



Alle Jahre eine Jahrhundertflut

Jugend forscht 2007
Gesamtschule Walddörfer
Geo- und Raumwissenschaften
Janine Busch & Karina
Schnabel

Kurzfassung	S. 3
1. Einleitung	S. 4
1.1 Die Fragestellung	S. 4
1.2 Unser Ziel: Was wollen wir erreichen?	S. 4
1.3 Materialsammlung und Eingrenzung des Gebietes	S. 4
1.3.1 Die Elbe	S. 4
1.3.2 Hat sich das Klima verändert?	S. 6
1.4 Die Vb-Wetterlage	S. 6
2. Die Arbeitsschritte	S. 7
2.1.1 Extrahieren der Monate mit Häufung der Hochwasser	S. 7
2.2 Auswahl der notwendigen Parameter	S. 8
2.3 Datengewinnung und Datenaufbereitung	S. 9
2.3.1 Datenquelle	S. 9
2.3.2 30-Jahre-Intervalle	S. 9
2.3.3 Visualisierung	S. 10
2.3.4 Datenverarbeitung visuell dargestellt	S. 10
3. Auswertung und Ergebnisse	S. 11
3.1 Niederschläge im Winter	S. 11
3.2 Niederschläge im Frühling / Sommer	S. 12
3.3 Temperaturveränderung Frühling / Sommer und Winter	S. 12
4. Diskussion	S. 13
4.1 Fazit	S. 14
4.2 Was können wir tun?	S. 14
Quellenangabe	S. 15

Kurzfassung

Wir gehen in unserer Arbeit der Frage nach, ob in Zukunft mit vermehrten Hochwasserereignissen an der Elbe zu rechnen ist. Eine Betrachtung der gesamten Elbe ist uns im Rahmen unserer zeitlichen und personellen Möglichkeiten zu umfangreich, daher beschränken wir uns bei unserer Untersuchung auf den Elbeabschnitt in Sachsen von Torgau bis Pirna. Diesen Bereich haben wir ausgewählt, da es hier in den letzten Jahren besonders häufig Hochwasser, ausgelöst durch Tauwetter oder Vb-Wetterlagen, gegeben hat.

Der erste Schritt unserer Untersuchung war eine Materialsammlung über die Elbe und das Klima, um uns einen genauen Überblick zu verschaffen. Dabei versuchten wir herauszufinden, ob es Monate mit einer Häufung von Hochwasser gibt. Unsere Recherchen zeigten, dass Hochwasserkatastrophen in den Monaten März bis August gehäuft auftreten. Als zweiten Schritt untersuchten wir, welche Parameter für Hochwasser verantwortlich sind, und stellten fest, dass Niederschlag und Temperatur als Hauptursachen betrachtet werden können. Natürlich gibt es auch anthropogene Faktoren wie Flussbegradigungen und Eindeichungen, die den Verlauf des Hochwassers beeinflussen. Diese berücksichtigten wir jedoch nicht, da sie mit den vorhandenen Klimamodellen nicht erfasst werden können.

Um herauszufinden, wie sich die von uns ausgefüllten Parameter infolge des Klimawandels verändern werden, haben wir für das ausgewählte Gebiet die Datensätze eines aktuellen Klimamodells, des ECHAM-5-Modells des Max-Planck-Instituts für Meteorologie in Hamburg, untersucht. ECHAM-5 simuliert verschiedene Klimaentwicklungen, die von unterschiedlichen ökonomischen und ökologischen Rahmenbedingungen ausgehen. Wir haben uns dafür entschieden, auf das A1B-Szenario zurückzugreifen. Dieses Szenario geht von einer ausgewogenen Nutzung fossiler und nichtfossiler Energieträger aus. Die sich in diesem Szenario abzeichnenden Entwicklungen bilden daher einen Mittelweg zwischen geringen und starken Veränderungen. Wir begrenzten die ausgewählten Daten auf einen Zeitraum von 1961 bis 2100. Von jedem Diagramm erstellten wir Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft in Intervallen von 30 Jahren.

Anhand dieser Diagramme stellten wir fest, dass sich der Niederschlag im Winter zukünftig im Einzugsgebiet der Elbe aufgrund von höherer Luftfeuchtigkeit erhöht. Dadurch wird die Speicherkapazität des Bodens überschritten und Oberflächenwasser entsteht. Die Folge davon ist vermutlich stärkeres Hochwasser. Als kurzfristige Schutzmaßnahmen vor Hochwasser können die Menschen dafür sorgen, dass die Bewaldung der Berge bestehen bleibt, um Oberflächenwasser vorzubeugen, und sie können Ausweichflächen für die Wassermassen einrichten. Dies müsste länderübergreifend geschehen. Als langfristige Schutzmaßnahmen könnte der Ausstoß von CO₂ und anderen Treibhausgasen verringert werden.

1. Einleitung

1.1 Die Fragestellung

Wir gehen in unserer Arbeit der Frage nach, ob in Zukunft mit vermehrten Hochwasserereignissen an der Elbe zu rechnen ist und in welcher Weise der Klimawandel Einfluss darauf hat.

Bei unserer Untersuchung begrenzen wir uns auf den Elbeabschnitt in Sachsen (von Torgau bis Pirna). Der Wasserstand der Elbe wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst, hierzu gehören Niederschlag, Schneefall und Temperatur. Wir vermuten, dass diese Hochwasserfaktoren durch Klimaveränderungen verstärkt werden.

1.2 Unser Ziel: Was wollen wir erreichen?

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen sollen zeigen, ob sich das Risiko für Hochwasser und Fluten erhöht, wenn sich das Klima weiter in die Richtung einer Erwärmung verändert; falls dies zutrifft, könnte man herausfinden, auf welche Weise die Menschen die Hochwassergefahr vermindern können. Würden unsere Untersuchungen auf Basis exakter Daten weitergeführt, könnten Maßnahmen zum Schutz vor häufigem Hochwasser ergriffen werden.

