



**WWF** *for a living planet*



**Der Klimawandel: schneller, stärker und noch eher**

**Neueste Erkenntnisse der europäischen Klimawissenschaft**

**Ein Überblick über die seit dem 4. Klimabericht des IPCC veröffentlichten wissenschaftlichen Studien zum Klimawandel**

Erstellt von:  
Dr. Tina Tin  
Oktober 2008

## VORWORT

Die seit Redaktionsschluss des letzten Klimaberichts des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) veröffentlichten wissenschaftlichen Ergebnisse zum Klimawandel und seinen Folgen belegen, dass die globale Erwärmung an Tempo zunimmt. Dies geschieht in einigen Bereichen weitaus rascher als noch 2007 vom IPCC prognostiziert. Die folgende Zusammenfassung listet einige der zentralen Aussagen und geht auf spezifische Folgen des Klimawandels für Europa ein.

Dieser ernüchternde Überblick fällt in die kritische Phase der politischen Verhandlungen zum Klima- und Energiepaket der EU, das die Emissionsminderungsziele bis zum Jahr 2020 festlegen soll. Mit einem anspruchsvollen Paket könnte die EU eine Führungsposition in den internationalen Verhandlungen für die dringend benötigten Maßnahmen gegen den Klimawandel einnehmen. Hierfür müssen die politischen Entscheidungen für das Paket dringend dem Ausmaß der vor uns liegenden Herausforderung Rechnung tragen. Sie müssen abbilden, was die EU unternimmt, wenn sie selbst den Weg in eine CO<sub>2</sub>-arme Wirtschaft einschlagen und ihren angemessenen Anteil dazu beitragen will, um den Anstieg der globalen Durchschnittstemperaturen auf weniger als 2°C zu begrenzen. Weiterhin muss die EU den Umfang der finanziellen Unterstützung ermitteln, mit dem wir die Schwellenländer bei der Bekämpfung des Klimawandels und bei der Anpassung an die bereits jetzt nicht mehr zu vermeidenden Folgen unterstützen.

Dem gegenüber könnte ein schwaches Paket der EU durchaus auch zum Scheitern der internationalen Verhandlungen führen, deren Abschluss gegenwärtig auf der UN-Konferenz in Kopenhagen Ende 2009 vorgesehen ist. Ein solches Scheitern dürfen wir nicht zulassen.

### Der WWF appelliert an die EU:

1. unverzüglich ein Emissionsminderungsziel zu verabschieden, das die Emissionen innerhalb der EU bis zum Jahr 2020 um mindestens 30 Prozent gegenüber 1990 senkt, und
2. sich – ergänzend zu ihrem eigenen Minderungsziel – zu verpflichten, erhebliche zusätzliche Hilfe und Mittel für Investitionen in sozial- und umweltverträgliche Maßnahmen zur Vermeidung von Emissionen sowie zur Anpassung an den Klimawandel bereitzustellen.

## EINLEITUNG

Im vergangenen Jahr veröffentlichte der UN Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) unwiderlegbare wissenschaftliche Beweise, dass der Klimawandel ohne jeden Zweifel vom Menschen gemacht ist. Im Jahr 2007 erhielt der IPCC den Friedensnobelpreis in Würdigung der Erkenntnis, dass der Klimawandel im 21. Jahrhundert eine ernste Gefährdung für die Sicherheit der Menschheit darstellt<sup>1</sup>.

Der zwischen Januar und November 2007 in mehreren Teilen veröffentlichte 4. Klimabericht des IPCC, der unter Beteiligung von mehr als 3.800 Wissenschaftlern aus über 150 Ländern erstellt wurde, beruhte auf der Sichtung und Analyse wissenschaftlicher Studien, die bis Ende 2006 bzw. in einigen Fällen noch bis Anfang 2007 erschienen waren. Seit der Veröffentlichung dieses Schlüsselberichts ist die Forschung zum Klimawandel und seinen Folgen weiter vorangeschritten. Neue Studien belegen, dass sich der Prozess der globalen Erwärmung beschleunigt hat. Und zwar in einigen Fällen weitaus rascher, als dies noch in früheren, im 4. Klimabericht berücksichtigten Studien angenommen worden war. Neue numerische Modellierungsstudien zeichnen jetzt ein noch klareres Bild von den Folgen einer anhaltenden Erwärmung.

