

Meteorologische Einflüsse auf die Entstehung von Hochwasser in Deutschland

Anne Förster¹

¹ Technische Universität Bergakademie Freiberg, 09599 Freiberg

Abstract. Die Hochwasser in Deutschland sind meist das Produkt von speziellen Großwetterlagen, welche in der Vergangenheit für große Hochwasserereignisse verantwortlich gewesen sind. Die westdeutschen Gebiete unterliegen sehr stark dem Einfluss der Großwetterlage „Westlage zyklonal“, da hier der Einfluss der Atlantikluftmassen noch ziemlich groß ist. In anderen Teilen Deutschlands ist die „Vb-Wetterlage“ von großer Bedeutung für die Hochwasserentstehung. Es wurde in den letzten Jahren hierbei beobachtet, dass es immer häufiger zum Auftreten dieser Wetterlagen kommt, welche dann extremer auftreten, als aus den langjährigen Mitteln bekannt und somit Hochwasser verursachen, die größere Schäden anrichten.

Meteorologische Einflüsse auf Europa und Deutschland

Hochwasser entstehen primär durch kurze starke oder schwächere lang anhaltende Niederschläge. Diese werden in Deutschland meist durch charakteristische Großwetterlagen verursacht. In Europa entstehen die verschiedenen Wetterlagen durch das Zusammenspiel eines, über den Azoren befindlichen, Hochdruckgebietes (Azorenhoch) und einem nördlich von Island liegenden Tiefdruckgebiet (Islandtief). Die Schwankungen der Luftdruckgegensätze dieser beiden Druckgebiete bezeichnet man als Nordatlantische Oszillation (NAO), welche die Wetter- und Klimaschwankungen in Nordamerika, dem Nordatlantik und Europa beeinflussen (vgl. Klose 2008).

In Europa liegt v.a. das Winterklima im Einfluss der NAO. Wenn Azorenhoch und Islandtief kräftig ausgebildet sind, so folgt daraus eine starke Westströmung über dem Atlantik, wodurch die Tief- und Hochdruckgebiete aus den gemäßigten Breiten schnell nach Osten ziehen. (vgl. Klose 2008) Wenn zu Beginn des Winters

im Norden Europas diese Situation vorherrschend ist, so verstärkt sich der Druckgradient in Folge der sinkenden Temperaturen und es gelangt milde feuchte Luft nach Mitteleuropa. Wenn sich Islandtief und Azorenhoch aufeinander zu bewegen, schwächt sich der Druckgradient ab und die Höhenströmung wird in den Mittelmeerraum abgelenkt, wodurch es dort öfter und kräftiger regnet. (vgl. Klose 2008) In Nordeuropa werden die Winter trockener und kälter. Diese unterschiedlichen Druckverhältnisse in Europa führen zu den, für die Hochwasserentstehung bedeutenden, Großwetterlagen. Die für Mitteleuropa klassifizierten Großwetterlagen beschreiben das atmosphärische Strömungsverhalten über dem Nordatlantik und Europa. (vgl. Köllner 2008) Definiert werden diese als die mittlere Luftdruckverteilung eines Großraumes, welcher mindestens die Größe Europas hat und in welchem gewisse Züge aufeinanderfolgender Wetterlagen während eines mehrtägigen Zeitraums gleich bleiben. (vgl. Caspary and Bárdossy 1995)

Zwei, der für Deutschland bedeutendsten Wetterlagen sind die „Westlage zyklonal“ und die „Vb-Wetterlage“, welche in der Vergangenheit immer wieder zu extremen Hochwasserereignissen führten.

Die „Westlage zyklonal“ sorgt im Wesentlichen in den Wintermonaten (hydrologisch gesehen von Dezember bis Februar) für extreme Hochwasserereignisse in Südwestdeutschland. Aber auch die „Vb-Wetterlage“, welche immer öfter auftritt, sorgt durch ergiebige Niederschläge für starke Hochwasser. Diese beiden Großwetterlagen werden im Verlauf der Ausführungen noch genauer betrachtet und deren Auswirkungen mit Beispielen verdeutlicht.