1.3 Materialsammlung und Eingrenzung des Gebietes

1.3.1 Die Elbe

Die Elbe ist ein europäischer Fluss; dieser entspringt in Tschechien, fließt durch Deutschland – unter anderem durch Dresden, Magdeburg und Hamburg -, bis er schließlich in die Nordsee mündet. Die Elbe ist mit 1091 Kilometern der vierzehntälteste Fluss in Europa und gehört zu den zweihundert längsten Flüssen der Erde. Bedingt durch den Umstand, dass die Elbe ins Meer mündet und nicht in einen anderen Fluss und des Weiteren relativ groß ist, gilt diese geographisch als Strom. Hochwasser und Überschwemmungen können weitreichende Folgen haben. Neben der Bedrohung für Lebewesen sind dies auch ökologische Veränderungen in den überschwemmten Gebieten. Der schnelle Abfluss der Wassermassen führt zur Erosion sowie stromabwärts zu Sedimentabsetzungen. Häufig kommt es zur Zerstörung von Fischlaichgründen und anderen Lebensräumen von Tieren und Pflanzen. Schnelle Strömungen verstärken die Hochwasserschäden. Lang anhaltendes Hochwasser führt zu Verkehrsbeeinträchtigungen und verhindert Entwässerungsmaßnahmen sowie die wirtschaftliche Nutzung des Landes. Die Infrastruktur wird weitreichend zerstört. Hierzu gehören auch die Beeinträchtigungen für die Schifffahrt und die Energiegewinnung durch Wasserkraft.

Wir entschieden uns, nur einen kleinen Abschnitt der Elbe zu untersuchen, da die Betrachtung der gesamten Elbe im Rahmen unserer zeitlichen und personellen Möglichkeiten zu umfangreich gewesen wäre. Zur Untersuchung von Hochwasserereignissen eignet sich der Oberlauf der Elbe besonders gut. Die Einzugsgebiete der Elbe im Oberlauf liegen im Riesengebirge, im Bayerischen Wald, im Böhmerwald, im Fichtelgebirge und im Erzgebirge. Diese Gebirge erreichen Höhenlagen von über eintausend Metern. Daraus ergibt sich, dass hier mit einer starken Schneeschmelze im Frühjahr und hohen Niederschlägen zu rechnen ist.

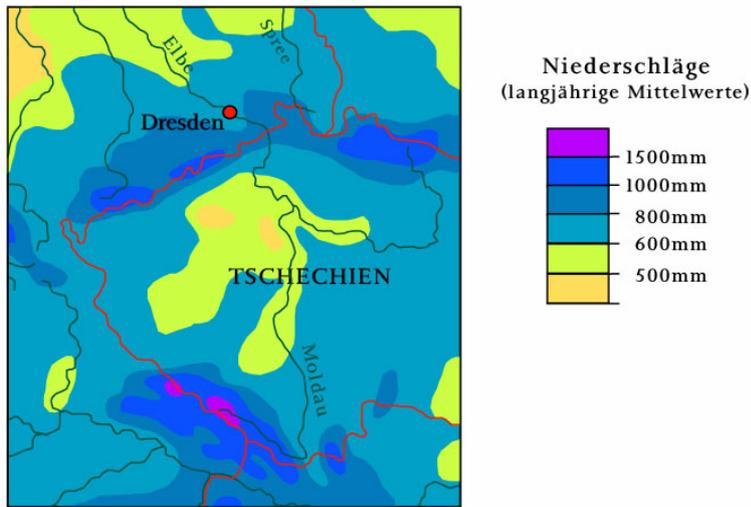


Abb.1
Summe der Jahresniederschläge
im Bereich des Oberlaufes der Elbe.

Im Bereich des Erzgebirges und des Bayrischen Waldes treten Stauregenniederschläge auf (Abb. 1). Im Falle einer Vb-Wetterlage¹, bei der die einziehenden Feuchtluftmassen aus dem Mittelmeerraum stammen und auf die Gebirgsketten stoßen, welche sich in Ost-West-Richtung erstrecken, fällt starker Stauregen.

Hinzu kommt, dass im Oberlauf das Flussbett der Elbe reliefbedingt eingengt ist. Veränderungen im Volumen des Wasserkörpers, die durch Starkregenfälle oder Schneeschmelze ausgelöst werden, führen unmittelbar zu einem starken Anstieg des

Pegels. Ursache dafür sind fehlende Überflutungsflächen und die im Oberlauf hohe Reliefenergie. Als Untersuchungsgebiet haben wir daher die Region um Dresden von Torgau bis Pirna ausgewählt. Entscheidend für die Auswahl von Dresden war die Möglichkeit, auf Daten der dortigen Pegelmessstelle zurückgreifen zu können.

Die Tatsache, dass sich die Hochwasser seit dem Beginn des 20. Jahrhunderts häufen und weiter durch Niederschlag verursacht wurde, lässt uns vermuten, dass auch der Klimawandel seinen Teil zu diesen „Naturkatastrophen“ beiträgt.

1.3.2 Hat sich das Klima verändert?

Man kann nachweisen, dass sich das Klima in den letzten Jahrzehnten verändert hat. Gründe für den Klimawandel sind zum einen anthropogene, externe Antriebsfaktoren durch die Emission von Treibhausgasen, zum anderen natürliche, interne Klimaschwankungen, bedingt durch die ozeanische Zirkulation und ihr Zusammenwirken mit der Atmosphäre oder durch Schwankungen in der Zirkulation der Atmosphäre selbst, weiterhin natürliche externe Antriebsfaktoren, z.B. Schwankungen der Solarstrahlung oder Vulkanausbrüche.

Der 1. Band des 4. IPCC-Berichts zeigt deutlich auf, dass die Klimaerwärmung im Wesentlichen auf anthropogene Einflüsse zurückzuführen ist. Daraus folgt, dass mit einer weiteren Änderung des Klimas zu rechnen ist.

Durch den Anstieg der weltweiten, oberflächennahen Temperatur verändern sich zwangsläufig auch Niederschlag und Luftfeuchtigkeit. Seit dem 20. Jahrhundert hat sich der Niederschlag auf den Kontinenten um 2% verstärkt. Die Niederschläge auf der Nordhalbkugel stiegen in den Jahren wesentlich stärker an als südlich des Äquators. Im nördlichen Teil Europas hat sich der Niederschlag indes deutlich erhöht, während er in den Mittelmeerregionen zurückging. Zudem hat sowohl der Wasserdampfgehalt als auch die Wolkenbedeckung bedeutend zugenommen. Ein Resultat des Klimawandels sind essentielle Veränderungen von extremen Wetterphänomenen, wie z. B. Hitzeperioden und Stürmen. Deutliche Anzeichen dieser Veränderung waren beispielsweise der Hitzesommer 2003 oder der bisher sehr milde Winter 2006/ 2007. In den mittleren und nördlichen Breiten haben die

¹ Anmerkung zur Vb-Wetterlage auf Seite 5

Niederschläge um zwei bis vier Prozent zugenommen, während sich in Afrika und Asien starke Dürreperioden ereigneten.²