So scheint es, als seien wichtige Aspekte des Klimawandels unterschätzt worden. Seine Folgen werden sich künftig noch rascher bemerkbar machen. Beispielsweise zeigen frühe Anzeichen

---

<sup>1</sup> Der Preis wurde dem IPCC und Al Gore am 10. Dezember 2007 überreicht.

des Klimawandels, dass die bislang erfolgte globale Erwärmung um weniger als 1°C bereits zum ersten unumkehrbaren Ereignis im Klimasystem der Erde geführt hat – zum Verschwinden des Polarmeereises im Sommer. Dieser Prozess könnte statt der bislang prognostizierten allmählichen Veränderungen einen raschen und abrupten Klimawandel in Gang setzen.

Als Folge dieser neuen Erkenntnisse müssen unsere Schadensbegrenzungs- und Anpassungsreaktionen auf den Klimawandel noch rascher und nachdrücklicher ausfallen.

## **DER KLIMAWANDEL HEUTE: STÄRKER ALS ERWARTET, NOCH EHER ALS PROGNOTIZIERT**

Das Nordpolarmeer verliert sein Eis bereits 30 oder mehr Jahre vor den Annahmen des 4. IPCC Klimaberichts (Stroeve et al., 2007). Es besteht weitgehend Übereinstimmung in der Polarforschung, dass wesentliche Aspekte dieses beschleunigten Verlustes des Polareises auf Rückkopplungsmechanismen zurückzuführen sind, deren Effekte im IPCC-Bericht noch erheblich unterschätzt worden waren. So bedeutet beispielsweise eine Abnahme des Polarmeereises, dass das Meereswasser stärker durch die Sonne erwärmt wird, wodurch die Bildung und der Erhalt von Eis im Folgewinter noch weiter erschwert werden. Namhafte Wissenschaftler weisen daher auch bereits heute nach, dass das Polarmeereis den Point of no Return erreicht oder möglicherweise bereits überschritten hat. Dies bedeutet, dass das Nordpolarmeer bereits in sehr naher Zukunft im Sommer eisfrei sein könnte. Aktuelle Prognosen gehen davon aus, dass das Sommereis bereits zwischen 2013 und 2040 vollständig verschwinden könnte – zum ersten Mal auf unserem Planeten seit über einer Million Jahre. Wenn das Nordpolarmeer im Sommer eisfrei bleibt, ist mit einer weiteren Verstärkung der globalen Erwärmung zu rechnen, da die dunkle Meeresoberfläche (im Vergleich zur weißen Eisfläche) mehr Wärme aufnimmt und es damit zu Veränderungen von Meeresströmungen kommt. Dies wiederum dürfte einen im Vergleich zu bisherigen Prognosen noch rascheren und abrupteren Klimawandel auslösen (WWF 2008, SEARCH, 2008).

Die schwimmenden, kalbenden Gletscher auf der Antarktischen Halbinsel verlieren ihr Eis rascher und tragen damit stärker zum Anstieg des globalen Meeresspiegels bei, als im 4. Klimabericht ausgewiesen worden war (Pritchard und Vaughan, 2007).

Seit 1990 ist der globale Meeresspiegel 1,5 Mal rascher angestiegen, als noch im 3. Klimabericht (veröffentlicht 2001) (Rahmstorf et al., 2007) prognostiziert worden war. Darüber hinaus gehen neue Studien davon aus, dass sich der Anstieg des weltweiten Meeresspiegels bis zum Ende des Jahrhunderts auf mehr als das Doppelte des Maximalwerts von 0,59 m belaufen wird, von dem der 4. Klimabericht noch ausgeht (Rahmstorf 2007, Rohling et al., 2008). Ein Anstieg des Meeresspiegels um mehr als 1,2 m würde weite Küstengebiete in Europa und überall auf der Welt gefährden.

