

Mehr Wetterextreme durch den Klimawandel?

Werden die Intensität und Häufigkeit von Hitzewellen in Zukunft zunehmen und lässt sich diese Zunahme auf den globalen Klimawandel zurückführen?



2011

Gliederung

1. Einleitung
2. Extremwetterereignisse
 - 2.1 Was ist ein Extremwetterereignis?
 - 2.2 Bedeutung von Extremwetterereignissen in Medien und für die Klimaforschung
3. Hitzewellen
 - 3.1 Was ist eine Hitzewelle?
 - 3.2 *Beispiel:* Europäischer Hitzesommer 2003
 - 3.2.1 Ursachen - meteorologische Ausgangssituation
 - 3.2.2 Folgen der Hitzewelle
 - 3.2.2.1 Folgen für die Bevölkerung
 - 3.2.2.2 Folgen für Ökosysteme
 - 3.3 Globale Entwicklung von Hitzewellen
 - 3.3.1.1 Auswertung statistischer Daten
 - 3.3.1.2 Parameter Temperatur und Niederschlag
 - 3.3.1.3 Parameter Sommertage und Tropennächte
 - 3.4 Fazit - Zukunftsprognosen
4. Quellenverzeichnis
 - 4.1 Internetquellen
 - 4.2 Buchquellen
 - 4.3 Abbildungsquellen

1. Einleitung

„WM-Sommer – Meteorologen kündigen nächste Hitzewelle an“, „Hitzetage – Bahn plant Einbau leistungsfähigerer Klimaanlage“, „Erstmals über 30 Grad – Hitzewelle bringt Badewetter“, „Hitzewelle in Südeuropa - Notfallpläne aktiviert“. Solche und ähnliche Schlagzeilen entstammen Zeitungsartikeln aus den vergangenen Jahrzehnten. Es handelt sich bei jedem von ihnen um Berichte über ungewöhnlich hohe Sommertemperaturen. Die einen freut es, sie können ein Wochenende lang die Sonne genießen und beim Grillen im Garten die Fußballweltmeisterschaft verfolgen. Anderorts haben Menschen dazu nicht mehr die Gelegenheit und erliegen den extremen Temperaturen. Die folgenden Ausführungen beschäftigen sich mit der zukünftigen Entwicklung von Hitzewellen und Dürren und gehen der Frage nach, ob die Intensität und Häufigkeit dieser Wetterextreme vor dem Hintergrund des globalen Klimawandels zunehmen werden. Dabei werden nach der Einführung ins jeweilige Themengebiet dem „Schulprojekt Klimawandel“ zur Verfügung gestellte Klimadaten ausgewertet, um schließlich zu einer möglichst fundierten Antwort der Leitfrage zu gelangen.

2. Extremwetterereignisse

2.1 Was sind Extremwetterereignisse?

Unter einem Extremwetterereignis versteht man in der Meteorologie sehr seltene Wetterzustände oder Wetterlagen, die häufig schwerwiegende Konsequenzen für die Bevölkerung, die Wirtschaft, die Infrastruktur oder die Ökosysteme der betroffenen Region mit sich tragen. Es handelt sich um Wetterereignisse, die im Hinblick auf Wetterparameter wie Temperatur, Niederschlag, Windstärke usw. zu Daten führen, die signifikant vom Durchschnittswert aufgenommener Daten abweichen. Allerdings lässt sich eine präzise Definition des Begriffs nur schwer festlegen – wann ein Wetterereignis als extrem eingestuft wird und wann nicht, hängt häufig von der Anwendung auf den konkreten Einzelfall ab.

2.2 Bedeutung von Extremwetterereignissen in Medien und für die Klimaforschung

Aufgrund ihrer verheerenden Folgen, die nicht selten zum Verlust vieler Menschenleben führen, nehmen Medien Extremwetterereignisse vorwiegend zum Anlass, den Klimawandel als eine unmittelbare Bedrohung darzustellen. So ist es nicht verwunderlich, dass sie die Vorstellung suggerieren, in den vergangenen Jahren seien Unwetter und Extremwetterereignisse sehr viel häufiger und gleichzeitig intensiver vorgekommen. In Wirklichkeit sind jedoch lediglich die volkswirtschaftlichen Folgen solcher Wetterextreme in die Höhe gestiegen, was sich in der zunehmenden Bevölkerungsdichte betroffener Regionen und dem damit verbundenen gestiegenen materiellen Schaden begründet. Sowohl historisch als auch wirtschaftlich sind Extremwetterereignisse offensichtlich von Bedeutung. Ob sie auch in der Klimaforschung als Indikatoren globaler und langfristiger Klimaentwicklungen fungieren können, bleibt fraglich. Zum einen treten sie äußerst unregelmäßig in Erscheinung, zum anderen liegt die Schwierigkeit in der Frage, ob sie zum Nachweis des globalen Klimawandels geeignet sind. Tatsächlich treten sie viel zu selten auf, als dass man durch sie fundierte und in der Anzahl ausreichende Daten für die Klimaforschung gewinnen könnte. Auch wenn ein Zusammenhang zwischen Extremwetterereignissen und dem Klimawandel auf den ersten Blick logisch erscheint, könnten sie genauso gut das Resultat Natur bedingter Klimaschwankungen sein.

3. Hitzewellen

3.1 Was ist eine Hitzewelle?

Der Begriff „Hitzewelle“ beschreibt eine langfristig andauernde Periode ungewöhnlich hoher Temperaturen. Ähnlich wie bei Extremwetterereignissen lässt sich keine eindeutige Definition für Hitzewellen festlegen, da die Einstufung derartiger Phänomene je nach

Klimazone der jeweils betroffenen Region variiert. In Deutschland beispielsweise spricht man von einer Hitzewelle, sobald mindestens fünf Tage lang Höchsttemperaturen von durchschnittlich 30°C geherrscht haben – eine Wetterlage, die am Äquator üblich wäre. Im Gegensatz zu beispielsweise Dürren werden Hitzewellen als kurzfristiges Wetterereignis eingestuft. Trotzdem können sie sich lebensbedrohlich für den Menschen auswirken und, da sie im Regelfall Niederschlagsdefizite mit sich bringen und ganze Vegetationen durch die Verursachung von Waldbränden zerstören.