1.4 Die Vb-Wetterlage

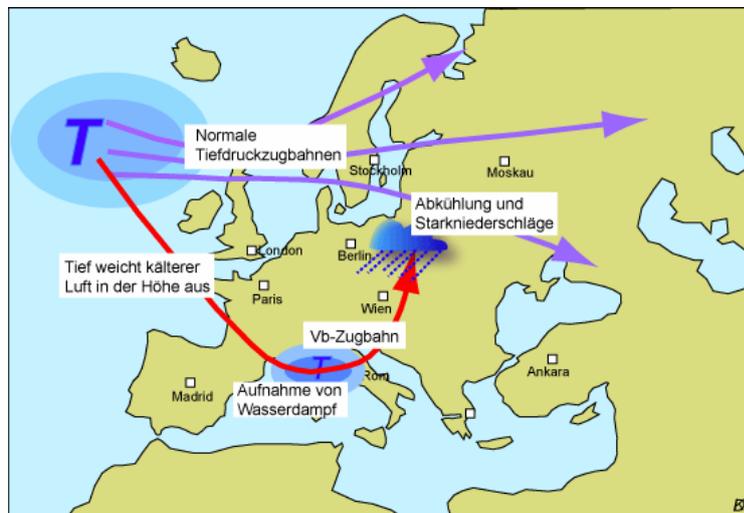


Abb. 2 Erklärung der Vb-Wetterlage (Quelle: Dieter Kasang)

Die Vb-Wetterlage wurde vor 100 Jahren von dem deutschen Meteorologen W.J. van Beber (1841-1905) als wiederkehrende Wetterfolge entdeckt und als Vb-Wetterlage bezeichnet.

Vb-Lagen treten gewöhnlich im Frühjahr und Herbst auf, können aber prinzipiell zu jeder Jahreszeit vorkommen und sind in den Sommermonaten besonders niederschlagsreich, da das Mittelmeer dann sehr warm ist und eine südliche Strömung mit hohen Temperaturen viel Feuchtigkeit transportieren kann.

Die feuchtwarme Luft gleitet dann auf der Vorderseite des Tiefdruckgebietes auf die am Boden liegende Kaltluft auf und führt zu lang anhaltenden Niederschlägen, die in Staubereichen an den Alpen und höheren Mittelgebirgen auch recht ergiebig sein können

2. Die Arbeitsschritte

2.1 Extrahieren der Monate mit Häufung der Hochwasser

Im ersten Schritt ermittelten wir, ob es Monate mit Häufung der Hochwasser gibt.

Unsere Datengrundlage zur Ermittlung von Hochwasserereignissen waren die Elbpegel­daten des Pegels Dresden³ im Zeitraum zwischen 1960 und 2006. Zur Verfügung gestellt wurden uns die monatlichen Maximalwerte. Als Schwellenwert zur Bestimmung eines Hochwasserereignisses haben wir eine Mindesthöhe von 5 Metern über dem durchschnittlichen Pegel⁴ gewählt. Ab diesem Pegelstand wird in Sachsen die Alarmstufe 2 ausgelöst. Mit hochwasserbedingten Überschwemmungen muss gerechnet werden.

Das Ergebnis unserer Untersuchung bestand darin, dass die Hochwasserereignisse von Januar bis August vermehrt auftraten. Dabei fällt die Häufung in den Monaten Februar bis April besonders auf. Dieses korreliert mit der Schneeschmelze. Die höchsten Pegelstände traten im August auf. Diese wurden durch die Vb-Wetterlage verursacht. Wir konzentrieren uns primär auf die durch winterliche Niederschläge beeinflussten Monate Januar bis April. Zudem wollen wir vergleichend die Daten der Monate Mai bis August untersuchen.

² Quelle: <http://hamburger-bildungsserver.de/welcome.phtml?unten=/klima/infothek.htm>

³ Quelle: WSA Dresden

⁴ Pegelnullpunkt für Dresden: 102,73 Meter über Normalnull

2.2 Auswahl der notwendigen Parameter

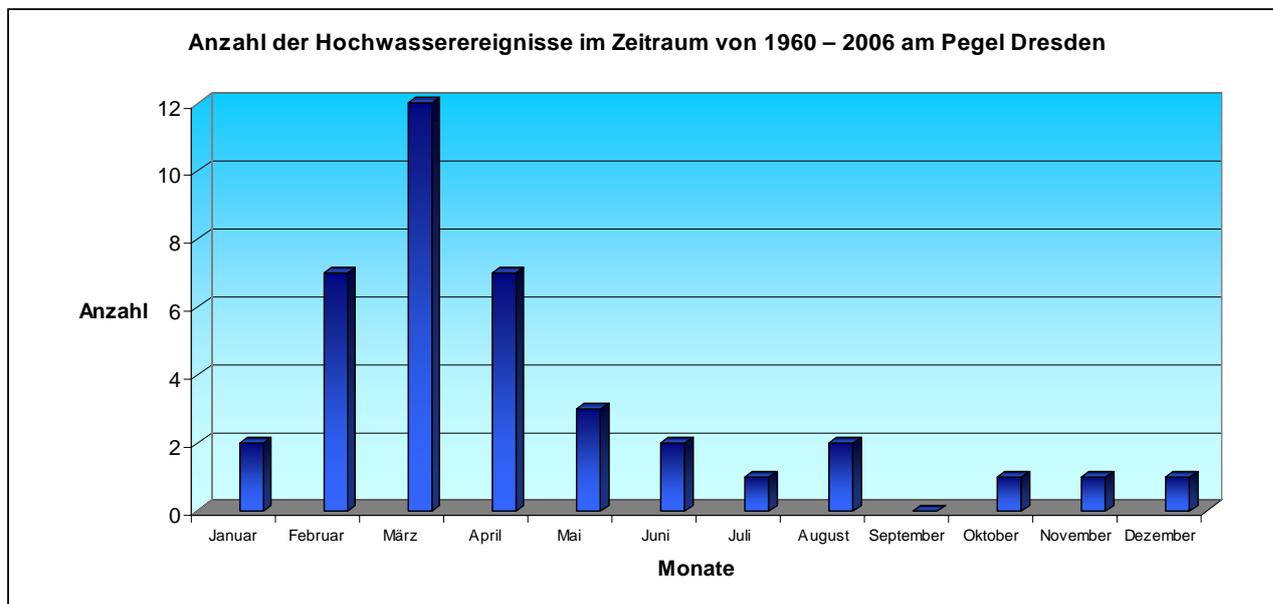


Abb. 3 Anzahl der Hochwasserereignisse im Zeitraum von 1960 – 2006 am Pegel Dresden

Im zweiten Schritt untersuchten wir, welche Parameter für die Hochwasser verantwortlich sind. Generell muss man zwischen anthropogenen und natürlichen Faktoren unterscheiden. Natürliche Faktoren sind: Temperatur, Niederschlag, Schneeschmelze, Luftdruck und Wind. In Klimamodellen können nur die Größen Niederschlag und Temperatur berücksichtigt werden, da diese als statistische Werte als Klimadaten genutzt werden können.