Es gibt jedoch noch weitere Wetterlagen in Deutschland, die Hochwasser herbeiführen können. Zu nennen wären die „südliche Westlage“, die „winkelförmige Westlage“, die „Nordwestlage zyklonal“, die „Ostlage“, die „Nordlage“ und das „Tief über Mitteleuropa“. Die „Nordwestlage“ und die „Nordlage“ führen maritime Luftmassen mit sich und können an der Nordseite von Gebirgen und an der Nordseeküste für Stauregenereignisse sorgen. Das „Tief über Mitteleuropa“ bringt lang andauernde und ergiebige Niederschläge mit sich, wie dies auch bei der „Ostlage“ der Fall ist. (vgl. Bahr 2006; Brandt)

Ausgewählte Großwetterlagen in Deutschland

„Westlage zyklonal“- Entstehung und Auswirkungen

Die „Westlage zyklonal“ wird bedingt durch ein ausgeprägtes Hoch über den Azoren und ein Zentraltief nördlich von Island, welches den Luftdruck weiträumig steuert. (vgl. Köllner 2008) Hierbei befinden sich das europäische Nordmeer und der Nordatlantik in einem Bereich tiefen Luftdrucks. Durch diese Konstellation von Azorenhoch und Islandtief entsteht eine breitengradparallele (zyklonale) Westströmung, welche vom Atlantik nach Mitteleuropa verläuft und sehr großräumig ausgebildet ist (Fig. 1). (vgl. Caspary und Bárdossy 1995)

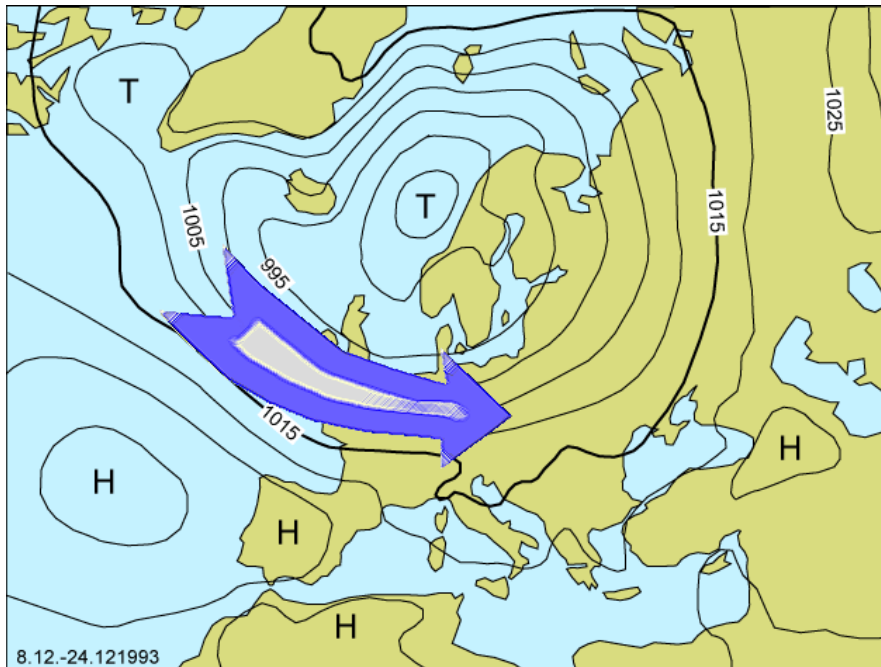


Fig.1.: Bodenluftdruckkarte der Großwetterlage "Westlage zyklonal", blauer Pfeil: Tiefdruckbahn mit langandauernden, sehr ergiebigen Niederschlägen (Kasang 2008)