3.2 *Beispiel:* Europäischer Hitzesommer 2003

Im Sommer des Jahres 2003 suchte Europa eine zwei Wochen andauernde Hitzewelle heim, die allgemein als schwerste Naturkatastrophe Europas in den vergangenen 100 Jahren gilt und als Folge des globalen Klimawandels gewertet wird. Häufig werden an ihr Klimaprognosen festgemacht, die von einer künftigen Zunahme von heißen Sommern und verstärkt auftretenden Hitzewellen ausgehen.

3.2.1 Ursachen – meteorologische Ausgangssituation

Wichtigste Ursache der Hitzewelle 2003 war ein Hochdruckrücken über West- und Mitteleuropa, der die vom Atlantik ausgehenden Tiefdruckgebiete nach Westen und Osten ablenkte und somit über Europa für einen langfristigen Zustand eines klaren Himmels und hoher Sonneneinstrahlung verantwortlich war. Dieses Phänomen wird als Omega-Lage bezeichnet – das heißt eine verhältnismäßig stabile Wetterlage, geprägt von einem Hochdruckgebiet, das östlich und westlich von zwei Tiefdruckgebieten eingerahmt wird. Neben dieser Hauptursache ging der Hitzewelle ein spürbar trockener Frühling und Sommeranfang voraus. Ebenfalls hinzu kamen sehr schwache Luftbewegungen während des Monats August, die die Durchmischung der Luft verhinderten.

3.2.2 Folgen der Hitzewelle 2003

3.2.2.1 Folgen für die Bevölkerung

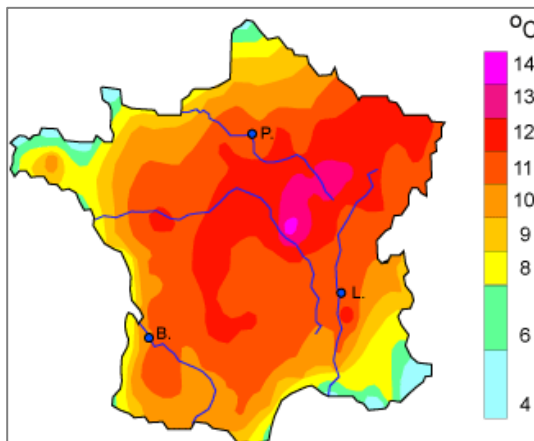


Abbildung 1 :Maximumtemperaturen zwischen dem 1. und 15. August 2003 in Frankreich als Abweichung vom Mittel – In Zentralfrankreich wich die Temperatur um bis zu 14°C vom Durchschnitt aufgenommener Daten ab. Überwiegend konnten 8-11°C und in Küstengebieten durchschnittlich 4°C mehr gemessen werden.

Über die Mortalitätsrate des Hitzesommers 2003 herrscht keine Einigkeit. Wurde 2003 noch von 23.000 Todesopfern gesprochen, geht man seit einer 2007 durchgeführten Studie von 70.000 Hitzetoten aus, wobei Frankreich die meisten Opfer zugeschrieben werden. Besonders ältere, kranke und geschwächte Menschen über 75 Jahren waren betroffen. Die Schwierigkeit der Abschätzungen liegt unter anderem in der Frage, wie viele Menschen unmittelbar an der Hitzewelle starben und nicht etwa an Waldbränden.

3.2.2.2 Folgen für Ökosysteme

Die Auswirkungen des Hitzesommers auf europäische Ökosysteme waren vielfältig, müssen allerdings nicht ausschließlich auf die sommerlichen Hitzemonate zurückgeführt werden, sondern ebenfalls auf die ungewöhnlichen Wetterlagen zu Beginn des Jahres.

Eine eindeutig der Hitzewelle zugeschriebene Folge war die Entstehung von Waldbränden, von denen besonders Frankreich, Spanien und Portugal betroffen waren. Wälder von einer Größe mehrerer Tausend Hektar wurden zerstört, Lebensgemeinschaften geschädigt und Nahrungsketten unterbrochen – die Biodiversität südeuropäischer Ökosysteme wurde nachhaltig geschwächt. In ähnlicher Weise beeinträchtigt wurde die hiesige Landwirtschaft, indem zahlreiche

Tonnen Ernte und Futtermittel, vor allem Mais und Soja, zerstört wurden und Millionen von Nutztieren der Hitze erlagen und starben. Gewässer wie die Donau erreichten Rekordtiefstände.

3.3 Globale Entwicklung von Hitzewellen

Im Hinblick auf die Beantwortung der Leitfrage werden im Folgenden Daten zum Klimawandel vom Hamburger Bildungsserver ausgewertet. Dabei werden zu den Parametern Maximaltemperatur, Niederschlag, Sommertage und Tropennächte jeweils Daten aus der Vergangenheit im Zeitraum zwischen 1961 und 1990 und der Zukunft zwischen 2021 und 2050 sowie die jeweilige Differenz von zueinander passenden Kenndaten

