

Hydrologische Auswertung der Niedrigwassersituation 2015 im Einzugsgebiet der Elbe

– Entwurf des Textes, Stand: 26.09.2017 –

Magdeburg
2017

Fachliche Bearbeitung und Redaktion:

Expertengruppe „Hydrologie“ (Hy) der IKSE

Vorsitzende:

Bohuslava Kulasová (Český hydrometeorologický ústav)

Mitglieder:

Jörg Uwe Belz (Bundesanstalt für Gewässerkunde)

Miloň Boháč (Český hydrometeorologický ústav)

Radek Čekal (Český hydrometeorologický ústav)

Janek Dreibrodt (Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg)

Tomáš Kendík (Povodí Vltavy, státní podnik)

Jiří Kremsa (Povodí Labe, státní podnik)

Nico Marche (Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt)

Petra Walther (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie)

Mit Unterstützung der Arbeitsgruppe „Hochwasserschutz“ (FP), der Expertengruppe „Grundwasser“ (GW) und des Sekretariats der IKSE.

Dank gebührt den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Fachinstitutionen, die sich an der Bearbeitung beteiligt haben.

Herausgeber: Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE)
Postfach 1647/1648
39006 Magdeburg

Druck: Harzdruckerei GmbH
Max-Planck-Straße 12/14
38855 Wernigerode

Auflage: 1400 Exemplare

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
1 Einleitung.....	5
2 Entwicklung der zur Entstehung der Niedrigwassersituation führenden meteorologischen Verhältnisse	6
2.1 Entwicklung der synoptischen Situation.....	6
2.1.1 Entwicklung der Situation von Januar bis Oktober 2015	6
2.1.2 Zusammenfassung.....	8
2.2 Entwicklung der Schneerücklagen im Winter 2014/2015.....	9
2.3 Niederschlagshöhen	10
3 Auswertung der Niedrigwasserabflüsse an ausgewählten Gewässern	15
3.1 Dokumentation ausgewählter Niedrigwasserabflussmessungen an den Pegeln.....	15
3.2 Entwicklung der Wasserführung ausgewählter Gewässer	16
3.2.1 Einzugsgebiet der Elbe oberhalb der Moldaumündung	18
3.2.2 Einzugsgebiet der Moldau	18
3.2.3 Einzugsgebiet der Elbe unterhalb der Moldaumündung bis zur Staatsgrenze	19
3.2.4 Einzugsgebiet der Elbe von der Staatsgrenze bis zum Wehr Geesthacht	20
3.3 Extremwertstatistik, Analyse der Wiederkehrintervalle der Niedrigwasserabflüsse.....	22
3.4 Indikatoren für die Bewertung von Niedrigwasser	23
3.4.1 Abflusskenngrößen	23
3.4.2 Auswertung des Indikators SRI (Standardized Runoff Index).....	25
3.5 Anthropogene Beeinflussung der Niedrigwasserabflüsse.....	27
3.5.1 Bewirtschaftung der Talsperren	29
3.5.2 Anthropogene Beeinflussung der Niedrigwasserabflüsse an den Pegeln Prag-Chuchle und Děčín	32
3.6 Einfluss auf die Nutzungen der Oberflächengewässer	36
3.6.1 Wasserspeicherung in den Stauseen und Wasserentnahmen	36
3.6.2 Schifffahrt	37
4 Einfluss der Trockenperiode auf das Grundwasser	38
4.1 Auswertung der Wasserstände in den Flachbohrungen	39
4.2 Auswertung der Quellschüttungen	41
4.3 Auswertung der Wasserstände in den Tiefbohrungen	42
4.4 Zusammenfassung Grundwasser	43
5 Niedrigwasser 2015 im Vergleich zu historischen Niedrigwasserereignissen ..	44
6 Zusammenfassung.....	47

Vorwort

Die Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE) wertet seit dem extremen Hochwasser 2002 bedeutsame Hochwasserereignisse im Flussgebiet Elbe, und zwar sowohl in seinem deutschen als auch in seinem tschechischen Teil, gemeinsam aus. Die hydrologischen Auswertungen für die Hochwasser 2002, 2006, 2010 und 2013 stellen wichtige fachliche Dokumente dar, die auf dem Gebiet des Hochwasserrisikomanagements und im Rahmen der Hochwasservorsorge von herausragender Bedeutung sind. Für viele natürliche Prozesse ist ihre Wiederholung, insbesondere die ihrer Extreme charakteristisch. Auf Hochwasser folgt oft Niedrigwasser, so wie es 2003, fast genau ein Jahr nach dem verheerenden Hochwasser von 2002, zu beobachten war. Ähnliches passierte auch sofort nach dem Hochwasser 2013, schon im Laufe des Monats Juni, also im direkten Anschluss an das Hochwasser. So war das Jahr 2015 von einem starken Niedrigwasser begleitet, das neben dem Niederschlagsdefizit als Ursache bereits aus den schneearmen Wintern 2013/14 und 2014/15 herrührte, als die Wasservorräte im Schnee unzureichend waren. Im gesamten internationalen Einzugsgebiet der Elbe ist das Jahr 2015 als extrem zu trocken, zu warm und viel zu sonnenreich einzuordnen. Die Folgen der Witterungsextreme waren am stärksten oberhalb der Mündung der Moldau in die Elbe zu spüren. Hier war das Niedrigwasser am ausgeprägtesten.

In dieser Situation zeigte sich besonders markant der positive Einfluss der Talsperren im Elbeeinzugsgebiet, die, insbesondere in den Sommermonaten, zur deutlichen Verbesserung der Abflüsse in den unterhalb dieser Talsperren liegenden Gewässern beitrugen. Vor allem dank der Abflussstützung aus der Moldaukaskade ist es an der Elbe unterhalb der Moldaumündung nicht zu einem noch extremeren Niedrigwasser gekommen. Der positive Einfluss der Moldaukaskade zeigte sich bis in die deutsche Elbestrecke hinein. Aber auch die Wasserentnahmen aus den Trinkwassertalsperren mussten während des gesamten Jahres 2015 nicht eingeschränkt werden.

Die Niedrigwasserphase in der Elbe ging mit hohen Wassertemperaturen und kurzzeitig auffällig niedrigen, wenn auch noch unkritischen Sauerstoffgehalten in den Gewässern und Stauseen einher. Dabei wirkten sich die Maßnahmen zur Verbesserung des Sauerstoffgehalts der Elbe auf tschechischer Seite auch am deutschen Elbeabschnitt in positiver Weise aus.

Erstaunlich ist die Flexibilität des Ökosystems der Elbe; trotz dieser hohen Temperaturen und der geringen Abflüsse in der Elbe und ihren Nebenflüssen kam es zu keinem ausgeprägten Fischsterben oder anderen relevanten Störungen des aquatischen und des an Wasser gebundenen Ökosystems. Ein besseres Verständnis dieser Prozesse muss noch erarbeitet werden.

Die vorliegende Publikation der IKSE ist der erste gemeinsame Bericht, der einheitlich und komplex das gesamte internationale Einzugsgebiet der Elbe in einer Niedrigwassersituation bewertet und damit auch einen wesentlichen Beitrag zur Analyse möglicher Folgen des Klimawandels für das Abflussregime darstellt. An dieser Stelle sei allen an der Erstellung dieser Publikation Beteiligten herzlich gedankt, die als Muster für eventuelle weitere Berichte dienen wird, die sich mit dem Thema Niedrigwasser und der Bewertung seiner Auswirkungen befassen werden. Gleichzeitig stellt diese Publikation eine wesentliche Grundlage für das Wasserressourcenmanagement im internationalen Einzugsgebiet der Elbe dar.

RNDr. Petr Kubala
Präsident der IKSE

Prof. Dr. Martin Socher
Vorsitzender der Arbeitsgruppe
„Hochwasserschutz“

Ing. Bohuslava Kulasová
Vorsitzende der Expertengruppe
„Hydrologie“

1 Einleitung

Ursachen für Niedrigwasser sind in aller Regel meteorologischer Art: ausbleibende Niederschläge in Verbindung mit hohen Lufttemperaturen, begleitet von starker Verdunstung. Aber auch in Winterperioden, in denen die Niederschläge als Schnee oder Eis gespeichert werden, kann es zu Niedrigwasser kommen. Natürlich auftretendes Niedrigwasser (im Gegensatz etwa zu anthropogen verursachtem Niedrigwasser durch übermäßige Wasserentnahme) ist dann ein sich langsam entwickelndes Phänomen, dessen Ausprägungen und Auswirkungen sich zumeist mit zeitlicher Verzögerung zeigen.

Eine meteorologische Trockenheit hat nur bei geringen oder fehlenden Speichervorräten (Boden- und Grundwasserspeicher, natürliche und künstliche Seen) unmittelbar auch eine Niedrigwasserperiode zur Folge. Sind diese Speicher jedoch mehr oder weniger gut gefüllt, wirken sie zunächst abpuffernd bzw. verzögernd. Erst mit schwindenden Speicherkapazitäten sinkt bei Niederschlagsdefiziten auch das Wasserdargebot in den Fließgewässern. Aus diesem Grunde haben Niedrigwasserphänomene ihren Ursprung in aller Regel zeitlich deutlich vor den eigentlichen Pegeltiefständen.

Das Gebiet West- und Mitteleuropas einschließlich der Bundesrepublik Deutschland und der Tschechischen Republik wurde im Jahre 2015 von einer ausgeprägten meteorologischen Trockenheit erfasst. Im Einzugsgebiet der tschechischen und der deutschen Elbe nahm das Niederschlagsdefizit im Laufe des Jahres zu, was sich insbesondere in den Sommermonaten in einem deutlichen Wassermangel in der Landschaft und im Boden, einem spürbaren Fallen der Grundwasserstände und in niedrigen Abflüssen in den Gewässern zeigte. Es entwickelte sich eine teils extreme Niedrigwassersituation, mit deren Auswertung sich die Expertengruppe „Hydrologie“ im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit unter dem Dach der IKSE befasste und einen gemeinsamen Bericht erstellte.

Der Bericht enthält die Dokumentation der meteorologischen Rahmenbedingungen, angefangen von der Entwicklung der Schneerücklagen im Winter 2014/2015 über die Lufttemperaturen bis hin zum Niederschlagsgang in den Folgemonaten.

Ferner wird im Bericht der Einfluss der Trockenperiode auf das Grundwasser beschrieben; ein besonderes Augenmerk wird auf die Untersuchung der hydrologischen Folgen des Witterungsgeschehens gelegt. Hierzu gehören die Dokumentation der Niedrigwasserabflüsse in den Gewässern im Einzugsgebiet der Elbe anhand repräsentativer Pegelaufzeichnungen sowie die Bewertung und Einordnung der Ereignisintensität. Letztes geschieht auf statistischem Wege über die Berechnung, die Analyse und den Vergleich einschlägiger Kenngrößen und Indizes.

Wesentlich für das Verständnis der wirksamen Prozesse bei Entstehung und Ausmaß dieses Niedrigwasserereignisses ist die Kenntnis von Bewirtschaftungseinflüssen. Das Hauptaugenmerk ist auf die Steuerung der bedeutenden Talsperren gelegt, deren Einfluss teils über Schätzverfahren, teils über hydraulische Modellierung untersucht wurde. Dabei lässt sich nachweisen, dass es nur dank der Abflussstützung durch Talsperren, insbesondere der Moldaukaskade, bis weit in die deutsche Elbstrecke hinein zu keinem noch extremeren Niedrigwasser gekommen ist. Schließlich erfolgt eine überschlägige Betrachtung der Folgen dieses Niedrigwasserereignisses für Bevölkerung und verschiedene Wirtschaftszweige.

Ziel dieses Berichts ist es, dieses Extremereignis möglichst einheitlich und komplex für das gesamte Einzugsgebiet der Elbe (Abb. 1-1) grenzüberschreitend auszuwerten und zu beschreiben. Weitergehende Informationen zur Auswertung der Niedrigwassersituation sind in den jeweiligen nationalen Berichten zu finden.

Abb. 1-1: Einzugsgebiet der Elbe (Quelle: BfG, IKSE)

2 Entwicklung der zur Entstehung der Niedrigwassersituation führenden meteorologischen Verhältnisse¹

2.1 Entwicklung der synoptischen Situation

Im Einzugsgebiet der Elbe nahm während des Jahres 2015 das Defizit an Niederschlägen zu. Das zeigte sich insbesondere in den Sommermonaten in einer deutlichen Wasserknappheit in der Landschaft und im Boden, einem spürbaren Absinken der Grundwasserstände und geringen Abflüssen in den Gewässern.

2.1.1 Entwicklung der Situation von Januar bis Oktober 2015

Im Januar 2015 überwog meistens eine westliche Strömung und mit ihr drangen einzelne Frontalsysteme nach Mitteleuropa vor. Im Gebirge fielen die Niederschläge überwiegend als Schnee, in niederen Lagen als Regen. Die Niederschlagsmengen lagen zwar über dem Normalbereich, konnten das Niederschlagsdefizit aus dem vergangenen Jahr jedoch nicht ausgleichen. Es folgte der Februar mit im Gegensatz dazu deutlich unterdurchschnittlichen Niederschlägen und auch die überwiegend im Normalbereich liegenden Niederschläge im März konnten das Defizit nicht verringern.

Das Niederschlagsdefizit wurde durch eine Zirkulation der Atmosphäre im Bereich Atlantik – Europa verursacht, und zwar insbesondere durch das Vorhandensein zweier deutlicher Hochs – eines Azorenhochs und eines Sibirischen Hochs. Das blockierende Sibirische Hoch verursachte im Bereich der Britischen Inseln eine Verteilung des Strahlstroms in zwei Zweige, einer zog entlang der Küste Norwegens und ein zweiter ins Mittelmeer. Dies hatte zur Folge, dass die Frontalstörungen meistens vom Ostatlantik über Skandinavien nach Osten bis Nordosten vordrangen und nur teilweise in das Wetter in Mitteleuropa eingriffen. Erst Ende März änderte sich die Zirkulation deutlich, als Frontalsysteme begannen, von Nordwesten nach Mitteleuropa vorzudringen, und nicht nur eine Abkühlung brachten, sondern auch deutlichere Niederschläge.

Im April und Mai fielen in der Tschechischen Republik relativ oft Niederschläge, ihre Höhen waren allerdings bis auf Ausnahmen relativ gering und das Niederschlagsdefizit verstärkte sich langsam weiter. Auch im deutschen Einzugsgebiet der Elbe waren der April und der Mai meist sehr trocken im Vergleich zum langjährigen Mittelwert.

Im April war die Zirkulation über Europa vom Einfluss eines Azorenhochs gekennzeichnet, das über die Britischen Inseln und Westeuropa reichte. Mitteleuropa befand sich in dessen Randströmung und die Frontalstörungen beeinflussten nur teilweise das Wetter im Einzugsgebiet der Elbe. Das äußerte sich in zahlreicheren Niederschlägen, die allerdings regional deutlich variierten und geringer als im April üblich waren.

Ende April und im Laufe des Mai drangen Frontalstörungen meistens von Westen bis Südwesten über Mitteleuropa vor und wurden oft von Hochdruckausläufern oder -gebieten abgewechselt. Angesichts der stärkeren westlichen Strömung zogen die Fronten über Mitteleuropa relativ schnell nach Osten voran. Niederschläge traten häufiger als Schauer oder lokale Gewitter auf, die Niederschlagshöhen waren wieder regional unterschiedlich und in der Tschechischen Republik im Mittel geringer als der mehrjährige Normalwert für Mai. In Mitteldeutschland wurde der Mai als viel zu trocken eingestuft und die oberste Bodenschicht war nahezu ausgetrocknet.

¹ Quellen:

Vyhodnocení sucha na území České republiky v roce 2015 (Auswertung der Trockenheit im Jahr 2015 auf dem Gebiet der Tschechischen Republik), ČHMÚ, August 2016.

Wetter trifft auf Klima. Fachbeitrag, LfULG, DWD (Autorenkollektiv): 2015, <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/klima/38251.htm>

In der ersten Junihälfte herrschte über dem größeren Teil des europäischen Kontinents Hochdruckwetter vor und nur vorübergehend brachten Fronten Niederschläge nach Mitteleuropa. Vor diesen Fronten gelangte warme Luft aus Südwesten in die Tschechische Republik. In der zweiten Junihälfte drehte die Strömung in eine westliche und Frontalstörungen gelangten häufiger vom Atlantik bis in das Binnenland des Kontinents und brachten zeitweilig Niederschläge. Dennoch verstärkte sich das Niederschlagsdefizit im Laufe des Junis im überwiegenden Teil des Einzugsgebiets.

Der Zeitraum von Ende Juni bis Mitte August war durch hohe Temperaturen und einen ausgeprägten Rückgang der Niederschläge charakterisiert. Auf dem Gebiet der Tschechischen Republik gab es vier Perioden mit deutlich überdurchschnittlichen Temperaturen und mehreren Wellen mit hohen Höchsttemperaturen, die auch über 35 °C lagen.

Im deutschen Einzugsgebiet der Elbe war die dritte Hitzeperiode extrem. Besonders warm war der 7. August, als in Dresden und Berlin bis zu 39 Grad C erreicht wurden. An 24 von 109 Wetterstationen in Brandenburg, Berlin, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen gab es vorwiegend an diesem Tag die höchsten jemals im August gemessenen Temperaturen seit Beginn der dortigen Wetteraufzeichnungen. Teilweise wurden an jenen heißen Tagen Tagesmitteltemperaturen von nahezu 30 Grad C registriert!

Im Juli verlief ein Strahlstrom von der Ostküste der Vereinigten Staaten, weiter über die Britischen Inseln bis nach Norddeutschland. Südlich dieser Strömung überwog ein Hochdruckgebiet. Da die Strahlströmung stärker als üblich war, wurde sehr warme Luft aus Südwesten bis Süden nach West- und Mitteleuropa herangezogen. Die Frontalsysteme drangen vom Ostatlantik langsam nach Nordosten voran und südwestlich und westlich der Tschechischen Republik traten deutlichere Niederschläge auf. Den größten Teil der Luftfeuchte nahmen die Südhänge des Alpenmassivs auf und in die Tschechische Republik gelangte bereits trockenere und sehr warme Luft. Die Fronten schwächten sich ab und brachten zum größten Teil Niederschläge nur in Form von Schauern, ggf. auch als Gewitter.

Im deutschen Einzugsgebiet der Elbe fiel die Monatssumme der Niederschläge im Juli sehr differenziert aus, wie es bei konvektiven Wetterlagen üblich ist. Manche Regionen bekamen unwetterartige Schauer und Gewitter ab (mit bis zu 110 mm an einem Tag), in anderen Regionen regnete es im ganzen Monat Juli nicht einmal 40 mm! Somit ist es nicht verwunderlich, dass das Monatssoll in einigen Regionen nur zur Hälfte erreicht wurde, in anderen hingegen bis um das Doppelte überschritten wurde.

Während des Augusts trat eine sehr deutliche Anomalie in der Verteilung der Luftdruckgebilde im Bereich Atlantik – Europa auf. Zwischen Island und den Britischen Inseln hielt sich ein Tiefdruckgebiet, nördlich bis nordöstlich von Mitteleuropa dominierte ein Hochdruckrücken. Diese Verteilung der Luftdruckgebilde blockierte, ggf. verlangsamte das Vordringen der Frontalstörungen vom Atlantik nach Osten und nach Mitteleuropa gelangten meistens nur noch schwächere Niederschläge. In der ersten Augushälfte strömte von Süden sehr warme Luft nach Mitteleuropa.

Diese Zirkulation wurde Mitte August unterbrochen, als eine gewellte Wetterfront nach Mitteleuropa gelangte, die dort mehrere Tage blieb. Während dieses Zeitraums fielen auf dem größten Teil des Gebiets der Tschechischen Republik bedeutende Niederschläge (30 bis 120 mm, aber im Südwesten Böhmens nur bis 20 mm) meistens in Form von Dauerregen, die aber nur zeitweilig (und nicht auf dem gesamten Gebiet) das sich verstärkende Niederschlagsdefizit abbremsten.

Das deutsche Einzugsgebiet der Elbe war Mitte August von einem aus Westeuropa kommenden Tiefdruckgebiet beeinflusst. Es traten schwere Schauer, Gewitter und lokal auch Starkniederschläge mit bis zu etwa 50 mm Niederschlag am Tag auf. An den Nebenflüssen der Elbe, der Großen Röder sowie der Unteren Mulde und der Unteren Weißen Elster waren die Niederschlagssummen fast in der gleichen Größenordnung wie im Juni 2013.

Anfang September überquerte eine ausgeprägte Kaltfront die Tschechische Republik, die Temperaturen erreichten die Normalwerte für September und gleichzeitig fielen relativ ergiebige Niederschläge. Im deutschen Einzugsgebiet der Elbe war meistens nur etwas Regen bei durchziehenden Schauerstaffeln zu beobachten.

