

2



Klimawandel kennenlernen

Vielerorts wird intensiv erforscht, welche Bedeutung der Klimawandel für einzelne Regionen hat. Die in der Wissenschaft verwendeten Klimamodelle gehen von Annahmen aus, wie sich einzelne Parameter entwickeln und wie sie interagieren. Verschiedene regionale Klimamodelle produzieren daher oft auch unterschiedliche Ergebnisse. Der FUTURE CITIES Kompass hilft Planern, die dadurch entstehenden Fragen zu beantworten:

- Was muss ich wissen? Welche Informationen benötige ich?
- Wo kann ich sie erhalten?
- Wie kann ich mit den Unsicherheiten umgehen, die mit dem Klimawandel verbunden sind?

2.1 Zweck des Moduls und Vorgehensweise

Das Modul „Auswirkungen des Klimawandels verstehen“ besteht aus drei Abschnitten mit Informationen:

Info 1

C1 - Regionale Trends kennenlernen



Info 2

C2 - Auswirkungen des Klimawandels



Info 3

C3 - Weitere Informationen: Linklisten

Info 1: Regionale Trends kennenlernen

Für die Regionen der Partner von Future Cities werden Trends für Klimavariablen zur Verfügung gestellt, z.B. steigende Temperaturen im Sommer. Die Trends werden qualitativ mithilfe von Richtungspfeilen dargestellt. Die Verwendung von absoluten Zahlen ist im Rahmen des Anpassungskompasses nicht zweckmäßig. Eine Unterscheidung der Trends für Sommer und Winter ist erforderlich, da manche Trends je nach Jahreszeit in entgegengesetzte Richtungen zeigen.

Die verwendeten Parameter sind **Lufttemperatur, Niederschlag, Starkregen, Sturm** und **der Meeresspiegel**.

Wichtige Begriffe

Klimawandel

Jede Veränderung des Klimas im zeitlichen Verlauf, entweder herbeigeführt durch natürliche Schwankungen oder als Ergebnis menschlicher Aktivitäten (IPCC, 2001).

Klimamodell

Ein quantitatives (meist dynamisches) Modell, das versucht, das globale Klima und zusammenhängende Prozesse auf der Erde zu simulieren.

Auswirkung des Klimawandels

Auswirkungen oder Konsequenzen des Klimawandels auf natürliche oder menschliche Systeme (IPCC, 2007). Im Anpassungskompass werden diese Konsequenzen für jeden Rezeptor einzeln bewertet.

Wenn Sie detailliertere Informationen zu Ihrer Stadt haben, können Sie

- den genannten Trend verändern, wenn dieser nicht auf Ihre Situation zutrifft. Die veränderten Trends werden die weiteren Ergebnisse verändern oder
- einen neuen Parameter auf der Liste ergänzen und den passenden Trend auswählen.

Änderungen von Trends der vorgegebenen Parameter werden von den weiteren Modulen übernommen (siehe Modul „Risiken und Chancen abschätzen“). Hinzugefügte Parameter können aus technischen Gründen jedoch nicht bei der Abschätzung der Risiken oder der Wahl der Anpassungsmaßnahmen berücksichtigt werden.

C1 – Regionale Trends kennenlernen

Land: Region:

Parameter	Trend der Klimaveränderung		Konsequenzen für Wetterereignisse - Sommer	Konsequenzen für Wetterereignisse - Winter
	Sommer	Winter		
Lufttemperaturen	zunehmend ↗	zunehmend ↗	Hitzewellen - verstärkende Wirkung: Die Durchschnittstemperaturen im Sommer steigen. Außerdem werden in Zukunft häufigere und längere Hitzewellen erwartet.	Extreme Kälte - ausgleichende Wirkung: Die Durchschnittstemperaturen im Winter steigen. Extreme Kälte wird daher seltener erwartet.
Niederschlag	abnehmend ↘	zunehmend ↗	Trockenheit - verstärkende Wirkung: Geringere Niederschläge verbunden mit höheren Lufttemperaturen und dadurch höheren Verdunstungsraten lassen längere	Trockenheit - ausgleichende Wirkung: Zunehmende Niederschläge im Winter, die aufgrund steigender Temperaturen seltener in Form von Schnee fallen, lassen seltener

Dieses Blatt informiert Sie über die erwarteten Trends der Klimaveränderung bei einigen entscheidenden Klimaparametern. Die Trends basieren auf Klimaprojektionen bis zum Jahr 2050. Die Spalte „Konsequenzen für die Extremwetterereignisse“ erklärt die Verbindung zwischen den Trends der regionalen Klimaveränderung und den im Modul „Verwundbarkeit prüfen“ identifizierten Empfindlichkeiten gegenüber Extremwetterereignissen.

→ Um den **Namen des Landes oder der Region** zu ändern, klicken Sie auf den Namen und wählen Sie andere Länder von der Liste. Bei der Wahl von „Ihr Land“ können Sie alle Trends der Klimaveränderung selbst eintragen.

→ Sie können **mehr Parameter hinzufügen** und die **genannten Trends ändern** um eine Anpassung an die lokale Situation zu erreichen. Beachten Sie jedoch, dass die hinzugefügten Parameter nicht bei den folgenden Bewertungsschritten berücksichtigt werden können.

Info 2: Auswirkungen des Klimawandels

Hier können Sie die Auswirkungen der dargestellten Trends auf die von Ihnen gewählten Rezeptoren und Empfindlichkeiten gegenüber Wetterereignissen sehen (siehe Modul „Verwundbarkeit prüfen“).