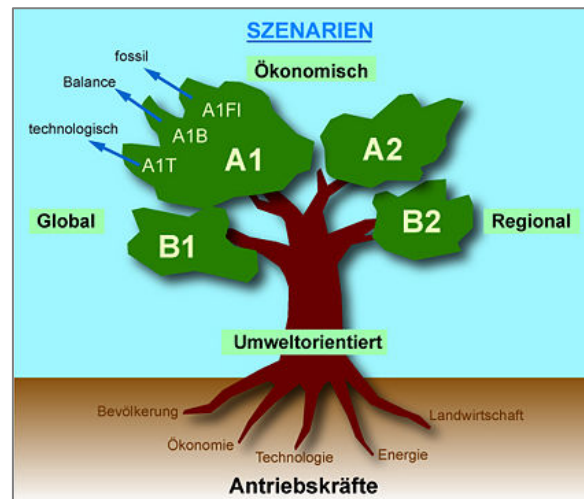


Abbildung 2 : Einteilung von Klimaszenarien nach unterschiedlichen politischen, ökonomischen und sozialen Entwicklungen der Weltbevölkerung

betrachtet. Die Karten aus der Vergangenheit vermitteln einen Eindruck davon, welche Ausprägung von Wetterparametern Ende des 20. Jahrhunderts als normal eingestuft wurden. Die Zukunftskarten zeigen indes eine mögliche Entwicklung des Klimas. Sie beruhen auf Berechnungen des sogenannten Szenario A1B. Klimaszenarien sind durch die Klimaforschung entwickelte Modelle, die von einer unterschiedlichen ökonomischen, sozialen und politischen Entwicklung der Weltbevölkerung ausgehen und dementsprechend zu unterschiedlichen Klimaprognosen führen. Das Szenario A1B geht „von global orientierter Entwicklung mit starkem Wirtschaftswachstum, schneller Einführung neuer effizienterer Techniken, der Nutzung fossiler und erneuerbarer Energien, einem Anstieg der Weltbevölkerung bis Mitte des 21. Jahrhunderts, gefolgt von einer Abnahme der Weltbevölkerung und einem Anstieg der CO₂-Emissionen bis etwa Mitte des 21. Jahrhunderts und einem leichten Rückgang bis 2100“ aus (<http://bildungsserver.hamburg.de/contentblob/2090268/data/datenausw>

ertung.pdf 20.05.2011). Die Differenzkarten schließlich zeigen die Unterschiede Daten in den beiden besagten Zeiträumen und geben so Auskunft über konkrete Veränderungen.

3.3.1 Auswertung statistischer Daten

3.3.1.1 Parameter Temperatur und Niederschlag

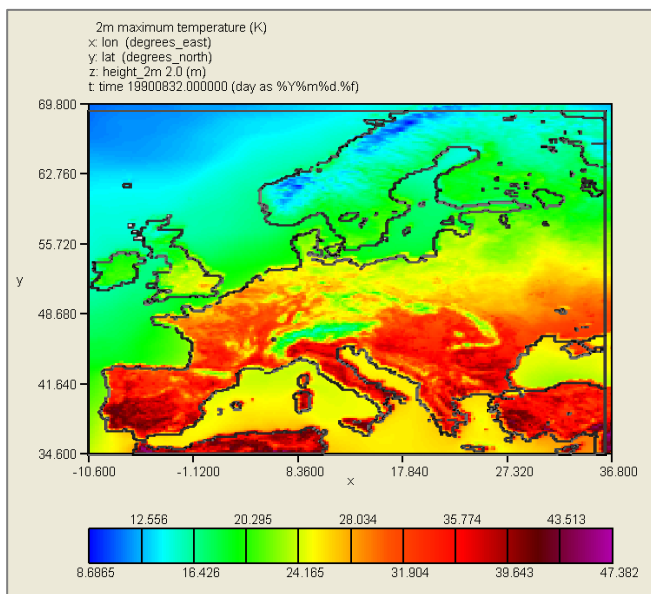


Abbildung 3 : Karte - durchschnittliche Maximumtemperaturen im August zwischen 1961 und 1990

Der Parameter Temperatur ist für die Prognose zukünftiger Hitzewellen von grundlegender Bedeutung, da er ausschlaggebend für die Bestimmung von Hitzewellen ist (siehe 3.1). Die nebenstehende Karte zeigt die Maximaltemperaturen im Monat August im Zeitraum 1961-1990 in der Einheit Grad Celsius. Die findet man im Norden Skandinaviens bei ungefähr 8°C, während Südspanien und

Nordafrika mit 40°C die höchste Maximaltemperatur aufweisen. Auffällig niedrige Maximaltemperaturen herrschen in den Alpen bei 15°C, während die durchschnittliche Maximaltemperatur in Mitteleuropa bei 25°C liegt. Die Karte entspricht im Großen und Ganzen den üblichen Erwartungen einer Zunahme der Maximaltemperatur von Nord- nach Südeuropa. Die nachfolgende Karte bezieht sich ebenfalls auf die Maximaltemperaturen im August in Grad Celsius, allerdings im zukünftigen Zeitraum zwischen 2021 und 2050 nach Szenario A1B. Die geringste Temperatur weist demnach erneut Nordskandinavien auf. Sie ist von 8°C auf circa 10°C gestiegen. Die höchste Maximaltemperatur in Europa ist dagegen von 40°C auf 46° Celsius angestiegen. Anhand der Differenzkarte schließlich lässt sich überwiegende eine zukünftige Temperaturzunahme nachweisen, bis auf die Küstengebiete

Norddeutschlands und sehr zentral im Landesinneren gelegene Regionen Osteuropas. In Spanien kann ausnahmslos mit einer Zunahme von bis zu 3°C gerechnet werden. Ein ähnlich hoher Temperaturanstieg ist in Skandinavien, Großbritannien und Südfrankreich zu erwarten. Die höchste Zunahme liegt bei 4°C in Südnorwegen, die höchste Abnahme bei -4°C in Russland.