In den Sommermonaten bringt diese Strömung kühle Atlantikluft nach Europa. In den Wintermonaten, Dezember bis Februar, führt dies zu einer Erhöhung der Temperaturen um bis zu fünf Grad Celsius, im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten. (vgl. Köllner 2008) Die Temperaturerhöhung begünstigt dabei die Schneeschmelze, was in Zusammenhang mit den starken Niederschlägen, die Hochwasserwahrscheinlichkeit in den Einflussgebieten dieser Wetterlage ansteigen lässt. (vgl. Köllner 2008) Während der Witterung kommt es oft zu einem Wechsel zwischen Schauern und mehrstündigen bis eintägigen Aufheiterungen. (vgl. Gotha 2003)

Die „Westlage zyklonal“ ist in Deutschland vorwiegend für die westlichen und südwestlichen Gebiete bedeutend, da sich die feuchte Atlantikluft dort abregnet und somit für die meisten der hier entstehenden Hochwasser verantwortlich ist, wie u.a. am Weihnachtshochwasser 1993/1994 deutlich wurde. Bei diesem Ereignis trat die „Westlage zyklonal“ verstärkt auf und hielt, mit Ausnahme eines Tages an dem die Witterung auflockerte, ungewöhnlich lange an.

Weihnachtshochwasser 1993/1994

Im Dezember 1993 kam es in Südwestdeutschland, v.a. an Rhein und Mosel, zu einem extremen Hochwasserereignis, was durch die „Westlage zyklonal“ verursacht wurde. Diese dauerte im Monat Dezember 17 Tage ohne Unterbrechung an. (vgl. Caspary und Bárdossy 1995) Zu Beginn bildete sich die für die „Westlage zyklonal“ typische Konstellation von Azorenhoch und Islandtief aus, welche eine großräumige, nahezu Breitengradparallele Westströmung vom Atlantik nach Mitteleuropa zur Folge hatte. Zu dieser Zeit befanden sich der Nordatlantik und das europäische Nordmeer noch im Einfluss eines tiefen Luftdruckgebietes. (vgl. Caspary 2004) Die Witterungsbedingungen, die zum Hochwasser führten, lassen sich in zwei große Phasen einteilen.

Vom 7. bis 12.12.1993 kam es zum schnellen Durchzug, der durch starke westliche Höhenströmung angetriebenen Tiefdruckgebiete und deren Fronten. (vgl. Schmitz 1998) Dies hatte ergiebige Niederschläge zur Folge, welche v.a. im südlichen Einzugsgebiet der Mosel sehr hoch waren. Im Bergland fielen die Niederschläge am Anfang der Wetterlage noch als Schnee zu Boden. Am 16.12.1993 gelangte sehr milde, feuchte Atlantikluft nach Baden-Württemberg, welche wiederum starke Regenfälle und die Schneeschmelze, bis in Höhen von 1000 m, nach sich zog. (vgl. Küsters und Beißel 1994) Mit diesem Tag begann die eigentliche Entstehung des Hochwassers, welches das Alpengebiet, den Hochrhein und die südlichen Teile des Oberrheins betraf. (vgl. Brandt 2001) Am 18.12.1993 beruhigte sich die Witterung kurzzeitig, der Regen hörte auf und es setzte erneut Tauwetter ein.

Schon am folgenden Tag begann die zweite Phase, vom 19.12. bis zum 21.12.1993 andauernd. Feuchtwarme atlantische Tropenluft erreichte das Rheingebiet und es folgten extrem hohe Niederschläge, mit gemessenen Werten von 150 bis 200 mm innerhalb von 48 Stunden. (vgl. Caspary und Bárdossy 1995) Da der Boden schon von den Regenereignissen der vorangegangenen Tage vollständig gesättigt war, kam es zu erhöhten Abflüssen, welche für die Hochwasserwelle verantwortlich waren.

Am 21.12.1993 erfolgt eine Umstellung der Wetterlage auf eine nordwestliche Strömung, welche über West- und Mitteleuropa zog. (vgl. Küsters und Beißel 1994) Danach ebneten die Niederschläge ab und in den Höhenlagen fiel dieser wieder als Schnee.

