum. In: FROMMER, B.; BUCHHOLZ, F. & BÖHM, H. R. (Hrsg.): Anpassung an den Klimawandel – regional umsetzen! Ansätze zur Climate Adaptation Governance unter der Lupe. München: oekom verlag. S. 61-78.

RABITSCH, W. & ESSL, F. (2010): Neobiota und Klimawandel. Eine verhängnisvolle Affäre? Verlag der Provinz, Weitra, 160 S.

ROTHSTEIN, B.; MÜLLER, U.; GREIS, S.; SCHULS, J.; SCHOLTEN, A. & NILSON, E. (2008): Elektrizitätsproduktion im Kontext des Klimawandels. Auswirkungen der sich ändernden Wassertemperaturen und des sich verändernden Abflussverhaltens. In: KW – Korrespondenz Wasserwirtschaft, Nr. 10: S. 555-561.

SAMIMI, C.; DREISER, C. (2000): Klimagutachten Stadt Aschaffenburg mit Klimafunktionskarte für die Stadt Aschaffenburg. Nürnberg

SCHÖNER, B.; DOS SANTOS CARDOSO E.M.; LOIBL W.; H. FORMAYER, W.; AHRENS, M.; DORNINGER, A.; GOBIET, M.; KÖSTL, J.; ZÜGER, A.; FRANK, H.; KROMP-KOLB, B.; KRÜGER, P.; SEIBERT, G.; KIRCHENGAST, H.; TRUHETZ, A.; BECK, B.; CHIMANI, T.; GORGAS, R.; STEINACKER (2004): 1. Jahresbericht reclip:more, research for climate protection: model run evaluation. Dec. 2004. ARC-sys-0032.

SCHÖNER, W.; BÖHM, R.; HASLINGER, K.; BLÖSCHL, G.; MERZ, R.; BLASCHKE, A.P.; VIGLIONE, A.; PARAJKA, J.; KROIB, H. & KREUZINGER, N. (2010): Anpassungsstrategien an den Klimawandel für Österreichs

SHASHUA-BAR L. & HOFFMANN M. E. (2000): Vegetation as a climatic component in the design of an urban street. An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. Energy and Buildings, Vol. 31, Issue 3: S. 221-235.

SCHÖNWIESE, C. D. (2003): Klimatologie. 2. Auflage. Stuttgart: Ulmer
WMO, https://www.wmo.int/pages/themes/climate/index_en.php (Zugriff: 06.04.2016)

SCHOLZ, R. W.; BÖSCH, S.; MIEG, H. A. & STÜNZI, J. (Hrsg.) (1997): Zentrum Zürich Nord, Stadt im Aufbruch: Bausteine für eine nachhaltige Stadtentwicklung. Fallstudie 1996. Zürich: Verlag der Fachvereine.

SCHWAB U. & STEINICKE W. (2003): Stadtklimauntersuchung Wien, im Auftrag der MA 22, Wien

SCOTTISCH GOVERNMENT (2009): Scotland's Climate Change Adaptation Framework – Business and Industry Sector Action Plan. Edinburgh.
<http://www.scotland.gov.uk/Topics/Environment/climatechange/scotlandsaction/adaptation/AdaptationFramework/SAP/BusinessandIndustry> (Zugriff: 06.04.2016)

SEPPÄNEN, O.; FISK, W. & LEI, Q. H. (2006): Effect of temperature on task performance in of-fice environment, Berkeley. Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California.
<http://eetd.lbl.gov/IEP/pdf/LBNL-60946.pdf> (Zugriff: 06.04.2016)

SERGEL, R. (2010): Von sozialen Freiräumen und ökologischen Funktionsflächen zu Arealen staatlicher Kontrolle? Zur Umgestaltung von Grünflächen in Hamburg-Mitte. <http://www.pdf-archive.com/2011/07/15/sergel-2010-gruenflaechen-hamburg-mitte/> (Zugriff: 21.04.2016)

SIEGL, A., KIRCHNER, L., BÖHME, D. (2010): Wasserverfügbarkeit, Wasserbedarf und klimatische Auswirkungen von Rasengleisen. Berliner. Geographische Arbeiten 116, Das Grüne Gleis – Vegetationstechnische, ökologische und ökonomische Aspekte der Gleisbettbegrünung. Berlin 2010, S. 123-132

SOLBRIG, O. T. (1994): MAB – Biodiversitätsbroschüre.