Die weltweiten Kohlendioxidemissionen aus menschlicher Aktivität haben sich von einem Anstieg um 1,1 Prozent jährlich zwischen 1990 und 1999 auf über 3 Prozent jährlich zwischen 2000 und 2004 erhöht. Die tatsächliche Zunahme der Emissionen seit dem Jahr 2000 lag über den Szenarien, von denen der IPCC im 3. und 4. Klimabericht ausgegangen war (Raupach et al., 2007). Während der vergangenen 15 Jahre wurde etwa die Hälfte der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus menschlicher Aktivität von Landflächen und Meeren absorbiert. Die Kapazität dieser natürlichen "Senken" nimmt jedoch rascher ab (Le Quéré et al., 2007), als dies noch in früheren Studien vorhergesagt worden war. In der Folge wird mehr aus menschlicher Aktivität emittiertes CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre verbleiben und zur globalen Erwärmung beitragen (Canadell et al., 2007).

Eine erneute Analyse der im 4. Klimabericht dargestellten Klimafolgen ergibt, dass bis zum Jahr 2050 eine Reduzierung der weltweiten Treibhausgasemissionen um 80 Prozent nötig ist, um den weltweiten durchschnittlichen Temperaturanstieg auf weniger als 2°C und die Klimafolgen auf ein "hinnehmbares" Maß zu begrenzen. Mit einer solchen Reduzierung käme es zu einer

Stabilisierung der atmosphärischen Treibhausgaskonzentration bei 400-470 ppm Kohlendioxid-äquivalenten. Dennoch wären die Schäden selbst bei einer Reduzierung der Emissionen um 80 Prozent noch erheblich. Es wird über die gegenwärtig geplanten Anstrengungen hinaus noch weitaus engagierterer Anpassungsbemühungen bedürfen, um einem großem Teil der Schäden zu begegnen (Parry et al., 2008). Es liegt auf der Hand, dass eine Minderung der globalen Emissionen um 80 Prozent einen deutlich höheren Anteil von der EU verlangen wird, da die Entwicklungsländer über gewisse Grundenergiebedürfnisse verfügen, die während der kommenden Jahrzehnte voraussichtlich zu einem gewissen Anstieg der dortigen Emissionen führen werden. Aus diesem Grund setzt sich der WWF dafür ein, dass die EU bis zum Jahr 2050 einen Nettoemissionswert von Null erreicht.

## **DER KLIMAWANDEL MORGEN? EINE MOMENTAUFNAHME EINER ZUKÜNFTIGEN, WÄRMEREN WELT**

Ein großer Teil der seit Veröffentlichung des 4. Klimaberichts des IPCC bekannt gewordenen wissenschaftlichen Erkenntnisse weist auf die alarmierende Geschwindigkeit und das Ausmaß der Veränderungen für das Weltklima hin. Darüber hinaus zeigen numerische Modellierungsstudien, was auf uns zukommt, wenn wir nicht vordringlich und entschlossen gegen die Ursachen des Klimawandels kämpfen und wirksame Schritte ergreifen, um uns auf die mittlerweile unvermeidbaren Veränderungen einzustellen.

### **Lebensmittel, Landwirtschaft und Fischerei**

Das Wohlergehen der menschlichen Gesellschaft hängt entscheidend von der Verfügbarkeit und Verteilung von Nahrungsmitteln ab. Lobell und Field (2007) haben nachgewiesen, dass der weltweite Erwärmungstrend seit 1981 bereits heute zu einem Rückgang des weltweiten Weizen-, Mais- und Gersteertrags geführt hat. Dies hat zu einem jährlichen Gesamtverlust in einer Größenordnung von 40 Millionen Tonnen oder 5 Mrd. US-Dollar (3,2 Mrd. Euro) pro Jahr geführt. Bei anhaltender Erwärmung gehen Lobell et al. (2008) davon aus, dass auf das südliche Asien und das südliche Afrika erhebliche Ertragsrückgänge bei einer Reihe für die dortige große Bevölkerung sehr wichtiger Nutzpflanzen zukommen werden. Nach Tubiello und Fischer (2007) kann eine Minderung der Treibhausgasemissionen die globalen Kosten der landwirtschaftlichen Ausfälle durch den Klimawandel um 75 bis 100 Prozent und die Zahl zusätzlich von Mangelernährung betroffener Menschen um 80 bis 90 Prozent reduzieren. Brander (2008) ist zu dem Ergebnis gelangt, dass die Produktivität der Fischerei regional und eventuell auch global als Folge der Erderwärmung zurückgehen kann und dass dieser Rückgang möglicherweise bereits eingesetzt hat.