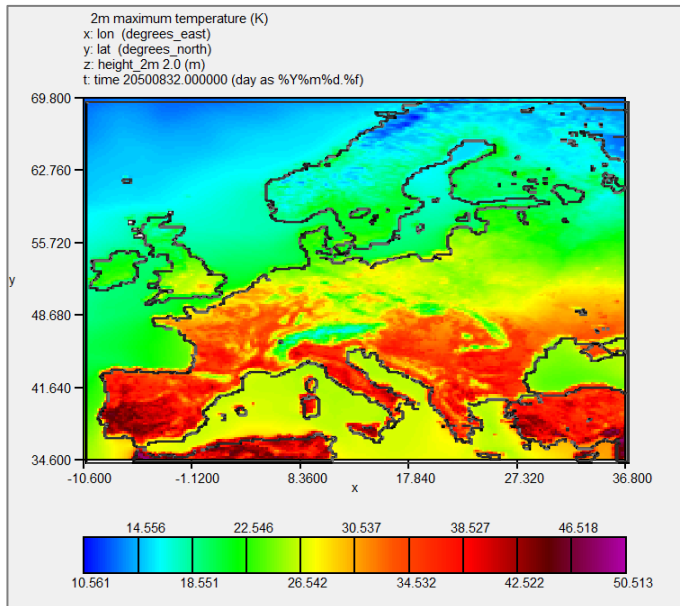


Abbildung 4 : Karte - durchschnittliche Maximumtemperaturen im August zwischen 2021 und 2050 nach Szenario A1B

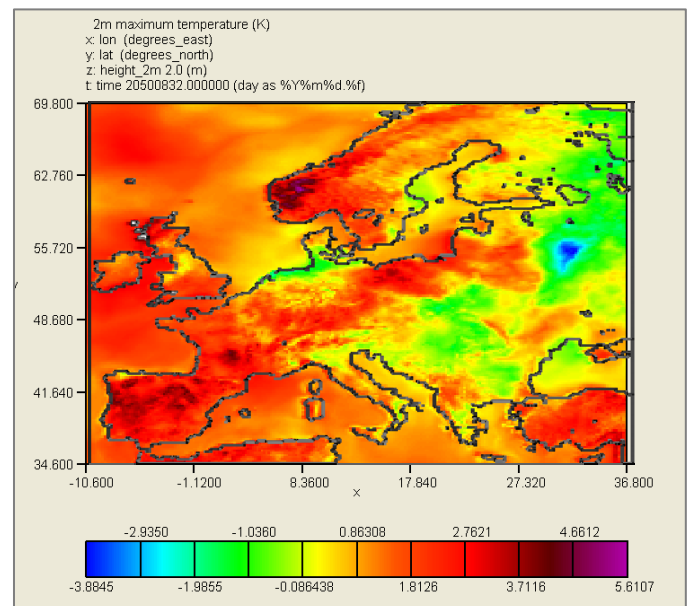


Abbildung 5 : Karte - Differenz zwischen Maximaltemoeratur im August 2021-2050 und 1961-1990 nach Szenario A1B

Für Hitzewellen nicht von zentraler, aber ebenfalls wichtiger Bedeutung ist der Parameter Niederschlag, da Niederschlagsdefizite zu Trockenheit führen, die die Auswirkungen von Hitzewellen zusätzlich verstärken. Die nächsten beiden Karten zeigen jeweils die durchschnittlichen Niederschlagsmengen im Monat August in der Einheit L/m^2 an. Zum Niederschlag wurden hierbei Regen, Schnee und Hagel, sprich Wasser in festem sowie flüssigem Aggregatzustand, gezählt. Auffällig ist die geringe Niederschlagsmenge in fast ganz Spanien zwischen 1961 und 1990. In den Alpen, Südnorwegen sowie im Norden Großbritanniens liegen die höchsten mittleren Niederschlagssummen bei circa $370 L/m^2$. In Mittel- und Osteuropa liegen die Niederschlagsmengen zwischen 40 und $140 L/m^2$. Dieses Spektrum verengt sich, wie die Karte der Zukunft voraussagt, auf 40 bis $100 L/m^2$.

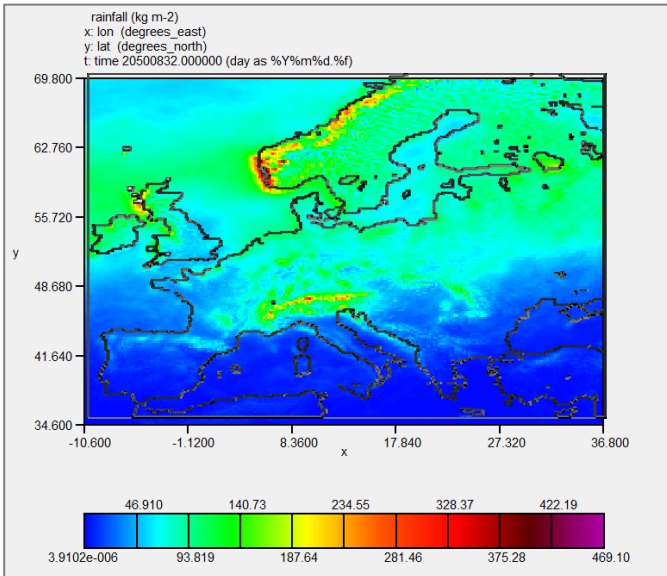


Abbildung 6 : Karte - durchschnittliche Niederschlagsmengen im August zwischen 1961 und 1990

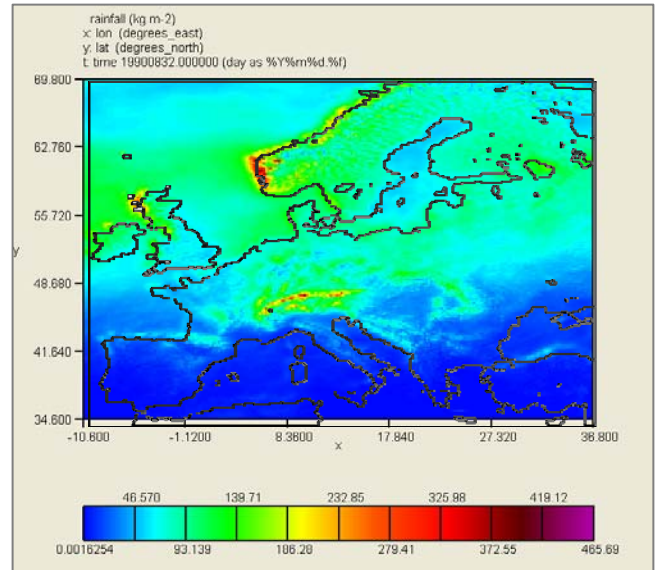


Abbildung 7 : Karte - durchschnittliche Niederschlagsmengen im August zwischen 2021 und 2050 nach Szenario A1B