Bis Ende der zweiten Septemberdekade gelangten einzelne Frontalsysteme über Mitteleuropa. Zwar wurden fast jeden Tag Niederschläge registriert, aber überwiegend schwache, meistens traten Schauer auf, ausnahmsweise auch Gewitter. In den weiteren Tagen befand sich die Tschechische Republik nicht in einem ausgeprägten Druckfeld und es gab nur lokale Niederschläge niedriger Höhe.

Bis Mitte der letzten Septemberdekade gab es im deutschen Einzugsgebiet der Elbe infolge von Tiefausläuferpassagen immer mal wieder etwas Regen, ehe an den letzten Tagen ein stabiles Hochdruckgebiet über Skandinavien und Norddeutschland für relativ trockene Wetterverhältnisse sorgte.

Ende September und Anfang Oktober befand sich der größere Teil West- und Mitteleuropas unter Hochdruckeinfluss, Niederschläge traten überhaupt nicht auf. Auf dem Gebiet der Tschechischen Republik erreichte das Niederschlagsdefizit sein Maximum Anfang Oktober und seit Anfang des Jahres reichte es bis zu 180 mm.

Der regenfreie Zeitraum wurde durch sehr ergiebige Niederschläge unterbrochen, die in der Zeit vom 13. bis zum 16. Oktober registriert wurden, als das Gebiet der Tschechischen Republik von einer gewellten Wetterfront beeinflusst war, verbunden mit einem Tief, das vom westlichen Mittelmeer über den Balkan nach Nordosten vordrang. Die Niederschläge mäßigten vorübergehend das Niederschlagsdefizit, das Ende Oktober ca. 170 mm betrug.

2.1.2 Zusammenfassung

Das Niederschlagsdefizit baute sich bereits allmählich im Jahre 2014 auf und nahm ab Februar 2015 im Laufe der Frühjahrsmonate weiter langsam zu. Das Niederschlagsdefizit am Winterende und Frühjahrsanfang wurde durch das Vorhandensein von Hochdruckgebieten über dem größten Teil West- und Mitteleuropas verursacht, also durch das Fehlen von Tiefs und der mit ihnen verbundenen Fronten.

Zum Sommeranfang war die Landschaft bereits ziemlich stark ausgetrocknet und die Situation verschlechterte sich durch wiederholte Hitzewellen nach und nach weiter. Die Verteilung der Luftdruckgebilde und insbesondere die ausgedehnten und sich regelmäßig erneuernden Hochs trugen dazu bei, dass nicht ausreichend feuchte Luft von den umliegenden Meeren und dem Ozean nach Mitteleuropa gelangte. Die Frontalsysteme besaßen nicht die für die Entwicklung von Gewittern ausreichende Feuchtigkeit, die im Sommer die überwiegende Niederschlagsquelle sind. Die trockene Landschaft trug mit ihrem Feuchtigkeitsmangel in Kombination mit einer relativ stabilen Luftschichtung ebenfalls nicht zur Bildung sog. Wärmegewitter bzw. Vorfrontalgewitter bei, die im Sommer eine weitere Niederschlagsquelle darstellen.

Die niedrige relative Luftfeuchtigkeit und die geringe Bewölkung zum Höhepunkt des Sommers trugen zu einer insgesamt höheren Verdunstung bei. Die vorhandene sehr warme Luft war in der Lage, eine größere Menge Wasserdampf zu absorbieren, wodurch sich die Wasserknappheit in der Landschaft verstärkte.

Mitte August traten ergiebige Niederschläge auf, sie reichten aber nicht aus, um die Gesamtsituation über die nächsten Wochen deutlich zu verbessern. Die Situation verschlechterte sich wäh-

rend des Septembers wieder und Anfang Oktober erreichte das Niederschlagsdefizit sein Maximum. Die überdurchschnittliche Niederschlagsperiode von Mitte Oktober verbesserte zwar die Niederschlagssituation, reduzierte aber das Gesamtdefizit nicht sehr deutlich.

Das Jahr 2015 war von witterungsbedingten Extremen begleitet, deren weitreichende Auswirkungen bereits aus dem Witterungsverlauf im Jahr 2014 herrühren. Im gesamten Einzugsgebiet der Elbe ist das Jahr 2015 als extrem zu warm, zu trocken und viel zu sonnenreich einzuordnen.

2.2 Entwicklung der Schneerücklagen im Winter 2014/2015

Für den Vergleich der berechneten Wassermenge in der Schneedecke wurde die Datenbank des Tschechischen Hydrometeorologischen Instituts (ČHMÚ) für die einzelnen auszuwertenden Einzugsgebiete für die Jahresreihe 1970 – 2015 genutzt. Mithilfe dieser Datenbank lassen sich die aktuellen Werte des Wasservorrats in der Schneedecke für die jeweiligen Einzugsgebiete auf dem tschechischen Einzugsgebiet im Rahmen des Gesamtzeitraums 1970 – 2015 sehr schnell bewerten und auch die Jahre mit den höchsten und niedrigsten Werten für die jeweilige berechnete Woche ermitteln.

Die vorgelegten grafischen Darstellungen veranschaulichen die Entwicklung der Schneerücklagen in den einzelnen Wintern seit 1970 für das Einzugsgebiet bis zum Pegel Přelouč (Abb. 2.2-1), die Einzugsgebiete der Talsperren Lipno (Abb. 2.2-2), Orlik (Abb. 2.2-3) und Nechranice (Abb. 2.2-4) sowie den gesamten tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe (Abb. 2.2-5). Aus den einzelnen grafischen Darstellungen wird deutlich, dass im Winter 2005 – 2006 die in der Schneedecke akkumulierten Wasservorräte in allen ausgewählten Einzugsgebieten am größten waren und die berechneten Höchstwerte mindestens das Fünffache der Mittelwerte für den gesamten Zeitraum 1970 – 2015 betrugen. Im Gegensatz dazu war insgesamt im Winter 2013 – 2014 über die gesamte Winterzeit am wenigsten Wasser in den Schneerücklagen gespeichert. In diesem Winter trat das Maximum der Schneerücklagen bereits Ende 2013 auf und in den meisten untersuchten Einzugsgebieten war ab dieser Zeit ein schneller Rückgang zu verzeichnen. In einigen Einzugsgebieten gab es bereits ab Ende Februar keinen Schnee mehr. Auch der Winter 2014 – 2015 lässt sich insgesamt in Bezug auf die Jahresreihe 1970 – 2015 als unterdurchschnittlich bewerten, zu einzelnen Terminen wurden jedoch im Vergleich zum vorangegangenen Winter 2013 – 2014 mehr als die doppelten Werte für den Wasservorrat in der Schneedecke registriert.

Abb. 2.2-1: Entwicklung der Schneerücklagen für das Einzugsgebiet bis zum Pegel Přelouč an der Elbe (Quelle: ČHMÚ)

Abb. 2.2-2: Entwicklung der Schneerücklagen für das Einzugsgebiet der Talsperre Lipno an der Moldau (Quelle: ČHMÚ)

Abb. 2.2-3: Entwicklung der Schneerücklagen für das Einzugsgebiet der Talsperre Orlik an der Moldau (Quelle: ČHMÚ)

Abb. 2.2-4: Entwicklung der Schneerücklagen für das Einzugsgebiet der Talsperre Nechranice an der Eger (Quelle: ČHMÚ)

Abb. 2.2-5: Entwicklung der Schneerücklagen für den gesamten tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe (Quelle: ČHMÚ)

Für den Vergleich der berechneten Wassermenge in der Schneedecke wurden für das deutsche Einzugsgebiet der Elbe die Auswertungen des DWD der Winter der Jahresreihe 2010 – 2015 genutzt. In diesem Zeitraum kann der Winter 2013 – 2014 als extrem mild und insgesamt ohne nennenswerte Schneebedeckung mit hydrologischer Relevanz charakterisiert werden. Auch der Winter 2014 – 2015 war unterdurchschnittlich. Im Vergleich zum vorangegangenen Winter 2013 – 2014 war aber der Wasservorrat in der Schneedecke doppelt so viel². Damit ist der Winter 2014 – 2015 der zweit schneeärmste hinsichtlich des Wasservorrats in der Schneedecke im Zeitraum 2010 – 2015.

Das zeigen auch die Abbildungen 2.2-6 bis 2.2-8, in denen unter Bezug auf ausgewählte Talsperren im deutschen Elbeeinzugsgebiet die Entwicklung der in der Schneedecke akkumulierten Wasservorräte dargestellt ist. Aus den Darstellungen wird ersichtlich, dass die Winter 2005/2006, 2009/2010 sowie 2010/11 überdurchschnittlich schneereich waren. So waren die Wasservorräte im Einzugsgebiet der Zwickauer Mulde (Talsperre Eibenstock) im Winter 2005/2006 und im Einzugsgebiet der Harzgewässer im Winter 2009/2010 am größten. Dagegen wurden während der gesamten betrachteten Periode im Winter 2013/2014 in allen untersuchten Einzugsgebieten die geringsten Wasservorräte in der Schneedecke ermittelt. Im Winter 2014/2015 begann die Ausbildung der Schneerücklagen erst Ende Januar 2015. Hinsichtlich der maximalen Wasservorräte in der Schneedecke ist dieser Winter als unterdurchschnittlich einzuordnen. Bei Betrachtung der mittleren Wasservorräte des Bezugszeitraumes ist er insbesondere für die zweite Winterhälfte als relativ durchschnittlich zu bewerten.

Abb. 2.2-6: Entwicklung der Schneerücklagen für die Einzugsgebiete im Harz (Quelle: LHW ST, Daten: DWD)

Abb. 2.2-7: Entwicklung der Schneerücklagen für das Einzugsgebiet der Talsperre Kelbra (Quelle: LHW ST, Daten: DWD)

Abb. 2.2-8: Entwicklung der Schneerücklagen für das Einzugsgebiet der Talsperre Eibenstock (Quelle: LTV SN) – Wochenwerte

2.3 Niederschlagshöhen

Auf dem Gebiet der Tschechischen Republik erreichte die Niederschlagshöhe 2015 im Mittel 532 mm (78 % des Normalwerts für 1981 – 2010) und lag damit weit unter dem Mittel. Es handelt sich um die zweitniedrigste Jahresniederschlagshöhe seit 1961 (am niedrigsten war sie 2003). In den einzelnen Teileinzugsgebieten fielen 67 bis 94 % des Normalwerts. Die unter dem Gesichtspunkt des Normalwerts höchsten Niederschläge wurden in der Tschechischen Republik in den Einzugsgebieten der Eger, der Ploučnice und der unteren Elbe gemessen (91 bis 94 %).

Eine geringe Niederschlagshöhe wurde auf dem Gebiet der Tschechischen Republik bereits Ende 2014 registriert. Während sich die Niederschläge im September 2014 über dem Normalwert (168 %) und im Oktober um den Normalwert (114 %) bewegten, gehörte der November (Abb. 2.3-1) mit 47 % des Normalwerts für 1981 – 2010 zu den sehr niederschlagsarmen Monaten. Im Dezember 2014 (Abb. 2.3-2) und im Januar 2015 (Abb. 2.3-3) lagen die Niederschlagshöhen

² Quelle:

Dr. Uwe Böhm, Gerold Schneider: SNOW, Version 4, Neuerungen und Verifikation für den Winter 2014/2015, DWD, Abteilung Hydrometeorologie, 2016

relativ nah beim Normalbereich, aber der Februar (Abb. 2.3-4) war außergewöhnlich niederschlagsarm (32 %). Eine bedeutende Schneedecke bildete sich während der Wintermonate nicht aus.

Die Frühjahrsmonate März (Abb. 2.3-5), April (Abb. 2.3-6) und Mai (Abb. 2.3-7) bewegten sich bezüglich der Niederschläge um den Normalwert, für einen Ausgleich des Feuchtigkeitsdefizits reichten sie jedoch nicht aus. Verhältnismäßig niedrige Niederschlagshöhen wurden im Juni verzeichnet (Abb. 2.3-8). Niederschlagsarm war auch der Juli (Abb. 2.3-9), als nur 41 % des Normalwerts fielen. Eine Ausnahme bildete nur Nordwestböhmen, wo die Niederschlagshöhen für den Juli 60 bis 65 % des Normalwerts betrugen.

Anhand des Verlaufs der mittleren Niederschlagshöhen, der Lufttemperaturen und weiterer klimatischer Kenngrößen auf dem Gebiet der Tschechischen Republik lässt sich der Beginn der Trockenheit auf Anfang Juni 2015 legen.

Im August (Abb. 2.3-10) wurden im Mittel 67 mm gemessen (84 %), im Süden und Westen Böhmens fiel aber weniger Niederschlag (auch unter 60 % des Normalwerts für 1981 – 2010). Der überwiegende Teil der Niederschlagshöhe für August stammte jedoch aus den ergiebigen Niederschlägen in der Zeit vom 14.08. bis zum 19.08., als die höchsten Tagesniederschläge sogar 50 mm überschritten und stellenweise Werte bis zu 80 mm erreichten. Die ergiebigsten Niederschläge fielen an diesen Tagen in einem Gebiet, das sich vom Nordwesten bis zum Südosten erstreckte. Dennoch waren die eintägigen Niederschlagshöhen im Hinblick auf die Wiederkehrintervalle nicht so bedeutsam, bei den zwei- und dreitägigen Niederschlagshöhen wurden an einigen Stationen die 100-jährlichen Werte überschritten.

Auch im Folgemonat September (Abb. 2.3-11) bewegten sich die Niederschlagshöhen unter den Normalwerten (56 %). Die niedrigsten Niederschlagshöhen waren in Ost- und Mittelböhmen zu verzeichnen (ca. 40 %). Im Oktober (Abb. 2.3-12) waren die Niederschlagshöhen räumlich ungleichmäßig verteilt, aber insgesamt lagen die Niederschläge im Oktober bereits über dem Normalwert (122 %) und im November sogar weit über dem Normalwert (152 %). Der Dezember war aber bereits sehr niederschlagsarm (40 %).

Die Niederschlagsmenge auf deutschem Gebiet blieb im Jahr 2015 mit 688 mm um 13 Prozent unter dem langjährigen Normalwert (1961 – 1990) von 789 mm³. Besonders in der Mitte Deutschlands fiel zu wenig Niederschlag und örtlich registrierte der DWD weniger als 400 mm – nur gut die Hälfte des Niederschlagssolls.

Bezogen auf das deutsche Einzugsgebiet der Elbe erreichte die mittlere Niederschlagshöhe 2015 fast den Normalbereich (bezüglich des Zeitraums 1981 – 2010), jedoch mit sehr unterschiedlicher räumlicher Verteilung. Wurden in den Einzugsgebieten der oberen Saale und der Weißen Elster, gefolgt von Havel- und Spreeeinzugsgebiet, die größten Niederschlagsdefizite registriert, lagen die Jahresniederschlagshöhen im Elbeeinzugsgebiet unterhalb der Saalemündung überwiegend im Bereich des langjährigen Mittels (1981 – 2010).

Bereits im November und Dezember 2014 wurden im deutschen Einzugsgebiet der Elbe sehr niedrige Niederschlagshöhen registriert. Der November (Abb. 2.3-1) gehörte mit 22 % des Normalwerts (1981 – 2010) zu den sehr niederschlagsarmen Monaten. Im Dezember 2014 (Abb. 2.3-2) und im Januar 2015 (Abb. 2.3-3) lagen die Niederschlagshöhen relativ nah am Normalwert, aber der Februar (Abb. 2.3-4) war wiederum außergewöhnlich niederschlagsarm (28 %).

Die Frühjahrsmonate März (Abb. 2.3-5) und April (Abb. 2.3-6) bewegten sich bezüglich der Niederschläge um den Normalwert. Im Mai (Abb. 2.3-7) fiel mit 47 % nicht einmal die Hälfte der sonst

³ Quelle: DWD (2015): Deutschlandwetter im Jahr 2015, Offenbach 30.12.2015

üblichen Niederschlagsmenge. Niederschlagsarm war auch der Juni (Abb. 2.3-8) mit nur 73 % des Normalwerts.

Die Niederschlagshöhen für den Juli und August (Abb. 2.3-9 und 2.3-10) fielen für das deutsche Einzugsgebiet der Elbe überwiegend normal aus.

Im Folgemonat September (Abb. 2.3-11) blieben die Niederschlagshöhen unter den Normalwerten (82 %). Im Oktober (Abb. 2.3-12) waren die Niederschlagshöhen räumlich ungleichmäßig verteilt, aber insgesamt bereits über dem Normalwert (113 %) und im November sogar weit darüber (164 %). Der Dezember war wieder sehr niederschlagsarm (53 %).

Abb. 2.3-1 bis 12: Niederschlagshöhen in den Monaten 11/2014 bis 10/2015 in Prozent der Normalwerte 1981 – 2010 (Quelle: ČHMÚ, DWD)

Tab. 2.3-1: Monatsniederschläge an ausgewählten Niederschlagsmessstationen im Einzugsgebiet der Elbe für das hydrologische Jahr 2015 (11/2014-10/2015) in mm und % der Normalwerte (Jahresreihe 1981 – 2010)

Nr.	Station	Seehöhe	XI – 2014		XII – 2014		I – 2015		II – 2015		III – 2015		IV – 2015		V – 2015		VI – 2015		VII – 2015		VIII – 2015		IX – 2015		X – 2015	
		[m ü. NN]	[mm]	[%]	[mm]	[%]	[mm]	[%]	[mm]	[%]	[mm]	[%]	[mm]	[%]	[mm]	[%]	[mm]	[%]	[mm]	[%]	[mm]	[%]	[mm]	[%]	[mm]	[%]
1	Seč	529	11,1	14	46,1	58	68,1	94	18,8	26	52,1	68	20,5	26	56,7	71	56,9	68	32,2	36	74,4	96	19,4	25	45,6	56
2	Pelhřimov	520	21,1	43	41,8	89	57,3	134	5,3	14	32,9	64	19,9	45	55,4	72	69,5	85	35,9	36	68,9	77	61,5	93	87,2	199
3	Labská bouda (Špindlerův Mlýn)	1315	29,8	23	239	202	193	180	18,1	25	162	150	72,1	98	71,9	68	178	125	111	62	76,4	42	111	77	70,6	71
4	Doksany	158	20,9	67	19,7	67	24	103	4,3	22	51,2	196	38,9	154	37,3	70	78,7	140	31,8	45	67,3	103	24,2	65	55	193
5	Churáňov	1118	16,5	21	80	82	96,2	107	10,6	13	107	107	49,4	72	89,6	95	78,1	73	38,4	30	22,5	19	37,9	47	58,3	79
6	Praha (Libuš)	302	18,6	58	28,8	102	25,8	105	3,4	16	35,5	115	25,8	92	35,7	56	68,7	103	24,1	31	63,6	82	25,5	60	53,8	185
7	Hradec Králové (Nový Hradec Králové)	278	11,4	28	28,2	64	46,5	118	5,2	16	50,6	124	24,1	66	53	83	45,9	75	24,8	29	42	57	22,3	44	49,7	137
8	Plzeň (Mikulka)	360	13,1	37	15,8	48	22	77	2,5	10	24,3	72	32,5	93	46	78	53,7	79	29,3	41	63,2	88	17,5	43	52,7	145
9	Mariánské Lázně (vodárna)	696	20,4	28	56,7	78	90,7	138	15,4	25	50,2	73	57,5	107	30	44	81,8	101	31,1	34	60,3	69	42,1	61	56,4	101
10	České Budějovice (Rožnov)	395	12,6	33	20,3	65	37,5	145	5,4	22	31,9	77	25,7	63	59,1	86	75,8	82	28	33	46	51	50,1	88	61,1	169
11	Artern	164	8,8	24	27,4	70	35	121	4,4	19	38,8	111	22,4	66	21,7	36	31,7	65	91,3	143	48	100	27,5	64	36,8	123
12	Belzig, Bad	80	11,2	22	55,2	94	76,3	147	9,3	22	30,9	62	22,8	60	12,5	22	32,4	58	103	178	89	137	29,6	60	62,9	166
13	Berlin-Tegel	36	6,3	15	43,5	95	63,4	147	6,7	20	36	88	24,1	78	18,9	35	39,1	70	58,7	98	29,6	47	24,4	55	64	173
14	Brunsbüttel	2	32	37	210	256	142	187	44,7	81	95,5	145	57,2	136	125,1	209	76	85	285,1	320	118,2	133	125,7	140	43,4	46
15	Chemnitz	418	9,8	17	67,3	122	53,1	123	9	23	45,3	89	59,4	126	25,4	38	72,7	100	49	53	88,5	93	44,8	71	50	104
16	Cottbus	69	-	-	28,4	60	62,1	155	7,2	21	29,1	69	30,7	83	22,4	38	61,9	124	83,5	123	16	25	67,7	150	58,5	167
17	Drei Gleichen-Mühlberg	286	20,5	45	45,8	102	31,7	88	3,1	9	36	80	28	60	5,3	8	33,4	61	51,5	75	31,3	57	27,9	56	36,9	92
18	Dresden-Klotzsche	227	8,5	15	53,4	101	48	107	7,5	21	37,5	83	49,6	118	15,5	24	58,3	96	62,5	74	118,4	141	44,4	89	72,4	168
19	Fichtelberg	1213	39,2	40	102,6	101	142,2	165	38	47	90,5	94	105,2	142	30,7	35	113,1	111	94,4	79	101,7	83	79,9	90	97,8	130
20	Genthin	35	9,2	21	51,7	112	55,4	142	14	44	27,9	72	21,3	76	31,2	55	37,9	66	90,9	154	108,8	181	49,5	99	58,6	163
21	Gera-Leumnitz	311	16,1	30	41,9	87	39,8	111	4,9	15	32,7	76	44,4	106	16,2	27	95,9	152	48,3	65	62,3	85	32,3	57	55,4	146
22	Golßen	62	6,3	14	42,4	85	69,4	158	8,9	25	36,8	90	26,6	74	17,6	32	67,4	125	83,1	136	39,3	63	49,3	117	51,1	165
23	Herzberg/Elster	81	7,3	15	37,1	71	75,8	168	9,8	27	44,3	98	30	77	27,1	52	38,4	77	87	134	80,2	125	32,4	68	48,9	144
24	Köthen (Anhalt)	76	12,1	29	31,3	70	42,4	118	10,3	36	-	-	24,4	72	20,1	37	40	74	85	131	125,3	232	18,1	38	48,7	152