### **Gesundheit**

Die globale Erwärmung schadet auch der menschlichen Gesundheit, wobei die Schwächsten voraussichtlich zuerst und am schwersten getroffen werden. Shea et al. (2007) kommen zu dem Ergebnis, dass Kinder voraussichtlich in überdurchschnittlichem Maß von den Folgen des Klimawandels betroffen sein werden. Kinder sind in besonderem Maß für bestimmte Krankheiten und die Folgen von Luftverschmutzung anfällig, da sich ihr Organismus noch in der Entwicklung befindet. Zudem sind sie auch bei extremen Ereignissen besonders verletzlich, da sie für die Wahrung ihrer Sicherheit und ihres Wohlbefindens auf Erwachsene angewiesen sind. Neben den direkten und unmittelbaren Folgen extremer Wetterereignisse und Wetterkatastrophen, von Luftverschmutzung und Temperaturbelastung etc. auf das Wohlbefinden von Kindern sind auch langfristige Folgen aufgrund veränderter Verfügbarkeit von Nahrungsmitteln und Wasser sowie möglicher erzwungener Migrationsbewegungen der Küstenbevölkerung zu bedenken.

### **Ökosysteme**

Der Klimawandel betrifft nicht nur die menschliche Gesellschaft, sondern er ist weltweit in den natürlichen Ökosystemen zu spüren. Rosenzweig et al. (2008) bestätigen, dass der Klimawandel weltweit tiefgreifende Auswirkungen auf physikalische und biologische Systeme hat. Zu diesen Veränderungen gehören abschmelzende Gletscher auf allen Kontinenten, die Erwärmung

von Seen und Flüssen, zunehmende Erosion von Küsten, eine Verschiebung jahreszeitlich bedingter Ereignisse bei lebenden Organismen (Treiben von Blättern, Blütezeit, Wanderungs- und Reproduktionszeiten) sowie die Verdrängung kälteadaptierter durch wärmeadaptierte Arten insbesondere in den Meeren. Williams et al. (2008) gehen davon aus, dass im Zuge der globalen Erwärmung die Tropen und Subtropen ein wärmeres Klima als die derzeit auf der Erde vorgefundenen Bedingungen aufweisen werden, während die derzeit in tropischen Berg- und in Polregionen vorliegenden klimatischen Bedingungen voraussichtlich völlig verschwinden werden. Verschwindende Klimabedingungen bedeuten eine erhöhte Wahrscheinlichkeit einer Störung von Artengemeinschaften, die auf bestimmte klimatische Bedingungen angewiesen sind. So sind beispielsweise zahlreiche tropische Spezies nicht in der Lage, sich an größere Temperaturschwankungen anzupassen. Williams et al. (2008), Tewksbury et al. (2008) sowie Deutsch et al. (2008) weisen übereinstimmend darauf hin, dass die größte Gefahr eines Artensterbens aufgrund der globalen Erwärmung in den Tropen besteht, wo die Artenvielfalt am größten ist. Diese Warnungen sind im Zusammenhang mit der im 4. Klimabericht geäußerten Besorgnis zu sehen, der zufolge bei einer Erwärmung um "lediglich" 1,5 bis 2,5°C gegenüber den gegenwärtigen Temperaturen bis zu 30 Prozent der höheren Pflanzen- und Tierarten vom Aussterben bedroht sind.

