

Die Niedrigwassersituation des Jahres 2006 in den deutschen Stromgebieten

**J. U. Belz, P. Bissolli, A. Klämt, S. Rademacher,
K. Richter, B. Rudolf, H.-J. Theis**

Vorbemerkung

Der Beitrag war ursprünglich zur Veröffentlichung im Klimastatusbericht 2006 vorgesehen, konnte aber wegen technischer Probleme dort nicht erscheinen. Wegen der Bedeutung des Themas ist er nun in den Klimastatusbericht 2007 aufgenommen worden, obwohl er sich nicht auf Ereignisse im Jahr 2007 bezieht.

Einleitung

Sehr gegensätzliche hydrologische und meteorologische Gegebenheiten führten zu einem bemerkenswerten Abflussjahr 2006. Zunächst sorgten kräftige winterliche Schneefälle für die Ausbildung einer hohen Schneedecke in mittleren und hohen Lagen, die bis Mitte März Bestand hatte. An die rasche Schneeschmelze mit z.T. extremem Frühjahrshochwasser im März und April schloss sich eine bis in den Herbst hinein andauernde Niedrigwasserperiode an. Dabei waren in den meisten Bundeswasserstraßen mittlere Wasserstände bzw. Abflüsse in der überwiegenden Zeit des Jahres unterschritten. Ausmaß und Ursachen dieser Niedrigwassersituation in den deutschen Stromgebieten wurden in einer Kooperation der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) mit dem Deutschen Wetterdienst (DWD) untersucht und hydroklimatologisch eingeordnet.

Meteorologische Ursachen

Die Jahresmitteltemperatur lag im Gebietsmittel von Deutschland mit 9,5 °C um ca. 1,3 Grad über dem Mittel der klimatologischen Referenzperiode 1961-90. Damit war 2006 in Deutschland das fünftwärmste Jahr seit Beginn der Temperaturmessreihen. Insgesamt fielen im Jahr 2006 rund 95 % des vieljährigen Niederschlagsdurchschnitts. Der Niederschlag war in der Jahressumme also nur leicht unterdurchschnittlich. Innerhalb des Jahres 2006 gab es aber längere Zeiträume, die deutlich zu trocken waren.

Bereits das hydrologische Winterhalbjahr 2006 (Nov. 2005 - April 2006) war in Deutschland mit Ausnahme von Dezember und März erheblich zu trocken. Die Winterniederschläge wurden verbreitet in einer hohen Schneedecke akkumuliert, die im letzten Märztriertel in Verbindung mit ergiebigen Regenfällen rasch abschmolz und abfloss. Hieraus resultierten regional bedeutende Hochwasserextreme, insbesondere im Elbegebiet. Ungeachtet dessen wurden in den westlichen Landesteilen Deutschlands im Winterhalbjahr 2006 bei Niederschlag und klimatischer Wasserbilanz (KWB) die größten Defizite gegenüber den Mittelwerten der Referenzperiode 1961/1990 verzeichnet. Dort waren dann die sonst im vieljährigen Mittel stets niederschlagsreichen Höhenlagen, speziell Allgäu, Hochschwarzwald und Westerswald, von der Trockenheit betroffen; das Niederschlagsdefizit des Winterhalbjahres lag dort örtlich über 300 Liter pro m².

Mit Beginn des hydrologischen Sommerhalbjahres (Mai - Oktober 2006) lagen zunächst im Mai die monatlichen Niederschläge im überwiegenden Teil Deutschlands über den Referenzwerten der Bezugsperiode 1961/1990, in einigen Regionen z.B. der Lausitz, dem Nördlichen Oberrheintiefland und in Bayern südlich der Donau war es jedoch schon im Mai mit weniger als 80 % des durchschnittlichen Niederschlages zu trocken. Pünktlich zu Beginn der Fußball-WM stellte sich dann warme und überwiegend trockene Witterung ein, die mit nur geringen Unterbrechungen bis Ende Juli anhielt. Die auslösende Wetterlage war ein Hochdruckkeil, der sich zu Beginn des Monats Juni über dem Atlantik gebildet hatte und sich dann allmählich nach West- und Mitteleuropa ausdehnte. Somit entstand über weiten Teilen Europas eine ausgedehnte Hochdrucklage, folglich auch sonniges Wetter, kaum Niederschläge und eine Erwärmung der Luftmasse mit Höchsttemperaturen bis zu 33°C. Bis zum Anfang des Monats August verstärkte sich deutschlandweit das Niederschlagsdefizit erheblich, regional wurden weniger als 25 % des Üblichen registriert.