Nach den zwei Hauptphasen erstreckte sich vom 29.12.1993 bis zum 7.1.1994 noch eine dritte Regenperiode, welche v.a. durch die gesättigten Böden der vorhergehenden Hochwasserereignisse und Starkniederschläge eine große Wirkung erzielte. (vgl. Schmitz 1998) So wurden im Norden Deutschlands größere Schäden angerichtet, als durch das Hochwasser zu Weihnachten 1993 im Süden.

Die verheerende Hochwassersituation wurde im Fall des Winterhochwassers durch die Dauer der „Westlage zyklonal“ entscheidend geprägt und verursacht. Auf Grund der Zuflüsse von Mosel, Main, Nahe und Neckar wurde die Hochwassersituation weiter verstärkt und so kam es zu einem unerwartet schnellen Anstieg der Pegel.

„Vb-Wetterlage“- Entstehung und Auswirkungen

Das „Vb-Tief“ zieht meist von der Adria über Österreich und Ungarn nach Tschechien und Polen. (vgl. LfUG 2004) Den Auslöser dieser Wetterlage bildet die aus dem isländisch-grönländischen Bereich heranströmende maritime Kaltluft, welche kälterer Luft in der Höhe ausweicht. Daraufhin bewegen sich die Luftmassen in Richtung des Mittelmeerraumes und bilden dort ein Tief über dem Golf von Genua, der nördlichen Adria bzw. Oberitalien. (vgl. Köllner 2008) Durch die hier erfolgende Erwärmung der Luft, ist diese im Stande enorme Mengen an Wasserdampf aufzunehmen. Die „Vb-Wetterlage“ bewegt sich nun weiter in nördliche- oder nordöstliche Richtung, über bzw. an den Alpen vorbei und führt die feucht warmen Luftmassen mit sich (Fig.2).

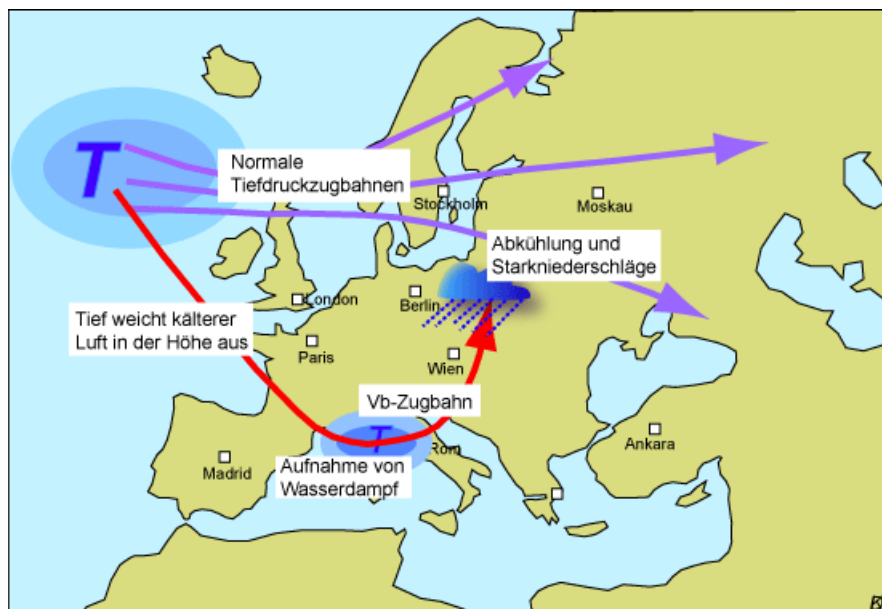


Fig.2.: Entstehung von sommerlichen Starkniederschlägen in Mitteleuropa infolge der Vb-Zugbahn (Kasang 2008)

Auf deren Zugbahn treffen diese auf kühlere Luftmassen, wodurch die leichteren warmen Luftmassen aus dem Mittelmeerraum zum Aufsteigen gezwungen werden. (vgl. Köllner 2008) Mit zunehmender Höhe kommt es zur Abkühlung und der damit verbundenen Kondensation. Die Folge sind ausgedehnte Starkregenereignisse, welche im Grenzbereich der beiden Luftmassen entstehen. (vgl. LfUG 2004) Diese Niederschläge können im Bereich von Gebirgen und