Die Auswirkungen sind folgendermaßen kategorisiert:

- **Verstärkende Wirkung:** Die Trends intensivieren die jeweilige Situation (z.B. wird es im Sommer heißer) und deshalb werden die im Modul „Verwundbarkeit prüfen“ identifizierten Verwundbarkeiten in Zukunft zunehmen.
- **Gleichbleibende Wirkung:** Es werden keine Veränderungen der Trends erwartet; deshalb wird keine Veränderung der im Modul „Verwundbarkeit prüfen“ identifizierten Verwundbarkeiten erwartet.

Wichtige Begriffe

Trend der Klimaveränderung

Ein Trend ist definiert als die Richtung einer Veränderung einer Variablen in einer Zeitspanne. Im Anpassungskompass bezieht sich der Begriff „Trend der Klimaveränderung“ auf die Richtung von Veränderungen, die von regionalen Klimamodellen für einen angegebenen Zeitraum berechnet sind (siehe Klimamodell). Der Trend macht keine Aussage zu Umfang und Wahrscheinlichkeit der Veränderung.

Klimaparameter

Klimaparameter sind alle Parameter, die für das Klimasystem essentiell sind (z.B. Feuchtigkeit, Temperatur, Strahlung). Im Anpassungskompass wird eine Auswahl an Klimaparametern verwendet.

- **Ausgleichende Wirkung:** Die Trends gleichen die jeweilige Situation aus (z.B. wird es im Winter wärmer) und deshalb werden die im Modul „Verwundbarkeit prüfen“ identifizierten Verwundbarkeiten in Zukunft abnehmen.



C2 – Auswirkungen des Klimawandels

Hier können Sie die Auswirkungen der Trends auf die von Ihnen gewählten Rezeptoren und die Empfindlichkeiten gegenüber Wetterereignissen sehen (siehe Modul „Verwundbarkeit prüfen“). Die Auswirkungen sind kategorisiert als **Verstärkend – Gleichbleibend – Ausgleichend**

Um die Auswirkung des Klimawandels zu ändern, ändern Sie die Eingangsdaten in C1- Regionale Trends kennenlernen.

Land: Deutschland		Region: Nordrhein-Westfalen	
Rezeptoren	Empfindlichkeit gegenüber Wetterereignissen	Auswirkung des Klimawandels - Sommer	Auswirkung des Klimawandels - Winter
Öffentliche Gesundheit / empfindliche Gruppen	Hitzewelle	verstärkend	n/a
	Extreme Kälte	n/a	ausgleichend
	Trockenheit	verstärkend	ausgleichend

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick, welche Auswirkungen des Klimawandels für die extremen Wetterereignisse, die im Modul „Verwundbarkeit prüfen“ verwendet werden zu erwarten sind:

Extremwetterereignis	Auswirkungen des Klimawandels	
	Sommer	Winter
Hitzewelle	Verstärkende Wirkung: Die Durchschnittstemperaturen im Sommer steigen. Außerdem werden in Zukunft häufigere und längere Hitzewellen erwartet.	n/a – kein Zusammenhang
Trockenheit	Verstärkende Wirkung: Geringere Niederschläge verbunden mit höheren Lufttemperaturen und dadurch höheren Verdunstungsraten lassen längere und häufigere Trockenheiten im Sommer erwarten.	Ausgleichende Wirkung: Zunehmende Niederschläge im Winter, die aufgrund steigender Temperaturen seltener in Form von Schnee fallen, lassen seltener Trockenheiten im Winter erwarten.
Extreme Kälte	n/a – kein Zusammenhang	Ausgleichende Wirkung: Die Durchschnittstemperaturen im Winter steigen. Extreme Kälte wird daher seltener erwartet.

Wichtige Begriffe

Verstärkende Wirkung

Die Auswirkungen des Klimawandels intensivieren die jeweilige Situation deshalb werden die identifizierten Probleme zunehmen.

Ausgleichende Wirkung

Der Klimawandel wirkt sich auf die Parameter auf ausgleichende Weise aus: Wetterextreme werden abgemildert und daher werden die identifizierten Probleme verringert.

Gleichbleibende Wirkung

Da die Trends der Klimaveränderung die gegenwärtige Situation nicht deutlich verändern, bleiben identifizierte Probleme auch zukünftig unverändert betroffen.

Extremwetterereignisse

Die FUTURE-CITIES Partnerschaft hat sich im Anpassungskompass auf die Extremwetterereignisse Hitze, Trockenheit, extreme Kälte, Starkregen/ Hochwasser und Sturm konzentriert. Steigende Meeresspiegel werden nicht berücksichtigt, obwohl dieses Problem eines der Hauptprobleme in Nordwesteuropa ist. Hierbei handelt es sich jedoch nicht um ein Extremwetterereignis, sondern um eine Langzeitauswirkung. Wenn es erforderlich ist, können Sie diesen Aspekt in der Tabelle V1 ergänzen.