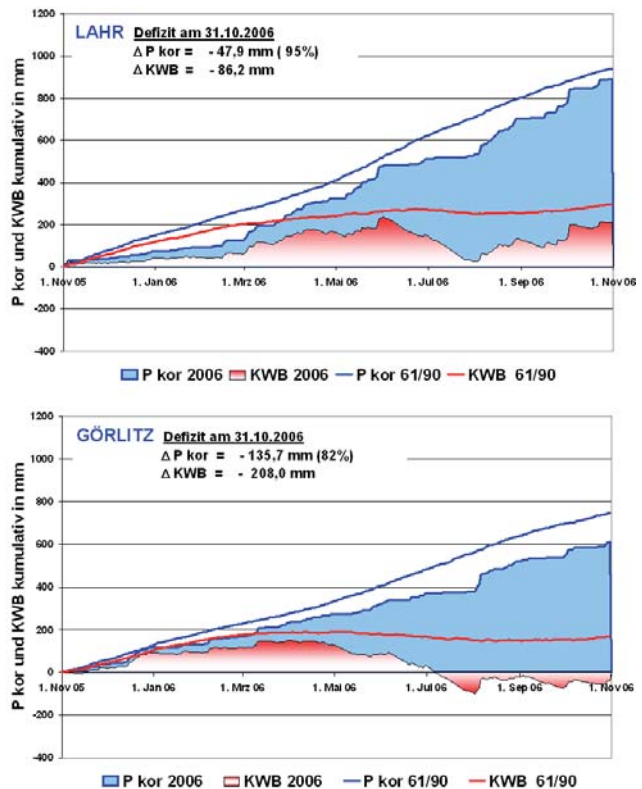


Abb. 1: Kumulativer Verlauf des Niederschlages (P kor) und der Klimatischen Wasserbilanz (KWB), Nov. 05 – Sept. 06, im Vergleich zu den Mittelwerten 1961/1990, Stationen Lahr und Görlitz

Abb. 1 verdeutlicht diese Entwicklung, die sich im Wasserkreislauf bis Ende Juli 2006 - gemessen am vieljährigen Durchschnitt - in Form wachsender Defizite der Niederschlagssummen und der KWB auswirkte. Am stärksten war die Trockenperiode im Süden und Südwesten Deutschlands (vgl. Abb. 1 / Beispielstation Lahr) ausgeprägt. Ein weiterer Schwerpunkt war im äußersten Osten in der Lausitz (vgl. Abb. 1 / Beispielstation Görlitz) zu verzeichnen, wo die KWB im Jahr 2006 ab Juli durchgehend bis November negative Werte aufweist.

Die wieder niederschlagsreichere, kühlere Witterung im August glich die bis dahin erreichten Defizite des Niederschlages und der KWB nur wenig aus; im überdurchschnittlich warmen, sonnenscheinreichen Herbst kam es zur erneuten Verstärkung der Defizite: Die Niederschlagssumme für den Herbst 2006 betrug weniger als 80% des vieljährigen Mittels, so dass auch hier die KWB unterdurchschnittlich ausfiel.

Abb. 2 zeigt eine Übersicht der nach der objektiven Wetterlagenklassifikation des DWD täglich erfassten Wetterlagen sowohl im Jahr 2006 als auch im vieljährigen Vergleich. Deutlich wird, dass in den besagten Monaten eine Wetterlagenklasse ganz besonders häufig auftrat, nämlich die Klasse SWAAF. Sie ist charakterisiert durch