Hebungen, wie dem Erzgebirge oder den Alpen, noch erheblich verstärkt werden. (vgl. Kasang 2008)

Die Hochwasser die durch die „Vb-Wetterlage“ verursacht werden, treten gewöhnlich im Frühjahr und Herbst auf, können jedoch grundsätzlich zu allen Jahreszeiten vorkommen und in den Sommermonaten besonders niederschlagsreich ausfallen. Dies wurde beispielsweise beim Oderhochwasser im Sommer 1997, dem Hochwasser an Donau, Moldau und Elbe im August 2002 und dem Hochwasser in der Alpenregion im August 2005 verdeutlicht.

Elbehochwasser im August 2002

Die primäre Ursache für das extreme Hochwasser im August 2002 war das „Vb-Tief“ „Ilse“. Die Entstehung dieses Tiefs begann am 8. August mit der Ausbildung eines Tiefdruckgebiets am Rande eines stabilen Hochs bei den Azoren, welches dann vorerst in Richtung Irland zog. (vgl. LfUG 2004) Währenddessen herrschten in Oberitalien noch schwache Luftdruckgegensätze mit feuchter und warmer Luft vor. Das Irlandtief zog am 10. August über Südengland nach Nordfrankreich und löste sich dort am nächsten Tag auf. Durch diese Konstellation kam es zur Ausbildung eines breiten Nordwindbandes zwischen Azorenhoch und dem westeuropäischen Tiefdruckgebiet, welches über drei Tage Bestand hatte. Somit konnte während dieser Zeit „maritime Kaltluft aus dem isländisch grönländischen Raum“ (LfUG 2004) ins westliche Mittelmeer vordringen. Am 10. August entstand über Südfrankreich in der oberen Troposphäre ein Höhentief, wodurch der Luftdruck über Oberitalien rasch fiel. (vgl. LfUG 2004)

Am 11. August begann die Entstehung des späteren „Vb-Tiefs“. Dieses entstand über der nördlichen Adria und zog auf seiner Ostseite sehr feuchte Luft von der Großen Syrte ein. Zur gleichen Zeit stieß kältere Luft, die über Frankreich in den südlichen Raum vorgedrungen war, von Westen gegen den Warmluftstrom und verstärkte das Tief. Zunächst konnten nur geringe Niederschlagsechos festgestellt werden, welche sich jedoch in den Abendstunden verdichteten, womit nun größere Mengen an Wasser erkennbar waren, welche in den nächsten Stunden abregnen sollten. (vgl. LfUG 2004)

Am 12. August zog das Tief über Tschechien nach Sachsen und verstärkte sich dort nochmals erheblich. Eine in der Höhe befindliche Nordwestströmung „drückte die mit Wasser gesättigten Luftmassen gegen die Nordseiten des Mittelgebirges“ (LfUG 2004), wodurch die Luftmassen zum Aufsteigen gezwungen wurden und es zu schweren Regenfällen kam. Um das „Vb-Tief“ lagerten sich zu beiden Seiten zwei kräftige Hochdruckgebiete an, womit „Ilse“ stationär wurde. Dadurch drehte sich das Tief über Ostdeutschland ein und regnete sich auch dort komplett ab. Das Tief verlagerte sich deshalb nur wenig und wurde in der zweiten Tageshälfte ein wenig schmaler. An der Ostflanke des steuernden Höhentiefs von Westeuropa erstreckte sich ein Bodentief, welches warme Luft bis in große Höhen nordwärts beförderte und diese auch gleichzeitig hob, wodurch ein ausgedehntes Regengebiet, von der Schweiz bis Sachsen reichend, entstehen konnte. (vgl. LfUG 2004) Bei diesem Starkregenereignis wurden in den

Kammlagen des Erzgebirges bereits am 11. August über 60 mm registriert. (vgl. LfUG 2004) Nun steuerten diese Niederschläge in Ostdeutschland ihrem Höhepunkt entgegen.