Extremwetter- ereignis	Auswirkungen des Klimawandels	
	Sommer	Winter
Starkregen / Hochwasser	Verstärkende Wirkung: Da das Klima in Nordwest-europa extremer wird, werden zunehmend extreme Starkregen erwartet, obwohl mit einer geringeren durchschnittlichen Niederschlagsmenge im Sommer gerechnet wird. Dies kann zu häufigeren Hochwas- sern und Überflutungen führen.	Gleichbleibende Wirkung: Es werden keine Veränderungen bei den Starkregen erwartet, mit gleichbleibender Konsequenz für Hochwasser. Für GB und NL: Verstärkende Wirkung: Es werden zunehmend extreme Starkregen erwartet. Dies kann zu häufigerem Hochwasser führen.
Sturm	Ausgleichende Wirkung: Die mögliche Entwicklung von Wind und Sturm in Zukunft ist sehr schwierig zu modellieren und deshalb gibt es viele Unsicherheiten. Trotzdem gehen verschiedene Modelle davon aus, dass die durchschnittlichen Winde im Sommer zurückgehen. Die künftige Anzahl der Sturmtage und -intensitäten folgen demselben Muster.	Verstärkende Wirkung: Die mögliche Entwicklung von Wind und Sturm in Zukunft ist sehr schwierig zu modellieren und deshalb gibt es viele Unsicherheiten. Trotzdem gehen verschiedene Modelle davon aus, dass die durchschnittlichen Winde im Winter zunehmen werden. Die künftige Anzahl der Sturmtage und -intensitäten folgen demselben Muster.

Info 3: Weitere Information - Linklisten

Für alle Regionen von FUTURE CITIES werden Linklisten zur Verfügung gestellt, über die Sie weitere Informationen zu Klimaprojektionen und wichtigen Institutionen auf nationaler und regionaler Ebene erhalten.

Die Regionen können ausgewählt werden, indem Sie im Blatt C1 auf das jeweilige Land klicken.

C3 – Weitere Information: Linklisten

Hier können Sie Links zu wichtigen Institutionen finden, die Informationen zu den Themen Klimawandel (allgemein), Klimaprojektionen und Auswirkungen für die Länder und Regionen von Future Cities zur Verfügung stellen. Um das gewählte Land und die Region zu ändern, gehen Sie zurück zu C1- Regionale Trends kennenlernen.

Wenn Sie in C1 „Ihr Land – Ihre Region“ wählen, können Sie hier Ihre eigenen Links hinzufügen.

Land: Region:

Einige Institutionen konzentrieren sich auf den Wissenstransfer im Zusammenhang mit Klimawandel und Anpas- diese sind hier genannt:

- x KomPass - Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung im Umweltbundesamt
<http://www.anpassung.net/>
- x Regionale Klimabüros der Helmholtz Gemeinschaft
<http://www.klimabuero.de/>
Süddeutsches Klimabüro: <http://www.sueddeutsches-klimabuero.de/>

Informationen zu Ländern und Regionen:

Die Klimatrends und Links werden für die folgenden am FUTURE CITIES Projekt beteiligten Länder und Regionen zur Verfügung gestellt:

- Deutschland, Nordrhein-Westfalen
- Niederlande, Gelderland
- Großbritannien, Südostengland
- Frankreich, Normandie
- Belgien, Westflandern

Wenn sich Ihre Stadt in einer der genannten Regionen befindet, können Sie die Informationen verwenden und sie ggf. an Ihre spezielle Situation anpassen (Trends des Klimawandels in C1).

Wenn sich Ihre Stadt nicht innerhalb der genannten Regionen befindet, können Sie „Ihre Stadt / Ihre Region“ benutzen und die Informationen selbst eingeben.

2.2 Klimawandel – praktische Informationen

Das Kapitel soll Ihnen einen praktischen Einblick in die Komplexität des Themas Klimawandel geben, damit Sie einschätzen können:

- ob Sie mehr über die zu erwarteten regionalen und lokalen Klimaveränderungen erfahren möchten,
- ob Ihnen – angesichts des Aufwands und der Unsicherheiten, die mit den Daten zum Klimawandel zusammenhängen – die zur Verfügung gestellte Information genügt.

Das Kapitel dient nicht dazu, Ihnen umfassende Erläuterungen zum Klimawandel zu geben.

2.2.1 Klima versus Wetter

Die Begriffe Klima und Wetter beschreiben zwei grundsätzlich verschiedene Umstände. Das **Klima** ist der **durchschnittliche** Zustand der Atmosphäre und der darunterliegenden Land- oder Wasseroberfläche, während das **Wetter** die Veränderungen der atmosphärischen Bedingungen von **Tag zu Tag** beschreibt.

Wegen des chaotischen Charakters des Klimas unserer Erde kann das **Wetter** nur für kurze Zeiträume vorhergesagt werden. Geringe Unterschiede bei den Anfangszuständen der meteorologischen Parameter, z.B. der Feuchtigkeitsgrad, können selbst über kurze Zeiträume zu großen Unterschieden bei den Ergebnissen führen.

Das **Klima** wird durch langfristige statistische Werte beschrieben, wie Durchschnittswerte, Abweichungen und Wahrscheinlichkeiten, bezogen auf meteorologische Parameter. In Zusammenhang mit dem Klimawandel meint der Begriff „langfristig“ typischerweise Zeiträume von mindestens 30 Jahren. Die Vorhersehbarkeit des Klimas wird durch das, was wir unter „Klimawandel“ verstehen, zusätzlich kompliziert, sowie durch die ungewisse Entwicklung des globalen Ausstoßes von Treibhausgasen in den nächsten Jahrzehnten. Weitere Einflussfaktoren des globalen und regionalen Klimas sind Landnutzungsmuster, Bevölkerung, hydrologische, glaziale und geologische Aktivitäten. All diese Aktivitäten sind für längere Zeiträume schwierig zu prognostizieren. Darüber hinaus interagieren diese Variablen mit unserem Klima, was die Angelegenheit noch komplizierter macht: Sie werden von sich verändernden Klimabedingungen beeinflusst und diese Veränderungen wiederum beeinflussen den Klimawandel. Die verfügbaren Informationen zum künftigen Klima sind also keine Vorhersage, sondern eine Auswahl aus verschiedenen Projektionen einer künftigen Klimasituation. Daher ist keine einem Wetterbericht ähnliche Vorhersage des künftigen Klimas für ein spezielles Jahr oder einem Monat möglich. Es können lediglich Größenordnungen und Veränderungen von Mittelwerten zur Verfügung gestellt werden.