## **EUROPÄISCHE PERSPEKTIVEN**

### **Gesundheit**

Der außergewöhnlich warme und trockene europäische Sommer 2003 war für 35.000 zusätzliche Todesfälle in ganz Europa aufgrund von Hitzestress, schlechter Luft und hohen Konzentrationen von Luftschadstoffen wie beispielsweise Ozon verantwortlich. Im Zuge der globalen Erwärmung ist damit zu rechnen, dass die Ozonwerte im Sommer ein ähnliches Niveau wie im Sommer 2003 erreichen werden, wobei die stärkste Zunahme für England, Belgien, Deutschland und Frankreich prognostiziert wird (Meleux et al 2007). Für den Mittelmeerraum wird erwartet, dass sich bis zum Ende des Jahrhunderts das Auftreten extrem hoher Temperaturen und das damit verbundene gehäufte Auftreten von Hitzestress, wie bereits im Jahr 2003 erfahren, verdreifachen werden. Zwar kann eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen zu einer gewissen Verringerung des Risikos von Hitzestress in der Bevölkerung führen, jedoch bedarf es einer erheblichen Minderung der Treibhausgasemissionen, um die hohen menschlichen und wirtschaftlichen Kosten häufigerer Hitzewellen zu vermeiden (Diffenbaugh et al., 2007).

In ihrer Folgenabschätzung geht die Europäische Kommission davon aus, dass in Europa derzeit jährlich 369.000 Menschen vorzeitig an den Folgen von Luftverschmutzung sterben und dass sich die Kosten aufgrund vorzeitiger Todesfälle sowie die Behandlungs- und Medikamentenkosten aufgrund von Luftverschmutzung auf drei bis neun Prozent des Bruttoinlandsprodukts der EU belaufen. Nach neuen Untersuchungen im Auftrag von WWF, CAN und Heal aus dem Jahr 2008 könnten in Europa jährlich Behandlungskosten von bis zu weiteren 25 Mrd. Euro eingespart werden, wenn sich die EU sofort entscheidet, bis zum Jahr 2020 die EU-weiten Treibhausgasemissionen um 30 Prozent (anstatt 20 Prozent) gegenüber 1990 zu senken. Die Schätzungen basieren auf volkswirtschaftlichen Bewertungen der Kosten von Todesfällen und Erkrankungen sowie des Ausfalls von Arbeitszeit und von Krankenhauskosten. Die Ergebnisse besagen, dass bei Erreichen dieses anspruchsvolleren Ziels die Zahl der Krankenhausaufnahmen um jährlich 8.000 gesenkt werden kann und dass pro Jahr zwei Millionen Arbeitstage weniger ausfallen würden. Diese Einsparungen im Gesundheitswesen sind ergänzend zu den Vorteilen bei Erreichen des derzeitigen Ziels der EU einer Minderung um 20 Prozent zu sehen und erhöhen die Einsparungen um insgesamt 48 Prozent.

### **Wasser**

Im Rahmen der globalen Erwärmung ist mit einer Zunahme des jährlichen maximalen Niederschlags in den meisten Teilen Europas mit Ausnahme von Südspanien und wenigen Regionen in einigen anderen Ländern zu rechnen. Entsprechend wird ein zunehmendes Risiko von Überschwemmungen und damit einhergehenden wirtschaftlichen Schäden erwartet. Für das Ein-

zugsgebiet der Oberen Donau (Österreich, Deutschland, Schweiz, Slowakei und Tschechische Republik) sowie das Einzugsgebiet der Maas (Frankreich, Luxemburg, Belgien und Niederlande) wird der Gesamtschaden eines Jahrhunderthochwassers auf 60 bis 73 Mrd. Euro veranschlagt. Hiervon wären über zwei Millionen Menschen in neun Ländern betroffen, darunter auch die Einwohner von Wien und Lüttich (Feyen et al., 2006).

Dem gegenüber werden für den Mittelmeerraum deutlich mehr lang anhaltende Dürreperioden erwartet. Bis zum Ende des Jahrhunderts wird mit einer weltweiten Austrocknung von Böden gerechnet (Sheffield und Wood, 2008).