Die Schneeschmelze setzt sich aus Temperatur und Niederschlagsdiagrammen zusammen. Dagegen ist der Luftdruck ein sich ständig änderndes Wetterereignis und kann daher nicht in Klimamodellen erfasst werden. Winde entstehen durch Luftmassen, welche einen Luftdruckausgleich anstreben und deshalb aus Lufthochdruckgebieten in Lufttiefdruckgebiete strömen. Daher sind auch Winde ein reines Wettergeschehen und in Klimamodellen bisher nicht erfassbar.

Im weiteren Verlauf werden wir uns auf die prognostizierten Veränderungen der Temperatur, des Niederschlags und der Schneeschmelze konzentrieren.

Die Temperatur beeinflusst die Niederschlagsmenge, da wärmere Luftmassen größere Feuchtigkeitsmengen transportieren können. Gleichzeitig beeinflusst die Temperatur sowohl die Schneeschmelze, als auch die insgesamt gefallene Schneemenge.

Letztendlich beeinflussen Niederschlag und Schneeschmelze die Häufigkeit und Höhe von Hochwasserereignissen.

Anthropogene Faktoren sind: Flusslaufveränderungen durch Flussbegradigungen, Buhnen, Deiche, Staustufen, und Brücken.

Die Elbe wurde für die Schifffahrt um viele Kilometer verkürzt, indem der Mensch Flussschlingen abschnitt. Er erreichte dadurch eine Begradigung des Flusslaufes. Darüber hinaus werden in Deutschland Buhnen genutzt, sie sollen bewirken, dass das Flussbett sich selbst auswäscht und tief hält. Des Weiteren wurde die Elbe durch Abschneidung von Altarmen und Eindeichung verengt. Durch diese eingrenzenden Veränderungen hat das Wasser eine größere Kraft und fließt dadurch schneller.

Deiche beinhalten einen weiteren Risikofaktor; durch die Kraft des Wassers können sie brechen und damit große Wassermassen auf einmal freigeben. Staustufen haben ebenfalls diesen Risikofaktor, sie können jedoch auch als Schutz vor Hochwasser genutzt werden, da

sie meist ein Becken besitzen, mit dem das Hochwasser abgefangen werden kann. Treibeis ist ein Faktor, der zum Bruch von Deichen führen kann. Unter Brücken kann sich das Treibeis verkeilen, damit das Wasser stauen und potenzielle Überflutungen herbeiführen.

Der Mensch hat die Gestalt des Flusses gemäß seinen oftmals ökonomischen Ansprüchen und Bedürfnissen – letztlich zu seinem eigenen Nachteil – modifiziert. Für unsere Untersuchungen müssen wir diese Parameter ausklammern, da sie mit den vorhandenen Klimamodellen nicht erfasst werden können.

2.3 Datengewinnung und Datenaufbereitung

2.3.1 Datenquelle

Um herauszufinden, wie sich die von uns ausgewählten Parameter infolge des Klimawandels verändern werden, haben wir für das ausgewählte Gebiet die Monatsmittelwerte der Atmosphäre eines aktuellen Klimamodells, des ECHAM-5-Modells, verwendet, die für den IPCC-Bericht 2007 in Hamburg errechnet wurden. Dieses Modell ist ein globales Modell und hat einen Gitterabstand von etwa 180 km (Auflösung T63). Das ECHAM-5-Modell simuliert verschiedene Klimaentwicklungen, die von unterschiedlichen ökonomischen und ökologischen Rahmenbedingungen ausgehen. Wir haben uns dafür entschieden, auf das A1B-Szenario zurückzugreifen. Dieses Szenario geht von einer ausgewogenen Nutzung fossiler und nichtfossiler Energieträger aus. Die sich in diesem Szenario abzeichnenden Entwicklungen bilden daher einen Mittelweg zwischen geringen und starken Veränderungen ab. Es ist daher das in der Wissenschaft am häufigsten verwendete Szenario, um künftige Entwicklungen abzuschätzen. Aus der CERA-Datenbank am Max-Planck-Institut für Meteorologie, Gruppe Modell&Daten, konnten wir die entsprechenden Datenreihen für Temperatur und Niederschlag herunterladen.

2.3.2 30-Jahre-Intervalle

Wir begrenzten die ausgewählten Daten auf einen Zeitraum von 1961 bis 2100. Die Verarbeitung der Rohdaten erfolgte mit Hilfe von CDOs (Climate Data Operators). CDOs sind spezielle Befehle, die es ermöglichen, Klimamodelldaten zu verarbeiten und zu analysieren. Die Befehle werden als Skript in einen Editor geschrieben. Dabei wird einleitend das gewählte Gebiet aus den Daten extrahiert, und für das Thema nützliche Parameter werden ausgewählt. Mit weiteren Befehlsreihen werden dann die ausgewählten Daten entsprechend unserer Vorgaben bearbeitet. In unserem Fall haben wir als Parameter die Temperatur, den Niederschlag und die Schneeschmelze bezogen auf Europa verwendet. Dabei haben wir die zu analysierenden Daten auf Intervalle von 30 Jahren beschränkt: ein Intervall aus der Vergangenheit, um den Zustand vor dem Klimawandel zu beschreiben, und ein Intervall aus der Zukunft, um die Veränderung zu untersuchen. Für die Intervalle wurde jeweils ein zeitliches Mittel berechnet. Um die Veränderungen besser ablesen zu können, wurden die Differenzen zwischen den Intervallen aus der Zukunft und den Intervallen aus der Vergangenheit gebildet.