Wichtige Begriffe

Globales Klimamodell

Ein General Circulation Model (GCM), oft „globales Klimamodell“ genannt, ist ein mathematisches Modell der allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre des Planeten und der Ozeane, sowie weiterer Modelle. GCMs werden für Wetterberichte angewendet. Um das Klima zu verstehen und Klimaveränderungen zu berechnen, werden weitere Modelle angekoppelt.

Regionales Klimamodell

Ein regionales Klimamodell ist ein mathematisches Modell zur allgemeinen Berechnung der Atmosphäre auf regionaler Ebene. Diese regionalen Modelle verwenden ein statistisches oder dynamisches Downscaling der Daten globaler Modelle und erreichen eine horizontale Auflösung von 10 x 10 km.

2.2.2 Klimaprojektionen

Veränderungen der Mittelwerte sind wertvolle Informationen, wenn man sie zu interpretieren versteht. Klimamodelle kalkulieren diese Mittelwerte, um wichtige Tendenzen für das globale Klima ableiten zu können:

Klimamodelle, die das Klima der gesamten Erde simulieren, werden **globale Klimamodelle** genannt. Sie können Daten für eine horizontale Auflösung von ca. 200 x 200 km liefern. Da für viele Analysen diese Auflösung nicht detailliert genug ist, wurden **regionale Klimamodelle** entwickelt. Diese regionalen Modelle verwenden ein statistisches oder dynamisches Downscaling der Daten des globalen Klimamodells und erreichen horizontale Auflösungen von 10 x 10 km.

Für eine Stadt mit ihren im Verhältnis dazu kleinskaligen Merkmalen und zahlreichen Einflussfaktoren des Mikroklimas sind selbst regionale Klimamodelle nicht detailliert genug. Da die Unsicherheiten von Klimaprojektionen mit der Zeit und der Auflösung zunehmen, macht ein weiteres Downscaling wenig Sinn (siehe Kapitel „Mit Unsicherheiten umgehen“).

Die Grundlage für alle Klimamodelle sind Annahmen zur zukünftigen Entwicklung von Emissionen, der Demographie, Gesellschaft, Technologie, Wirtschaft und Ökologie. Diese Annahmen werden in Form von Szenarien beschrieben. Die meisten Klimamodelle verwenden **Emissionsszenarien**, die vom Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) definiert wurden (SRES - Special Report on Emission Scenarios): Die vier grundlegenden Szenarien beschreiben die zukünftige Welt wie folgt (Nakicenovic et al., 2000):

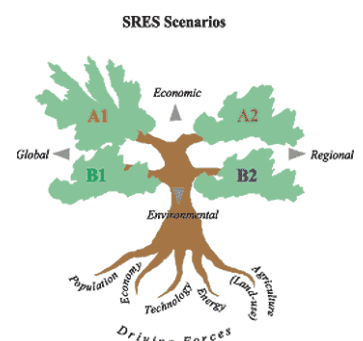
- **Szenarien A1:** sehr rasches Wirtschaftswachstum; wachsende Weltbevölkerung bis zur Mitte des Jahrhunderts, danach rückläufig; rasche Einführung neuer und effizienterer Technologien.
- **Szenarien A2:** eine sehr heterogene Welt; wachsende Weltbevölkerung; regional ausgerichtetes Wirtschaftswachstum, Pro-Kopf-Wirtschaftswachstum und technologische Veränderung bruchstückhafter und langsamer als in anderen Szenarien.
- **Szenarien B1:** Entwicklung der Weltbevölkerung wie in A1, aber mit schnellen Veränderungen der Wirtschaftsstrukturen in Richtung Dienstleistungs- und Informationswirtschaft; Rückgang des Materialverbrauchs; Einführung sauberer und ressourcenschonender Technologien.
- **Szenarien B2:** Betonung auf lokalen Lösungen für Fragen der wirtschaftlichen, sozialen, ökologischen Nachhaltigkeit, kontinuierlich wachsende Bevölkerung (geringer als A2) und mittlere wirtschaftliche Entwicklung.

Die Szenarien haben „Familien“, die weitere Annahmen zur zukünftigen Entwicklung einbeziehen, z.B. das häufig verwendete Szenario A1B, das aus A1 und B zusammen gesetzt ist und zusätzliche Umweltaspekte hinzufügt.

Wichtige Begriffe

Emissionsszenario

Annahmen über die künftige Entwicklung von Emissionen sind die Grundlage für alle Klimamodelle. Diese Annahmen werden in Form von Szenarien beschrieben. Die wichtigsten Szenarien A1, A2, B1, B2, A1B wurden vom IPCC Special Report on Emission Scenarios beschrieben und werden als SRES Szenarien bezeichnet.



© Nakicenovic, N. et al (2000).