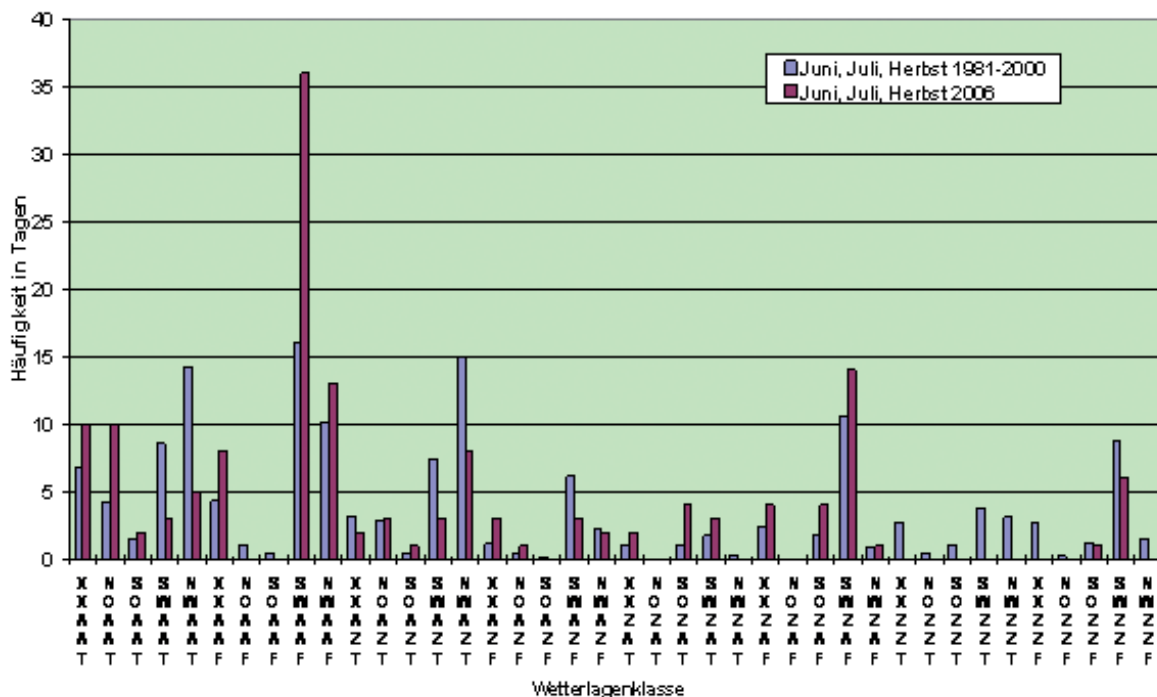


Abb. 2: Häufigkeitsverteilung der objektiven Wetterlagenklassen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) als Summe über die Monate Juni, Juli, September, Oktober, November 2006 im Vergleich zum vieljährigen Mittel 1981-2000. (Bedeutung der Abkürzungen der Wetterlagenklassen: erste beide Buchstaben: Anströmrichtung (NO= Nordost, SO=Südost, SW=Südwest, NW=Nordwest, XX= keine einheitliche Richtung); dritter bzw. vierter Buchstabe: antizyklonal (A, Hochdruck) oder zyklonal (Z, Tiefdruck) im 500 hPa-Druckniveau (ca. 5,5 km Höhe) bzw. in Bodennähe ; fünfter Buchstabe: Wasserdampfgehalt in der Atmosphäre: T= trockener als im Mittel, F= feuchter als im Mittel).

eine hauptsächlich südwestliche Anströmrichtung über Deutschland, eine überwiegend antizyklonale Zirkulation (Hochdruck) sowohl in Bodennähe als auch in der höheren Atmosphäre und eine hohe absolute Luftfeuchte. Dies beschreibt eine warme und feuchte Luftmasse, die sich über Deutschland unter Absinken weiter erwärmt und durch Verdunstung noch weitere Feuchtigkeit aufnehmen kann, während eine Hebung der Luftmasse und damit Niederschläge unterbunden werden. Diese Wetterlage ist in vielen Fällen prädestiniert als Ursache einer Niedrigwassersituation.

Ursächlich für die im Jahr 2006 aufgetretenen niederschlags- und verdunstungsklimatischen Besonderheiten, die zur lang andauernden Niedrigwasserperiode führten, war somit das gehäufte Auftreten von Hochdrucklagen und Lagen mit südwestlicher Strömung ab dem Monat Juni (mit Ausnahme des August).