Nr.	Station	Seehöhe	XI – 2014		XII – 2014		I – 2015		II – 2015		III – 2015		IV – 2015		V – 2015		VI – 2015		VII – 2015		VIII – 2015		IX – 2015		X – 2015	
		[m ü. NN]	[mm]	[%]	[mm]	[%]	[mm]	[%]	[mm]	[%]	[mm]	[%]	[mm]	[%]	[mm]	[%]	[mm]	[%]	[mm]	[%]	[mm]	[%]	[mm]	[%]	[mm]	[%]
25	Kubschütz, Kreis Bautzen	232	9,5	18	32,3	61	63,9	139	5,6	14	48	96	49,1	120	27	42	70,3	113	67,6	86	68,3	90	47,8	94	47,1	124
26	Magdeburg	76	11	28	26	60	33,5	93	10,4	36	42	108	24,1	75	19,1	36	24,2	41	91,5	173	111,2	195	29,8	66	55,2	158
27	Malk Göhren	31	10,5	21	77,5	138	79,2	149	15	36	56,9	119	34,4	88	25,1	51	40,4	65	80,3	118	79	123	39,1	81	44,6	95
28	Neuruppin-Gühlen Glienicke	89	8,9	19	71,1	123	91,7	170	15,7	38	57,9	114	30,8	96	28,2	49	30,7	52	84	135	53,6	94	35,6	70	49,9	102
29	Rehau	587	20,4	32	67,5	104	66,7	109	8,8	18	51,5	95	41,7	87	26,1	41	75,2	96	58,5	67	64,8	83	23,7	40	47,4	85
30	Schwarzburg	277	43,1	83	46,4	93	52,3	131	4,1	11	42	91	37	74	13,9	21	50,9	88	76,8	101	34,3	50	27	51	63	150
31	Schwerin	59	12,9	25	109,4	199	85,2	158	14,5	35	54,2	111	23,5	60	42,7	82	20,9	34	103,6	148	-	-	34,2	62	42	82
32	Seehausen	21	6,9	15	55,4	115	79,6	166	11,4	32	44,6	104	21,8	64	23,4	49	19,4	33	78,3	135	85,1	161	29	57	56	133
33	Uelzen	50	8,7	15	76,9	133	79,1	132	22,6	47	62,8	118	24,8	60	36,6	70	21	33	98,5	137	114,1	176	46,9	87	71,3	132
34	Wernigerode- Schierke	609	14,5	11	202,7	132	186,6	115	22,1	19	141,8	102	65,1	81	48,9	58	42,6	46	152,5	148	104	108	81,6	78	50,3	45
35	Zinnwald-Georgenfeld	877	35,9	42	75,6	92	137,7	177	31,4	49	78,7	105	79,5	130	38,7	44	76,1	86	77,8	71	93,7	73	47,6	61	103,9	155

3 Auswertung der Niedrigwasserabflüsse an ausgewählten Gewässern

Niedrigwasserabflüsse in den Fließgewässern kommen in der Vegetationsperiode immer im Zusammenhang mit erheblichem Niederschlagsdefizit und allmählich abnehmendem Wasserdargebot im Einzugsgebiet vor. Bei Gewässern mit natürlichem Abflussregime werden Niedrigwasserabflüsse ausschließlich aus dem Grundwasserabfluss gebildet. Falls es zu bedeutenderen Niederschlägen kommt, steigen die Abflüsse kurzfristig an und gehen in der Regel schnell auf das Niveau vor dem Niederschlagsereignis zurück.

Im Winter können Niedrigwasserabflüsse manchmal in Perioden mit negativen Lufttemperaturen vorkommen, wenn ein Gewässer teilweise oder auch komplett zufriert, gegebenenfalls können Minima infolge eines vorhergehenden Niederschlagsdefizits andauern. Dabei kann auch der Wasservorrat im Einzugsgebiet in Form der Schneedecke relativ beträchtlich sein und mit dem Eintritt von Tauwetter endet meistens die Niedrigwasserperiode.

Eine grundlegende Kenngröße für die Entstehung einer Niedrigwassersituation ist der Rückgang der Abflusswerte unter die Q_{10} -Marke, ggf. unter den mehrjährigen mittleren Niedrigwasserabfluss (MNQ), siehe Definitionen im Kapitel 3.4.1. Bei Abnahme der Abflüsse unter diese Schwellenwerte kann es sich bereits um eine sehr gravierende Niedrigwassersituation handeln.

Die für die Bewertung der 2015 erreichten Abflüsse verwendeten mehrjährigen Abflusskenngrößen wurden für den Bezugszeitraum 1961 – 2015 ermittelt.

3.1 Dokumentation ausgewählter Niedrigwasserabflussmessungen an den Pegeln

Von den Mitarbeitern des Tschechischen Hydrometeorologischen Instituts (ČHMÚ) wurden an den Gewässern im Einzugsgebiet der Elbe in den Monaten Juli, August und September ca. 540 Abflussmessungen durchgeführt. An einigen Stellen wurden die niedrigsten Abflüsse seit Beginn der Beobachtungen an den Pegeln gemessen.

Neben zahlreichen Messungen an kleineren Gewässern führte die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) 2015 an den deutschen Elbe- und Saalepegeln insgesamt 150 Messungen durch. In den Monaten Juni bis September fanden 93 Messungen statt, alle unter MNQ. An den Pegeln Dresden und Pretzsch-Mauken fielen die Wasserstände in solch tiefe Niveaus, dass die Pegellatten im unteren Abschnitt ergänzt werden mussten. An drei Elbepegeln wurden neue NNW (niedrigste jemals registriert Wasserstände) erreicht.

Für ausgewählte Pegel der Elbe und ihrer bedeutenden Nebenflüsse sind in Tabelle 3.1-1 die gemessenen niedrigsten Abflüsse des Jahres 2015 aufgeführt. Diese unterschritten die MNQ um bis zu 60 %. Die Tabelle enthält ferner die Abweichungen der Niedrigwassermesswerte von den Abflüssen, die aus der 2015 gültigen Abflusskurve abgelesen wurden. Nach den Abflussmessungen wurden diese Kurven an einigen Pegeln aktualisiert.

Tab. 3.1-1: Ausgewählte bedeutsame Niedrigwassermessungen

Gewässer	Pegel	Datum	Wasser- stand	Abfluss Q _{gem}	Art der Mes- sung	Abweichung von der gültigen W-Q-Beziehung ¹⁾		MNQ (1961- 2005)	Quotient Q _{gem} /MNQ (1961-2005)
			[cm]	[m³/s]		[m³/s]	[%]		
Elbe	Jaroměř	15.09.2015	— ²⁾	3,60	ADCP	—	—	4,87	0,74
Orlice	Týniště nad Or- licí	06.11.2015	41	3,42	ADCP	0,667	+24,3	5,16	0,66
Elbe	Němčice	13.11.2015	58	10,4	ADCP	0,562	+5,7	13,3	0,78
Elbe	Přelouč	31.08.2015	22	8,38	ADCP	-0,781	-8,5	17,6	0,48
Jizera	Tuřice Předměřice	27.08.2015	102,5	3,20	ADCP	-0,85	-21,0	7,33	0,44
Moldau	Prag	16.07.2015	36,5	40,1	ADCP	0,1	+0,3	51,1	0,78
Eger	Louny	14.07.2015	170	9,30	Flügel ³⁾	-0,386	-4,0	11,1	0,84
Elbe	Ústí nad Labem	15.07.2015	121,5	72,0	ADCP	2,35	+3,4	102	0,71
Elbe	Děčín	11.08.2015	87	74,1	ADCP	-2,605	-3,4	113	0,66
Elbe	Hřensko	11.08.2015	113	76,3	ADCP	0,623	+0,8	115	0,66
Elbe	Dresden	11.08.2015	52	86,5	ADCP	4,2	5,1	118	0,73
Elbe	Torgau	12.08.2015	38	92,4	ADCP	0,33	0,36	125	0,74
Schwarze Elster	Löben	11.08.2015	30	2,38	ADCP	-1,12	-32	5,9	0,40
Elbe	Wittenberg	12.08.2015	76	93,2	ADCP	-0,16	-0,2	138	0,68
Mulde	Bad Dübener 1	10.08.2015	156	10,8	ADCP	1,62	19,6	15,5	0,70
Elbe	Aken	29.09.2015	52	134	ADCP	0,04	0,0	169	0,79
Saale	Calbe-Grizehne	22.07.2015	214	51,9	ADCP	-2,78	-5,1	48,4	1,07
Elbe	Barby	12.08.2015	32	125	ADCP	-26,65	-17,5	220	0,57
Elbe	Magdeburg- Strombrücke	30.09.2015	66	178	ADCP	-3,68	-2,0	235	0,76
Elbe	Wittenberge	11.08.2015	84	184	ADCP	-2,23	-1,2	297	0,62
Elbe	Neu Darchau	19.08.2015	80	185	Q-liner	-5,7	-2,98	287	0,64

Anmerkungen:

- 1) während der Niedrigwasserperiode gültige W-Q-Beziehung, nach den Messungen sind einige Kurven aktualisiert worden
- 2) im Stau eines kleinen Wasserkraftwerks
- 3) Staatlicher Wasserwirtschaftsbetrieb für die Eger (Povodí Ohře, státní podnik)

3.2 Entwicklung der Wasserführung ausgewählter Gewässer

Im Einzugsgebiet der tschechischen Elbe war die Entwicklung der Wasserführung im Jahresverlauf vor allem durch ein Niederschlagsdefizit gekennzeichnet. Dieses zeigte sich bereits im Laufe des Winters, als die Schneerücklagen insbesondere in niederen und mittleren Lagen unterdurchschnittlich waren. Infolge einer deutlichen Erwärmung und ergiebigen Regens tauten darüber hinaus die meisten Schneerücklagen, die sich bis Anfang Januar 2015 gebildet hatten, bereits in der zweiten Januarwoche. Da nur in den Mittelgebirgen Schnee lag, ließ das Tauwetter Ende März/Anfang April die Abflüsse bereits nicht mehr signifikant ansteigen.

Ab Ende April/Anfang Mai kam es meistens zum Rückgang der Wasserstände in den Fließgewässern, der zeitweise durch nicht allzu bedeutende Niederschläge unterbrochen wurde. Die Betrachtungen in den folgenden Teileinzugsgebieten beziehen sich auf diese zusammenhängende Niedrigwasserperiode.

Ende Juni/Anfang Juli war eine deutliche Erwärmung zu verzeichnen und die Temperaturen erreichten schrittweise tropische Werte. Dieser Zeitraum kann als Anfang der trockenen und extrem

warmen Periode bezeichnet werden. Die Wasserstände sowohl in den Fließgewässern als auch in den Stauseen fielen durch die erhöhte Verdunstung aus der Landschaft weiter. In vielen Gewässern unterschritten die Abflüsse allmählich die Q_T -Marke, wobei in der Folge nicht nur kleine, sondern auch einige größere Wasserläufe austrockneten.

Mitte August schwächte sich die Niedrigwassersituation kurzfristig ab. Im Großteil des Einzugsgebiets gab es relativ ergiebige Niederschläge, die jedoch nur einen unbedeutenden Anstieg der Wasserstände in den Gewässern auslösten. Nach einer vorübergehenden Abkühlung zu Beginn der zweiten Augushälfte stiegen die Temperaturen erneut bis auf tropische Werte in der letzten Augustwoche an. Die Wasserstände fielen in den meisten Fließgewässern wieder auf Niedrigwasserniveau; dies setzte sich auch im September fort. Im Oktober traten zwei bedeutendere Niederschlagsereignisse (06.08. bis 08.10. bzw. 13.10. bis 16.10.) auf, die teilweise zu einer Abschwächung der Niedrigwassersituation führten.

Im **deutschen Einzugsgebiet der Elbe** war die Entwicklung der Wasserführung Anfang des Jahres noch durch das Niederschlagsdefizit im November geprägt. In der zweiten Januardekade führte einsetzendes Tauwetter verbunden mit Regenniederschlägen dazu, dass sich die Wasserführung in den meisten Flüssen im deutschen Einzugsgebiet deutlich über MQ bewegte. An einigen Pegeln stiegen die Wasserstände bis in den Hochwasserbereich an. Der Februar war im gesamten deutschen Elbeeinzugsgebiet außergewöhnlich niederschlagsarm und die Abflüsse sanken meist unter MQ. Durch die Niederschläge Ende März und Ende April kam es zu kurzen Abflussspitzen.

Ab Anfang Mai war ein Rückgang der Wasserstände in den Fließgewässern zu beobachten, der kurzzeitig durch nicht allzu bedeutende Niederschläge unterbrochen wurde. Das Sommerhalbjahr 2015 war ab Juni durch eine ausgeprägte Niedrigwassersituation charakterisiert. Örtlich kam es zu lokalen Starkregenereignissen, die in den kleineren Fließgewässern zum Teil Wasserstandsanstiege in den Hochwasserbereich verursachten. An den meisten Pegeln lagen die Abflüsse bis Mitte August aber konstant deutlich unter MNQ. Im August wurde die Niedrigwasserphase durch flächendeckenden Starkregen kurz unterbrochen. Danach wurden erneut bis in den Oktober hinein an vielen Pegeln Durchflüsse deutlich unter MNQ beobachtet.

Die Abbildung 3.2-1 fasst die beschriebene Entwicklung der Abflüsse im Längsschnitt der Elbe vom Pegel Kostelec nad Labem bis zum Pegel Neu Darchau für den Zeitraum von April bis November zusammen. In dieser Zeit sind kurzzeitige Episoden mit höheren Abflüssen erkennbar, die das Niedrigwasser im Ganzen aber nicht maßgeblich beeinflussen konnten. Aus der Darstellung wird ferner die Bedeutung der Moldau und der Saale für das Abflussgeschehen der Elbe während des Niedrigwassers deutlich.

Abb. 3.2-1: Ganglinie der mittleren Tagesabflüsse im Längsschnitt der Elbe vom Pegel Kostelec nad Labem bis zum Pegel Neu Darchau (Quelle: BfG)

Im Folgenden sind für ausgewählte Pegel im Einzugsgebiet der Elbe die Ganglinien der mittleren Tagesabflüsse im hydrologischen Jahr 2015, d. h. für den Zeitraum vom 01.11.2014 bis zum 31.10.2015, dargestellt. In den Abbildungen wurden folgende hydrologische Kenngrößen für den Bezugszeitraum 1961 – 2005 als Linie markiert: mehrjähriger mittlerer Abfluss (MQ), mehrjähriger Niedrigwasserabfluss (MNQ) und der im Durchschnitt an 10 Tagen pro Jahr unterschrittene Abfluss (Q_{10}).

3.2.1 Einzugsgebiet der Elbe oberhalb der Moldaumündung

In diesem Teileinzugsgebiet wurden vier Pegel ausgewählt: Jaroměř und Kostelec nad Labem an der Elbe, Týniště nad Orlicí an der Orlice und Předměřice an der Jizera. Die Ganglinien für die mittleren Tagesabflüsse sind in den Abbildungen 3.2-2 bis 3.2-5 dargestellt.

An den meisten Pegeln ging der Wasserstand Ende April bis unter MQ zurück, in Jaroměř an der Elbe Anfang Mai, auf Werte unterhalb von MNQ bzw. Q_{10} fiel der Wasserstand im Laufe des Junis bzw. Anfang Juli. Der Rückgang der Wasserstände wurde zeitweise durch nicht allzu bedeutende Niederschläge unterbrochen.

Aus den Abflussganglinien für die einzelnen Pegel ist ferner eine Abflusswelle von Mitte August ersichtlich, wobei die Wasserstände nach dem Niederschlagsereignis sehr schnell nahezu auf das vorhergehende Niveau fielen.

An der Jizera in Předměřice (Abb. 3.2-4) wurde der Zeitraum mit sehr niedrigen Abflüssen mehrmals unterbrochen, und zwar beim erwähnten Niederschlagsereignis im August und nochmals zu Anfang September (als im Isergebirge und im Riesengebirge ergiebige Niederschläge auftraten) sowie im Oktober.

Abb. 3.2-2: Ganglinie der mittleren Tagesabflüsse am Pegel Jaroměř an der Elbe (Quelle: ČHMÚ)

Abb. 3.2-3: Ganglinie der mittleren Tagesabflüsse am Pegel Týniště nad Orlicí an der Orlice (Quelle: ČHMÚ)

Abb. 3.2-4: Ganglinie der mittleren Tagesabflüsse am Pegel Předměřice an der Jizera (Quelle: ČHMÚ)

Abb. 3.2-5: Ganglinie der mittleren Tagesabflüsse am Pegel Kostelec nad Labem an der Elbe (Quelle: ČHMÚ)

3.2.2 Einzugsgebiet der Moldau

Der Verlauf der mittleren Tagesabflüsse im hydrologischen Jahr 2015 wird in diesem Einzugsgebiet durch den Pegel Prag-Chuchle an der Moldau repräsentiert (Abb. 3.2-6).

Der Abfluss in der Moldau fiel Mitte April unter MQ und ab Ende Juni unter MNQ, obwohl die Abflüsse in Prag bei Niedrigwasser (vor allem durch die Moldaukaskade) anthropogen aufgehört werden. Aus der Abflussganglinie ist auch ersichtlich, dass der Rückgang der Wasserführung kurzzeitig durch Abflusswellen in der zweiten Juli- und Augushälfte sowie im Oktober unterbrochen wurde.

In diesem Einzugsgebiet spielt neben dem Niederschlagsdefizit auch die größere Verdunstung von der Wasseroberfläche der Flüsse und Stauseen eine wichtige Rolle. Dies geht auch auf die umfangreichen Teichsysteme, insbesondere im Einzugsgebiet der Lainsitz (Lužnice), zurück. Auch 2015 bestätigte sich die Tatsache, dass große Fischzuchtteiche bei Niedrigwasser das Abflussregime in den Fließgewässern verschlechtern, weil sie das Wasser zurückhalten und in Zeiten mit hohen Temperaturen flächig der Verdunstung zuführen.

Im Unterschied zu den Fischzuchtteichen werden die großen Mehrzwecktalsperren (Lipno, Orlik) in Trockenperioden zur Niedrigwasseraufhöhung genutzt. Dadurch kommt es in Gewässerabschnitten unterhalb von Talsperren trotz erhöhter Verdunstung von den Stauseeoberflächen zu einer erheblichen Verbesserung der Abflussverhältnisse. Die Talsperren der Moldaukaskade leisteten einen wesentlichen Beitrag zur Minderung der Auswirkungen der Niedrigwassersituation im Unterlauf der Moldau sowie in der Elbe unterhalb der Moldaumündung. Dieses Thema wird im Kapitel 3.5 ausführlicher betrachtet.

Abb. 3.2-6: Ganglinie der mittleren Tagesabflüsse am Pegel Prag an der Moldau (Quelle: ČHMÚ)

3.2.3 Einzugsgebiet der Elbe unterhalb der Moldaumündung bis zur Staatsgrenze

Dieses Teileinzugsgebiet wird durch vier Pegel repräsentiert, und zwar Mělník und Děčín an der Elbe, Louny an der Eger sowie Benešov nad Ploučnicí an der Ploučnice.