2.2.3 Mit Unsicherheiten umgehen

Die Unsicherheiten bei Klimaprojektionen sind vielfältig. Sie können in vier Kategorien unterteilt werden:

- Unsicherheiten durch die Szenarien: Künftige Emissionen, Landnutzung und viele andere Einflussfaktoren des Klimas werden als Annahmen projiziert.
- Unsicherheiten durch Ungenauigkeiten in globalen Klimamodellen werden an regionale Klimamodelle weitergegeben.
- Unsicherheiten durch Ungenauigkeiten in regionalen Klimamodellen.
- Die sog. Sampling-Unsicherheiten: Das modellierte Klima wird stets auf der Grundlage einer begrenzten Anzahl von Jahren abgeschätzt. Statistisch gesprochen entspricht es dem Problem der Bevölkerungstichprobe.

Darüber hinaus existiert das allgemeine Problem, dass das Klima ein chaotisches System ist, das nur bedingt vorhergesagt werden kann (siehe Kapitel „Klima versus Wetter“).

Die Unsicherheiten sind nur schwer quantifizierbar, da sie von den Eingabedaten des Modells, dem Zeitrahmen, der Auflösung und den Output-Parametern abhängig sind. Dies sollte aber nicht als Vorwand genutzt werden, um nicht aktiv zu werden. Viele Entscheidungen in Bereichen wie Wirtschaft, Politik, Planung und Wasserwirtschaft werden seit Jahrzehnten trotz Unsicherheiten getroffen. Entscheidungen zur Anpassung sollten genauso angegangen werden.

Daher können die Ergebnisse der Projektionen des Klimawandels trotz der Unsicherheiten eine wertvolle Hintergrundinformation für regionale und lokale Anpassungsentscheidungen darstellen. Die Entscheidungen sollten allerdings immer auf vielfältigen Informationen beruhen, wie der Abschätzung der Verwundbarkeit, Raum- und Flächennutzungsplanung oder Entwicklungsplanung. Die meisten Anpassungsmaßnahmen sind nicht nur vorteilhaft im Sinne einer Anpassung an den Klimawandel, sondern auch für andere Bereiche, z.B. für die Attraktivität einer Stadt. Selbst wenn die Auswirkungen des Klimawandels nicht wie erwartet eintreten, können die Maßnahmen vorteilhaft und kosteneffektiv sein.

Im FUTURE CITIES Anpassungskompass sind mehrere erfolgreiche Anpassungsmaßnahmen aus der Praxis enthalten und beschrieben. Diese können Sie im Modul „Anpassungsmaßnahmen erkunden“ kennenlernen.

Wichtige Begriffe

„No-regret Maßnahmen“

„No-regret Maßnahmen“ sind Maßnahmen, die nicht nur vorteilhaft für die Anpassung an den Klimawandel sind, sondern auch für andere Bereiche, z.B. für das Wirtschaftswachstum. Wenn die Auswirkungen und die Klimaveränderung nicht wie erwartet eintreffen, hat die Maßnahme Vorteile für den anderen Bereich.

2.3 Zusammenfassung der Projektionen für die Regionen von FUTURE CITIES

Um mehr über Klimawandel zu erfahren, stehen eine große Anzahl sehr guter Online-Tools und Plattformen zur Verfügung. In den folgenden Kapiteln werden die Projektionen des Klimawandels für die Regionen von FUTURE CITIES kurz vorgestellt. Die wissenschaftliche Grundlage, die verwendeten Modelle, Emissionsszenarien und Beobachtungszeiträume sind in den Länder verschieden. Daher können die Projektionen nicht miteinander verglichen werden, ohne tiefer in die Methodologie einzusteigen. Für den Anpassungskompass und die in diesem Modul verwendeten Trends werden die wichtigsten regionalen Klimamodelle auf Landesebene, deren Zeitrahmen und Szenarien, sowie die Online-Tools oder Plattformen genannt, wo Sie mehr erfahren können.

2.3.1 Belgien, Westflandern

In Belgien wurden mehrere wissenschaftliche Studien zu den Auswirkungen des Klimawandels durchgeführt. Das belgische Bundesbüro für Wissenschaft unterstützt die Forschung zum Klimawandel mit dem Programm „Forschung für nachhaltige Entwicklung“. Ein Klimazentrum mit der Zielsetzung, Klimaforschung mit den Dienstleistungen privater und staatlicher Forschungsinstitute in Verbindung zu bringen, wurde eingerichtet (siehe auch Belgische Anpassungsstrategie, 2010).

In Flandern basieren die Klimaprojektionen auf verschiedenen ausländischen Modellen. Im Allgemeinen werden die folgenden Szenarien benutzt:

- Nassklimaszenario
- Trockenklimaszenario
- Moderatklimaszenario (ein „mittleres“ Szenario in Bezug auf nasse und trockene Perioden).

Die regionalen Klimaprojektionen für Belgien sind überwiegend für den Zeitraum 2071 bis 2100 modelliert und werden wie in Deutschland, Frankreich und Großbritannien mit den Jahren 1961 bis 1990 verglichen.