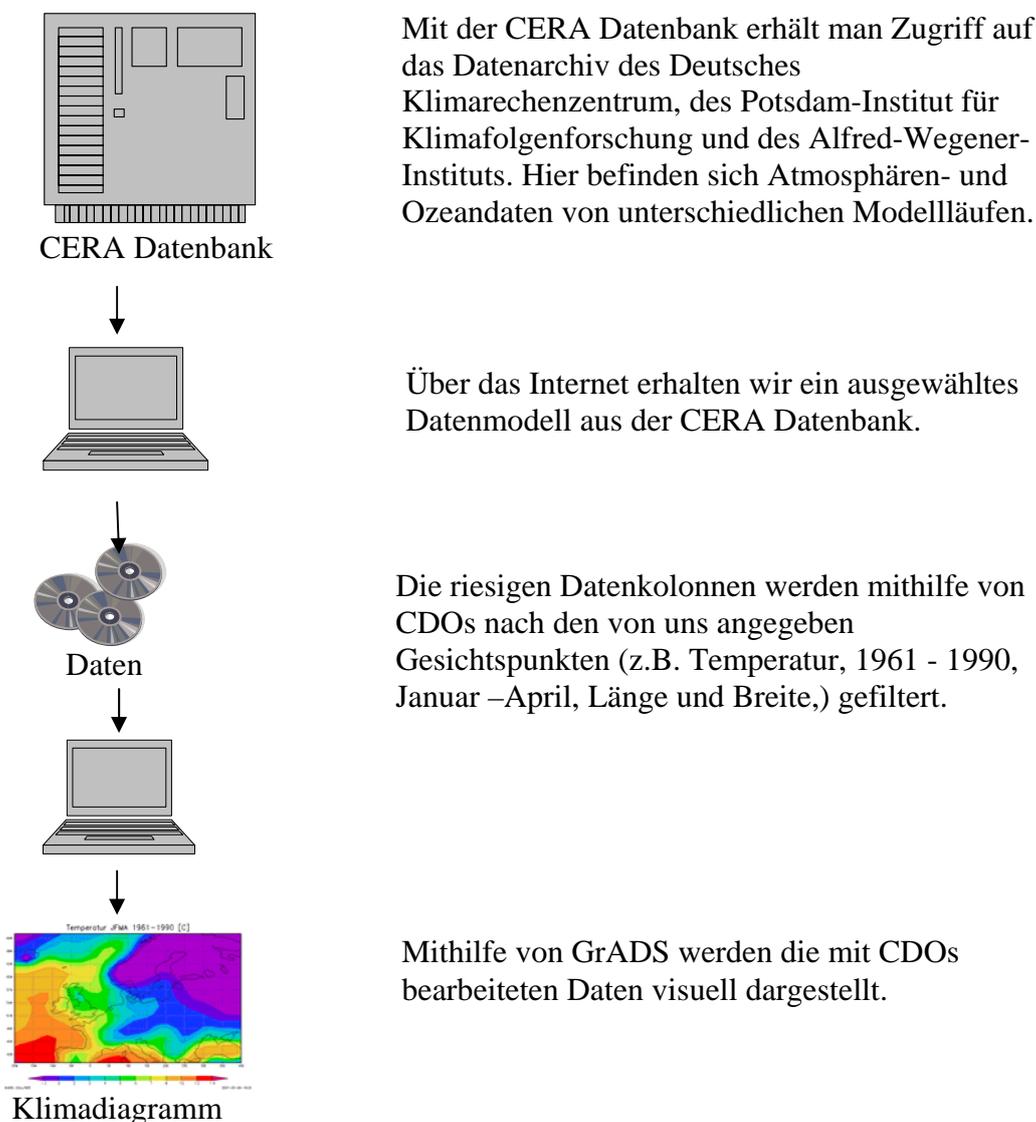
Die Intervalle von mindestens 30 Jahren sind wichtig, um mögliche Fehlerquellen verringern zu können. Bei einem zu kleinen Zeitraum entstehen größere Fehler, da es immer ungewöhnliche Extremereignisse gibt, die einen großen Einfluss auf das Ergebnis „Hochwasser“ haben und es hinsichtlich seiner Auftrittshäufigkeiten und Intensitäten sogar verändern können. Bei einem Intervall von 30 Jahren haben die Extremereignisse nicht genug Einfluss, um das Resultat zu verfälschen. Deshalb spricht man ab einem Zeitraum von ca. 30 Jahren nicht mehr von Wetter, sondern von Klima.

2.3.3 Visualisierung

Die mit Hilfe der CDOs aus den Klimamodell-Daten herausgefilterten Datensätze liegen in binärer Form vor, die mit Visualisierungstools weiter verarbeitet werden können. Im Zuge der Visualisierung können entsprechende Erdsystem-Daten vierdimensional (Länge, Breite, Höhe und Zeit) aufbereitet und als Karte dargestellt werden. Zur Visualisierung benutzen wir das Visualisierungsprogramm GrADS (Grid Analysis and Display System). Da bei unserer Untersuchung die Zeitkomponente schon im Zuge der Bearbeitung mit CDOs auf einen Zeitbereich eingegrenzt wurde und vertikale Daten nicht berücksichtigt wurden, mussten die Daten nur zweidimensional als Fläche dargestellt werden. Zur besseren Übersichtlichkeit wurden die entsprechenden Werte als Flächen statt als Isolinien gezeichnet.

Anhand dieser Diagramme können wir nun feststellen, welchen Einfluss der Klimawandel auf mögliche Hochwasserereignisse auf den zu untersuchenden Bereich der Elbe hat und welcher der drei Parameter sich am deutlichsten auswirkt.

2.3.4 Datenverarbeitung visuell dargestellt



3. Auswertung und Ergebnisse

3.1 Niederschläge im Winter

In den folgenden Abbildungen kennzeichnet der rote Kreis den Bereich des Oberlaufs der Elbe südlich von Dresden.

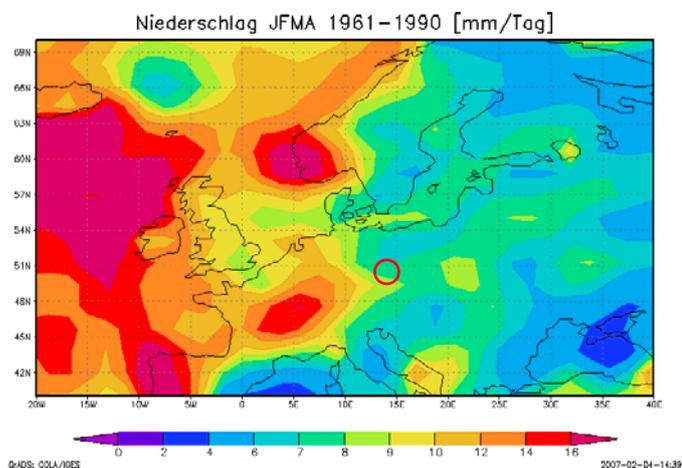


Abb. 4 Niederschläge für die Monate Januar – April im Intervall 1961 – 1990 (ECHAM5 / A1B)