Aus den Ganglinien ist ersichtlich, dass die Abflüsse an den Elbepegeln (Abb. 3.2-7 und 3.2-10) in der zweiten Aprilhälfte unter MQ fielen, an der Eger (Abb. 3.2-8) Anfang Mai und an der Ploučnice (Abb. 3.2-9) bereits in der ersten Aprilhälfte. Auf Werte unter MNQ gingen sie an der Elbe Ende Juni, an der Eger und der Ploučnice erst Anfang Juli zurück. Die Niedrigwasserperiode wurde durch eine Abflussschwelle im August und im Oktober unterbrochen.

Die Abflüsse in der Elbe werden in Niedrigwasserperioden aus den Talsperren der Moldaukaskade gestützt. Die Abflüsse im Unterlauf der Eger sowie in der Elbe unterhalb der Egermündung werden bei Niedrigwasser aus der Talsperre Nechanice aufgehört. Ausführlichere Informationen sind im Kapitel 3.5 zu finden.

An der Elbe unterhalb der Moldaumündung bewegte sich die Wassertemperatur im Juli zwischen 21 und 25 °C. Nach einem kurzzeitigen Rückgang in der letzten Juliwoche begann die Wassertemperatur Anfang August wieder zu steigen, und zwar auf Werte von über 25 °C. Zu Beginn der zweiten Augustdekade wurden Wassertemperaturen von nahezu 30 °C registriert. Die Abflüsse unterhalb der Moldaumündung bewegten sich in den Sommermonaten bei 70 m³/s. In der Nähe von České Kopisty wurde Anfang August das Sterben aquatischer Fauna verzeichnet. Der staatliche Wasserwirtschaftsbetrieb für die Elbe (Povodí Labe, státní podnik) ergriff ab Anfang August Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserqualität. An den Staustufen Dolní Beřkovice, Štětí, Roudnice nad Labem, České Kopisty und Lovosice wurde ein Teil des Abflusses durch Überströmen über die Wehrverschlüsse abgeleitet und dadurch das Wasser mit Sauerstoff angereichert. Nach der Einführung dieser Maßnahme wurden für gelösten Sauerstoff höhere Konzentrationen registriert. Die Sauerstoffanreicherung des Wassers durch das Überströmen der Wehrverschlüsse erfolgte während der größten Trockenheit in der zweiten Augushälfte, als die Wassertemperaturen begannen, langsam zurückzugehen, und wurde Ende September beendet.

Abb. 3.2-7: Ganglinie der mittleren Tagesabflüsse am Pegel Mělník an der Elbe (Quelle: ČHMÚ)

Abb. 3.2-8: Ganglinie der mittleren Tagesabflüsse am Pegel Louny an der Eger (Quelle: ČHMÚ)

Abb. 3.2-9: Ganglinie der mittleren Tagesabflüsse am Pegel Benešov nad Ploučnicí an der Ploučnice (Quelle: ČHMÚ)

Abb. 3.2-10: Ganglinie der mittleren Tagesabflüsse am Pegel Děčín an der Elbe (Quelle: ČHMÚ)

3.2.4 Einzugsgebiet der Elbe von der Staatsgrenze bis zum Wehr Geesthacht

Zur Charakterisierung der Niedrigwassersituation im deutschen Einzugsgebiet der Elbe wurden neben den neun ausgewählten Pegeln an der Elbe, die Pegel Löben an der Schwarzen Elster, Bad Dübener See an der Vereinigten Mulde, Calbe-Grözehn an der Saale und Rathenow an der Havel einbezogen. Die Ganglinien für die mittleren Tagesabflüsse sind zusammen mit mehrjährigen Werten in den Abbildungen 3.2-11 bis 3.2-23 dargestellt.

Aus den Ganglinien wird ersichtlich, dass sich die Abflüsse an den Pegeln der Elbe (vgl. Abb. 3.2-11 bis 3.2-19) bereits im November und Dezember 2014 deutlich unter MQ bewegten. Mitte Januar und erneut Anfang April sorgten ergiebige Niederschläge zum Teil in Verbindung mit Tauwetter dafür, dass an den Elbepegeln Abflussanstiege über MQ beobachtet wurden. Danach fielen die Abflüsse in der gesamten Elbe noch Mitte April unter MQ und sanken im weiteren Frühjahrsverlauf kontinuierlich weiter bis in den Niedrigwasserbereich. Auf Werte unter MNQ fielen die Abflüsse der Elbe das erste Mal Anfang Juni. Ab Juli lagen die Tagesmittelwerte der Durchflüsse bis Mitte August an allen betrachteten Elbepegeln unter dem MNQ.

Eine Verschärfung der Niedrigwassersituation im sächsischen Abschnitt der Elbe wurde aufgrund der Steuerung der Moldaukaskaden verhindert; das NNQ (niedrigster registrierter Tagesmittelwert des Abflusses in der Beobachtungsreihe) an den Elbepegeln Dresden und Torgau wurde nicht erreicht. Im Stromabschnitt zwischen Wittenberg/L. und Barby (der sog. „Erosionsstrecke“) wurden hingegen die niedrigsten jemals registrierten Wasserstände (NNW) und Abflüsse (NNQ) unterschritten. Hier ist allerdings anzunehmen, dass dafür weniger das Wasserdargebot allein verantwortlich war, sondern vielmehr das Problem der Aktualisierung der W-Q-Beziehungen in dieser von kontinuierlicher Tiefenerosion der Flusssohle betroffenen Strecke eine wichtige Rolle spielte.

Die Niedrigwasserperiode wurde durch kleinere Abflussschwellen im August und im Oktober unterbrochen, die aber nicht für einen Anstieg bis in den Bereich von MQ ausreichten. Trotz ergiebiger Niederschläge im Oktober änderte sich die Niedrigwassersituation in der deutschen Elbe nicht wesentlich.

Die Niedrigwasserphase ging auch auf dem deutschen Elbeabschnitt mit hohen Wassertemperaturen und kurzzeitig auffällig niedrigen, wenn auch noch unkritischen Sauerstoffgehalten einher. Dabei wirkten sich die Maßnahmen zur Verbesserung des Sauerstoffgehaltes der Elbe auf tschechischer Seite auch auf dem deutschen Elbeabschnitt in positiver Weise aus. Die höchsten Wassertemperaturen an den Messstationen unterhalb von Schmilka traten bereits am 5. Juli, gegen Ende der ersten großen Hitzewelle auf. An der Station Schmilka wurde am 13. August mit 26,3 °C die höchste Wassertemperatur gemessen.⁴

Abb. 3.2-11: Ganglinie der mittleren Tagesabflüsse am Pegel Dresden an der Elbe (Quelle: WSV, BfG)

Abb. 3.2-12: Ganglinie der mittleren Tagesabflüsse am Pegel Torgau an der Elbe (Quelle: WSV, BfG)

Abb. 3.2-13: Ganglinie der mittleren Tagesabflüsse am Pegel Wittenberg an der Elbe (Quelle: WSV, BfG)

⁴ Quelle: Wasserbeschaffenheit und Schadstofftransport beim extremen Niedrigwasser der Elbe von Juli bis Oktober 2015, November 2016

Abb. 3.2-14:Ganglinie der mittleren Tagesabflüsse am Pegel Aken an der Elbe (Quelle: WSV, BfG)

Abb. 3.2-15:Ganglinie der mittleren Tagesabflüsse am Pegel Barby an der Elbe (Quelle: WSV, BfG)

Abb. 3.2-16:Ganglinie der mittleren Tagesabflüsse am Pegel Magdeburg-Strombrücke an der Elbe (Quelle: WSV, BfG)

Abb. 3.2-17:Ganglinie der mittleren Tagesabflüsse am Pegel Tangermünde an der Elbe (Quelle: WSV, BfG)

Abb. 3.2-18:Ganglinie der mittleren Tagesabflüsse am Pegel Wittenberge an der Elbe (Quelle: WSV, BfG)

Abb. 3.2-19:Ganglinie der mittleren Tagesabflüsse am Pegel Neu Darchau an der Elbe (Quelle: WSV, BfG)

Ähnlich stellt sich die Abflusssituation in den deutschen Nebenflüssen dar.

Auch in der **Schwarzen Elster** (vgl. Abb. 3.2-20) bewegten sich die Abflüsse bereits im November und Dezember 2014 deutlich unter MQ. Mitte bis Ende Januar und Anfang April sorgten teils Schneeschmelze, vor allem aber ergiebige Niederschläge dafür, dass die Abflüsse sich kurzzeitig über MQ bewegten. Von Mitte Mai bis Mitte August stellte sich in der Schwarzen Elster eine ausgeprägte Niedrigwasserperiode mit Abflüssen unter MNQ ein. Erst im Oktober stiegen die Abflüsse etwas an, erreichten aber bis zum Jahresende MQ nicht mehr.

Abb. 3.2-20:Ganglinie der mittleren Tagesabflüsse am Pegel Löben an der Schwarzen Elster (Quelle: LHW ST)

In der **Vereinigten Mulde** am Pegel Bad Dübener 1 (vgl. Abb. 3.2-21) lagen die Abflüsse bis Anfang Januar 2015 unter MQ. Der Januar war abflussstark und verzeichnete ein Abflussmaximum in der Größenordnung eines dreieinhalbfachen MQ, verursacht durch Regen und Schneeschmelze. Im April stiegen die Abflüsse nochmals in den Bereich von MQ an, um ab Juni kontinuierlich abzufallen und dabei von Juli bis Oktober immer wieder MNQ zu unterschreiten. Nachdem in der ersten Augushälfte die niedrigsten Abflüsse des Jahres registriert wurden, sorgten bald darauf Starkniederschläge für eine kurzzeitige Abflussspitze über MQ mit Scheitel am 19.8. Der September war erneut von Niedrigwasser oft im Bereich von MNQ charakterisiert und erst im Oktober stiegen die Abflüsse nachhaltig an, erreichten aber nicht die mittleren Abflüsse.

Abb. 3.2-21:Ganglinie der mittleren Tagesabflüsse am Pegel Bad Dübener 1 an der Mulde (Quelle: LfULG SN)

Auch im Einzugsgebiet der **Saale** (vgl. Abb. 3.2-22 / Pegel Calbe-Grizethne) zeichnete sich bereits im Winter 2014/2015 die spätere Niedrigwasserperiode ab. Es gab nur mäßig große Schneerücklagen. Mitte Januar und Ende März sorgten ergiebige Niederschläge zum Teil in Verbindung mit Tauwetter für temporär stark ansteigende Wasserführungen in der Saale und ihrer größeren Nebenflüsse Unstrut, Weiße Elster und Bode bis in den Bereich des zwei- bis dreifachen MQ. In den Zuflüssen wurden mitunter Richtwerte für Alarmstufen bzw. Meldegrenzen überschritten.

Ab April fielen die Wasserstände an den Pegeln verbreitet die mehrjährigen Mittelwerte. Infolge der viel zu trockenen Witterung im Mai und Juni setzte sich der Rückgang kontinuierlich fort. Die Abflüsse lagen in der Saale nur noch leicht oberhalb MNQ, in den Quellgebieten der Nebenflüsse bereits darunter. Durch die Niedrigwasseraufhöhung aus der Saale-Kaskade konnte eine weitere Verschärfung der Abflusssituation in der Saale unterbunden werden. Die durch große Hitze geprägte Trockenwetterlage Anfang August führte zu weiter sinkenden Pegelständen unterhalb MNQ und stellt den Höhepunkt der Niedrigwassersituation dar. Neue NNQ wurden aber nicht erreicht.

Eine Kaltfront sorgte ab Mitte August für Abkühlung und ergiebige Niederschläge. Kurzzeitige Pegelanstiege waren die Folge, führten allerdings nicht zu einer nachhaltigen Entspannung der Niedrigwassersituation. Im zu trockenen September gingen die Wasserstände erneut auf das Niveau von Anfang August zurück und stagnierten bis in den Oktober hinein im Bereich von MNQ. Mit den ausgedehnten Niederschlägen zum Ende der ersten Oktoberdekade verbesserte sich die Niedrigwassersituation dann allmählich.

Abb. 3.2-22: Ganglinie der mittleren Tagesabflüsse am Pegel Calbe-Grzechne an der Saale (Quelle: WSV, BfG)

Havel

An der Havel, hier dargestellt (Abb. 3.2-23) der Pegel Rathenow UP, überschritten die Abflüsse im Winterhalbjahr erst in der zweiten Dezemberhälfte 2014 niederschlagsbedingt wieder MQ. Aufgrund der Lage des Einzugsgebietes überwiegend im Tiefland spielen Zuflüsse aus der Schneeschmelze im Havelgebiet eine untergeordnete Rolle. Ab Mitte März 2015 fiel der Abfluss wieder unter MQ, unterbrochen durch eine kurze Überschreitung in der ersten Aprilhälfte. In den Monaten Juni bis September 2015 lagen die Werte deutlich unter MQ und das MNQ wurde mehrmals kurzzeitig unterschritten. Mit Beginn des Oktobers 2015 setzte ein nachhaltiger Anstieg der Wasserstände ein, so dass Mitte November 2015 erstmalig seit dem Frühjahr MQ überschritten wurde.

Abb. 3.2-23: Ganglinie der mittleren Tagesabflüsse am Pegel Rathenow UP an der Havel (Quelle: WSV, BfG)

3.3 Extremwertstatistik, Analyse der Wiederkehrintervalle der Niedrigwasserabflüsse

Für die Analyse der Intensität der Niedrigwassersituation in den Gewässern wurden die für das Jahr 2015 berechneten niedrigsten Mittelwerte von 7 aufeinanderfolgenden Tagesabflüssen (NM_7Q) gewählt. Diese eingetretenen Minima wurden mithilfe der für die Bezugsperiode 1961 – 2005 ermittelten T-jährlichen NM_7Q^5 hinsichtlich ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit bewertet.

An den meisten untersuchten Pegeln im Elbegebiet traten die niedrigsten NM_7Q in der ersten Augushälfte 2015 auf.

An diesen Pegeln wurde die statistische Wahrscheinlichkeit der NM_7Q bestimmt. Die geringsten Niedrigwasserwahrscheinlichkeiten wurden an Pegeln in Ostböhmen im Einzugsgebiet der Elbe oberhalb der Moldaumündung (Jaroměř, Přelouč, Nymburk an der Elbe und Týniště nad Orlicí an der Orlice) sowie in Nordböhmen an der Ploučnice in Benešov nad Ploučnicí verzeichnet. An

⁵ Quelle: Hydrologische Niedrigwasserkenngrößen der Elbe und bedeutender Nebenflüsse (IKSE, 2012)
http://www.ikse-mkol.org/fileadmin/media/user_upload/D/06_Publikationen/07_Verschiedenes/2012_IKSE-Niedrigwasserkenngrößen.pdf

diesen Pegeln lag das Wiederkehrintervall der NM_7Q bei über 100 Jahren. Eine ausgeprägte Niedrigwassersituation gab es auch an der Jizera am Abschlusspegel Předměřice mit einer Jährlichkeit von 20 bis 50 Jahren und an der Elbe unterhalb der Mündung der Jizera am Pegel Kostelec nad Labem mit einem Wiederkehrintervall von etwa 50 Jahren. Außerhalb der im Rahmen der IKSE bewerteten Pegel wurden die niedrigsten Eintrittswahrscheinlichkeiten in Südböhmen im Einzugsgebiet der Moldau oberhalb der Talsperre Orlick (Lužnice, Otava) und in Mittelböhmen (Sázava) registriert.

Wegen der Niedrigwasseraufhöhung durch die Moldaukaskade gab es an der Moldau in Prag nur 5- bis 10-jährliche Niedrigwasserabflüsse. In ähnlicher Weise wird auch das Abflussregime am Unterlauf der Eger durch die Bewirtschaftung der Talsperre Nechanice beeinflusst, daher wurden in Louny nur Minima mit einem Wiederkehrintervall von 5 Jahren registriert. An der Elbe unterhalb der Moldau- bzw. der Egermündung, wo das Abflussregime durch die Moldaukaskade bzw. auch die Talsperre Nechanice beeinflusst wird, erreichten die Minima an den Pegeln Mělník, Ústí nad Labem und Děčín ein Wiederkehrintervall von 20 bis 50 Jahren.

Die Niedrigwasseraufhöhung der Moldaukaskade hatte ebenfalls noch Einfluss auf die deutschen Elbepegel, insbesondere auch im Hinblick auf die niedrigsten Abflüsse am Pegel Dresden. Der im Jahre 2015 registrierte NM_7Q ist hier mit einem Wiederkehrintervall von 10 bis 20 Jahren einzuordnen. Unterhalb der Mündung der Schwarzen Elster an den Pegeln Wittenberg und Aken lag dieses zwischen 20 und 50 Jahren und unterhalb der Saalemündung am Pegel Barby zwischen 10 und 20 Jahren. Die geringste Niedrigwasser-Eintrittswahrscheinlichkeit wurde am Pegel Tangermünde registriert; hier ist der NM_7Q von 2015 einem extremen Wiederkehrintervall von 50 Jahren zuzuordnen. Unterhalb der Havelmündung am Pegel Wittenberge liegt die Jährlichkeit des Minimums zwischen 20 bis 50 Jahren; am Pegel Neu Darchau, dem letzten betrachteten Pegel an der Binnenelbe, wurde ein NM_7Q mit einem Wiederkehrintervall zwischen 10 bis 20 Jahren registriert.

Die für das Jahr 2015 berechneten niedrigsten NM_7Q für die Pegel der Nebenflüsse Schwarze Elster, Mulde, Saale und Havel sind ähnlich einzuordnen. Für den Pegel Löben/ Schwarzen Elster und den Pegel Bad Dübener Mulde wird der NM_7Q von 2015 mit einem Wiederkehrintervall von 10 bis 20 Jahren und für die Pegel Calbe-Grözehn/Saale und Havelberg/Havel mit 5 bis 10 Jahren bewertet.

3.4 Indikatoren für die Bewertung von Niedrigwasser

3.4.1 Abflusskenngrößen

Für eine erste Beurteilung der Messwerte und Dauerzahlen der Abflüsse, die im Laufe eines hydrologischen Jahres ermittelt werden, können die für mehrjährige Bezugsperioden berechneten Kenngrößen verwendet werden. Dafür eignen sich z. B.:

- der mittlere Abfluss (MQ)
das aus der Reihe der mittleren Tagesabflüsse errechnete arithmetische Mittel
- der mittlere Niedrigwasserabfluss (MNQ)
das arithmetische Mittel der niedrigsten Tagesabflüsse der Einzeljahre
- der mittlere Tagesabfluss, der im Mittel an 10 Tagen im Jahr unterschritten wird (Q_{10})
- der mittlere Tagesabfluss, der im Mittel an höchstens 1 Tag im Jahr unterschritten wird (Q_1)
- das kleinste arithmetische Mittel der Abflüsse an 7 aufeinander folgenden Tagen der jeweiligen Bezugsperiode ($Min. NM_7Q$)

Als Bezugsperiode wurde der Zeitraum 1961 – 2005 gewählt, für den diese Kenngrößen an ausgewählten Pegeln der Elbe und ihrer Nebenflüsse erarbeitet worden sind⁶. Aus den in Tabelle 3.4-1 aufgeführten Ergebnissen ist zu erkennen, dass sich die Abflüsse an der gesamten Elbe im hydrologischen Jahr 2015 an über 300 Tagen unterhalb des mittleren Abflusses bewegt haben. Ähnlich war die Situation – mit Ausnahme der Eger (230 Tage) – auch an den Nebenflüssen. Aus dem Vergleich mit den Niedrigwasserkenngrößen geht hervor, dass der obere Teil des Einzugsgebiets der Elbe stärker vom Niedrigwasser betroffen war als die unteren Bereiche. Im Einzugsgebiet der Elbe oberhalb der Moldaumündung wurden sogar die Werte des niedrigsten NM₇Q (Min. NM₇Q) unterschritten (am Pegel Jaroměř sogar an 58 Tagen).