Die Niedrigwasser-Situation 2006 in den großen Fließgewässern

Die Defizite in den winterlichen Niederschlagssummen sowie die damit teilweise verbundene Tatsache, dass die ausgleichende Wirkung vorhandener Grundwasservorräte regional unterschiedlich in höchstens mäßigem Umfang zum Tragen kommen konnte, führten gleich zu Beginn des Jahres 2006 in den großen Fließgewässern zu Niedrigwasser. Anders als z.B. im Niedrigwasserjahr 2003 lagen die Abflüsse aller großer Flüsse im Winter und teilweise bis in den März hinein nur im Bereich des vieljährigen mittleren Niedrigwasserabflusses (MNQ), wie in Abb. 3 am Beispiel des Pe-

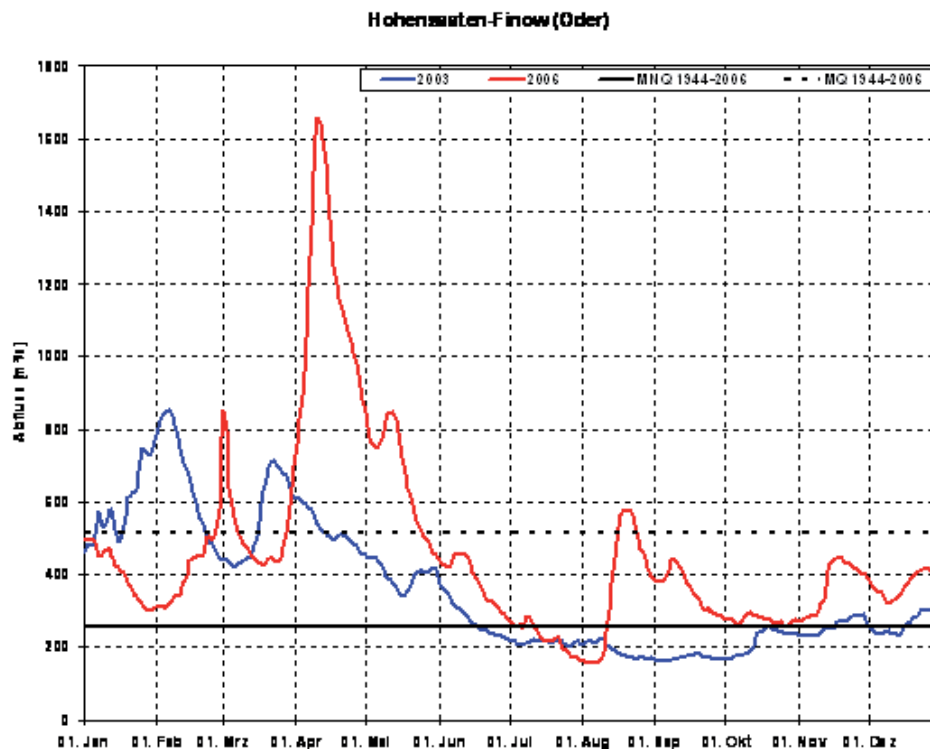


Abb.3: Tägliche Abflüsse 2006 am Pegel Hohensaaten-Finow (Oder) vor dem Hintergrund des Niedrigwasserjahres 2003 sowie der jeweiligen MQ und MNQ des Zeitraumes 1944-2006

gels Hohensaaten-Finow (Oder) gut zu erkennen ist. An Oder, Rhein und Donau wurden die mittleren Niedrigwasserabflüsse (mMNQ) der Monate Januar und Februar sogar deutlich unterschritten (Beispiel Hofkirchen und Köln, Abb. 4). Vorübergehende Entspannung brachte hier das eher nasse Frühjahr und die im März einsetzende Schneeschmelze, welche in fast allen großen Flussgebieten Deutschlands zu teils bedeutenden Hochwassern führte. Bis Ende Mai / Anfang Juni lagen die Abflüsse dadurch über dem vieljährigen Mittel (MQ) und weit über denen von 2003, die im Vergleichszeitraum bereits unter MNQ abgesunken waren.

Die oben angesichts geringer Sommerniederschläge und hoher Temperaturen beschriebenen Defizite in den Niederschlagssummen und in der KWB insbesondere in den Einzugsgebieten von Rhein, Donau und Oder spiegelten sich deutlich im Abflussverhalten der Flüsse wider: Es wurde im Juli ein extrem schnelles Absinken der Wasserstände deutschlandweit registriert.

Besonders auffällig ist in Abb. 4 der in Rhein und Donau im Jahr 2006 im Vergleich zum vieljährigen Durchschnitt um etwa einen Monat früher einsetzende Abflussrückgang. Verursacht durch das vorzeitige Abschmelzen des Schnees in den Alpen wurde hier bereits im Juli das niedrige Niveau erreicht, welches sich sonst erst in den für diese Flüsse typischen Niedrigwassermonaten Oktober und November einstellt. Zwar lagen diese Abflüsse immer noch über dem vieljährigen MNQ, was insofern noch nicht dramatisch erscheint; betrachtet man aber die mMNQ von Juni und Juli, wird die extreme Situation deutlich: Sowohl an der Donau (Pegel Hofkirchen) als auch am Rhein (Pegel Köln) wurden diese mMNQ im Jahre 2006 weit unterschritten.