Die Gletscher der Schweizer Alpen sind gegenwärtig Veränderungen beispielsweise in Form von Seenbildung ausgesetzt, die ihr Abschmelzen noch weiter beschleunigen. Es ist daher nicht zu erwarten, dass der jüngste Trend abschmelzender und verschwindender Gletscher in naher Zukunft zum Stillstand kommen oder sich umkehren könnte (Paul et al., 2007). Die Fallstudie zu einem Staudammsystem in den Schweizer Alpen prognostiziert als Folge der globalen Erwärmung für den Zeitraum von 2070 bis 2099 einen Rückgang der Wasserkrafterzeugung um durchschnittlich 36 Prozent gegenüber dem Zeitraum 1961 bis 1990 (Schaeffli et al., 2007).

### **Stürme**

Im Zuge der globalen Erwärmung wird mit einer steigenden Anzahl und Intensität extremer Tiefdruckgebiete über den Britischen Inseln und der Nordsee gerechnet. Die Folgen dieser Ereignisse sind erhöhte Windgeschwindigkeiten und größere sturmbedingte Schäden in West- und Mitteleuropa (Pinto et al., 2007). Ohne geeignete Anpassungsmaßnahmen erwartet man für den Zeitraum zwischen 2060 und 2100 für Großbritannien und Deutschland eine Zunahme sturmbedingter Schäden um bis zu 37 Prozent (Leckebusch et al., 2007). Im Jahr 2005 vernichtete ein einziger Sturm wesentliche Anteile des jährlichen Holzeinschlags in Schweden und Lettland. Numerische Modelle zeigen, dass die Windintensität im südlichsten Teil Schwedens im Zuge der globalen Erwärmung zunehmen und die Wahrscheinlichkeit von Sturmschäden im Forstsektor steigen wird (Blennow und Olofson, 2008).

### **Ökosysteme**

Eine Analyse von 542 Pflanzen- und 19 Tierarten in 19 europäischen Ländern hat ohne jeden Zweifel ergeben, dass sich die Zeiten pflanzlicher und tierischer Aktivität insbesondere im Frühjahr und Herbst (Vogelzug sowie Blüte und Fruchtreife bei Pflanzen) entsprechend dem regionalen Erwärmungstrend verändert haben (Menzel et al., 2006).

Die Meeresökosysteme der Nord- und Ostsee erwärmen sich zunehmend in einem Maße, wie es seit Anbeginn entsprechender Aufzeichnungen in dieser Region noch nie verzeichnet wurde. Die Erwärmung überfordert die Anpassungsfähigkeit lokaler Arten und führt zu tiefgreifenden Veränderungen der betroffenen Ökosysteme (MacKenzie und Schiedek, 2007).

In Nordeuropa wird angesichts der erwarteten Klimaerwärmung mit einer Verdoppelung der Waldschäden in den nördlichen Birkenwäldern durch blattfressende und blattminierende Insekten gerechnet (Kozlov, 2008). Diese Zunahme von Insektenschäden wird auch Einfluss auf die künftige Zusammensetzung von Wäldern haben (Wolf et al., 2008).