Bis Dezember 2012 (Stand dieses Handbuchs) existierte kein Online-Tool oder eine Plattform, die leicht zugängliche Informationen zum Klimawandel für die Regionen Belgiens liefert. Die nationale Strategie zur Klimaanpassung gibt allerdings einen guten Überblick über die erwarteten Veränderungen und deren Auswirkungen:

<http://www.lne.be/themas/klimaatverandering/adaptatie/bestandenmap/nationale-adaptatiestrategie>

FUTURE CITIES Partner & Regionen

Lippeverband
→ Deutschland,
Nordrhein-Westfalen

Stadt Arnhem
→ Niederlande,
Gelderland

Emschergenossenschaft
→ Deutschland,
Nordrhein-Westfalen

Hastings Borough Council
→ Großbritannien,
Südostengland

Stadt Nijmegen
→ Niederlande,
Gelderland

Rouen Seine
Aménagement
→ Frankreich, Normandie

Stadt Tiel
→ Niederlande,
Gelderland

West-Vlaamse
Intercommunale
→ Belgien, Westflandern

2.3.2 Frankreich, Normandie

Der nationale Wetterdienst *Météo France* stellt Informationen zu Klimaprojektionen in Frankreich zur Verfügung. Dort ist das Online-Tool „*Simulateur climatique*“ zu finden, das über die Klimasimulationen zwischen 2050 und 2100 informiert:

http://climat.meteofrance.com/jsp/site/Portal.jsp?&page_id=13609

Die Simulation bezieht sich auf das regionale Klimamodell „*ARPEGE-Climat*“, das vom *Centre de recherches de Météo-France* entwickelt wurde.

Die Projektionen basieren auf zwei verschiedenen Zukunftsszenarien, die von einem schnellen und einem weniger schnellen Anstieg der Emissionen von Treibhausgasen ausgehen:

- Ein moderates Szenario (B2 des IPCC): ein langsamer Anstieg der Emission von Treibhausgasen.
- Ein intensives Szenario (A2 des IPCC): ein Anstieg an Emissionen von Treibhausgasen, der der aktuellen Rate entspricht.

Die Simulation enthält fünf Parameter: Maximaltemperatur, Minimaltemperatur, Niederschlag, Sonnenstunden und Bodenfeuchte. Ähnlich wie in Deutschland und Großbritannien werden die Ergebnisse der Projektion mit den Referenzwerten des Zeitraums von 30 Jahren zwischen 1960 und 1990 verglichen.

Auf der Web-Plattform sind weitere Informationen zum Klimawandel zu finden.

2.3.3 Deutschland, Nordrhein-Westfalen

In Deutschland gibt es verschiedene regionale Klimamodelle, die von verschiedenen wissenschaftlichen Institutionen entwickelt wurden und von diesen betrieben werden. Die vier wichtigsten Modelle sind (Walkenhorst & Stock 2009):

- Das regionale Klimamodell REMO, ein dynamisches Modell des Max-Planck-Instituts für Meteorologie: Es rechnet mit den Emissionsszenarien A1B, A2, B1.
- COSMO-CLM (CCLM), ebenfalls ein dynamisches regionales Modell, das von einer Gruppe von ca. 25 Institutionen betrieben wird: Das Modell basiert auf den Emissionsszenarien A1B und B1.
- WETTREG, ein statistisches regionales Modell von der Firma Climate & Environment Consulting Potsdam (CEC): Analog zum Modell REMO basiert es auf den Emissionsszenarien A1B, A2 und B1.
- STAR, ein weiteres statistisches Modell, das von dem Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK) entwickelt wurde: Die Projektionen basieren auf dem Zukunftsszenario A1B.

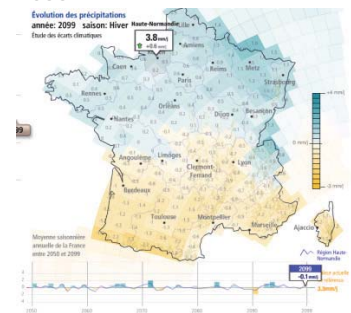
Die Web-Plattform „Regionaler Klimaatlas“ liefert Informationen zu den Klimaprojektionen der regionalen Klimamodelle. Die „Helmholtz-Gemeinschaft“ betreibt die Plattform durch regionale Klimabüros.

<http://www.regionaler-klimaatlas.de/>

Die Plattform liefert Auskünfte zu Parametern wie Maximaltemperaturen, Minimaltemperaturen, Niederschlag, Sonnenstunden und viele andere

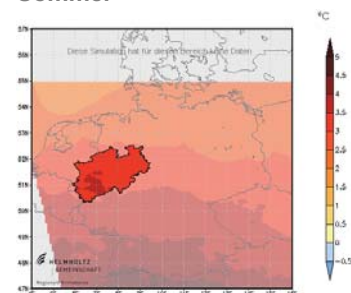
Beispiele für Klimaprojektionskarten

Künftige Niederschläge in Frankreich/Rouen im Winter 2099



© Météo-France, simulateur climatique

Künftige Durchschnittstemperaturen in Deutschland/NRW im Sommer



© Regionaler Klimaatlas: verwendetes Modell: A1B REMO, Zeithorizont: 2100

Informationen. Die Ergebnisse der Projektion können mit den Referenzwerten des Zeitraums von 30 Jahren zwischen 1960 und 1990 verglichen werden.

Ein weiterer umfassender Klimaatlas wird vom Deutschen Wetterdienst DWD zur Verfügung gestellt. Mehrere Karten können heruntergeladen werden, die die heutigen Klimabeobachtungen mit den Zukunftsprojektionen vergleichen.

<http://www.dwd.de/>

2.3.4 Niederlande

In den Niederlanden wurde das regionale Klimamodell RACMO vom „Königlichen Niederländischen Meteorologischen Institut“ (KNMI) entwickelt. RACMO steht für „Regional Atmospheric Climate Model“. Es spielte eine bedeutende Rolle bei der Entwicklung der Emissionsszenarien für die Niederlande, die sich von den Emissionsszenarien Frankreichs, Deutschlands und Großbritanniens unterscheiden. Die vier Szenarien für 2050 sind: W und W+ für „warm“ sowie G und G+ für „moderat“. Auch der verwendete Referenzzeitraum unterscheidet sich von dem der anderen Partnerländer von FUTURE CITIES: 1975 – 2005.