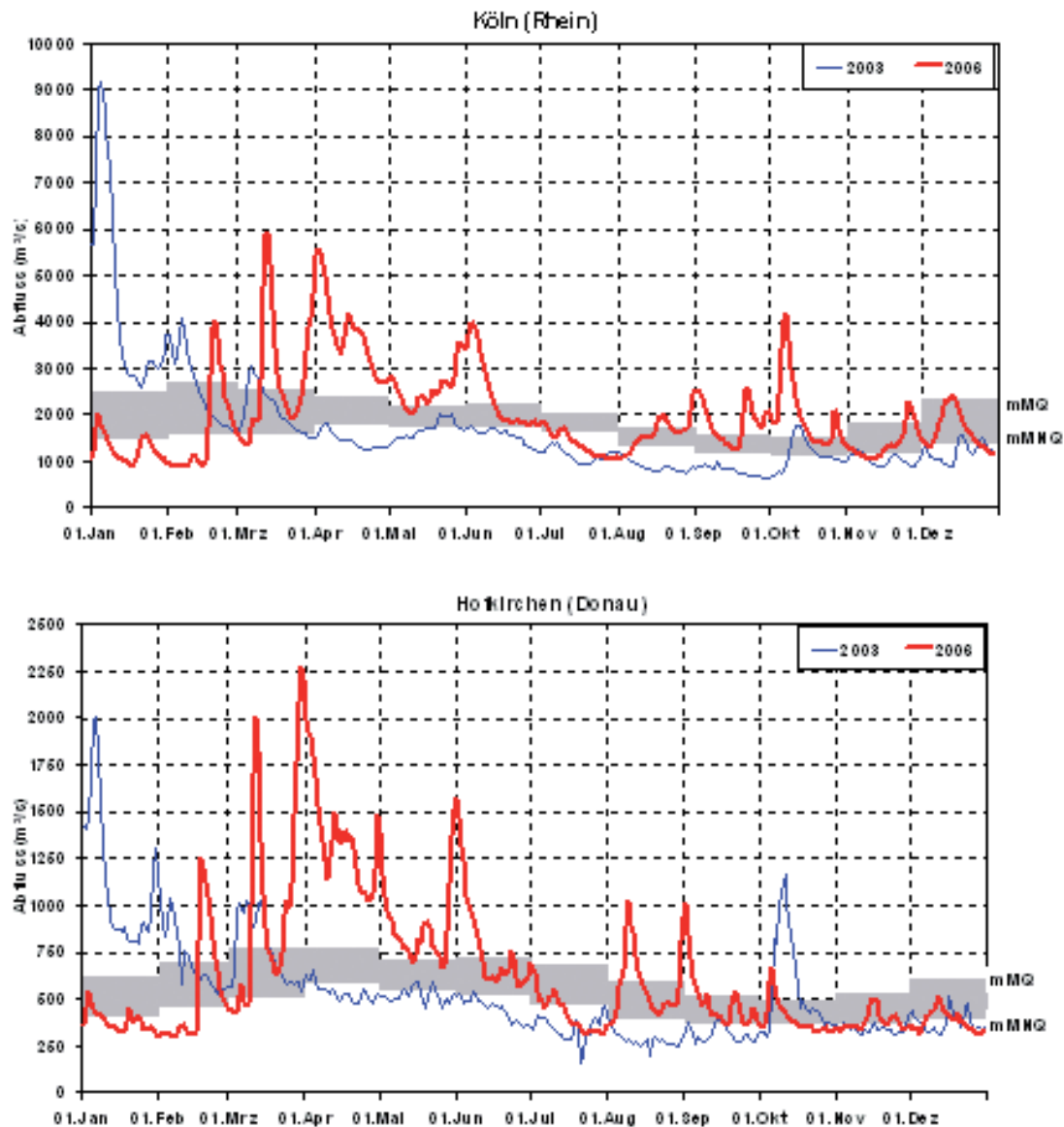


Abb. 4: Tägliche Abflüsse 2006 an den Pegeln Köln (Rhein) und Hofkirchen (Donau) vor dem Hintergrund des Niedrigwasserjahres 2003 sowie der jeweiligen einzel monatsbezogenen mMQ (obere Grenze des grauten Bereichs) und mMNQ (untere Grenze des grauten Bereichs) des Zeitraumes 1944-2006