## LITERATUR

- Blennow, K. and Olofsson, E. 2008. The probability of wind damage in forestry under a changed wind climate. *Climatic Change*, 87, 347-360.
- Brander, K.M. 2008. Global fish production and climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50), 19709-19714.
- Canadell, J.G., Le Quéré, C., Raupach, M.R., Field, C.B., Buitenhuis, E.T., Ciais, P., Conway, T.J., Gillett, N.P., Houghton, R.A. and Marland, G. 2007. Contributions to accelerating atmospheric CO<sub>2</sub> growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(47), 18866-18870.
- Deutsch, C.A., Tewksbury, J.J., Huey, R.B., Sheldon, K.S., Ghalambor, C.K., Haak, D.C. and Martin, P.R. 2008. Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(18), 6668-6672.
- Diffenbaugh, N.S., Pal, J.S., Giorgi, F. and Gao, X. 2007. Heat stress intensification in the Mediterranean climate change hotspot. *Geophysical Research Letters*, 34(L11706), doi:10.1029/2007GL030000, 2007.
- Feyen L., Dankers R., Barredo J.I., Kalas M., Bódis K., de Roo A., and Lavalle C. "PESETA- Flood risk in Europe in a changing climate". *European Commission Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability. Report EUR 22313 EN.*
- Helaouët, P. and Beaugrand, G. 2007. Macroecology of *Calanus finmarchicus* and *C. helgolandicus* in the North Atlantic Ocean and adjacent seas. *Marine Ecological Progress Series*, 345. 147-165.
- Holland, M. "The Co-benefits to health of a strong EU climate change policy", Oktober 2008. Verfasser des Berichts ist Dr. Mike Holland, der als unabhängiger Berater für die Europäische Kommission und die Weltgesundheitsorganisation an einer vergleichbaren Kosten-Nutzen-Analyse gearbeitet hat. Für diesen Bericht hat Dr. Holland das Modell der Europäischen Kommission verwendet.
- IPCC 2007. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007.
- IPCC 2007. IPCC Fourth Assessment report: <http://www.ipcc.ch/pdf/presentations/briefing-bonn-2007-05/sectoral-impact-ecosystems.pdf>, Folie 10: Species Extinction.
- Kozlov, M.V. 2008. Losses of birch foliage due to insect herbivory along geographical gradients in Europe: a climate-driven pattern? *Climatic Change*, 87(1-2), 107-117.
- Le Quéré, C., Rödenbeck, C., Buitenhuis, E.T., Conway, T.J., Langenfelds, R., Gomez, A., Labuschagne, C., Ramonet, M., Nakazawa, T., Metzl, N., Gillett, N. and Heimann, M. 2007. Saturation of the Southern Ocean CO<sub>2</sub> sink due to recent climate change. *Science*, 316(5832), 1735-1738.
- Leckebusch, G.C., Ulbrich, U., Fröhlich, L. and Pinto, J.G. 2007. Property loss potentials for European midlatitude storms in a changing climate. *Geophysical Research Letters*, 34 (L05703), DOI:10.1029/2006gl027663, 2007.
- Lobell, D.B. and Field, C.B. 2007. Global scale climate–crop yield relationships and the impacts of recent warming. *Environmental Research Letters*, 2, 014002, doi:10.1088/1748-9326/2/1/014002.
- Lobell, D.B., Burke, M.B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M.D., Falcon, W.P. and Naylor, R.L. 2008. Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science*, 319 (5863), pp. 607 – 610, doi: 10.1126/science.1152339
- MacKenzie, B.R. and Schiedek, D. 2007. Daily ocean monitoring since the 1860s shows record warming of northern European seas. *Global Change Biology*, 13(7), 1335-1347.
- Meleux, F., Solmon, F. and Giorgi, F. 2007. Increase in summer European ozone amounts due to climate change. *Atmospheric environment*, 41(35), 7577-7587.
- Menzel, A., Sparks, T.H., Estrella, N., Koch, E., Aasa, A., Ahas, R., Alm-Kubler, K., Bissolli, P., Braslavská, O., Briede, A., Chmielewski, F.M., Crepinsek, Z., Curnel, Y., Dahl, A., Defila, C., Donnelly, A., Filella, Y., Jatczak, K., Mage, F., Mestre, A., Nordli, O., Penuelas, J., Pirinen, P., Remisova, V., Scheifinger, H., Striz, M., Susnik, A., Van V., Arnold, J. H., Wielgolaski, F.-E., Zach, S. and Züst, A. 2006 European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global Change Biology*, 12 (10). 1969-1976. doi:10.1111/j.1365-2486.2006.01193.x
- Parry, M., Palutikof, J., Hanson, C. and Lowe, J. 2008. Squaring up to reality. *Nature reports climate change*, 2, 68-70.
- Paul, F., Kääh, A. and Haerberli, W. 2007. Recent glacier changes in the Alps observed by satellite: consequences for future monitoring strategies. *Global and Planetary Change*, 56(1-2), 111-122.