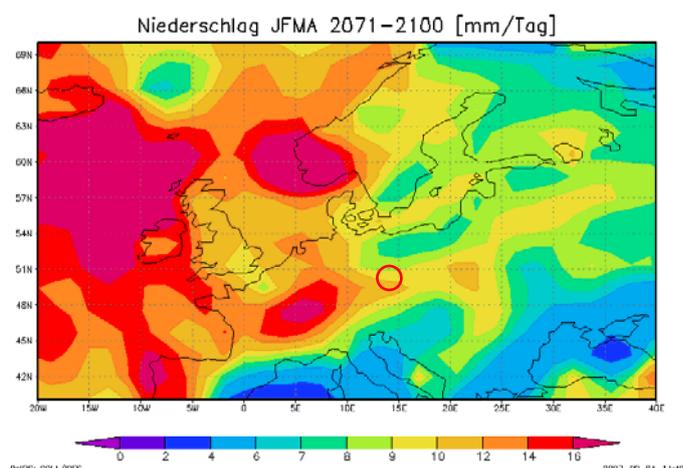


Abb. 5 Niederschläge für die Monate Januar – April im Intervall 2071 - 2100 (ECHAM5 / A1B)

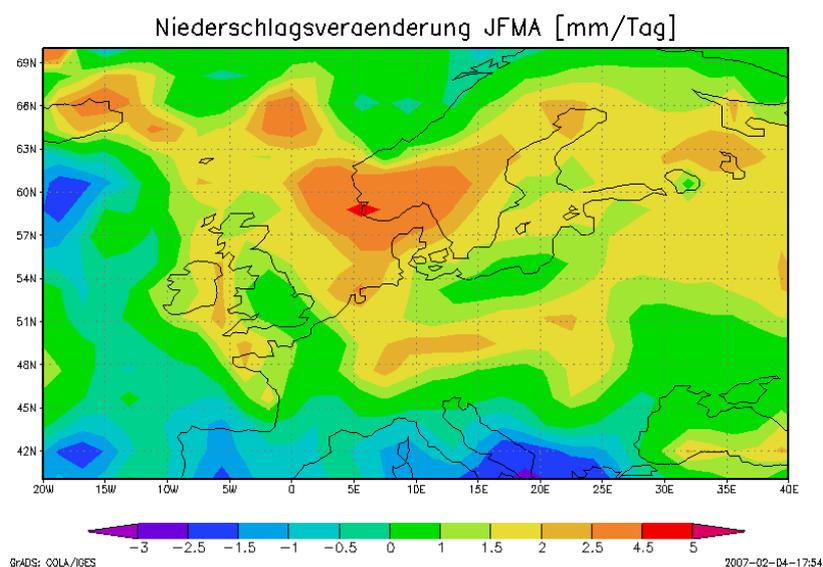


Abb. 6 Niederschläge für die Monate Januar – April Differenz der Intervalle 2071/2100 zu 1961/1990 (ECHAM5 / A1B).

In den Abb.5-6 wird der Niederschlag in den Wintermonaten von Januar – April dargestellt. Der Niederschlag bedeutet in diesem Fall Wasser, das in flüssiger oder fester Form aus den Wolken auf die Erde fällt. Wir können in den Diagrammen folgendes erkennen:

Im Intervall 1961 – 1990 beträgt der Niederschlag am Tag ca. 7-9 mm. Im Intervall 2071 – 2100 können wir feststellen, dass der Niederschlag sich auf 9-12 mm pro Tag erhöhen wird. Dies zeigt sich auch im Diagramm der Niederschlagsveränderung (Abb.6). Er wird sich, nach diesem Klimamodell, um 2-2,5 mm pro Tag vermehren. Dies ist eine Steigerung um 25 % an Niederschlagsmenge. Deutlich erkennbar ist dabei, dass der Niederschlag sich im Einzugsbiet

der Elbe verstärkt, während er sich in den anderen Regionen Deutschlands verringert. Länger anhaltende Niederschläge bei kühlem Wetter können schnell dazu führen, dass die Speicherkapazität des Bodens überschritten wird. Speziell in höher gelegenen Gebieten sind die Böden teils nicht sehr aufnahmefähig, da sich schon sehr dicht unter der Oberfläche das kaum wasserdurchlässige Ausgangsgestein befindet. Dieses betrifft insbesondere Gebiete mit paläozoischen Schiefen, magmatischen und metamorphen Gesteinen. Insbesondere in Gebieten mit höherer Reliefenergie wirkt sich ein Überschreiten der Speicherkapazität schnell auf die Vorfluter aus: Bei übersättigtem Boden entsteht ein Oberflächenabfluss, welcher dazu führt, dass die Flussläufe schnell anschwellen. Dadurch besteht die Möglichkeit, dass im Winter starkes Hochwasser auftritt.

3.2 Niederschläge im Frühling / Sommer

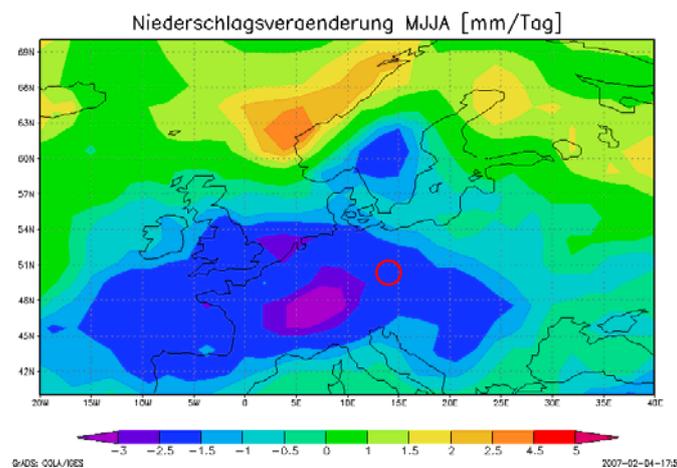


Abb. 7 Niederschläge für die Monate Mai - August Differenz der Intervalle 2071/2100 zu 1961/1990 (ECHAM5 / A1B).

3.3 Temperaturveränderung Frühling / Sommer und Winter

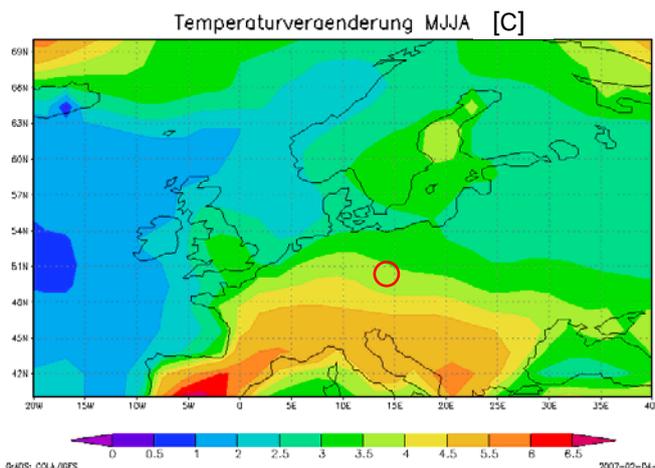


Abb. 8 Temperatur für die Monate Mai – August Differenz der Intervalle 2071/2100 zu 1961/1990 (ECHAM5 / A1B).