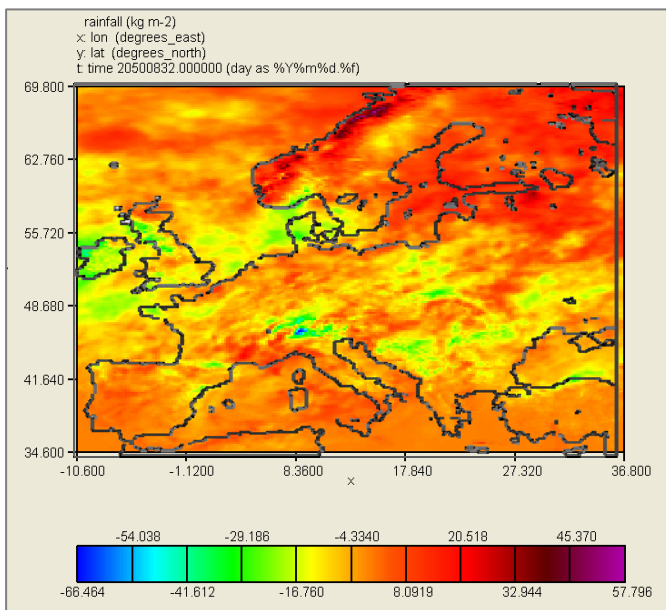


Abbildung 8 : Differenzkarte zwischen durchschnittliche Niederschlagsmengen im August 2021-2050 (A1B) und 1961-

Lediglich die Alpen, Norwegen, Großbritannien und Regionen Osteuropas übersteigen diese Werte. Die Differenzkarte zeugt von einer überwiegenden Niederschlagszunahme in Nord- und Osteuropa von bis zu 32 L/m², sowie einer nicht zu unterschätzenden Abnahme in Südeuropa von bis zu -4 L/m². In den Alpen ist die Abnahme besonders ausgeprägt.

3.3.1.3 Parameter Sommertage und Tropennächte

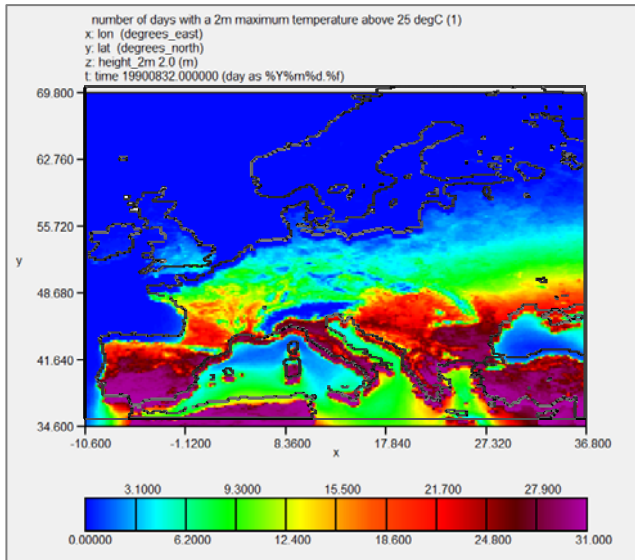


Abbildung 9 : Karte - durchschnittliche Anzahl von Sommertagen im August zwischen 1961 und 1990

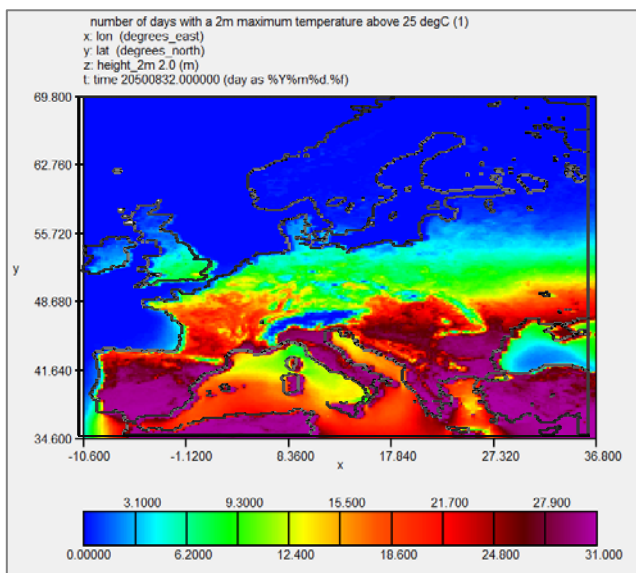


Abbildung 10: Karte - durchschnittliche Anzahl von Sommertagen im August zwischen 2021-2050 nach Szenario

Als Sommertage werden in der Meteorologie Tage mit einer Höchsttemperatur von mindestens 25 °C eingestuft. Für die globale Entwicklung von Hitzewellen sind Sommertage als Parameter insofern von Bedeutung, als sie eng mit dem ausschlaggebenden Parameter Temperatur in Verbindung stehen, besser gesagt einen

Sonderfall davon darstellen. Die drei folgenden Karten beziehen sich auf die Anzahl der Sommertage im August, wobei aufgrund der Länge des Monats maximal 31 Sommertage gezählt werden können. Wie die Vergangenheitskarte zeigt, gab es ganz in Südeuropa keinen Augusttag, der nicht als Sommertag eingestuft werden konnte. Gleichzeitig weisen Meeresoberflächen überwiegend null Sommertage auf, wie die Nordsee, oder durchschnittlich 10, wie das Mittelmeer. Die Karte zeugt von

einer prägnanten Abgrenzung zwischen Land- und Meeresoberfläche. Die Zukunftskarte weist auf eine sehr viel höhere Anzahl von