- Pinto, J.G., Fröhlich, E.L., Leckebusch, G.C. and Ulbrich U. 2007. Changing European storm loss potentials under modified climate conditions according to ensemble simulations of the ECHAM5/MPI-OM1 GCM. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 7, 165-175.
- Pritchard, H.D. and Vaughan, D.G. 2007. Widespread acceleration of tidewater glaciers on the Antarctic Peninsula. *Journal of Geophysical Research*, 112, F03S29, doi:10.1029/2006JF000597.
- Rahmstorf, S. 2007. A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise. *Science*, 315(5810), 368-370.
- Rahmstorf, S., Cazenave, A., Church, J.A., Hansen, J.E., Keeling, R.F., Parker, D.E. and Somerville, R.C. 2007. Recent climate observations compared to projections. *Science*, 316 (5825), 709.
- Raupach, M.R., Marland, G., Ciais, P., Le Quéré, C., Canadell, J.G., Klepper, G. and Field, C.B. 2007. Global and regional drivers of accelerating CO<sub>2</sub> emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(24), 10288-10293.
- Rohling, E.J., Grant, K., Hemleben, C., Siddall, M., Hoogakker, B.A.A., Bolshaw, M. and Kucera, M. 2008. High rates of sea-level rise during the last interglacial period. *Nature Geoscience*, 1, 38-42.
- Rosenzweig, C., Karoly, D., Vicarelli, M., Neofotis, P., Wu, Qigang, Casassa, G., Menzel, A., Root, T.L., Estrella, N., Seguin, B., Tryjanowski, P., Liu, C., Rawlins, S. and Imeson, A. 2008. Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change. *Nature*, 453, 353-357, doi:10.1038/nature06937.
- Schaefli, B., Hingray, B. and Musy, A. 2007. Climate change and hydropower production in the Swiss Alps: quantification of potential impacts and related modeling uncertainties. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(3), 1191-1205.
- SEARCH, Study of Arctic Environmental Change. 2008. Sea ice outlook. <http://www.arcus.org/SEARCH/seaiceoutlook>.
- Shea, K.M. and the Committee on Environmental Health. 2007. Global climate change and children's health. *Pediatrics* 2007, 120, e1359-e1367, doi: 10.1542/peds.2007-2646.
- Sheffield, J. and Wood, E.F. 2008. Projected changes in drought occurrence under future global warming from multi-model, multi-scenario, IPCC AR4 simulations. *Climate Dynamics*, 31, 79-105.
- Stroeve, J., Holland, M., Meir, W., Scambon, T. and Serreze, M. 2007. Arctic sea ice decline: faster than forecast. *Geophysical Research Letters*, 34, L09501, doi:10.1029/2007GL029703.
- Tewksbury, J.J., Huey, R.B. and Deutsch, C.A. 2008. Putting the heat on tropical animals. *Science*, 320 (5881), 1296 – 1297, doi: 10.1126/science.1159328
- Tubiello, F.N. and Fischer, G. 2007. Reducing climate change impacts on agriculture: global and regional effects of mitigation, 2000-2080. *Technological Forecasting and Social Change*, 74, 1030-1056.
- Williams, J.W., Jackson, S.T. and Kutzbach, J.E. 2007. Projected distributions of novel and disappearing climates by 2100 AD. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(14), 5738-5742.
- Wolf, A., Kozlov, M.V. and Callaghan, T.V. 2008. Impact of non-outbreak insect damage on vegetation in northern Europe will be greater than expected during a changing climate. *Climatic Change*, 87(1-2), 91-106.
- WWF, 2008. Arctic Climate Impact Science – an update since ACIA. S. 1-123.

## **Danksagung:**

Die Autorin bedankt sich bei Emily Lewis-Brown und Dr. Martin Sommerkorn für ihren Beitrag zur Konzeption des vorliegenden Reports sowie für ihren technischen Input und Unterstützung bei der Umsetzung.

Vielen Dank auch an Professor Martin Parry für seine Begleitung und Kommentierung des Reports.