Die gemessenen Extremwerte, die bei 24-Stundenmessungen aufgenommen wurden, wie die 313 mm in Zinnwald-Georgenfeld (vgl. LfUG 2004), kamen dadurch zustande, dass die Mittelgebirge in den östlichen Regionen Deutschlands, sowie in Bayern und Tschechien sehr schnell auf die Westflanke des Tiefs gerieten. Hier kam eine Nordwestströmung auf, welche die feuchte Luft des Tiefs zusätzlich gegen die Nordhänge der Gebirge drückte. In Sachsen wurden die Luftmassen gezwungen das Erzgebirge von Norden her zu überqueren und regneten sich dabei komplett ab. Die extreme Hochwassersituation im Erzgebirge resultierte folglich v.a. aus dem massiven Stau effekt am Nordrand des Mittelgebirgsraumes. Durch die enormen Niederschlagsmengen, die innerhalb kürzester Zeit fielen (Fig.3), waren die Böden in den betroffenen Gebieten wassergesättigt, konnten keine Niederschläge mehr aufnehmen und somit floss ein Großteil des Wassers in die Flüsse ab und verursachte so die prekäre Hochwassersituation entlang der Elbe und deren Nebenflüssen in Deutschland.

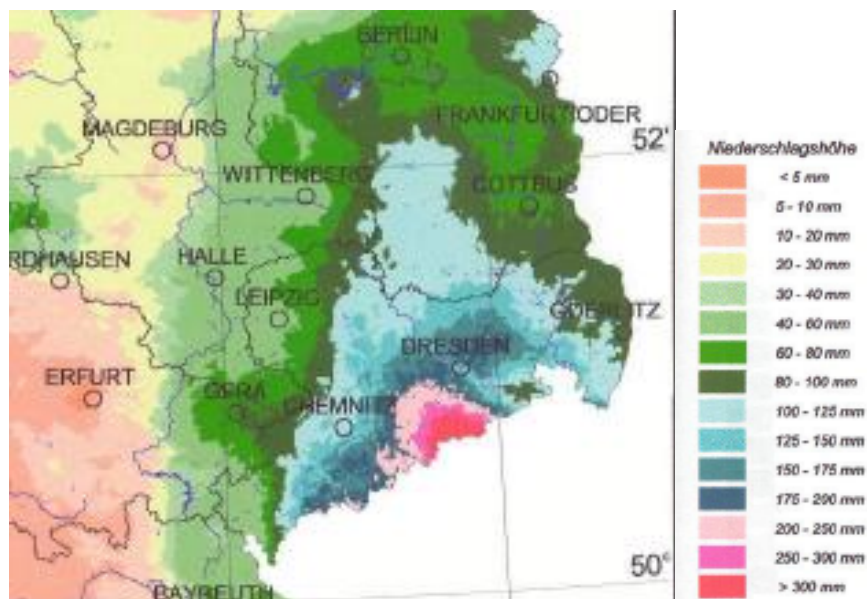


Fig.3.: Niederschlagshöhe für den 11. bis 13.8.2002 in mm (Ausschnitt aus LfUG 2002)

Meteorologische Einflüsse im Klimawandel

Wenn man die meteorologischen Einflüsse betrachtet, so muss man sagen, dass diese schon immer Schwankungen unterlegen haben. Die Veränderungen die sich derzeit vollziehen, schreiten jedoch in nie da gewesenem Tempo voran.

Die Niederschläge über dem Land haben in den letzten Jahren um 2 % zugenommen und auch das Auftreten von extremen Wetterlagen hat sich um bis zu 4 % gesteigert. (vgl. Kasang 2008) Für die Hochwasserentstehung sind Niederschlag und Temperatur bedeutende Größen. In den letzten Jahren haben die Niederschläge an Dauer, Intensität und Häufigkeit zugenommen. (vgl. Kasang 2008) Auch die Temperaturen steigen weiter an, was auch eine Erwärmung der Meerwasseroberfläche zur Folge hat, wodurch von den Luftmassen größere Mengen an Wasserdampf aufgenommen werden können. Somit kann man annehmen, dass die Hochwasserhäufigkeit mit der globalen Erwärmung noch zunehmen wird und dass der Wasserkreislauf dadurch im Allgemeinen extremer auftreten könnte.