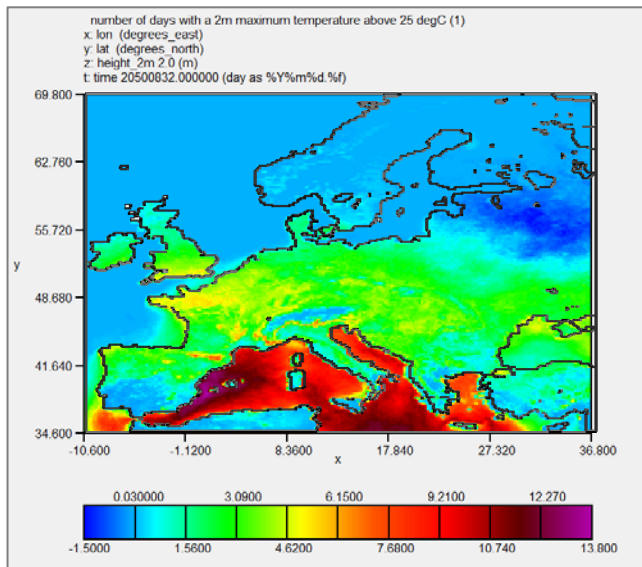


Abbildung 11: Differenzkarte zwischen Anzahl der Sommertage im August zwischen 2021-250 und 1961-1990 nach Szenario

Sommertagen im Mittelmeer-
 raum hin – nicht nur an Land,
 auch auf dem offenen Meer. Die
 Alpen nehmen als Gebirge
 erneut eine Sonderrolle ein –
 Sommertage bleiben hier so gut
 wie ausgeschlossen.
 Zusammenfassend ist die
 Anzahl von Sommertagen in fast
 ganz Europa gestiegen oder
 auch unverändert geblieben.
 Eine Abnahme ist überwiegend
 nicht zu erwarten. Die
 Differenzkarte, die die Anzahl

der Sommertage der Vergangenheit von der Anzahl der Sommertage der Zukunft abzieht, konkretisiert diese Zunahme: Vor allem das Mittelmeer erfährt eine Zunahme von nicht weniger als 10 Sommertagen. Die Landflächen Europas werden überwiegend von durchschnittlich 3 Sommertagen mehr betroffen. In Osteuropa kann im Gegensatz dazu mit einer geringen Abnahme von -1,5 Tagen gerechnet werden. Dass Land- und Meerregionen trotz gleicher Breitenlage und gleichem Einfallswinkel der Sonnenstrahlung, eine sehr unterschiedliche Anzahl von Sommertagen aufweisen, lässt sich unter anderem auf die unterschiedliche Wärmeaufnahmefähigkeit von Hydrosphäre und Pedosphäre zurückführen. Landmassen haben eine geringere Wärmekapazität als Wassermassen, wärmen sich daher bei gleicher Einstrahlung schneller auf, kühlen nachts allerdings auch schneller ab als Wassermassen.

Unter einer Tropennacht versteht man in der Meteorologie Tage mit einer Minimaltemperatur von über 20° C. Sie weisen wie Sommertage auf besonders hohe Temperaturen hin. Sie fungieren folglich ebenfalls als Indikatoren von Hitzewellen. Auch in den drei folgenden Karten konnten maximal 31 Tropennächte aufgezeichnet werden. Wie die Karte der Vergangenheit von 1961-1990 zeigt, waren Tropennächte im August

in ganz Nord-, Ost- und Teilen von Südeuropa überhaupt nicht festzustellen.

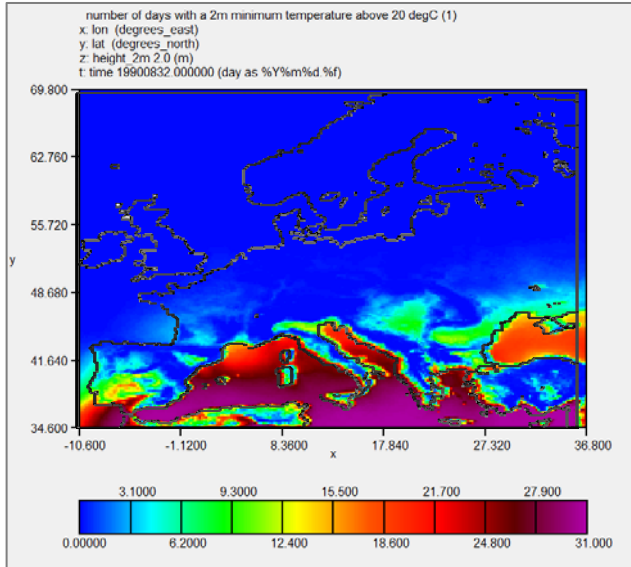


Abbildung 12 : Karte - durchschnittliche Anzahl von Tropennächten im August zwischen 1961 und 1990

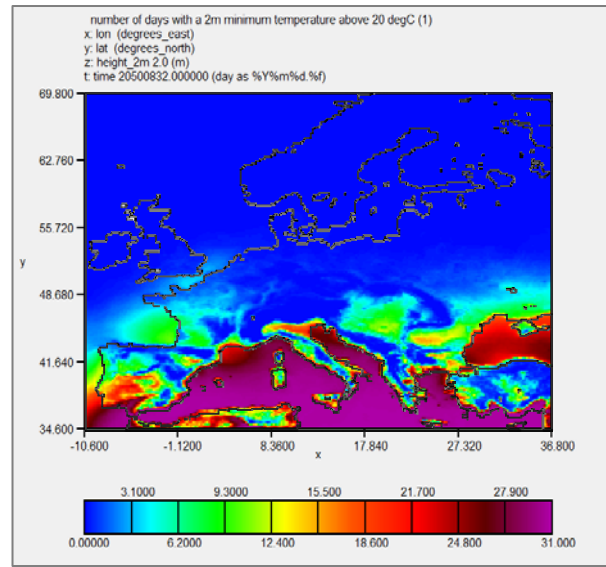


Abbildung 13 : Karte - durchschnittliche Anzahl von Tropennächten im August zwischen 2021 und 2050 (A1B)