STATISTIK AUSTRIA (2010): Jahrbuch der Gesundheitsstatistik 2009. Wien

STATISTIK AUSTRIA & ÖSTERREICHISCHER STÄDTEBUND (2010): Österreichische Städte in Zahlen. Wien.

STILES, R.; HAGEN, K. & TRIMMEL, H. (2010): Wirkungszusammenhänge Freiraum und Mikroklima. Projektbericht im Rahmen des Programms Haus der Zukunft im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

TEICH, M.; LARDELLI, C.; BEBI, P.; GALLATI, D.; KYTZIA, S.; POHL, M.; PÜTZ, M. & RIXEN, C. (2007): Klimawandel und Wintertourismus: Ökonomische und ökologische Auswirkungen von technischer Beschneidung. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL Birmensdorf.

TRAVETTO FAHRWEGSYSTEME (2006): Innovativer Gleisbau im Personennahverkehr – Feste Fahrbahn System INPLACE, TRAVETTO GmbH & Co. KG, Rötstrasse 4 D – 74589 Satteldorf-Gröningen http://www.travetto.de/pdf/downloads/praes_rasengleissysteme.pdf (Zugriff: 21.04.2016)

TU CHEMNITZ (o.J.): Gemeinsame Forschungsergebnisse des Sächsischen Textilforschungsinstituts e.V. (stfi) an der TU Chemnitz und des IASP im Rahmen eines Kooperationsprojektes.

UBA (Umweltbundesamt) (2008a): Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschland – Phase 1: Erstellung regionaler Klimaszenarien. (= Climate Change, Nr. 11). Dessau: Umweltbundesamt.

UBZ – (UMWELT-BILDUNGS-ZENTRUM) STEIERMARK (2010): <http://www.ubz-stmk.at/themen/> (Zugriff: 12.05.2016)

UMWELTAMT GRAZ (2015): Urbane Begrünung – Dach und Fassaden, Graz, Stand Oktober 2015 <http://www.umwelt.graz.at/cms/beitrag/10253404/6515510> (Zugriff: 03.05.2016)

UMWELTBERATUNG WIEN (2009): "die umweltberatung" Wien – „Logisch gedacht ist ökologisch bedacht“ Ein Leitfaden für die Dachbegrünung, November 2009, Wien.

http://images.umweltberatung.at/html/leitfaden_dachbegruenung.pdf (Zugriff: 03.05.2016)

UMWELTBUNDESAMT (2014): Ein Anpassungsfahrplan für die österreichische Straßenverkehrsinfrastruktur, REPORT, REP-0495, Wien 2014, 33. S.

<http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0495.pdf> (Zugriff: 03.05.2016)

UMWELT BURGENLAND (2006): Merkblatt zur Minimierung von Umweltauswirkungen beim Einsatz von Streumittel im Winterdienst, Burgenland, 5 S. http://umwelt.burgenland.at/media/file/8_Merkblatt-Winterdienst_Vs8.pdf (Zugriff: 03.05.2016)

http://umwelt.burgenland.at/media/file/8_Merkblatt-Winterdienst_Vs8.pdf (Zugriff: 03.05.2016)

UNITED NATIONS (1992): Convention on Biological Diversity

UPHOFF, H. & HAURI, A. M. (2005): Auswirkungen einer prognostizierten Klimaänderung auf Belange des Gesundheitsschutzes in Hessen. Hessisches Landesprüfungs- und Untersuchungsamt im Gesundheitswesen (HLPUG). Gießen. Deutschland.