Tab. 3.4-1: Dauer der Werte der mittleren Tagesabflüsse unterhalb der Schwellenwerte im Zeitraum 11/2014 – 10/2015

Nr.	Fluss	Pegel	Dauer der Werte unterhalb der Schwellenwerte [Tage] für die für den Zeitraum 1961-2005 abgeleitete Schwellenwerte [m³/s]									
			MQ		MNQ		Q ₁₀		Q ₁		Min. NM ₇ Q	
			[m³/s]	[Tage]	[m³/s]	[Tage]	[m³/s]	[Tage]	[m³/s]	[Tage]	[m³/s]	[Tage]
1	Elbe	Jaroměř	17,2	300	4,87	119	4,44	102	3,56	73	3,41	58
2	Orlice	Týniště nad Orlicí	19,3	313	5,16	135	4,28	102	2,74	58	2,32	14
3	Elbe	Němčice	47,2	313	13,3	120	11,7	103	8,73	9	8,00	0
5	Jizera	Předměřice	26,8	319	7,33	93	7,18	91	5,40	18	5,15	0
5	Elbe	Kostelec nad Labem	104	318	27,6	108	25,4	98	18,6	15	18,4	10
6	Moldau	Prag	144	313	51,1	100	47,0	50	36,9	0	33,5	0
7	Elbe	Mělník	256	322	88,3	116	81,5	97	63,9	13	57,2	0
8	Eger	Louny	37,1	230	11,1	62	7,68	0	3,81	0	3,49	0
9	Elbe	Ústí nad Labem	297	316	102	102	96,3	90	72,0	7	59,2	0
10	Elbe	Děčín	315	318	113	106	106	88	80,1	10	61,3	0
11	Elbe	Dresden	331	317	118	93	110	70	73,0	0	61,2	0
12	Elbe	Torgau	340	317	125	83	112	26	80,2	0	64,1	0
13	Schwarze Elster	Löben	18,6	333	5,91	119	3,39	39	2,27	1	1,84	0
14	Elbe	Wittenberg	367	316	138	99	121	48	94,2	5	78,7	0
15	Mulde	Bad Dübener 1	64,1	319	15,5	37	14,5	27	10,2	0	6,31	0
16	Elbe	Aken	444	320	169	103	149	72	128	14	104	0
17	Saale	Calbe-Grizelne	121	305	48,4	80	42,1	14	32,7	0	30,0	0
18	Elbe	Barby	562	320	220	96	192	50	150	1	126	0
19	Elbe	Magdeburg-Strombrücke	566	320	235	110	207	81	163	9	110	0
20	Elbe	Tangermünde	572	318	237	122	209	88	177	15	153	0
21	Elbe	Wittenberge	708	322	297	130	252	83	207	14	166	0
22	Elbe	Neu Darchau	716	309	287	113	238	37	187	6	174	0

⁶ Quelle: Hydrologische Niedrigwasserkenngrößen der Elbe und bedeutender Nebenflüsse (IKSE, 2012)
http://www.ikse-mkol.org/fileadmin/media/user_upload/D/06_Publikationen/07_Verschiedenes/2012_IKSE-Niedrigwasserkenngrößen.pdf

3.4.2 Auswertung des Indikators SRI (Standardized Runoff Index)

Methodik zur Berechnung von Niedrigwasserindikatoren

Um die Intensität der Trockenheit zu bewerten, wurden Indikatoren genutzt, die über den Standardized Precipitation Index – SPI^7 abgeleitet werden. Diese Indikatoren des Typs S drücken aus, wie extrem die aktuelle Intensität der jeweiligen Kenngröße ist. Der SPI basierte ursprünglich ausschließlich auf der Analyse von Niederschlagshöhen. Der Indikator vergleicht die Niederschlagshöhen mit ihrem mehrjährigen Normalwert. Zunächst werden aggregierte Werte (Summen oder Mittelwerte) der jeweiligen Kenngröße für vorgegebene Zeiträume berechnet. Danach wird festgestellt, ob die so berechneten Werte schiefen Verteilungsmustern folgen. Eine solche schiefe Wahrscheinlichkeitsverteilung muss anschließend in eine Standard-Normalverteilung mit dem Mittelwert 0 und der Streuung 1, also eine sog. Z-Verteilung (Standard-Normal-Verteilung), transformiert werden. Die Umwandlung erfolgt, indem mithilfe einer Verteilungsfunktion den einzelnen empirischen Werten Wahrscheinlichkeiten zugeordnet werden, die anschließend (mithilfe einer Quantilfunktion der Standard-Normalverteilung) zurück in die gewünschten Quantile überführt werden, d. h. die SPI -Werte. Diese Werte des Indikators werden nach Intensitätskategorien klassifiziert, die den Charakter der Trockenperiode bestimmen, siehe Intervalle in Abb. 3.4-1.

Das Verfahren zur Festlegung des SPI kann auch für eine andere Kenngröße, wie z. B. den Abfluss, angewendet werden; diese Variante des Index wird als SRI (Standardized Runoff Index) bezeichnet. Hierbei werden für die Transformation die logarithmische Gamma-Verteilung und die logarithmische Normalverteilung herangezogen.

Abb. 3.4-1: Klassifizierung der Trockenheit nach dem SPI (mäßige, starke und extreme Trockenheit). In Prozent ist die Eintrittswahrscheinlichkeit der jeweiligen Kategorie der Trockenheit dargestellt.

Eine Erweiterung der Anwendung des SRI ist die Einführung der Integration eines Indikators vom Typ S in der Zeit und die anschließende Umwandlung dieser Werte in eine Z-Verteilung (ähnlich wie beim SPI). Teilweise handelt es sich um eine Analogie zur Festlegung von Defizitvolumina in Oberflächengewässern. Damit wird nicht nur eine Darstellung der Intensität der Trockenheit im aktuellen Zeitschritt, sondern auch im Laufe der gesamten Trockenperiode erreicht. Diese Gruppe von Indikatoren des Typs DM (Drought Magnitude) ermöglicht die Darstellung des gesamten Entwicklungsstands der Kenngröße für die gesamte Dauer der Trockenperiode⁸.

Der Verlauf der Niedrigwassersituation 2015 wurde an ausgewählten Pegeln an der Elbe und ihren Nebenflüssen mithilfe der oben genannten Indikatoren abflussbezogen ausgewertet (SRI , $DMRI$). Die Auswertung der Indikatoren erfolgte im Wochenschritt, wobei darüber hinaus die Saisonalität berücksichtigt wurde, wobei für jede Woche im Jahr die Parameter der schiefen Verteilung berechnet wurden, mithilfe derer anschließend die Umwandlung in eine Z-Verteilung erfolgte (es standen also 52 solcher schiefen Verteilungen zur Verfügung). Die mittleren Wochenabflüsse und die mehrjährigen Wochenmittel, auf die sich die Werte des Index SRI bezogen, wurden anhand der Reihen der Tagesabflüsse ausgewertet, dabei die mehrjährigen Mittel für eine möglichst lange Messreihe.

Die Intensität der Niedrigwassersituation 2015 wurde mit ausgewählten Jahren verglichen, wobei ein Kriterium für deren Auswahl der Wert des jeweiligen Indikators SRI , $DMRI$ für den Zeitraum

⁷ Quelle: McKee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J.: The relationship of drought frequency and duration to time scales. 8th Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Anaheim (CA), 17–22 January 1993, 179–184.

⁸ Die Einzelheiten ihrer Festlegung führt Vlnas, R. et al. (2015) auf: Metodika pro stanovení mezních hodnot indikátorů hydrologického sucha (Methodik zur Festlegung von Grenzwerten für Niedrigwasserindikatoren). VÚV T.G.M., v. v. i., Prag, Dezember 2014, http://185.8.238.196/sucho/wp-content/uploads/2016/11/metodika_indikatory_sucha.pdf, [cit. 2015-11-17]

von 8 Wochen vor und 8 Wochen nach dem Scheitel der Niedrigwassersituation 2015 war. Verglichen wurden also Niedrigwasserperioden (die 5 trockensten Jahre) im gleichen 16-wöchigen Zeitraum (zu einer anderen Jahreszeit ablaufende Niedrigwasserperioden werden nicht betrachtet; der Grund dafür ist, dass eine Niedrigwasserperiode z. B. aus dem Herbst und eine im Winter ablaufende Niedrigwasserperiode andere mehrjährige Kenngrößen haben).

Die Indikatoren der Trockenheit wurden für die Bewertung des Niedrigwassers 2015 im Hinblick auf ihren standardisierten Charakter ausgewählt, d. h., dass die Wahrscheinlichkeitsdichte nach der Umwandlung in eine Z-Verteilung für alle Pegel gleich ist (d. h. alle Verteilungen haben den Mittelwert Null und eine Einheitsstreuung). Die Indikatoren ermöglichen so ohne Rücksicht auf die lokalen spezifischen klimatischen und hydrologischen Bedingungen einen Vergleich der Intensität des Niedrigwassers und seines Verlaufs an den einzelnen Pegeln untereinander. Ein weiterer Vorteil besteht in der Möglichkeit, die kausalen Beziehungen zwischen Niederschlag und Abfluss bei gleichzeitiger Auswertung der ähnlich angelegten Indikatoren *SPI* und *SRI* zu untersuchen.

Auswertung der Indikatoren *SRI* und *DMRI*

Im folgenden Text werden die Ergebnisse der Auswertung der Niedrigwasserindikatoren für die Abflüsse beschrieben. Es handelt sich dabei um den standardisierten Niedrigwasserindex (Standardized Runoff Index) und um den Index der kumulierten Stärke des Niedrigwassers (Drought Magnitude Runoff Index). Die Entwicklung der Niedrigwasserperiode 2015 an ausgewählten Pegeln gemäß dem Parameter *SRI* zeigen die Abbildung 3.4-2 und gemäß dem Parameter *DMRI* die Abbildung 3.4-3.

Abb. 3.4-2: Bewertung des Niedrigwassers an ausgewählten Pegeln (Jaroměř, Kostelec nad Labem, Prag-Chuchle, Děčín) anhand des Indikators *SRI* im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe (Quelle: ČHMÚ)

Abb. 3.4-3: Bewertung des Niedrigwassers an ausgewählten Pegeln (Jaroměř, Kostelec nad Labem, Prag-Chuchle, Děčín) anhand des Indikators *DMRI* im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe (Quelle: ČHMÚ)

Im tschechischen Einzugsgebiet der Elbe wurden die Berechnungen für sieben Pegel vorgenommen (Jaroměř – Elbe, Týniště nad Orlicí – Orlice, Předměřice – Jizera, Kostelec nad Labem – Elbe, Prag-Chuchle – Moldau, Mělník – Elbe, Děčín – Elbe).

Anhand der erreichten niedrigsten Abflüsse, die mit dem Indikator *SRI* dargestellt werden, kann die Niedrigwasserperiode 2015 an unbeeinflussten und relativ wenig beeinflussten Pegeln (Elbe oberhalb der Moldaumündung) als extremes (Jaroměř, Týniště nad Orlicí), ggf. starkes (Předměřice, Kostelec nad Labem) Niedrigwasser charakterisiert werden. An allen vier bewerteten Pegeln erreicht der Indikator *SRI* den niedrigsten Wert in der ersten Augushälfte. Anhand des Indikators *DMRI* lässt sich das Niedrigwasser ab der zweiten Augushälfte als stark bis extrem einordnen. Mitte November erreichte der *DMRI* Nullwerte und deutet damit das Ende der Niedrigwasserperiode an.

Bei der Bewertung der Niedrigwasserabflüsse ist zu berücksichtigen, dass die unterhalb der Talsperren liegenden Pegel beeinflusst sind und die Abflüsse in Niedrigwasserperioden durch Abgaben aus diesen Talsperren signifikant erhöht werden. Aus diesem Grund war der Verlauf der Niedrigwasserperiode 2015 in der Moldau in Prag-Chuchle sowie in der Elbe in Mělník und Děčín nicht so markant wie an den unbeeinflussten Pegeln. Anhand des Indikators *SRI* handelte es sich an diesen drei bewerteten Pegeln um ein starkes Niedrigwasser, das aber bereits Ende März auftrat. Dank der Aufhöhung der Abflüsse kann das Niedrigwasser zur Zeit seines Höhepunkts

Mitte August nur als mäßig eingeordnet werden. Anhand des DMRI trat das starke Niedrigwasser Mitte September ein; an der Elbe endete es in der zweiten Novemberhälfte und an der Moldau dauerte es im Dezember 2015 noch an.

In Bezug auf das mithilfe des Indikators *DMRI* bewertete Gesamtabflussdefizit gab es in der Elbe in Jaroměř und Kostelec ein extremes Niedrigwasser. In der Moldau in Prag-Chuchle sowie in der Elbe in Děčín trat ein starkes Niedrigwasser auf.

Im deutschen Einzugsgebiet der Elbe fällt die Ausprägung des Niedrigwassers in Hinblick auf den SRI und DMRI weniger extrem als im tschechischen Einzugsgebiet aus. In Dresden erreicht der SRI den niedrigsten Wert bereits Ende März (Abb. 3.4-4), sprich weit vor dem eigentlichen Höhepunkt der Niedrigwassersituation. Dies lässt auf den ab Sommer beginnenden abflussstützenden Einfluss der Talsperren (Moldaukaskade) schließen. Unterhalb von Dresden nimmt deren Bedeutung zunehmend ab, sodass hier das Minimum erst im August erreicht wird (Wittenberge, Neu Darchau – Abb. 3.4-4) und so wieder direkt mit der Abflussentwicklung zu korrespondieren scheint. Das kumulierte Abflussdefizit (DMRI) weist im Längsschnitt ein relativ einheitliches Bild auf und deutet in der Elbe auf eine starke bis moderate Niedrigwasserperiode, mit einer leichten Abschwächung bezüglich ihrer Intensität in Richtung Unterlauf hin (Abb. 3.4-5). Mit vorangegangenen bedeutsamen Ereignissen ist 2015 nicht vergleichbar, zumal sämtliche betrachteten Jahre vor Inbetriebnahme der Moldaukaskade liegen und mitunter deutlich extremere Entwicklungen genommen haben (z. B. 1934).

Abb. 3.4-4: Bewertung des Niedrigwassers an ausgewählten Pegeln (Dresden, Wittenberge, Neu Darchau, Adorf, Elbersdorf, Meisdorf) anhand des Indikators SRI im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe (Quelle: ČHMÚ, Daten: WSV, LfULG SN, LHW ST)

Abb. 3.4-5: Bewertung des Niedrigwassers an ausgewählten Pegeln (Dresden, Wittenberge, Neu Darchau, Adorf, Elbersdorf, Meisdorf) anhand des Indikators DMRI im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe (Quelle: ČHMÚ, Daten: WSV, LfULG SN, LHW ST)

Die untersuchten unbeeinflussten Pegel der Nebenflüsse der Elbe liefern hinsichtlich des SRI ein unterschiedliches Bild (Abb. 3.4-4). In Adorf an der Weißen Elster entspricht der Index kurzzeitig sogar einer extremen Niedrigwasserentwicklung entsprechen. Hingegen deuten die Ergebnisse von Elbersdorf an der Wesenitz (linker Nebenfluss der Elbe oberhalb von Dresden) oder Meisdorf an der Selke im Harz auf eine nur moderate Niedrigwassersituation hin. Bei Betrachtung des *DMRI* kann für alle betrachteten Pegel kein nennenswertes Gesamtabflussdefizit festgestellt werden. Nicht zuletzt liegt das an der Sensibilität kleiner Einzugsgebiete bezüglich konvektiv geprägter Witterungsabschnitte. Der Vergleich mit extremen Niedrigwassersituationen vergangener Jahre bestätigt die getroffenen Annahmen anhand des DMRI.

Insgesamt bestätigt die Auswertung der Indikatoren *SRI* und *DMRI* die Ergebnisse und Aussagen, die bereits aus den vorhergehenden Analysen des Abflussgeschehens hervorgingen.

3.5 Anthropogene Beeinflussung der Niedrigwasserabflüsse

Dieses Kapitel widmet sich der Beschreibung des Einflusses der Talsperren auf die Niedrigwasserabflüsse im Einzugsgebiet der Elbe während der Niedrigwassersituation 2015. Die Lage der Talsperren, die in den Kapiteln 3.5 und 3.6 bewertet werden, ist in Abbildung 3.5-1 dargestellt. Tabelle 3.5-1 enthält eine zusammenfassende Übersicht über allgemeine Parameter dieser Talsperren.

Abb. 3.5-1: Übersichtskarte mit den bewerteten Talsperren (Quelle: ČHMÚ)

Tab. 3.5-1: Zusammenfassende Übersicht über allgemeine Parameter der bewerteten Talsperren

Lfd. Nr.	Name der Talsperre	Gewässer / Teileinzugsgebiet	Einzugsgebiet	Mittlerer Abfluss*	Ab-senk-ziel	Stauziel	Betriebsraum**
			[km ²]	[m ³ /s]	[m. ü. NN]	[m ü. NN]	[Mio. m ³]
1	Les Království	Elbe	530,76	8,89	307,60	315,60/314,60	1,422/1,093
2	Pastviny	Divoká Orlice	179,52	3,91	454,60	468,60/467,60	6,236/5,527
3	Rozkoš	Rozkošský potok/Metuje	43,31/415,37	0,427/6,38	271,60	280,50/279,60	45,948/39,811
4	Lipno I	Moldau	949,28	13,40	716,10	724,90	252,99
5	Lipno II	Moldau	997,13	13,70	557,60	562,70	1,44
	Římov	Malše	488,50	4,38	442,50	470,65	30,02
6	Hněvkovice	Moldau	3 540,29	30,60	364,60	370,10	12,16
7	Husinec	Blanice/Otava	212,54	2,09	515,33	522,33	1,98
8	Orlík	Moldau	12 114,95	81,20	329,60	349,90	343,08
9	Švihov	Želivka/Sázava	1 178,50	6,99	343,10	377,00	246,07
10	Slapy	Moldau	12 956,80	85,20	246,60	270,60	200,50
11	Vrané	Moldau	17 784,60	110,00	199,10	200,10	2,52
12	Hracholusky	Mže	1 609,38	8,27	339,60	354,10	32,02
13	Žlutice	Střela/Berounka	213,75	1,24	493,60	507,05	10,46
14	Klabava	Klabava/Berounka	329,87	2,04	344,40	345,70	0,49
15	Skalka	Eger	671,92	6,22	435,60	442,20 / 437,60	13,659 / 2,454
16	Jesenice	Odrava/Eger	411,04	3,57	427,30	439,20 / 437,60	47,119 / 37,455
17	Horka	Libocký potok/Eger	70,19	0,76	481,60	504,49	16,54
18	Stanovice	Lomnický potok/Teplá	92,1 / 277,99	0,560 / 2,350	483,00	513,35 / 511,80	20,164 / 18,376
19	Nechranice	Eger	3 590,30	30,80	235,40	269,00	233,22
20	Bleiloch***	Saale	1 240	k. A.	398,00	407,45	70,32
21	Burgkhammer***	Saale	1 249	k. A.	351,50	356,00	3,08
22	Walsburg***	Saale	1 262	k. A.	336,00	339,45	1,48
23	Hohenwarte***	Saale	1 657	k. A.	285,00	302,74	96,66
24	Eichicht***	Saale	1 665	16,1	236,50	244,00	4,44
25	Rappbode***	Rappbode/Bode	116	2,47	364,00	422,57	101,11
26	Wendefurth***	Bode	314	3,80	336,00	344,87	3,255
27	Eibenstock	Zwickauer Mulde	199	2,63	509,89	536,66	55,635

* am Abgabeprofil der Talsperre

** Stauraum zwischen dem Absenk- und dem Stauziel, bei zwei Angaben handelt es sich um die Werte für das hydrologische Sommer-/Winterhalbjahr.

*** Stauziel und Betriebsraum beziehen sich gemäß Angaben von TLUG und LHW/TSB auf das Sommerhalbjahr mit Stand 2015.

3.5.1 Bewirtschaftung der Talsperren

In diesem Kapitel wird die Bewirtschaftung der Talsperren im Einzugsgebiet der Elbe beschrieben, die in bedeutender Weise zur Minderung der Auswirkungen der Trockenwetterperiode 2015 auf die Abflüsse in der Elbe beitrugen. Da sich an der Elbe selbst keine Talsperre mit nennenswertem Betriebsraum befindet, war für die Niedrigwasseraufhöhung im Elbestrom die Stützungswassermenge aus den Talsperren an den Nebenflüssen entscheidend.

Die Talsperre Rozkoš

Die Talsperre Rozkoš ist ein vom Bach Rozkošský potok und primär von einem Zuleiter aus der Úpa bei Zlích gespeister Speicher im Nebenschluss. Das Wasser aus dem Stausee wird in den Bach Rozkošský potok geleitet, der in die Metuje mündet, die dann weiter bei Jaroměř in die Elbe fließt. Laut dem Bewirtschaftungsplan dient die Talsperre Rozkoš mehreren Zwecken. Primäre Nutzungen der Talsperre sind die Überleitung von Wasser aus der Úpa und seine Speicherung im Betriebsraum des Stausees mit anschließender Nutzung als ausgleichende Niedrigwasseraufhöhung der Elbe bis zum Wehr Opatovice nad Labem (Gewährleistung einer Mindestwasserführung von $5,0 \text{ m}^3/\text{s}$), der Entnahmen für das Kraftwerk Opatovice bis zu maximal $11,6 \text{ m}^3/\text{s}$ und der Wasserüberleitung über den Opatovický kanál in Höhe von maximal $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Ferner wird im Bach Rozkošský potok unterhalb der Talsperre eine Mindestwasserführung von $0,08 \text{ m}^3/\text{s}$ gewährleistet.