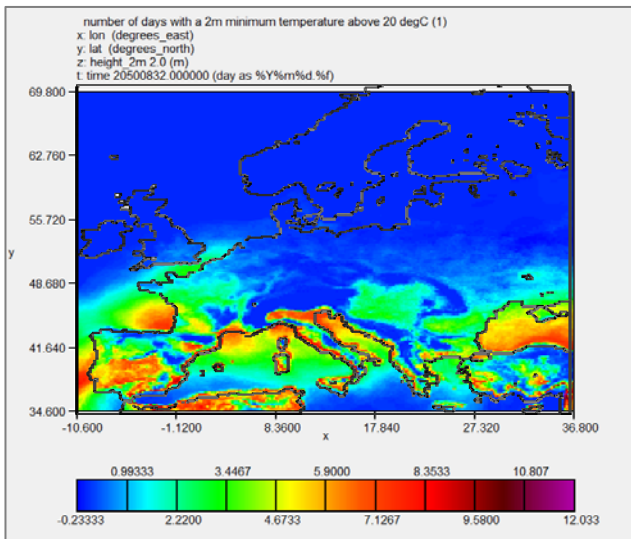


Abbildung 14 : Differenzkarte - durchschnittliche Anzahl von Tropennächten zwischen 2021-2050 und 1961-1990 (A1B)

Lediglich Küstengebiete Südeuropas wurden von bis zu 15 Tropennächten heimgesucht. Im Gegensatz zu Europas Landmassen wies das Mittelmeer überwiegend 31, sprich ausschließlich, Tropennächte auf. Auch hier kann aus den genannten Gründen eine signifikante Abgrenzung von Landmassen zu Meeresoberflächen festgestellt werden. Die Karte der Zukunft von 2021-2050 geht von einer

geringen Zunahme der Anzahl von Tropennächten in Südeuropa aus. Das Schwarze Meer sowie das Mittelmeer erfahren eine noch höhere Anzahl von Tropennächten als vorher. Die darauf folgende Differenzkarte zeigt eine maximale Zunahme von Tropennächten von 10 Tagen in Küstengebieten Südeuropas und eine unveränderte Anzahl in Nordeuropa sowie dem Süden des Mittelmeerraumes. Die besonders

hohe Zunahme von Tropennächten in Küstengebieten Europas lässt sich auf den maritimen Einfluss auf diese Gebiete zurückführen.

3.4 Fazit- Zukunftsprognosen

Ausschlaggebend für eine Prognose über die zukünftige Entwicklung von Hitzewellen ist der Parameter Temperatur. Die ausgewerteten Klimakarten spiegeln allesamt eine Zunahme der europäischen Durchschnittstemperatur

wider. Wie aus den Karten nicht ersichtlich, hat sich sowohl das globale als auch das europäische Klima in den vergangenen Jahrzehnten bereits zu deutlich wärmeren Bedingungen hin entwickelt. So haben die Gebiete mit warmen Temperaturen global

gesehen deutlich zugenommen und solche mit kalten Temperaturen abgenommen (siehe Abbildung 16). Die globale Mitteltemperatur ist im letzten Jahrhundert um 0,7 °C angestiegen. Seit Beginn dieses Jahrhunderts kann sogar schon mit einer Zunahme um 2°C pro Jahrhundert gerechnet werden (<http://bildungsserver.hamburg.de/wetterextreme-klimawandel/2103434/hitzewellen-global.html> am 22.05.11) und in Europa werden die Sommertemperaturen kontinuierlich ansteigen (siehe Abbildung 17). Eine generelle Temperaturzunahme erhöht die Wahrscheinlichkeit von längeren und heißeren Wetterlagen

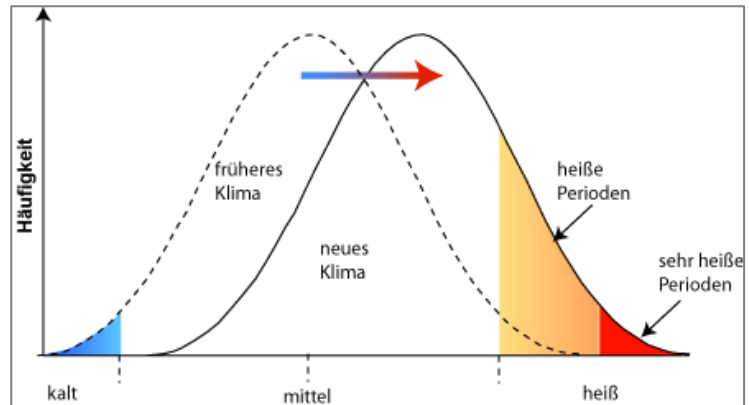


Abbildung 15 : Zunahme von heißen Perioden bei Veränderung des mittleren Klimas, das sich zu heißeren Bedingungen hin entwickelt – die Wahrscheinlichkeit vom Auftreten von Hitzeperioden nimmt deutlich zu

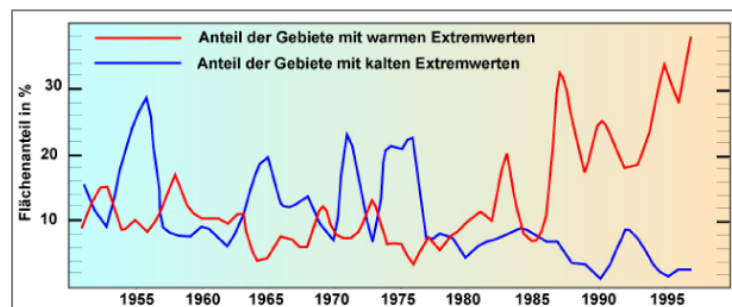


Abbildung 16: Anteil der Gebiete mit warmen und kalten Extremwerten an der Erdoberfläche - die Schere zwischen extrem warmen und kalten Gebieten der Erde geht nachweislich auseinander. Warme Gebiete nehmen kontinuierlich mehr Anteil der Erdoberfläche ein.