Anders als 2003 sorgte dann aber der in weiten Teilen Deutschlands zu kühle und recht niederschlagsreiche August für eine Entspannung der Abflusssituation vor allem in Rhein und Donau, aber auch in Elbe und Oder. So wurde durch den zeitweisen Anstieg der Abflüsse auf MQ und sogar darüber eine weitere Verschärfung der Niedrigwassersituation in den Folgemonaten verhindert. Zwar kam es durch den wärmsten Herbst in Deutschland seit Beginn des 20. Jahrhunderts, der zudem sehr trocken ausfiel und damit durch eine stark defizitäre klimatische Wasserbilanz geprägt war, erneut zu einem starken Abflussrückgang. Wasserstände und Abflüsse verharrten allerdings zumindest in Rhein und Donau noch auf einem Niveau, das nur knapp unter dem für diese Jahreszeit üblichen lag.

Zur Einordnung des Niedrigwassers im Jahr 2006

Die Einordnung von Extremereignissen erfolgt in der Regel anhand von Vergleichsdaten aus der Vergangenheit. Zuletzt war im Jahr 2003 in Deutschland eine Konstellation mit extrem niedrigen Wasserständen und Abflüssen aufgetreten. Eine zu statistischen Vergleichen notwendige einheitliche Datenbasis gemeinsam für repräsentative Pegel in allen deutschen Stromgebieten ist ab 1944 gegeben. Daher wurden die Abflussdaten des Jahres 2006 mit den Messdaten des Jahres 2003 verglichen sowie vor dem Hintergrund von Vergleichsdaten der Periode 1944-2006 hydrologisch bewertet.

Die Tabelle 1 zeigt einen Vergleich der niedrigwasserbezogenen Abflusssituation der Jahre 2003 und 2006 anhand der Kenngröße NM7Q^I. Es wird deutlich, dass die Niedrigwasserabflüsse 2006 im Allgemeinen von dem Niveau eines Extremjahres der Größenordnung des Jahres 2003 noch weit, z.T. sogar sehr weit entfernt waren, wenngleich sich die gemessenen Werte bereits deutlich unter dem vieljährigen Abflussmittel (MQ) befanden. Ersichtlich wird, dass die gemessenen NM7Q-Werte 2006 die vieljährig ermittelten MNQ an Elbe, Oder und Weser unterschritten haben, nicht jedoch an Donau, Rhein und Ems. In dieser Hinsicht bestand gewissermaßen ein West-Ost-Gefälle. Die Ergebnisse der Wahrscheinlichkeitsanalyse für NM7Q weisen mit Wiederkehrintervallen T^{II} von maximal 2-5 Jahren (in der Regel aber nur bis zu 2 Jahren) aus, dass es sich 2006 - mit Ausnahme der Oder - um keine außergewöhnlichen Niedrigwasser-Extreme handelte. Diese Niedrigwassersituationen treten trotz des gegebenen niedrigen Niveaus der Abflüsse statistisch gesehen in den Bundeswasserstraßen der deutschen Stromgebiete nicht sehr selten auf.

Einen Sonderfall stellte in 2006 allerdings die Oder dar, wo sogar ein ausnehmend seltenes Niedrigwasserextrem registriert wurde: Der beobachtete NM7Q-Wert von 157 m³/s am Pegel Hohensaaten-Finow wurde in der Untersuchungsperiode ab 1944 fast nie erreicht und unterschritten; er hat nur ein äußerst geringes Wiederkehrintervall von T=50 Jahren. Wie die Ganglinie in Abb. 3 zeigt, handelte es sich hier um ein verhältnismäßig kurzfristiges, in diesem Fall auf die erste Augustwoche beschränktes Einzelereignis. Der Vergleich der Ganglinie 2006 mit der extremen Niedrigwassersituationen in 2003 zeigt in der Grafik, dass der Abfluss im Vergleichsjahr 2003 deutlich länger auf sehr niedrigem Niveau unter MNQ lag, wenngleich die Ganglinie in 2003 nicht derartig tief absackte wie in der kurzen Zeitspanne Ende Juli/Anfang August 2006.