Insgesamt spielte der Stausee Rozkoš während der Niedrigwasserperiode 2015 eine sehr positive Rolle, indem er die Abflüsse am Knoten Opatovice mit 2 bis $4 \text{ m}^3/\text{s}$ aufhöhte. Der niedrigste Füllstand des Betriebsraums der Talsperre Rozkoš von 34 % wurde Mitte November mit 275,05 m ü. NN erreicht (Abb. 3.5-2). Während der Niedrigwasserabflüsse in der ersten Augusthälfte, als sich die Abflüsse oberhalb des Wehres Opatovice nad Labem im Bereich von 10 bis $12 \text{ m}^3/\text{s}$ bewegten, betrug der Anteil des aus der Talsperre Rozkoš abgeleiteten Wassers ca. 30 % des gemessenen Gesamtabflusses.

In diesem Zeitraum erfolgte auch eine Niedrigwasseraufhöhung in der Elbe aus den Talsperren Pastviny (bis zu $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$) und Les Království ($0,2$ bis $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$). Man kann feststellen, dass die gesamte Niedrigwasseraufhöhung der Elbe aus den Talsperren des staatlichen Wasserwirtschaftsbetriebs für die Elbe (Povodí Labe, státní podnik) während der extremen Trockenheit bis zu $5,0 \text{ m}^3/\text{s}$ betrug.

Abb. 3.5-2: Bewirtschaftung der Talsperre Rozkoš im Jahr 2015 (Quelle: Povodí Labe, státní podnik)

Die Moldaukaskade

Die Talsperren der Moldaukaskade sichern mehrere Nutzungen. Die primäre Funktion der im Verbund bewirtschafteten Talsperren Lipno I, Orlick und Slapy mit weiteren Talsperren ist die Sicherung der Mindestabflüsse von $6 \text{ m}^3/\text{s}$ unterhalb der Talsperre Lipno II sowie von $40 \text{ m}^3/\text{s}$ unterhalb der Talsperre Vrané. Die Bewirtschaftung der Talsperren Orlick und Slapy erfolgt dabei nach einem gemeinsamen Steuerschema.

An der Talsperre Orlick an der Moldau wurde Anfang 2015 der Beckenwasserstand auf einer Höhe von ca. 347,50 m ü. NN gehalten. Dies geschah unter Berücksichtigung der Entwicklung des Wasservorrats in der Schneedecke im Einzugsgebiet oberhalb der Talsperre, um gegebenenfalls im Betriebsraum des Stausees genügend freien Stauraum für den Rückhalt eventueller höherer Talsperrenzuflüsse aus der Schneeschmelze vorzuhalten. Als Eingangsinformation wird das vorliegende Schneedeckenwasseräquivalents durch das Tschechische Hydrometeorologische Institut (ČHMÚ) im Wochenrhythmus ausgewertet.

Der mittlere monatliche Talsperrenzufluss betrug im Januar 107,4 m³/s (Q_{275} bis Q_{305}), im Februar und März schwankte er um einen Wert von ca. 57 m³/s (Q_{155} bis Q_{185}), im April betrug er dann 77,4 m³/s (Q_{215} bis Q_{245}). Danach sank der Zufluss infolge des Niederschlagsdefizits im Einzugsgebiet der Talsperre bis Ende September, wobei er im Monatsmittel nur 15,4 m³/s erreichte (18,9 % des mehrjährigen mittleren Abflusses am Abgabeprofil des Staudamms), was ein Abfluss von weniger als Q_1 ist (für den Bezugszeitraum 1981 – 2010). Durch die Abgabe aus der Talsperre Orlík wurde, in Übereinstimmung mit dem Bewirtschaftungsplan, über die gesamte von Mai bis September andauernde Niedrigwasserperiode eine Mindestabgabe der Talsperre Vrané von 40 m³/s gehalten. Der Beckenwasserstand befand sich Anfang und während des Aprils auf einer Höhe von ca. 347,80 m ü. NN, also auf dem in dieser Jahreszeit üblichen Betriebsniveau. Während der Monate Mai und Juni 2015 war die Bilanz aus Talsperrenzufluss und -abgabe ausgeglichen und der Wasserspiegel schwankte im Bereich von 346,00 bis 347,00 m ü. NN. Als Anfang Juli das Volumen der Talsperrenzuflüsse deutlich unter das Niveau der Mindestabgabe (40 m³/s am Messprofil der Talsperre Vrané) fiel, begann der Wasserspiegel des Speichers deutlich zu sinken (Abb. 3.5-3).

Abb. 3.5-3: Bewirtschaftung der Talsperre Orlík im Jahr 2015 (Quelle: Povodí Vltavy, státní podnik)

Die niederschlagsfreie Zeit hielt an, der Zufluss war immer noch niedrig und der Beckenwasserstand sank wegen der Niedrigwasseraufhöhung, die am Abgabeprofil der Talsperre Vrané kontrolliert wird, weiter. Im Monatsmittel betrug diese Aufhöhung im Juli 19,18 m³/s, im August 18,55 m³/s und im September 21,57 m³/s. Bei einem Wert von 338,63 m ü. NN (02.10.2015 um 7.00 Uhr), d. h. 12,57 m unter dem Stauziel, stoppte der Rückgang des Wasserstands. Dieser erreichte niedrigste Beckenwasserstand lag dabei 403 cm über dem Niveau von 334,60 m ü. NN, das für die Nutzung des Betriebsraums der Talsperre Slapy zur Niedrigwasseraufhöhung am Messprofil der Talsperre Vrané und zur Überbrückung der Trockenperiode entscheidend ist. Im Vergleich zur Trockenperiode 2003 war das Rückgangsverhalten des Wasserstands im Stausee ab Anfang Juli sehr ähnlich. Der am 02.10.2015 um 7.00 Uhr erreichte niedrigste Stand war allerdings noch um 179 cm niedriger als der Stand am 02.10.2003 um 7.00 Uhr. Infolge des Ablassens der Teichsysteme im Einzugsgebiet der Talsperre im Herbst und mit dem Eintreffen stärkerer Niederschläge vom 08.10. bis zum 17.10. stiegen der Talsperrenzufluss und entsprechend der Beckenwasserstand wieder an. Der Betriebsraum wurde im Laufe des Oktobers, des im Hinblick auf die Niederschläge überdurchschnittlichen Novembers und des Dezembers bis zu einer Höhe von 345,28 m ü. NN aufgefüllt (28.12.2015 um 7.00 Uhr). Der höchste Verdunstungswert der Monatsmittel wurde im Juli registriert, und zwar mit 0,8 m³/s, was 3,4 % des Zuflusses in diesem Zeitraum entsprach. Die Verdunstung bildete somit bei diesem Stausee keine bedeutende Komponente der Gesamtbilanz, war in der Summe mit der Verdunstung an der Talsperre Slapy mit einer mittleren Höhe im Juli von 0,5 m³/s allerdings nicht ganz zu vernachlässigen.

Die Betriebssituation an der Talsperre Slapy war laut den zu der Zeit gültigen Wasserbewirtschaftungsregeln in den Stauseen der Moldaukaskade vom Niedrigwasser nicht spürbar beeinflusst. Dort herrschte 2015 aus betriebstechnischer Sicht eine vollkommen normale Situation, der Beckenwasserstand bewegte sich planmäßig im Standardregime.

Die Abgabe aus der Talsperre Lipno sank das ganze Jahr über nicht unter 6 m³/s. Der Wert des Zuflusses lag über die Dauer von 4 Monaten unter 4 m³/s, im September im Monatsmittel sogar bei nur 1,9 m³/s. Es erfolgte auch eine bedeutende Aufhöhung für den gesamten Moldauabschnitt bis zur Stauwurzel der Talsperre Hněvkovice sowie volumenbezogen auch eine beträchtliche Aufhöhung für den Speicherknoten Orlík – Slapy. Darüber hinaus beteiligten sich die Talsperren an der Berounka, deren Effekt bei Hochwassern aus der Sicht des Unterlaufs der Moldau und der Elbe zu vernachlässigen ist, wesentlich an der Erhöhung des Wasserdargebots. In den trockensten Monaten wurde der Abfluss im Unterlauf der Berounka oft bis zur Hälfte durch Talsperrenabgaben gestützt. Obwohl für den Unterlauf der Moldau und die Elbe die Mindestabgabe aus der

Moldaukaskade entscheidend ist, ist bei Niedrigwasser (hauptsächlich für die Wasserqualität) jegliche Aufhöhung von Nutzen, insbesondere wenn man sie über eine längere Zeit sichern kann.

Angesichts der Erfahrungen aus der trockenen abflussarmen Periode im Jahr 2015 und den negativen Auswirkungen erwartet der staatliche Wasserwirtschaftsbetrieb für die Moldau (Povodí Vltavy, státní podnik) keine Änderung der Wasserbewirtschaftungsregeln (einschließlich ihrer Umsetzung im komplexen Bewirtschaftungsplan der Talsperren der Moldaukaskade bzw. der Bewirtschaftungspläne der Talsperren Orlík und Slapy). Der derzeit gültige Bewirtschaftungsplan erwies sich vielmehr für die Niedrigwasserperiode als voll funktionstüchtig.

Die Talsperre Nechranice

Die wichtigste Nutzung der Talsperre Nechranice besteht in der Wasserversorgung, weitere Nutzungen sind das Kappen von Hochwasserabflüssen, die Energieerzeugung, die Erholung, die Niedrigwasseraufhöhung im Unterlauf der Eger durch die Gewährleistung einer Mindestwasserführung von 8 m³/s am Abgabeprofil Stranná der Talsperre und andere. Im Zusammenwirken mit dem Talsperrensystem Skalka – Jesenice im Einzugsgebiet des Oberlaufs der Eger sichert die Talsperre Nechranice die geforderten Entnahmen am Unterlauf der Eger im vollen Umfang, d. h. im Abschnitt bis zur Mündung in die Elbe. Eine direkte Entnahme aus dem Stausee gibt es nicht; zu Ausgleichszwecken wird der Abfluss für die zwei wichtigsten Entnahmestellen am Unterlauf der Eger gestützt: bis zum Profil Stranná – Entnahme für die Industriewasserleitung Nechranice (Pumpstation Stranná) und bis zum Profil Březno – Entnahme für das Wärmekraftwerk Počeradý.

Hohe und schwankende Zuflüsse zu Beginn des Jahres füllten den Stausee Nechranice bis zum Vollstau bei 269,00 m ü. NN. Der Wasserstand im Staubecken Nechranice wurde anschließend in Abhängigkeit vom Abflussgeschehen im Bereich von 266,33 bis 269,00 m ü. NN gehalten. Von Mai bis Juni, vor dem Eintritt der Niedrigwassersituation, lag der Wasserspiegel bei ca. 267,50 m ü. NN (Betriebsstauraum: 215,3 Mio. m³). Bereits im Juli wurde die Abgabe von 11 m³/s auf das notwendige Minimum zwischen 8 und 9 m³/s reduziert. Dieses Abgabenniveau wurde bis Mitte August gehalten; zu diesem Zeitpunkt konnte angesichts erhöhter Zuflüsse nach substantiellen Niederschlägen dann vorübergehend wieder eine Erhöhung der Abgabe auf 18 m³/s ermöglicht werden. Anschließend wurde der Abfluss der Talsperre Nechranice wieder auf einen Wert von ca. 12 m³/s reduziert. Diese Abgabe wurde bis Mitte September gehalten. Ab Mitte September bis in die zweite Novemberhälfte wurde die Abgabe je nach hydrologischen und betrieblichen Erfordernissen im Bereich von 10 bis 13 m³/s gesteuert. In der zweiten Novemberhälfte stiegen die Zuflüsse infolge deutlicher Niederschläge und damit wurde auch die Abgabe je nach hydrologischen und betrieblichen Erfordernissen auf ein höheres Niveau zwischen 15 bis 31 m³/s eingestellt (Abb. 3.5-4).

Abb. 3.5-4: Bewirtschaftung der Talsperre Nechranice im Jahr 2015 (Quelle: Povodí Ohře, státní podnik)

Wasserwirtschaftlich ist das System Skalka – Jesenice – Nechranice hinsichtlich der Niedrigwasseraufhöhung für die Eger für einen noch extremeren Verlauf der Trockenwetterperiode als die von 2015 bemessen worden. Im Vergleich zu früheren Jahren war die allmähliche kontrollierte Leerung des Speichervolumens in den Stauseen Skalka, Jesenice und Nechranice im Laufe der Niedrigwasserperiode 2015 kein Ausnahmefall.

Das größte **Speichersystem im deutschen Einzugsgebiet** der Elbe stellt die Saalekaskade mit der Bleilochtalsperre, der Hohenwarttalsperre sowie den Talsperren Walsburg, Burgkhammer und Eichicht dar. Danach folgen die Rappbodetalsperre und die Talsperre Eibenstock. Die Beanspruchung des Stauraums im Untersuchungszeitraum verlief jahreszeittypisch mit Aufstau im Winter und Frühjahr, gefolgt von einer deutlichen Speicherinhaltszehrung im Sommer. Die Steu-

erung der Talsperren (Abb. 3.5-5 bis 3.5-8) hat in den Sommermonaten zur deutlichen Verbesserung der Abflusssituationen in den unterhalb liegenden Flussabschnitten beigetragen. Aus den sächsischen Talsperren wurden insgesamt 51 Mio. m³ in diesem Zeitraum zur Niedrigwasseraufhöhung abgegeben, davon 21,4 Mio. m³ für das Einzugsgebiet der Spree, 3,1 Mio. m³ für das Einzugsgebiet der Zwickauer Mulde und 26,5 Mio. m³ für das Einzugsgebiet der Weißen Elster. Auf die Abflusssituation in der Elbe hatten die zusätzlichen Abgaben aus den Talsperren im deutschen Teil des Elbeeinzugsgebiets weniger Einfluss.

Abb. 3.5-5: Bewirtschaftung der Saaletalsperren im Jahr 2015 (Quelle: LHW ST, Daten: TLUG; Stauziele gemäß Stand 2015)

Abb. 3.5-6: Bewirtschaftung der Rappbodetalsperre im Jahr 2015 (Quelle: LHW ST, Daten: TSB ST; Stauziele gemäß Stand 2015)

Abb. 3.5-7: Bewirtschaftung der Talsperre Eibenstock im Jahr 2015 (Quelle: LTV SN)

3.5.2 Anthropogene Beeinflussung der Niedrigwasserabflüsse an den Pegeln Prag-Chuchle und Děčín

An einigen Gewässerabschnitten werden die Abflüsse in Niedrigwasserzeiten durch die Bewirtschaftung der zu diesem Zweck bestimmten Talsperren aufgehört.

Für die Analyse der anthropogenen Beeinflussung der Niedrigwasserabflüsse wurden auf tschechischer Seite die Pegel Prag-Chuchle an der Moldau und Děčín an der Elbe ausgewählt. Prag-Chuchle ist der wichtigste Pegel unterhalb der Moldaukaskade und damit ein unter dem Aspekt der Beeinflussung des Abflussregimes repräsentativer Pegel. Der Pegel Děčín wurde gewählt, weil er der Abschlusspegel der Elbe auf dem Gebiet der Tschechischen Republik mit einer langen Abflussbeobachtungsreihe ist.

Die Berechnung (auf dem Niveau einer Abschätzung) der um den Talsperreneinfluss bereinigten Reihe der mittleren Tagesabflüsse basierte auf einem Verfahren, bei dem die Reihen der mittleren Tagesabflüsse an den durch die Niedrigwasseraufhöhung aus den großen Talsperren (Moldaukaskade, Římov, Švihov, Hracholusky, Žlutice, Jesenice, Horka, Stanovice, Nechanice) nicht signifikant beeinflussten Oberliegerpegeln (Tab. 3.5-2) zusammengerechnet werden. Die Berechnung erfolgte für den Zeitraum vom 01.04.2015 bis 31.12.2015.

Bei der Berechnung wurden die Wellenlaufzeiten der einzelnen Reihen der mittleren Tagesabflüsse bis zu den Pegeln Prag-Chuchle und Děčín betrachtet. Zur Vereinfachung der Berechnung wurde die Wellenlaufzeit der Reihe der mittleren Tagesabflüsse unter der Annahme einer mittleren Fließgeschwindigkeit von 0,5 m/s berechnet. Die Verschiebung der Reihe der mittleren Tagesabflüsse wurde dann auf ganze Tage gerundet. In Tabelle 3.5-2 sind die Pegel aufgelistet, die mit ihren Reihen der mittleren Tagesabflüsse in die Berechnung eingingen. Pegel, die darüber hinaus in die Berechnung für den Pegel Děčín einfließen, sind grau unterlegt.

Die Abflüsse an diesen Pegeln entsprechen dem Abfluss von 74,4 % des Einzugsgebiets bis zum Pegel Prag-Chuchle und 77,2 % des Einzugsgebiets bis zum Pegel Děčín. In die Berechnung für Děčín ging der Abschlusspegel an der Elbe oberhalb der Moldaumündung Kostelec nad Labem als unbeeinflusst ein, was bedeutet, dass der Einfluss der Talsperren aus dem Einzugsgebiet oberhalb dieses Pegels nicht betrachtet wurde. Im umgekehrten Fall würden in die Berechnung

nur Pegel oberhalb von (meistens an den Oberläufen errichteten) Talsperren eingehen und damit würde der Prozentsatz des nicht gemessenen Einzugsgebiets unverhältnismäßig stark steigen.

Die Abflüsse aus den restlichen nicht gemessenen Teilen des Einzugsgebiets wurden anhand der Tagesabflusshöhen mithilfe geeigneter Bezugspegel berechnet. In diese Berechnung flossen als Bezugspegel die in Tabelle 3.5-2 mit einem Sternchen markierten Pegel ein.

In den Abbildungen 3.5-8 und 3.5-9 sind die Ganglinien der beobachteten und der abgeleiteten bereinigten Abflüsse in der Moldau in Prag-Chuchle und in der Elbe in Děčín für das Jahr 2015 dargestellt. Darüber hinaus wurden diese Abflüsse mit der Ganglinie der beobachteten Abflüsse im ausgewählten Niedrigwasserjahr 1947 verglichen. Die Abbildungen enthalten zudem noch die Werte für den mehrjährigen mittleren Abfluss MQ, den Mittelwert der Jahresminima MNQ sowie den Abfluss Q_{10} für den Bezugszeitraum 1961 – 2005.

An der Moldau in Prag-Chuchle (Abb. 3.5-8) ist ein Rückgang der bereinigten Abflüsse seit Anfang Juli ersichtlich, während sich die beobachteten Abflüsse auf Dauer im Bereich um $45 \text{ m}^3/\text{s}$ bewegten. Die niedrigsten unbeeinflussten Abflüsse traten vom 08.08. bis 17.08. auf, wobei ihre Werte unter $20 \text{ m}^3/\text{s}$ sanken. Am 16.08. wurde das Minimum mit $15,6 \text{ m}^3/\text{s}$ erreicht. Die Niederschläge von Mitte August würden gegenüber dem Anstieg der beobachteten Abflüsse einen wesentlich größeren Anstieg der Abflüsse verursachen. Aus dem Vergleich beider Reihen ergibt sich ferner, dass die Niedrigwasseraufhöhung durch die Talsperren in der Zeit mit den niedrigsten Abflüssen in Prag-Chuchle bis zu ca. $30 \text{ m}^3/\text{s}$ erreichte. Die Abflüsse wurden etwa ab Mitte der ersten Julidekade bis Mitte Oktober 2015 signifikant gestützt.

An der Elbe in Děčín (Abb. 3.5-9) wird deutlich, dass die Abflüsse in der bereinigten Reihe etwa ab Anfang Juli bis Mitte August allmählich zurückgingen, wobei die unbeeinflussten Abflüsse im Zeitraum vom 10.08. bis 17.08. unter $50 \text{ m}^3/\text{s}$ lagen. Das Minimum sank am 14.08. auf $47,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Da sich die beobachteten mittleren Tagesabflüsse in diesem Zeitraum um $80 \text{ m}^3/\text{s}$ bewegten, kann die Aufhöhung der Abflüsse in Děčín auf ca. $30 \text{ m}^3/\text{s}$ geschätzt werden. Tatsächlich war die Aufhöhung um einige m^3/s größer, weil die Abflüsse auch aus Talsperren im oberen Teil des Einzugsgebiets der Elbe, z. B. aus der Talsperre Rozkoš, gestützt wurden. (Falls man diese Talsperren einbeziehen würde, würde sich die Fläche des Zwischeneinzugsgebiets, aus dem der Abfluss per Analogie zu schätzen wäre, wesentlich vergrößern und die geschätzten mittleren Tagesabflüsse wären im Ergebnis mit einer noch größeren Unsicherheit behaftet.) Nach intensiven Niederschlägen Mitte August, die zeitweise höhere Abflüsse zur Folge hatten, sanken diese erneut, die mittleren Tagesabflüsse näherten sich aber nicht mehr den Mindestwerten der ersten Augsthälfte.