VOHLAND, K. (2008): Gefährdung von Naturschutzgebieten und mögliche Anpassungsstrategien. In: LOZAN, J. L.; GRAßL, H.; JENDRITZKY, G.; KARBE, L.; REISE, K. (Hrsg.): Warnsignal Klima: Gesundheitsrisiken. Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. Ed Hamburg, S. 352-356.

WAKONIGG, H., (2007): Klima im Wandel, LIT Verlag GmbH & Co, Wien, 188 S.

WASSERBILANZ (2013): Hydrologie – UNI Oldenburg, Deutschland

www.hydrologie.uni-oldenburg.de/ein-bit/11990.html (Zugriff: 03.05.2016)

WENQI LIN et al. (2015): Calculating cooling extents of green parks using remote sensing: Method and test. In Landscape and Urban Planning

WERNER, P. & ZÄHRER, R. (2009): Biologische Vielfalt und Städte – eine Übersicht und Bibliographie. BfN-Skripten 245. Hrsg: Bundesamt für Naturschutz Bonn.

WHO – World Health Organisation (Hrsg.) (2005): Health and Climate Change. Kopenhagen: Eigenverlag

WHO – World Health Organisation (2010a): Ultraviolet radiation and health. Geneva.

WHO – World Health Organisation (2010b): Climate change, extreme weather events and public health – Meeting report 29-30 November 2010 Bonn, Germany. WHO Regional office for Europe. Kopenhagen.

WHO – World Health Organisation (2010c): Schutz der Gesundheit in einer durch den Klimawandel bedrohten Umwelt: Handlungsrahmen für die Europäische Region. WHO Regional office for Europe. Kopenhagen.

WIKI – Bildungsserver (2016): Klimawandel – RCP-Szenarien,
<http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/RCP-Szenarien> (Zugriff: 28.04.2016)

WURM, M. (2007): Erstellung von Strahlungstemperaturkarten am Beispiel der Thermalbefliegung 2004 Graz. Unpubl. Diplomarbeit, Institut für Geographie und Raumforschung, Universität Graz, 96 S.

WWF – World Wide Fund For Nature (Hrsg.) (2007): Kosten des Klimawandels. Die Wirkung steigender Temperaturen auf Gesundheit und Leistungsfähigkeit.
http://www.wwf.de/presse/details/news/hitze_drueckt_sozialprodukt/ (Zugriff: 19.07.2011)

ZAMG (o.J.) Lufttemperatur - Es wird weiter wärmer.
<http://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimazukunft/alpenraum/lufttemperatur> (Zugriff: 06.05.2016)

ZAMG, (2011a): Klimadaten von Österreich 1971-2000, Station Graz Universität.
http://www.zamg.ac.at/fix/klima/oe71-00/klima2000/klimadaten_oesterreich_1971_frame1.htm
(Zugriff: 06.05.2012)

ZAMG, (2011b): Endbericht für das Budgetjahr 2011 – SISSI 2 – Simulationen von Städtischen KlimaSzenarien 2 – Arbeit der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, 63 S.

9. Normen und Gesetze

Bauprodukte (Bauproduktengesetz, BauPG): Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft, gestützt auf die Artikel 95, 97 und 101 der Bundesverfassung, nach Einsicht in die Botschaft des Bundesrates vom 4. September 2013

ÖNORM S 2304:2011. Integriertes Katastrophenmanagement – Benennungen und Definitionen. Österreichisches Normungsinstitut.

OIB - Richtlinien: Grundanforderungen für Bauwerke der Bauproduktenverordnung (Berichtigung); Die OIB-Richtlinien 2015 wurden in der Generalversammlung des OIB am 26. März 2015 beschlossen.

WASSERRECHTSGESETZ 1959 (WRG; BGBl. Nr. 215/1959 i.d.g.F.): 215. Kundmachung der Bundesregierung vom 8.9.1959, mit der das Bundesgesetz, betreffend das Wasserrecht, wiederverlautbart wird.