Die warmen Szenarien W/W+ zeichnen sich durch höhere globale Durchschnittstemperaturen im Vergleich zu den moderaten G/G+ Szenarien aus. Die Szenarien mit plus G+/W+ nehmen eine Veränderung in der atmosphärische Zirkulation über dem Atlantik und Westeuropa an, die zu warmen und nassen Wintern führt, während die Sommer außergewöhnlich heiß und trocken sind. In den G/W Szenarien bleiben die Muster der Luftzirkulation unverändert.

Weitere Informationen zum Klimamodell und den Szenarien sind hier zu finden:

http://www.knmi.nl/research/regional_climate/models/index.html

Ein praktisches Tool, das Informationen zu Projektionen des Klimawandels und den Auswirkungen in den niederländischen Regionen gibt, ist der *Klimaateffect Atlas*. Hierbei handelt es sich um ein Geoportal, das vom *Königlichen Niederländischen Meteorologischen Institut, Alterra (Wageningen Universität)* und weiteren Organisationen unterstützt wird.

<http://klimaateffectatlas.wur.nl/bin/cmsclient.html>

Die Plattform zeigt die Simulationen der Klimaszenarien für die Provinzen in den Niederlanden. Es werden Informationen zu Temperatur und Niederschlag bereitgestellt, sowie Karten zu Überschwemmungen, Wasserüberfluss und Wassermangel sowie zu weiteren Themen.

2.3.5 Großbritannien, Südostengland

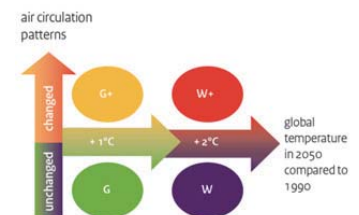
In Großbritannien werden Klimaprojektionen auf der öffentlichen Informationsplattform UK Climate Projections 2009 (UKCP09) zur Verfügung gestellt. Die Plattform liefert detaillierte Informationen zu den Ergebnissen des dynamischen regionalen Klimamodells HadRM3 bis zum Jahr 2100 inklusive einem Nutzer-Interface für individuelle Karten.

Die kompletten Ergebnisse und vorbereitete Karten und Graphiken mit zentralen Ergebnissen sind hier zu finden:

<http://ukclimateprojections.defra.gov.uk/>

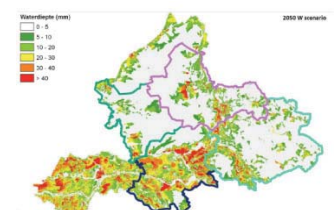
Beispiele für Klimaprojektionskarten

Die vier Szenarien für die Niederlande



© Climate change in the Netherlands; Supplements to the KNMI'06 scenarios, KNMI, De Bilt, The Netherlands.

Künftige Überflutungshöhe in den Niederlanden/ Gelderland



© Klimaatelier Gelderland 2010, verwendetes Modell: 2050 W

Die Website liefert detaillierte Informationen über die erwarteten künftigen Klimabedingungen, ähnlich wie in dem deutschen *Regionalen Klimaatlas* oder dem französischen *Simulateur climatique*. Die modellierten Szenarien werden mit dem Referenzzeitraum von 1961 – 1990 verglichen.

Die Projektionen beruhen auf drei verschiedenen Zukunftsszenarien, die hohe, mittlere und niedrige Emissionen von Treibhausgasen berücksichtigen (entspricht A2, A1B und B2 von IPCC SRES). Die Daten und der wissenschaftliche Hintergrund der Projektionen werden vom Met Office Hadley Centre geliefert, das sowohl das globale Klimamodell HadCM3 als auch das regionale Klimamodell HadRM3 entwickelt hat und betreibt.

2.4 Erfahrungen von FUTURE CITIES

Erfahrungen der Wasserverbände Emschergenossenschaft und Lippeverband (DE)

Welche Klimaprojektionen verwenden wir?

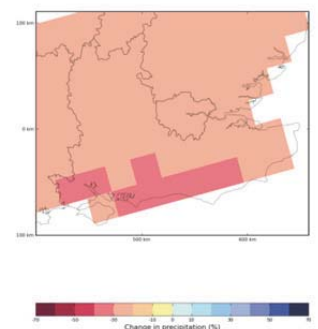
Um eine Vorstellung der möglichen Auswirkungen des Klimawandels im Einzugsgebiet der Emscher und Lippe zu erhalten, verwenden die Wasserverbände Emschergenossenschaft und Lippeverband eigene umfangreiche Daten. Diese Daten werden mit Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) und der nordrhein-westfälischen Landesregierung ergänzt.

- Zur Beobachtung des Niederschlags unterhalten die Wasserverbände 75 Messstationen. Sechzehn dieser Station existieren seit mehr als siebenzig Jahren.
- Darüber hinaus gibt es Informationen zu Lufttemperatur, relativer Luftfeuchtigkeit, Verdunstung, Windgeschwindigkeit und Sonnenstunden mithilfe von Radarmessungen des Deutschen Wetterdienstes (DWD), Klimadaten von der nordrhein-westfälischen Landesregierung, dem Deutschen Wetterdienst und der Ruhr-Universität Bochum.
- Andere Messnetzwerke der Wasserverbände, Städte, Industrie, Landesregierung und der Bergbauindustrie liefern zusätzliche Daten zur Beobachtung von Hochwasserdurchflüssen und der Grundwasserspiegel – teilweise stehen diese Daten seit den fünfziger Jahren des vorherigen Jahrhunderts zur Verfügung.