Die Resultate der Trendanalyse der NM7Q-Jahreswerte für die Periode 1944-2006 (vgl. Tab. 1) zeigen in der Tendenz fast immer einen Anstieg, d.h. in früheren Jahren traten extremere, abflussärmere Niedrigwassersituationen als in neuerer Zeit auf. Es ist in diesen Fällen bis zur Gegenwart eine Verringerung der Niedrigwassergefährdung zu belegen. Über ungesicherte Tendenzen hinaus zeigen die Pegel Dresden (Elbe) und Versen (Ems) für NM7Q signifikante Anstiegstrends.

^I der niedrigste mittlere Abfluss während sieben aufeinanderfolgender Tage in einem Bezugszeitraum – eine zuverlässige, gegenüber verzerrenden Singularitäten (z.B. kurzfristige Störeinflüsse oder Messfehler) unempfindliche Niedrigwasserkenngröße

^{II} Das *Wiederkehrintervall* gibt im Niedrigwasser-Fall an, alle wieviel Jahre ein Ereignis im Mittel erreicht oder unterschritten wird

Tab. 1: Die Niedrigwasserkenngröße NM7Q des Jahres 2006 an ausgewählten Pegeln an Bundeswasserstraßen im VergleichTrend: Trendsignifikanz jeweils parallel untersucht mit Mann-Kendall- und t-Test ($\alpha=0,05$).

- + statistisch ungesicherte Anstiegstendenz+s signifikanter ansteigender Trend
 - statistisch ungesichert fallende Tendenz -s signifikanter fallender Trend

Pegel	MQ 1944-2006 [m³/s]	MNQ 1944-2006 [m³/s]	2003 [m³/s]	NM7Q [m³/s]		Trend (Periode 1944- 2006)
				2006 [m³/s]	T (Bezug 1944-2006) ^{III}	
Hofkirchen (Donau)	641	315	259	326	2	+
Maxau (Rhein)	1260	618	415	676	1-2	+
Köln (Rhein)	2120	959	659	1070	1-2	+
Dresden (Elbe)	323	111	93,7	117	2	+s
Neu Darchau (Elbe)	703	283	174	239	2-5	+
Hohensaaten-Finow (Oder)	515	258	163	157	50	-
Intschede (Weser)	324	124	99,2	122	2	+
Versen (Ems)	80,4	16,5	19,7	19,6	2	+s

Insgesamt zeigt sich also die Niedrigwassersituation 2006 nur im Odergebiet als echtes Extremereignis. Ansonsten kam es aufgrund der abmildernden Wirkung des kühlfeuchten Monats August kaum zu außergewöhnlichen Abflusskonstellationen in den großen Flüssen. Größere Einschränkungen für die Binnenschifffahrt blieben daher weitgehend aus. Vielmehr erhöhte sich nach Angaben des Statistischen Bundesamtes die Güterbeförderungsmenge in der Binnenschifffahrt im Jahr 2006 auf 243,1 Mio. Tonnen. Das war die höchste Transportmenge seit 1991. Ohne für den Schiffsverkehr ausreichend hohe Wasserstände hätte dieses Faktum nicht zustande kommen können. Eine ausführliche Analyse des Niedrigwassers im Jahr 2006 liefern BELZ et al. (2007).

Die aktuellen Ergebnisse der Klimaforschung, bspw. im Rahmen des KLIWA-Projektes (vgl. im Internet: www.kliwa.de), prognostizieren als Folge des Klimawandels in Deutschland eine Erhöhung der Temperaturen (und damit auch der Verdunstung) und Veränderungen des Niederschlagsregimes (z.B. geringere Pufferung von Winterniederschlägen in Form von Schnee, Rückgang der Sommerniederschläge). Dieses könnte eine Zunahme der Anzahl und des Ausmaßes von Niedrigwassersituationen an den deutschen Stromgebieten zur Folge haben. Daher besteht weiterer dringender Forschungsbedarf in der Diagnose und Prognose des Klimawandels in Deutschland und seiner Auswirkungen auf die Schifffahrt und den Transport auf den Bundeswasserstraßen.

Literatur

Belz, J.U., Bissolli, P., Klämt, A., Rademacher, S., Richter, K., Rudolf, B. und Theis, H.-J. (2007): Die Niedrigwassersituation des Jahres 2006 der deutschen Bundeswasserstraßen. BfG-Bericht, Koblenz.

^{III}Methode logNormal3/Momente