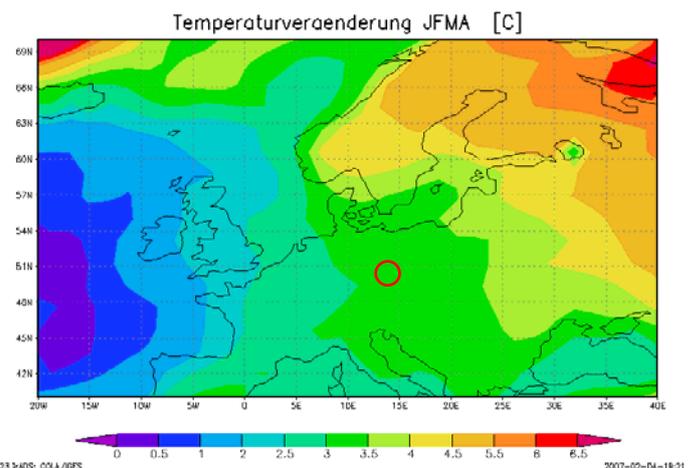


Abb. 9 Temperatur für die Monate Januar- April Differenz der Intervalle 2071/2100 zu 1961/1990 (ECHAM5 / A1B).

Im Frühling und Sommer hingegen nimmt die Niederschlagsmenge um bis zu 2,5 mm pro Tag ab (Abb. 7).

Die Temperatur bestimmt diesen Wandel. In den Frühlings- und Sommermonaten steigt sie um bis zu 3,5 °C an, daraus resultiert ein trockeneres Klima als zuvor (Abb. 8). Unser Klima

könnte sich demnach, bezogen auf den Niederschlag, mediterranen Verhältnissen angleichen. Im Winter steigt die Temperatur um 3°C, dies bedeutet, dass die Luft mehr Wasser aufnehmen kann (Abb. 9). Dadurch entstehen heftigere Niederschläge in Bergregionen wie dem Einzugsgebiet der Elbe.

Der Schnee ist ein weiterer wichtiger Faktor für Hochwasser, welcher im Niederschlagsdiagramm mit inbegriffen ist. Das Problem hierbei ist, dass dieser liegen bleibt und erst bei Tauwetter ein Hochwasserfaktor ist. Dabei spielt die Temperatur eine große Rolle. In naher Zukunft wird der Schnee vermutlich erst zu einem sich stärker auf Hochwasser auswirkenden Faktor werden, da der vermehrte, als Schnee gefallene Niederschlag bei der Schneeschmelze zu einem stärkeren Abfluss führt. In ferner Zukunft wird es deutlich weniger Schnee geben, da er durch die Erwärmung nur noch in Form von Regen fällt. Ab diesem Zeitpunkt entsteht das Hochwasser nur noch aus Regen, da das Tauwetter kein ausschlaggebender Faktor mehr ist. Daraufhin könnten sich die Hochwasserzeiten verschieben.

4. Diskussion

Während unserer Untersuchungen haben sich einige Fehlerquellen ergeben.

Zwei dieser Fehlerquellen liegen bei der Untersuchung der Parameter. Zum einen hatten wir keine Möglichkeit, das Wetter in unsere Untersuchungen mit einzubeziehen, da wir mit Klimamodellen gearbeitet haben.

Um die Wetterphänomene zu berücksichtigen, bräuchten wir Wetterkarten, welche die Großwetterlage bei ausgewählten Hochwassern aufzeigt. Folglich könnte man den Einfluss der Vb- Wetterlage darstellen. Des Weiteren mussten wir den Wind mangels Wetterkarten aus unseren Auswertungen ausschließen. Ferner müssen wir, da das Klimarechenzentrum keine Daten über den Luftdruck zur Verfügung stellen kann, diesen ebenfalls auslassen. Zum anderen setzt sich der Parameter Schneeschmelze aus den Diagrammen Temperatur und

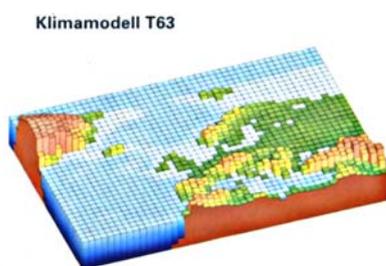


Abb. 10 Beispiel für ECHAM-5
Modellauflösung: Gitterabstand ca.
180 km

Auflösung unserer Diagramme; diese ist nicht detailliert genug. Wir hätten hier anstatt des ECHAM 5 Modells (Abb.10) mit einem Gitterabstand von 180 km mal 180 km das neue REMO Modell mit einem Gitterabstand von 10 km mal 10 km verwenden müssen. Im REMO Modell werden Datensätze erstellt, die eine deutlich differenziertere Beantwortung unserer Fragestellung ermöglichen werden, beispielsweise die Bodentemperatur (auch als täglicher Wert) oder Tage mit Schneebedeckung.

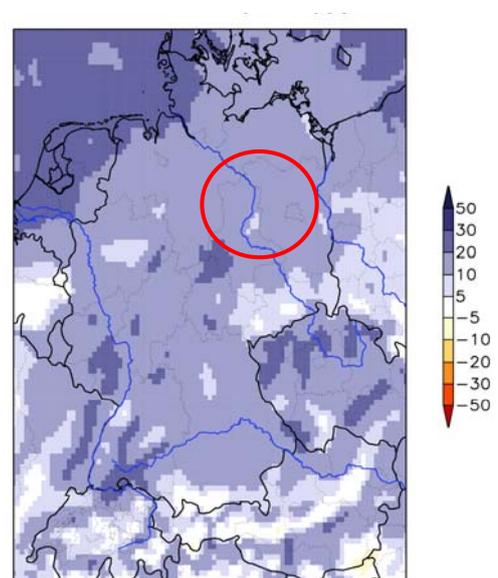
Auch die Ermittlung von Monaten mit einer Häufung

Niederschlag zusammen, daher können wir keine genauen Angaben darüber machen.

Die anthropogenen Parameter konnten wir nicht berücksichtigen. Diese sind nicht in dem Klimamodell enthalten, mit dem wir arbeiten. Ein Grund dafür ist die schnelle Veränderung der anthropogenen Faktoren. Es wäre jedoch wichtig, diese Faktoren einzubeziehen, da sie die Ausmaße und Zerstörungskraft eines Hochwassers mitbestimmen.