All diese Informationen stellen eine gute Grundlage für die Diskussion möglicher Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserkreislauf dar. Genaue Aussagen für die künftige Entwicklung des Klimas können jedoch nicht abgeleitet werden, da kein statistisch aussagefähiger Trend identifiziert werden kann. Daher arbeiten auch die Emschergenossenschaft und der Lippeverband mit den SRES-Szenarien des IPCC. Um diese globalen Szenarien auf eine regionale Ebene zu übertragen, werden die bestehenden regionalen Klimamodelle benutzt.

Beispiele für Klimaprojektionskarten

Künftige Niederschläge in Südostengland im Sommer



©UKCP09, mittleres Emissionsszenario, Überschreitungswahrscheinlichkeit: 0.50, Zeithorizont: 2070-2099

Weitere Beispiele von FUTURE CITIES:

Hastings, UK

Bei der Planung der Anpassung und der Bewertung von Risiken werden die wichtigsten Erkenntnisse von UKCP09 berücksichtigt und verwendet. Unsicherheiten werden erklärt. Es ist besonders hilfreich zu zeigen, wie viel heißer es bei drei verschiedenen Szenarien noch werden könnte.

Wie gehen wir mit den Unsicherheiten um?

Obwohl von diesen Klimaprojektionen Aussagen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit für langfristige und großräumige Trends abgeleitet werden können, kann noch keine gesicherte Schlussfolgerung gezogen werden. Es ist nicht sicher, wie genau sich das Klima im Einzugsgebiet der Emscher und der Lippe verändern wird. Wir wissen nicht, wie viel Regen in Zukunft genau fallen wird.

Angesichts der bestehenden Unsicherheiten sind flexible Strategien erforderlich, die die Möglichkeit bieten, sich anzupassen, wenn dies erforderlich ist. Aus diesem Grund folgen die Emschergenossenschaft und der Lippeverband einer Strategie, die auf den sogenannten „No-regret“-Maßnahmen beruht: Maßnahmen, die auch Vorteile haben, wenn die Klimaveränderungen nicht wie erwartet eintreffen. Diese Strategie wird auch von der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) – unterstützt.

Die Wasserverbände setzen bereits heute Maßnahmen um, die sich unabhängig vom Ausmaß des Klimawandels positiv auf eine nachhaltige Wasserwirtschaft auswirken. Diese „No-regret“-Maßnahmen erfüllen auch andere Zwecke im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung. Sie müssen langfristig wirksam, effektiv, funktional und zu vernünftigen Kosten veränderbar sein, falls eine Anpassung erforderlich ist. Sie sollen ein robustes und flexibles System ermöglichen, das verschiedene Ziele erfüllt:

- Stärkung des natürlichen Wasserkreislaufs,
- Steigerung der Anpassungsfähigkeit der Wasserwirtschaft,
- Zeit für weitere Forschungsprojekte zur Verfügung stellen,
- Kombination mit einer attraktiven Gestaltung öffentlicher Grünflächen.

Verbunden mit Klimaschutzmaßnahmen zur Verminderung des CO₂-Ausstoßes, intensiver Forschung, enger Zusammenarbeit in Projekten wie FUTURE CITIES und aktiver Information und Kommunikation mit Interessengruppen und Einwohnern setzen sich die Wasserverbände Emschergenossenschaft und Lippeverband mit den Auswirkungen des Klimawandels trotz der bestehenden Unsicherheiten auseinander.

2.5 Weiterführende Informationen

Wenn man im Internet nach Informationen zum Klimawandel sucht, kann man sich leicht in vielen Einzelheiten verlieren. Nach relevanten Informationen zu suchen, ist sehr zeitintensiv. Der Anpassungskompass stellt die grundlegenden Links zur Verfügung, die für den Anfang hilfreich sind. Häufig führen die Links zu staatlichen Einrichtungen, die gute und leicht verständliche Informationen zur Verfügung stellen. Oft sind auch Karten online vorhanden, die Klimaprojektionen klar und deutlich zeigen. Die Linklisten für die Länder und Regionen der Partner von FUTURE CITIES – Belgien, Westflandern; Frankreich, Normandie; Deutschland, Nordrhein-Westfalen; Niederlande; Großbritannien, Südostengland – sind im Anpassungskompass zu finden.

Weitere Beispiele von FUTURE CITIES:

Ieper, BE

In der Planungsphase des neuen nachhaltigen Stadtviertels „De Vloei“ wurde eine umfangreiche Untersuchung zum Thema Wasser vorgenommen. Die Belange des Wassers innerhalb des Viertels und im Verhältnis zu den umgebenden Nachbarschaften wurden einer integrierten Sichtweise unterzogen. Der Klimawandel war ein wichtiger Bestandteil bei den Berechnungen (veränderte Niederschlagsmengen und Niederschlagsmuster).

Leitfaden „Klimawandel“ Emschergenossenschaft, DE



Der Wasserverband Emschergenossenschaft erarbeitete einen „Leitfaden zum Klimawandel“ für seine eigenen Aktivitäten. Darin wird näher auf „No-Regret“-Maßnahmen eingegangen.