In den letzten Jahren hat man eine Veränderung der großräumigen atmosphärischen Zirkulationsmuster, in Bezug auf deren Auftretenshäufigkeit, beobachtet. Dadurch kommt es zu einer Änderung des Winterklimas in Deutschland und anderen Regionen. Die winterlichen zonalen Wetterlagen haben zugenommen und sorgen für verstärkte Niederschläge in Südwestdeutschland, wobei auch hier die Starkniederschläge, mit einer Dauer von mehr als 24 Stunden, zugenommen haben. (vgl. Caspary 2004) Dadurch nehmen die Hochwasserabflüsse zu und es könnten gehäuft winterliche Hochwasserereignisse extremer Ausmaße auftreten.

Diese Veränderung des Klimas in Europa schlägt sich auch in der Ausbildung der Großwetterlagen nieder. Die „Westlage zyklonal“ hat ihre Auftrittsdauer nahezu verdoppelt, wodurch verstärkt lang anhaltende Niederschläge auftreten. (vgl. Kasang 2008) Auch die bisher selten auftretende „Vb-Wetterlage“ hat an Häufigkeit zugenommen. Anhand von Modellen führt das wärmere Klima zwar zur Abnahme von Vb-Bahnen, jedoch nehmen Vb-Wetterlagen mit starken Niederschlägen zu, was durch die Erwärmung der Meerwasseroberfläche zu begründen ist. (vgl. Kasang 2008)

Somit kann man davon ausgehen, dass sich durch den Klimawandel die Wetterlagen noch verstärken und gehäuft auftreten, was eine erhöhte Hochwassergefahr zur Folge hat.

References

- Bahr M. (2006) http://www.staff.uni-mainz.de/hjfuchs/Alpen-2006/referat_20_pdf.pdf S.3-4
- Brandt K. (2001) http://www.unwetter.de/pages/rheinhochwasser_04.php?back=rheinhochwasser
- Brandt K. <http://www.unwetter.de/pages/wetterlagen.php>
- Caspary H.; Bárdossy A. (1995) http://www.hans.caspary.hft-stuttgart.de/pdf/W&B_03.1995.pdf S. 20-23
- Caspary H. (2004) www.kliwa.de/download/symp2004/13_caspary.pdf S.137, 141, 148
- Gotha (2003) http://www.klett.de/sixcms/media.php/229/jahrtausendflut_grosswetterlage.286808.pdf S.6
- Kasang D. (2008) www.hamburger-bildungsserver.de/index.phtml?site=themen.klima
- Klose B. (2008) Meteorologie Eine interdisziplinäre Einführung in die Physik der Atmosphäre. Springer: S.243, 244, 290-293
- Köllner S. (2008) http://www.hydrology.uni-kiel.de/lehre/seminar/ss08/ss08_koellner_hochwasser.pdf
- Küsters M.; Beißel L. (1994) http://www.litzigerlay.de/element/ursachen/das_jahrhund_erthoch_wasser.html
- Landesamt für Umwelt und Geologie (2004) Ereignisanalyse Hochwasser August 2002 in den Osterzgebirgsflüssen. http://www.smul.sachsen.de/de/wu/umwelt/lfug/lfug-internet/veroeffentlichungen/verzeichnis/Wasser/Ereignisanalyse_neu.pdf S.13-23
- Landesamt für Umwelt und Geologie (2002) Vorläufiger Kurzbericht über die meteorologisch-hydrologische Situation beim Hochwasser im August 2002. <http://www.smul.sachsen.de/umwelt/wasser/download/kb021202.pdf> S.14
- Schmitz R. (1998) <http://www.giub.uni-bonn.de/seminare/wasser/Hausarbeiten/sose1998/Schmitz.pdf> S.2-3