Die unbeeinflussten mittleren Tagesabflüsse in Prag und Děčín für 2015 wurden mit den beobachteten Abflüssen im ausgewählten Niedrigwasserjahr 1947 verglichen. Es lässt sich feststellen, dass ohne die Aufhöhung der Abflüsse durch die Talsperren die Niedrigwasserabflüsse am Pegel Prag im Jahr 2015 mit denen im Jahr 1947 vergleichbar wären. Die Abflussganglinie war 1947 jedoch anders, da der signifikante Abflussrückgang wesentlich früher begann und bis Mitte Dezember mit Unterbrechungen Ende Juni und Ende November andauerte. Aus dem Vergleich der bereinigten Reihe der mittleren Tagesabflüsse 2015 am Pegel Děčín mit den beobachteten mittleren Tagesabflüssen 1947 ergibt sich eine große Ähnlichkeit in der Abflussabnahme von Anfang Juli bis Mitte August. Die Niedrigwasserperiode im Jahr 1947 dauerte bis Mitte November, als die Abflüsse signifikant anstiegen. Der niedrigste mittlere Tagesabfluss in Děčín an der Elbe, der für 1947 ausgewertet wurde, betrug $40,1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Abb. 3.5-8: Beobachtete und abgeleitete bereinigte Abflüsse 2015 sowie beobachtete Abflüsse 1947 in der Moldau in Prag. Zum Vergleich sind für den Bezugszeitraum 1961 – 2005 die Werte MQ, der mehrjährige mittlere Niedrigwasserabfluss (MNQ) sowie Q_{10} aufgeführt (Quelle: ČHMÚ).

Abb. 3.5-9: Beobachtete und abgeleitete bereinigte Abflüsse 2015 sowie beobachtete Abflüsse 1947 in der Elbe in Děčín. Zum Vergleich sind für den Bezugszeitraum 1961 – 2005 die Werte MQ , der mehrjährige mittlere Niedrigwasserabfluss (MNQ) sowie Q_{10} aufgeführt (Quelle: ČHMÚ).

Tab. 3.5-2: Pegel, die in die Berechnung für die Pegel Prag-Chuchle und Děčín einfließen (Quelle: ČHMÚ)

Name des Pegels	Gewässer	Einzugsgebiet [km ²]
Kostelec nad Labem	Elbe	13 183,4
Košátky	Košátecký potok	147,3
Chlum-Volary	Teplá Vltava	347,6
Černý Kříž-Volary	Studená Vltava	102,4
Český Krumlov*	Polečnice	197,6
Pořešín	Malše	436,6
Pašínovice-Komařice	Stropnice	399,9
Lékařova Lhota*	Bezdrevský potok	123,7
Bechyně	Lainsitz	4 057,0
Písek	Otava	2 913,7
Dolní Ostrovec	Lomnice	391,3
Varvažov	Skalice	367,9
Hrachov	Brzina	133,2
Radč	Mastník	268,6
Štěchovice	Kocába	308,6
Zruč nad Sázavou	Sázava	1 420,7
Kojčice	Hejlovka	273,3
Milotice	Jankovský potok	128,5
Červená Řečice	Trnava	317,6
Senožaty	Martinický potok	113,3
Blažejovice	Blažejovický potok	27,5
Leský Mlýn*	Sedlický potok	71,6
Radonice-Zdebuzevs	Blanice	541,9
Poříčí nad Sázavou*	Konopištský potok	89,3
Stříbro	Mže	1 144,0
Trpistý*	Úterský potok	297,2
Plzeň-Skvrňany	Vejprnický potok	75,9
Lhota	Radbuza	1 181,8
Štěnovice	Úhlava	892,8
Plzeň-Koterov	Úslava	733,3
Nová Huť	Klabava	359,5
Plasy	Střela	773,8
Podmokly*	Zbirožský potok	151,7
Rakovník	Rakovnický potok	302,2
Beroun	Litavka	625,5
Loděnice	Loděnický potok	253,8
Radotín II*	Radotínský potok	68,2
Průhonice*	Dobřejovický potok	13,0
Praha-Nusle	Botič	134,9
Praha-Libeň	Rokyta	137,4
Velvary*	Bakovský potok	292,5

Name des Pegels	Gewässer	Einzugsgebiet [km ²]
Želízy*	Liběchovka	124,1
Vědlice*	Úštěcký potok	85,7
Cheb	Eger	689,7
Šlapany	Odrava	267,1
Hrozňátov	Mohelský potok	63,4
Leopoldovy Hamry	Libocký potok	55,5
Libavské údolí	Libava	68,2
Svatava-nová stanice	Svatava	290,5
Karlovy Vary-Dvory	Chodovský potok	90,3
Stará Role	Rolava	126,3
Teplička	Teplá	256,1
Píla*	Lomnický potok	59,9
Ostrov	Bystřice	127,6
Stránky*	Blšanka	380,7
Postoloprty	Chomutovka	185,4
Bílina	Bílina	559,5
Jílové	Jílovský potok	42,6
Děčín-Březiny	Ploučnice	1 183,3

* Pegel, die für die Schätzung des Abflusses aus den nicht beobachteten Teilen des Zwischeneinzugsgebiets verwendet wurden. Grau unterlegt sind die Pegel, die nicht in die Berechnung für den Pegel Prag-Chuchle einfließen, sind.

Für den anschließenden deutschen Abschnitt der Binnenelbe wurden vom Übergabepiegel Děčín an (nahe der deutsch-tschechischen Grenze) mit dem hydrodynamisch-numerischen 1D-SOBK-Modell der BfG Modellläufe durchgeführt, um die stromabwärtige Wirkung der Niedrigwasseraufhöhung aus den tschechischen Talsperren beurteilen zu können. Als obere Randbedingung sind in die Modellierung die Daten für den Pegel Děčín eingegangen (gemessene Abfluss-Tagesmittel und die mit dem oben aufgeführten Verfahren ermittelten bereinigten Abflüsse).

Hinsichtlich der Verwendung des Modells SOBK ist zu beachten, dass sich die Berechnungen bei der vorliegenden Niedrigwassersituation an einigen Pegeln in Größenordnungen des Abflusses und des Wasserstands befinden, für die keine durch Messungen belegten W-Q-Beziehungen vorliegen. Daraus resultiert, zumal in Gewässerabschnitten mit starker Erosionsdynamik, eine erhöhte Ergebnisunsicherheit. Als verlässliche Abschätzung können die Ergebnisse jedoch verwendet werden.

Beispielhaft sind in Abb. 3.5-10 für den Pegel Barby unterhalb der Saalemündung die mit dem Modell ermittelten und die gemessenen Abflüsse für den ausgewerteten Zeitraum von April bis Oktober 2015 dargestellt.

Werden die jeweils niedrigsten Abflüsse im Betrachtungszeitraum verglichen, so ergibt sich ein Effekt der Talsperren, der in Děčín eine „Stützung“ des Abflusses um ca. 30 m³/s bewirkt. Dieser Einfluss ist laut Modellierung auch an der Unteren Mittelbe noch zu beobachten. Dies bedeutet, dass der jeweils niedrigste berechnete Wasserstand an der deutschen Elbe oberhalb der Saalemündung durch das „Zuschusswasser“ aus den tschechischen Talsperren zwischen 20 und 40 cm höher liegt als im Fall ohne Talsperrenwirkung, unterhalb der Saale-Mündung zwischen 15 und 20 cm.

Abb. 3.5-10: Ergebnisse der hydraulischen Modellierung (Tagesmittelwerte des Abflusses) am Beispiel des Pegels Barby – Abfluss-Messwerte (schwarz), modellierter Zustand mit Talsperrenwirkung (orange) und modellierter Zustand ohne Talsperrenwirkung (magenta) Quelle: BfG

Die modellierten Wasserstände werden von der morphologischen Situation im Gerinne und weiteren Effekten beeinflusst (bspw. durch die Elbenebenflüsse), die in der Modellierung aber nicht berücksichtigt sind.

Das Gesamtbild in Abbildung 3.5-11 zeigt den Einfluss der Talsperren in der Tschechischen Republik auf die Wasserstände im deutschen Elbeabschnitt. Den relativ gesehen größten Effekt gibt es in den oberen Abschnitten des Stroms; aber selbst an der unteren Mittelbe beträgt die Wirkung noch deutlich mehr als ein Dezimeter. Der Streckenabschnitt unterhalb Elbe-km 550, in dem der Einfluss des Wehrs Geesthacht sukzessive zunimmt, ist nicht dargestellt.

Abb. 3.5-11: Differenz der niedrigsten Wasserstände im August 2015 in der deutschen Elbe (Modelllauf „mit Wirkung der tschechischen Talsperren“ vs. Modelllauf „ohne Talsperrenwirkung“) Quelle: BfG

3.6 Einfluss auf die Nutzungen der Oberflächengewässer

3.6.1 Wasserspeicherung in den Stauseen und Wasserentnahmen

In der Tschechischen Republik wurde während der Niedrigwassersituation des Jahres 2015 besonderes Augenmerk auf die Wasserverfügbarkeit für unterschiedliche Zwecke gelegt. Dies gilt insbesondere für Entnahmen von Oberflächenwasser, obwohl sich die Situation im Grundwasser ähnlich entwickelte, wenn auch mit einer gewissen Verzögerung. Einschränkungen gab es insbesondere bei Oberflächenwasserentnahmen für das Waschen von Autos, das Bewässern von Sportplätzen und Rasenflächen sowie das Füllen von Speichern und Schwimmbecken. An den meisten Orten im Einzugsgebiet wurden die Entnahmeverbote bis Ende 2015 aufgehoben. Insbesondere im Sommer und Herbst war die Situation kritisch, d. h. in der Zeit mit erhöhten Anforderungen an den Wasserbedarf für die Bewässerung landwirtschaftlicher Kulturen (Getreide, Obstgärten u. Ä.). Zum Jahresende hin (Winter) stand hingegen die Situation bezüglich des Wasserbedarfs für das künstliche Beschneien der Abfahrts- und Skilaufareale in den Mittelgebirgsregionen im Mittelpunkt.

Das in den Betriebsräumen der Talsperren gespeicherte Wasser wurde genutzt, um alle wasserrechtlich genehmigten Entnahmen zu befriedigen, vor allem die Sicherung der Entnahmen für die Trinkwasseraufbereitung, die Niedrigwasseraufhöhung in den Gewässern unterhalb der Stauseen, die Verbesserung der hygienischen Bedingungen in den Gewässern und allgemein zur Reduzierung der negativen Auswirkungen des Niedrigwassers. In Übereinstimmung mit den gültigen Bewirtschaftungsplänen wurde in den Niedrigwasserperioden die Abgabe an den Talsperren auf das Niveau der Mindestwasserabgabe eingestellt, die oft größer als der Talsperrenzufluss war. Dadurch wurde der Betriebsraum leerer und Wasser in die Gewässer unterhalb der Stauseen geleitet. Auf diese Weise wurde die Wasserführung in den Fließgewässern unterhalb der Talsperren auf einem höheren Wert gehalten, als es der aktuellen hydrologischen Situation entsprach.

Dies war mit sichtbaren Rückgängen der Beckenwasserstände verbunden, wodurch die Funktionen der Talsperren als Verkehrswege, Freizeitziele oder ihre landschaftsgestaltenden Funktionen beeinträchtigt wurden. Zum Beispiel hatte das deutliche Fallen des Beckenwasserstands im Stausee Orlik an der Moldau deutliche Auswirkungen auf die Erfüllung der anderen Talsperrennutzungen wie die Schifffahrt auf dem Stausee oder die Erholung. Allerdings wurde die Abgabe am Messprofil der Talsperre Vrané über den gesamten Niedrigwasserzeitraum auf der vorgeschriebenen Höhe von 40 m³/s gehalten, welche die Realisierung der wasserrechtlich genehmigten bedeutenden Entnahmen am Unterlauf der Moldau ermöglichte und gleichzeitig auch eine beträchtliche Niedrigwasseraufhöhung in der Elbe gewährleistete.

An den kleineren Talsperren nahm das gespeicherte Volumen in zwei Fällen so stark ab, dass zur außergewöhnlichen Bewirtschaftung übergegangen wurde, die in einer Reduzierung der Mindestabgabe bestand, damit die Talsperren weiterhin Wasser für die genehmigten Entnahmen liefern konnten. Es handelte sich um die Talsperren Husinec an der Blanice und Klabava an der Klabava.

Die Wasserentnahmen für Trinkwasserzwecke mussten während des gesamten Jahres 2015 nie eingeschränkt werden. Die Oberflächenwasserentnahmen für die Industrie wurden bei mehreren Betreibern reduziert. Zur größten Einschränkung kam es im Einzugsgebiet der Úpa – Kraftwerk Poříčí, wo man in der kritischen Zeit der Niedrigwasserperiode (September – Oktober) die festgelegte Mindestwasserführung reduzieren musste.

Bei keiner der bedeutenden Talsperren kam es zu einem kritischen Wassermangel oder einer vollständigen Entleerung des Betriebsraums. Die mehrmonatige, trockene Niedrigwasserperiode bis zum Ansteigen der Abflüsse nach den Niederschlagsereignissen Mitte Oktober und in der zweiten Novemberhälfte wurde durch die allmähliche Entleerung des Speichervolumens überbrückt.

Die deutschen Talsperren im Elbeeinzugsgebiet der Elbe haben in den Sommermonaten zur deutlichen Verbesserung der Abflusssituationen in den unterhalb liegenden Flussabschnitten beigetragen. Die Wasserentnahmen zu Trinkwasserzwecken und für Brauchwasser mussten während des gesamten Jahres 2015 nicht eingeschränkt werden.

3.6.2 Schifffahrt

Im staugeregelten Abschnitt der Elbe-Wasserstraße oberhalb des Wehres Střekov in der Tschechischen Republik entsprachen die Bedingungen für die Schifffahrt ohne Einschränkungen den gültigen Vorschriften.

Die Schifffahrt auf der regulierten Elbe unterhalb vom Wehr Střekov war durch die extreme Niedrigwassersituation stark eingeschränkt. Dort bewegte sich der Wasserstand am Leitpegel Ústí nad Labem an insgesamt 208 Tagen im für die Schifffahrt nutzbaren Bereich von 155 bis 540 cm. Werte von weniger als 155 cm, d. h. unterhalb der Grenze für eine wirtschaftliche Nutzbarkeit, wurden an 147 Tagen erreicht, also über mehr als ein Drittel des Jahres. Die Dauer der extrem niedrigen garantierten Wasserstände im Jahr 2015 ist in Ústí nad Labem die längste innerhalb des gesamten Auswertungszeitraums seit 1980. Im Gegensatz dazu dauerte der die volle Schifffahrt garantierende Wasserstand von über 275 cm im Laufe dieses Jahres nur 32 Tage. In der Zeit vom 08.08. bis zum 16.08. erreichte der Wasserstand in Ústí nad Labem mit 115 cm sein Minimum, dies ist der niedrigste je im August registrierte Wert seit 1963.

Die Intensität der Schifffahrt auf der staugeregelten Elbe war von Mitte Mai bis Mitte November minimal, die Schleusen passierten insbesondere Sportboote. Die Gesamtzahl der 2015 an der Staustufe Střekov geschleusten Schiffe erreichte 55 % des Mittelwerts für die letzten 10 Jahre. Auf Wunsch der Frachtführer wurden die Schifffahrtsbedingungen in 100 Fällen durch kurzfristig erhöhte Wasserabgaben verbessert, meistens aus der Kapazität der Stauhaltung Střekov, aber teils auch durch eine vorübergehende Erhöhung der Abgabe aus der Moldaukaskade. Dies nutzten Güter- und Fahrgastschiffe mit einem höheren Tiefgang aus, um den kritischen Elbeabschnitt zwischen Střekov und Děčín zu passieren.

Die Schifffahrt auf der Moldau-Wasserstraße unterhalb der Moldaukaskade war infolge der Niedrigwassersituation 2015 nicht eingeschränkt. Im Stausee Orlík wurde am 17.04.2015 mit dem Rückgang des Wasserstands in diesem Stausee der Beckenwasserstand unterschritten, der für den Betrieb der Schleuse Kořensko entscheidend ist. Im Laufe des Jahres 2015 wurde im Unterwasser der Stauhaltung Kořensko ein Wasserstand oberhalb von 347,60 m ü. NN bereits nicht

mehr erreicht, daher wurde in diesem Abschnitt der Moldau-Wasserstraße die Schifffahrt eingestellt.

Wichtiger Kennwert zur Bewertung des Einflusses des Niedrigwassers auf die Schifffahrt ist der GIW⁹. Der GIW wurde entlang der gesamten deutschen Elbe oft und langfristig unterschritten, z. B. am Pegel Dresden an 118 Tagen des hydrologischen Jahres 2015, am Pegel Magdeburg-Strombrücke sogar kontinuierlich seit Ende Mai über insgesamt 146 Tage hinweg. Die Folge waren Einschränkungen für die Schifffahrt. Fahrverbote wurden nicht verfügt; jeder Schiffsführer ist in solchen Fällen gehalten, selbst unter Beachtung der Navigationsbedingungen über Beladung (Abladung) und Fahraufnahme zu entscheiden. Im Ergebnis kamen in den Sommermonaten die Fahrgastschifffahrt und auch die Güterschifffahrt auf dem deutschen Elbeabschnitt weitgehend zum Erliegen. Speziell die Sächsische Dampfschifffahrt musste im Zeitraum vom 27.06. bis zum 07.10.2015 die Fahrten an 14 Tagen komplett einstellen und war in drei Monaten stark eingeschränkt.

4 Einfluss der Trockenperiode auf das Grundwasser

Für die Bewertung des Einflusses der Trockenperiode auf das **Grundwasser in der Tschechischen Republik** wurden 2015 die Messstellen des Meldenetzes des Tschechischen Hydrometeorologischen Instituts (ČHMÚ) genutzt. Sie repräsentieren die unterschiedlichen geographischen und geologischen Bedingungen in der Tschechischen Republik. Die Wasserstände in den Flachbohrungen spiegeln das Grundwasserniveau in den überwiegend quartären Deckformationen (fluviales, eluviales und deluviales Sediment) mit freier Grundwasseroberfläche wider. Die Quellaustritte repräsentieren den natürlichen Grundwasserabfluss aus den verschiedenen Strukturen, und zwar sowohl der flachen als auch der tieferen. Die Wasserstände in den Tiefbohrungen geben das Grundwasserniveau in den Untergrundstrukturen unter Ausschluss des Einflusses der Deckformationen mit freier oder gespannter Grundwasseroberfläche an. Im Einzugsgebiet der tschechischen Elbe überwacht das ČHMÚ 106 Flachbohrungen, 88 Quellen und 54 Tiefbohrungen des Meldenetzes.

Der Einfluss der Trockenperiode auf das Grundwasser wurde anhand der Überschreitungswahrscheinlichkeit des Wasserstands bzw. der Quellschüttung im entsprechenden Kalendermonat bewertet. Der Ausprägungsgrad der Niedrigwassersituation wird mittels dreier Kategorien charakterisiert, die anhand der für den Bezugszeitraum 1981 – 2010 abgeleiteten monatlichen Überschreitungskurve bestimmt werden. Der Bereich von 25 bis 75 % umfasst die Normalwerte. Als mäßige Niedrigwassersituation werden Werte mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 75 bis 85 % betrachtet, Werte mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 85 bis 95 % als starke Niedrigwassersituation. Als extreme Niedrigwassersituation werden Werte bezeichnet, die 95 bis 100 % entsprechen. Die Bewertung erfolgte sowohl für einzelne Messstellen als auch zusammenfassend für definierte Teileinzugsgebiete.