Eine weitere Fehlerquelle in unserer Arbeit ist die

Abb. 11
Niederschlagsänderung
(%) für den Winter
Differenz der Intervalle
2071/2100 zu 1961/1990
(REMO/A1b). Der rote
Kreis kennzeichnet das
Einzugsgebiet der Elbe.



von Hochwasserereignissen ist nur ein Trendwert, da uns nur die monatlichen Maximalwerte zur Verfügung standen. Damit kann man zwar Monate mit besonders ausgeprägten Hochwasserereignissen ermitteln, doch liefern diese Daten keine Informationen über die Anzahl der Hochwasserereignisse pro Monat. So fallen die auf Vb-Wetterlagen zurückzuführenden Hochwasser im Sommer deutlich auf, doch handelt es sich hier nur um ein, wenn auch gravierendes, singuläres Ereignis. Demgegenüber treten im Winter längere Phasen mit einem höheren Wasserstand auf, aus denen sich immer wieder Hochwassersituationen entwickeln können.

Dennoch zeigt unsere Arbeit deutlich, dass es möglich ist, mit Hilfe von Klimamodell-Daten Aussagen zu möglichen Veränderungen von Hochwasserereignissen im Oberlauf der Elbe zu machen. Wir können einen Trend aufzeigen, den unsere Arbeit wiedergibt: In den Wintermonaten wird sich der Niederschlag im Einzugsgebiet der Elbe deutlich erhöhen. Unser Ergebnis deckt sich mit den Ergebnissen des neuen REMO Modells (Abb.11). Es zeigt eine Niederschlagszunahme im Einzugsgebiet der Elbe von bis zu 20 % an. Dies lässt uns darauf schließen, dass unsere Arbeit nach einer Fehlerquellenkorrektur als Basis für weitere Untersuchungen dienen könnte.

4.1 Fazit

Ein Anstieg der Temperatur zeichnet sich ab, er führt zu mehr Feuchtigkeit, die in der Luft transportiert werden kann. Im Winter entstehen dadurch stärkere Niederschläge im Einzugsgebiet der Elbe. Daraufhin bildet sich Oberflächenwasser, welches zu starkem Hochwasser führen kann.

Auf unsere Frage, ob man in Zukunft mit vermehrten Hochwasserereignissen an der Elbe rechnen kann und in welcher Weise das Klima Einfluss darauf hat, können wir nun folgendes antworten:

Es wird nicht häufiger Hochwasser geben, stattdessen werden die Hochwasser stärker. Dies wird ausgelöst durch vermehrten Niederschlag im Einzugsgebiet der Elbe.

4.2 Was können wir tun?

Unsere Arbeit zeigt, dass mit starkem Hochwasser zu rechnen ist. Dies bedeutet, dass sich der Mensch vor Hochwasser schützen muss. Zum einen kann der Mensch kurzfristig dafür sorgen, dass das Hochwasser kompensiert wird. Dafür sollte er die Bewaldung im Einzugsgebiet der Elbe bestehen lassen, um die Geschwindigkeit des Oberflächenabflusses auch während der Wintermonate zu reduzieren, und sofern möglich, auch die Speicherkapazität der Böden im Oberlauf zu erhöhen. Des Weiteren sollten am Flusslauf Überflutungsflächen entstehen, welche die Flut abfangen können. In der Vergangenheit, vor allem nach dem Elbe Hochwasser 2002, gab es einige Projekte hierzu. Der Bund und 10 Länder - zusammengeslossen in der Flussgemeinschaft Elbe - veröffentlichten am 10.11.06 eine „Elbe-Erklärung zum vorsorgenden Hochwasserschutz“. Bis 2015 sollen demnach unter anderem etwa 3800 Hektar neue Überflutungsflächen entstehen und auf 582 km Deiche verstärkt werden (FGG- Elbe, 2006); darauf hingewiesen werden muss aber, dass die IKSE⁵ 2003 fast 12000 Hektar neue Retentionsflächen gefordert hatte⁶. Wichtig bei diesen Projekten wäre länderübergreifende Zusammenarbeit, da der Niederschlag im Einzugsgebiet der Elbe nicht nur Hochwasser auf deutscher Seite verursacht.

⁵ Internationale Kommission zum Schutz der Elbe

⁶ Informationen erhalten nach einem Gespräch mit Dr. Ulrich Bosler, einem der Leiter des NaT-Working-Projekts „Klimawandel und seine Folgen“.

Da das Klima einen wesentlichen Einfluss auf die kommenden Hochwasser hat, sollte zum anderen langfristig auf eine Verringerung des Ausstoßes von CO₂ und anderen Treibhausgasen geachtet werden. Hierbei muss weltweit zusammengearbeitet werden.

Quellenangabe:

Titelbild:

Weber, H. (2006): Schlottwitz Hochwasser,

http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Schlottwitz_Hochwasser_113-1368_IMG.JPG, letzter Zugriff 10.4.07

Abb. 1 :

Klimakarte verändert nach: Groth, G. et al (2004): Seydlitz, Projekt Erde, Ausgabe Schleswig-Holstein /

Hamburg, Schroedel Verlag, Braunschweig

Abb. 2:

Kasang, D. (2005): Meteorologische Ursachen von Hochwasserereignissen

[http://www.hamburger-](http://www.hamburger-bildungsserver.de/welcome.phtml?unten=/klima/klimafolgen/extreme/index.htm)

[bildungsserver.de/welcome.phtml?unten=/klima/klimafolgen/extreme/index.htm](http://www.hamburger-bildungsserver.de/welcome.phtml?unten=/klima/klimafolgen/extreme/index.htm), letzter Zugriff 10.4.2007

Abb. 3:

Selbsterstelltes Säulendiagramm (aus Daten des WSA Dresden)

Abb. 5-9:

Im Klimarechenzentrum selbsterstellte Klimadiagramme.

Abb. 10:

Cubasch, U. (2005) Klimamodellierung und Fingerprints, in Münchener Rück (2005):

Wetterkatastrophen und Klimawandel, S 63, pg-Verlag Münchenmobile: 017730 717 85

Abb. 11:

MPI: Relative Änderung der Winterniederschläge für das A1B Szenario

<http://www.mpimet.mpg.de/wissenschaft/ueberblick/atmosphaere-im-erdsystem/regionale-klimamodellierung/remo-uba/aktualisierte-abbildungen.html> , letzter Zugriff 4.2.2007

Internet

Autor unbekannt (2006), Elbe, <http://de.wikipedia.org/wiki/Elbe>, letzter Zugriff 5.2.2007

Autor unbekannt (2006), Hochwasser, <http://de.wikipedia.org/wiki/Hochwasser>, letzter Zugriff 31.1. 2007

Dieter Kasang (2006)

<http://hamburger-bildungsserver.de/welcome.phtml?unten=/klima/infothek.htm>, letzter Zugriff 20.11.2006