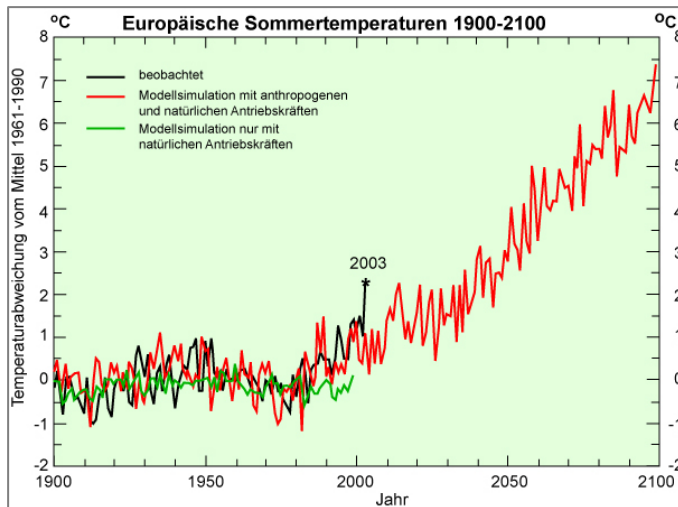


Abbildung 17: Anstieg europäischer Sommertemperaturen 1900-2100 – der rote Graph beschreibt die Entwicklung von der europäischen Sommertemperatur ausgehend von anthropogenen und natürlichen Antriebskräften

insbesondere im Sommer. Wie in Abbildung 15 zu sehen, werden bisher als extreme Hitzeperioden eingestufte Wetterereignisse zukünftig nichts Ungewöhnliches sein. Neben einer Temperaturzunahme beeinflusst auch die Zunahme der Variabilität, d. h. die Zunahme der Wahrscheinlichkeit von aufeinander folgenden extrem hohen und extrem niedrigen Jahrestemperaturen bzw. Jahresniederschlägen, die Entwicklung von Extremwetterereignissen wie Hitzewellen. Die Wahrscheinlichkeit, dass in Europa ein ähnlich heißer Sommer wie 2003 wieder auftritt, hat sich vor diesem Hintergrund mehr als verdoppelt. Rückläufige Niederschlagsmengen, wie in der Auswertung zu sehen, beeinflussen die Entwicklung von Hitzewellenebenfalls positiv. Je nach Szenario kann global mit einer Temperaturzunahme von 1,4 bis 5,8 °C bis 2100 gerechnet werden. Die europäischen Sommertemperaturen werden bis zu diesem Zeitpunkt um 3-5 °C ansteigen und das mediterrane Klima bis nach Mitteleuropa vordringen (<http://bildungsserver.hamburg.de/wetterextreme-klimawandel/2103434/hitzewellen-global.html> am 22.05.11). Die Annahme, dass Extremwetterereignisse wie Hitzewellen häufiger eintreten, kann zwar weder bestätigt noch widerlegt werden. Allerdings ist eine Verschiebung der globalen Mitteltemperaturen und somit eine Normalisierung von extremen Hitzeperioden, wie wir sie zurzeit empfinden, sehr wahrscheinlich. Vor diesem Hintergrund kann grundsätzlich mit einer durch den Klimawandel bedingten Zunahme der Intensität und Häufigkeit von Hitzewellen gerechnet werden.

4. Quellenverzeichnis

4.1 Internetquellen

- Wikipedia-Artikel: Extremwetter:
<http://de.wikipedia.org/wiki/Extremwetter#Extremereignis> (4.04.11)
- Klimawandelwiki-Artikel: Hitzewellen:
<http://wiki.bildungserver.de/klimawandel/index.php/Hitzewellen> (4.04.11)
- Christian-D. Schönwiese: Wird das Klima extremer? Definitionen und Befunde von der globalen bis zur regionalen Ebene
http://www.geo.uni-frankfurt.de/iau/klima/PDF_Dateien/Sw_Muenster_2006.pdf
(4.04.11)
- Kasang, Dieter: Hitzewellen: Globale Entwicklung
<http://bildungserver.hamburg.de/wetterextreme-limawandel/2103434/hitzewellen-global.html>
(4.04.11)
- C.-D. Schönwiese, T. Staeger, S. Trömel, M. Jonas: Statistisch-klimatologische Analyse des Hitzesommers 2003 in Deutschland
http://www.geo.uni-frankfurt.de/iau/klima/PDF_Dateien/Sw_et_al-Hitzesommer-KSB2003_pdf.pdf (29.03.11)
- Wikipedia-Artikel: Omegalage: <http://de.wikipedia.org/wiki/Omealage> (29.03.11)
- Klimawandelwiki-Artikel: Klimaänderungen in Afrika:
http://wiki.bildungserver.de/klimawandel/index.php/Klimaänderungen_in_Afrika (4.04.11)
- Wissen.de – Artikel: Dürre
<http://www.wissen.de/wde/generator/wissen/ressorts/natur/naturgewalten-lexikon/d/index,page=1577988.html> (4.04.11)
- Kasang, Dieter: Mögliche Ursachen von Dürren
<http://bildungserver.hamburg.de/wetterextreme-klimawandel/2105562/duerren-ursachen.html>
(30.03.11)

4.2 Buchquellen

- Der Brockhaus in fünfzehn Bänden, Ausgabe 12 F.A. Brockhaus GmbH Mannheim 2001, Seite 145

4.3 Abbildungsquellen

- Abbildung 1, 2, 15, 16, 17:
<http://bildungserver.hamburg.de/poster-zu-klimafolgen-nav/2324682/bildergalerie-wetterextreme-hitze.html> (11.05.11)
- Abbildung 3-14: visualisierte Klimadaten nach den Daten von Lautenschlager, 2006: Climate Simulation with CLM, Data Stream 3: European region MPI-M/MaD. World Data Center for Climate.
online unter <http://bildungserver.hamburg.de/01-klimafolgen-daten/2727138/europa-heisse-sommer.html> (20.04.11)