Die Trockenperiode des Jahres 2015 hatte auf das **Grundwasser in Deutschland** regional sehr unterschiedlichen Einfluss und wurde daher im deutschen Teil des Elbeeinzugsgebiets nur von den Bundesländern Niedersachsen, Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen nach landesspezifischen Vorgehensweisen bewertet. Die nachstehende Tabelle 4-1 gibt einen Überblick:

⁹ (= gleichwertiger Wasserstand, hier in Gestalt des im Jahre 2015 gültigen sog. GIW89*. Bei Unterschreitung dieses Wertes kann eine festgelegte Fahrwassertiefe nicht mehr vollumfänglich unterhalten werden)

Tab. 4-1: Überblick über das Vorgehen bei der Bewertung von Niedrigwassersituationen in den Bundesländern Niedersachsen, Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen

	Niedersachsen	Brandenburg	Sachsen-Anhalt	Sachsen	Thüringen
Anzahl ausgewerteter Quellen	–	–	–	50	–
Anzahl ausgewerteter Flachbohrungen	110 (keine Differenzierung nach Bohrtiefe)	11 (bis zu 30 m Tiefe)	12	1100 (keine Differenzierung nach Bohrtiefe)	20 (bis zu 20 m Tiefe)
Anzahl ausgewerteter Tiefbohrungen		–	2		–
Referenzperiode	1994 – 2014 (hydrologisches Jahr)	1981 – 2010 (Kalendarjahr)	1981 – 2010 (hydrologisches Jahr)	ausgewertete Zeitreihe: 1965 – 2015 (hydrologisches Jahr)	1981 – 2010 (Kalendarjahr)
Bewertungskriterium	Abweichung der Monatsmittelwerte Juni 2014 und Juni 2015 vom mehrjährigen Juni-Mittelwert ¹⁰	Abweichung der Grundwasserstände von den mehrjährigen Mittelwerten (Klassifizierung der Perzentilwerte aus der Unterschreitungslinie): <P5 = NW extrem stark >P15-P25 = NW mäßig >P25-P75 = normal	Abweichungen der Grundwasserstände von den mehrjährigen Mittelwerten (Klassifizierung der Perzentilwerte aus der Unterschreitungslinie): <P5 = NW extrem stark bis mäßig >P25-P75 = normal	Anteil Messstellen in 2015 mit dem niedrigsten Grundwasserstand im Beobachtungszeitraum, bezogen auf alle Messstellen mit einem Untersuchungsumfang von mehr als fünf vollständigen Abflussjahren: <2% Extremwerte: Normaljahre	Abweichung der Grundwasserstände von den mehrjährigen Mittelwerten (Klassifizierung der Perzentilwerte aus der Unterschreitungslinie): <P5 = NW extrem stark >P15-P25 = NW mäßig >P25-P75 = normal
Anmerkungen			getrennte Auswertung für 2 Regionen (Pleistozän im Nordosten bzw. Festgesteinsbereiche im Südwesten)		

NW: Niedrigwasser

In Hamburg wurde eine qualitative Überprüfung der Grundwasserstände durchgeführt.¹¹

4.1 Auswertung der Wasserstände in den Flachbohrungen

Bereits ab dem Frühjahr ist ein zunehmendes Defizit der flachen Grundwasserleiter in der **Tschechischen Republik** zu erkennen. In der Zeit der üblichen Frühjahrsmaxima erreichte der Wasserspiegel nicht einmal das normale Niveau und ab April fiel er mit stärkerer Intensität als für diese Monate üblich. Der Zustand der flachen Grundwasserleiter begann sich ab Oktober langsam zu bessern, näherte sich aber bis zum Jahresende dem normalen Niveau nur an.

Der Wasserspiegel in den Flachbohrungen begann bereits im März deutlicher zu fallen, und zwar insbesondere in den Teileinzugsgebieten¹² der tschechischen Oberen und mittleren Elbe sowie der Unteren Moldau. Am stärksten von der Niedrigwassersituation betroffen waren bereits ab Juni die Teileinzugsgebiete der tschechischen Oberen und mittleren Elbe sowie der Oberen Moldau (nordöstliches und südliches Böhmen).

Im Hinblick auf die Einordnung der Wasserstände in den Flachbohrungen auf den Überschreitungskurven war 2015 Mitte August die trockenste Zeit, als der Wasserspiegel bei ca. 60 % der Flachbohrungen stark bis extrem unter den mehrjährigen Durchschnitt fiel. Am häufigsten kamen

¹⁰ Die Auswertung erfolgte speziell für den Monat Juni. Hintergrund war eine Anfrage aus dem politischen Raum.

¹¹ In Hamburg wird der Wasserstand der Elbe vor allem durch Ebbe und Flut beeinflusst. Diese Tideinflüsse wirken sich auch auf die Grundwasserstände in den elbenahen Grundwassermessstellen aus.

¹² im tschechischen Wassergesetz 254/2001 der Gesetzsammlung definierten

Bohrungen mit einem so niedrigen Wasserstand im nordöstlichen und südwestlichen Böhmen vor.

Die Niederschläge von Mitte August trugen zu einer Mäßigung des Fallens des Wasserspiegels bei, stellenweise wurde auch sein zeitweiliger Anstieg registriert. In den weiteren Wochen gingen die überwachten Kenngrößen jedoch wieder zurück, wenn auch weniger als im vorangegangenen Zeitraum.

Im Oktober überwogen im größten Teil des Gebiets gleichbleibende Wasserspiegel in den Flachbohrungen. Im Teileinzugsgebiet der tschechischen Oberen und mittleren Elbe fiel der Wasserspiegel noch etwas weiter, in den Teileinzugsgebieten der Oberen Moldau, der Unteren Moldau und der Berounka war hingegen ein leichtes Ansteigen des Wasserspiegels zu verzeichnen. Die Anzahl der Messstellen mit einem im Normalbereich und oberhalb von ihm liegenden Wasserspiegel nahm etwas zu. Auch wenn die Anzahl der Bohrungen mit unterdurchschnittlichen Werten zurückging, veränderte sich die Anzahl der Bohrungen mit einem Wasserspiegel unterhalb des eine Niedrigwassersituation charakterisierenden Grenzwerts nicht (85 % der monatlichen Überschreitungskurve). Ende Oktober war das Teileinzugsgebiet der tschechischen Oberen und mittleren Elbe (nordöstliches Böhmen) am trockensten. In diesem Gebiet trat auch der überwiegende Teil der niedrigsten monatlichen Wasserstände seit Beginn der Messungen auf.

Von Oktober bis zum Jahresende verbesserte sich im größten Teil des Gebiets der Zustand der flachen Grundwasserleiter leicht, die Werte vom Jahresanfang wurden aber nicht erreicht. Am günstigsten war die Situation in den Teileinzugsgebieten der Berounka, der Unteren Moldau und einem Teil des Teileinzugsgebiets der Eger, der tschechischen unteren Elbe und anderer Elbenebenflüsse, in denen der Wasserspiegel zum Jahresende in den meisten Flachbohrungen das normale Niveau erreichte. Auch im Teileinzugsgebiet der tschechischen Oberen und mittleren Elbe verbesserte sich die Situation bedeutend.

Aus längerfristiger Sicht waren die flachen Grundwasserleiter 2015 ähnlich wie 1992 bzw. 2004, aber 2015 war nicht das trockenste Jahr. Die trockensten Zeiträume mit dem insgesamt niedrigsten Grundwasserniveau seit 1981 waren die Jahre 1991 und insbesondere 1993.

Starke bis vereinzelt extreme Niedrigwasserverhältnisse traten im **deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe** im Sommer und Herbst 2015 in den Messstellen des Thüringer Keuperbeckens sowie im Muschelkalkausstrich des nördlichen Thüringer Beckens (Hainich / Dün-Hainleite) auf. In der Nähe von Wasserscheiden kam es in dieser Zeit auch zu starkem bis extremem Niedrigwasser (siehe am Rennsteig bzw. Saale – Weiße Elster im Thür. Schiefergebirge). Im Buntsandsteinausstrich des Thüringer Beckens zeigte das Jahr 2015 Grundwasserstände im Normalbereich bis hin zu leichten Hochwasserverhältnissen.

Für die Region der pleistozänen Urstromtäler im Nordosten Sachsen-Anhalts wurden ab Mai/Juni 2015 neben Bereichen mit normalen Grundwasserverhältnissen auch Gebiete mit stark ausgeprägter Niedrigwassersituation registriert, wobei lokal eine seit 2014 andauernde Unterschreitung des mehrjährigen Mittels beobachtet werden konnte. In den geologischen Einheiten Sander und Grundmoränen im Nordosten Sachsen-Anhalts wurden innerhalb des Jahres 2015 normale bis extrem niedrige Grundwasserstände beobachtet. So zeigten einzelne Messstellen ab August 2015 Extremunterschreitungen des Mittelwertes (Kategorie <P5). Andere Messstellen in den gleichen Einheiten wiesen im August bzw. Oktober 2015 Grundwasserstände auf, die als normal (Kategorie >P25-P75) eingestuft werden können. Für die Festgesteinsregion der subherzynen Senke konnte für 2015 keine signifikante Unterschreitung der Mittelwasserstände des Bezugszeitraumes festgestellt werden. Die ausgewählten Festgesteinsmessstellen im südwestlichen Bereich Sachsen-Anhalts zeigten generell erst ab Dezember 2015 Werte, die sich innerhalb des normalen Niveaus (Kategorie >P25-P75) bewegten. Die beobachteten Grundwasserstände der in dieser Region austreichenden quartären Talsedimente lassen eine differenzierte Niedrigwassersituation erkennen. Während in den Tieflagen des Harzes und im südlichen Bereich Sachsen-

Anhalts in den Sommermonaten 2015 Extremunterschreitungen (Kategorie <P5) bzw. starke bis mäßige Unterschreitungen (Kategorie P5-P25) des Mittelwasserstandes des Bezugszeitraumes registriert wurden, konnte im südlichen Salzlandkreis keine Niedrigwassersituation nachgewiesen werden.

Für die Regionen der Urstromtäler in Brandenburg wurde 2015 überwiegend eine Normalsituation der Grundwasserstände beobachtet, die zur Jahresmitte teilweise in eine mäßige Niedrigwassersituation überging. Im östlichen und südöstlichen Brandenburger Elbeeinzugsgebiet wurden abweichend davon vereinzelt starke bis extreme Unterschreitungen der Mittelwerte registriert. Gegenüber lagen in den Hochflächenbereichen Brandenburgs die Grundwasserstände im Normalbereich bzw. unterschritten diesen mäßig. In nur lokal verbreiteten, geringmächtigen Hochflächen-sanden und Sandern sowie in Bereichen von Wasserscheiden traten vereinzelt mäßig bis extrem starke Niedrigwassersituationen ein.

Im nord- und mitteldeutschen Mittelpleistozän Niedersachsens konnte im Juni 2015 ein im Vergleich zum mehrjährigen Monatsmittelwert durchschnittlich um 55 cm verringerter Monatsmittelwert für die betrachteten Messstellen festgestellt werden, wobei diese Unterschreitung, wenn auch in geringerem Maße (25 cm) bereits im Juni 2014 zu beobachten war.

In den Ländern Sachsen, Sachsen-Anhalt und Niedersachsen wurde die Auswertung des Einflusses des Trockenwetterjahres 2015 nicht speziell auf Flach- bzw. Tiefbohrungen ausgerichtet.

In Hamburg wird der Wasserstand der Elbe vor allem durch Ebbe und Flut beeinflusst. Diese Tideeinflüsse wirken sich auch auf die Grundwasserstände in den elbenahen Grundwassermessstellen aus. Auswirkungen der Trockenperiode konnten im Grundwasser nicht festgestellt werden.

4.2 Auswertung der Quellschüttungen

Auch wenn die Quellschüttungen in der **Tschechischen Republik** bis in den April 2015 (den Monat mit den üblichen Frühjahrsmaxima) zunahmen, wurde auf der monatlichen Überschreitungskurve nicht einmal das normale Niveau erreicht. Danach verringerten sich die Quellschüttungen bereits, und zwar mit größerer Intensität, als es für die jeweiligen Monate normal ist. Am stärksten von der Niedrigwassersituation betroffen war bereits ab Juli das Teileinzugsgebiet der tschechischen Oberen und mittleren Elbe (nordöstliches Böhmen).

Im Hinblick auf die Einordnung der Schüttung auf den monatlichen Überschreitungskurven war die Schüttung im September am geringsten. Niedrige Werte erreichten die überwachten Messstellen jedoch bereits im Juli und August. Vereinzelt Zunahmen der Schüttung im August waren nur kurzzeitig. Ende August befanden sich in den Teileinzugsgebieten der Unteren Moldau sowie der Eger, der tschechischen unteren Elbe und anderer Elbenebenflüsse 70 % der Messstellen unter der Niedrigwassergrenze (85 % der monatlichen Überschreitungskurve), günstiger war die Situation im Teileinzugsgebiet der Oberen Moldau, wo nur ein Drittel der Quellen bis zur Niedrigwassergrenze zurückging. Im ganzen Gebiet verschlechterte sich die Gesamteinordnung der beobachteten Quellschüttungen auf den monatlichen Überschreitungskurven und bis auf das Teileinzugsgebiet der Berounka lagen die Quellschüttungen unter dem mehrjährigen Durchschnitt. Die niedrigsten Werte für die Schüttung wurden im Teileinzugsgebiet der tschechischen Oberen und mittleren Elbe erreicht.

Im September setzte sich der Rückgang der Quellschüttungen vom Sommer fort, und zwar überwiegend im Teileinzugsgebiet der Unteren Moldau. Im Teileinzugsgebiet der Eger, der tschechischen unteren Elbe und anderer Elbenebenflüsse (Nordwesten Böhmens) blieben die Werte der Schüttung gleich. Die Anzahl der Messstellen mit einer Schüttung unter der Niedrigwassergrenze blieb hoch und betrug 60 %, in den Teileinzugsgebieten der Unteren Moldau sowie der Eger, der

tschechischen unteren Elbe und anderer Elbenebenflüsse waren es 70 %. Die Gesamteinordnung der Quellen auf den monatlichen Überschreitungskurven veränderte sich im September nicht stärker. Die niedrigsten Werte für die Schüttung gab es im Teileinzugsgebiet der tschechischen Oberen und mittleren Elbe.

Im Oktober blieben die Werte für die Schüttung in den Teileinzugsgebieten der Oberen Moldau, der Berounka sowie der Eger, der tschechischen unteren Elbe und anderer Elbenebenflüsse konstant. In den Teileinzugsgebieten der tschechischen Oberen und mittleren Elbe sowie der Unteren Moldau setzten sich die leichten Rückgänge oder die Stagnation der Quellschüttungen fort. Der Gesamtanteil der Quellen mit einer unter dem mehrjährigen Mittelwert liegenden Schüttung blieb hoch, ebenso die Anzahl der Messstellen mit einer Schüttung unterhalb der Niedrigwassergrenze (60 %). Am geringsten war der Anteil der Messstellen unterhalb der Niedrigwassergrenze im Teileinzugsgebiet der Berounka (40 %). Im Vergleich zum September veränderte sich die Gesamteinordnung der Quellschüttungen in den einzelnen Einzugsgebieten aus der Sicht der monatlichen Überschreitungskurven nicht deutlicher.

Die letzten beiden Monate im Jahr 2015 brachten im größten Teil des Gebiets eine leichte Verbesserung der Werte für die Schüttung. Zum Jahresende verbesserte sich die Grundwassersituation im Teileinzugsgebiet der tschechischen Oberen und mittleren Elbe bis auf ein fast normales Niveau.

Bei den absoluten Minima waren die Werte der Quellschüttungen 2015 im Herbst am niedrigsten, und das vergleichbar mit den Jahren 1990 bis 1993. In der jährlichen Gesamtbilanz waren jedoch die Quellschüttungen 2015 besser, und zwar dank dem insgesamt normalen Verlauf der Werte für die Schüttung am Jahresanfang und der teilweisen Auffüllung der tieferen Grundwasserleiter am Jahresende.

Im **deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe** wurden Quellmessstellen in den Vor- und Mittelgebirgsregionen eingerichtet, wobei nur wenige Quellen nach dem wie in der Tschechischen Republik vergleichbaren Verfahren ausgewertet wurden. Die Grundwasserführung ist hier meist auf den Zwischenabfluss oder den Auslauf oder räumlich stärker begrenzter Grundwasserleiter limitiert. Somit machen sich kürzere Trockenperioden auch wesentlich schneller in einem Rückgang der Quellschüttung bemerkbar.

4.3 Auswertung der Wasserstände in den Tiefbohrungen

Etwas anders war in der **Tschechischen Republik** die Situation bei den tiefsten Grundwasserleitern, die mit Tiefbohrungen überwacht werden. Bis in den Mai blieben die Wasserstände in den Tiefbohrungen gleich, mit zeitweiligen Rückgängen und Anstiegen sowie innerjährlich mit dem vorherigen Jahr 2014 vergleichbar. Ein leichtes Abfallen begann sich erst mit Beginn des Sommers zu zeigen, als die größten Rückgänge insbesondere in den Becken des Riesengebirgsvorlandes und im Permokarbon Ostböhmens verzeichnet wurden. Im August gab es zwar im Vergleich zum Jahr 2014 in den meisten der untersuchten Gebiete einen sichtbaren Rückgang verschiedener Intensität, es handelte sich jedoch nicht um extrem niedrige Werte wie in den flachen Grundwasserleitern. Nur im Bereich des Permokarbons Ostböhmens fielen die Wasserspiegel in 67 % der untersuchten Tiefbohrungen deutlicher.

Im Oktober stagnierten die Grundwasserspiegel in den tiefen Grundwasserleitern in den meisten untersuchten Gebieten oder veränderten sich nur leicht. Ein Fallen des Wasserspiegels in den Bohrungen wurde nur im Gebiet des Permokarbons Ostböhmens (50 % der untersuchten Messstellen) und im Gebiet der Becken im Riesengebirgsvorland (33 % der untersuchten Messstellen) verzeichnet. An den anderen Standorten kam es bereits nicht mehr zu deutlicheren Rückgängen oder Anstiegen.

Im Laufe des Dezembers stieg der Grundwasserspiegel in vielen Gebieten der tiefen Grundwasserleiter nach längerer Zeit an. Am spürbarsten erhöhte sich der Wasserspiegel in den Gebieten des Permokarbons Ostböhmens und der Becken im Erzgebirgsvorland. In den anderen Gebieten überwogen die Stagnation oder ein leichter Anstieg des Wasserspiegels. Das einzige Gebiet, in dem der Wasserspiegel fiel, ist das Gebiet des Permokarbons West- und Mittelböhmens. Auch trotz des leichten Anstiegs der Wasserspiegel im Bereich des Cenomans der ostböhmischen Kreide war dort die Situation auch weiterhin im langfristigen Vergleich auf der monatlichen Überschreitungskurve am schlechtesten, die Niedrigwassergrenze erreichten 67 % der untersuchten Messstellen.

Angesichts der noch kurzen Wasserspiegelreihen bei den meisten Tiefbohrungen werden die Werte nur für einen kürzeren Zeithorizont von mehreren Jahren bewertet. Als trockensten Zeitraum in den tieferen Grundwasserleitern kann man vorerst die Jahre 2004, 2005 bzw. 2009 betrachten.

Eine speziell auf Tiefbohrungen ausgerichtete Auswertung des Einflusses des Trockenwetterjahres 2015 wurde im **deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe** nicht durchgeführt.

4.4 Zusammenfassung Grundwasser

Bei der Bewertung des Grundwassers im Jahr 2015 ist in der **Tschechischen Republik** in den flachen Grundwasserleitern schon in den Frühjahrsmonaten ein Grundwasserdefizit zu erkennen, als die Wasserstände in den Flachbohrungen zur Zeit der üblichen Frühjahrsmaxima leicht bis stark unter den mehrjährigen Mittelwerten lagen. Bereits im März traten sehr niedrige Wasserstände auf, und zwar insbesondere in den Teileinzugsgebieten der tschechischen Oberen und mittleren Elbe, der Oberen Moldau, der Berounka und der Unteren Moldau. Im Hinblick auf die Einordnung der Wasserstände in den Flachbohrungen auf den monatlichen Überschreitungskurven war Mitte August die trockenste Zeit, für die Quellschüttungen war es Ende September.

Bereits ab Juli war das Teileinzugsgebiet der tschechischen Oberen und mittleren Elbe (Nordostböhmen) das am stärksten von der Niedrigwassersituation betroffene Gebiet, und zwar sowohl in den flacheren als auch den tieferen Grundwasserleitern. Etwas anders war die Situation bei den tiefsten Grundwasserleitern, die mit Tiefbohrungen überwacht werden. Bis in den Mai blieben die Wasserstände in den Tiefbohrungen gleich, mit zeitweiligen Rückgängen und Anstiegen sowie im innerjährlichen Vergleich ähnlich. Ein leichtes Abfallen begann sich erst mit Beginn des Sommers zu zeigen und setzte sich durchgängig bis Oktober fort, als die Wasserstände anfangen zu stagnieren und im Nordosten Böhmens leicht zu steigen.

Aus längerfristiger Sicht (1981 – 2015) wird offensichtlich, dass die 2015 untersuchten Parameter bis auf sehr niedrige Niveaus sanken und dass man das Jahr 2015 den Niedrigwasserjahren zuordnen kann, ähnlich wie die Jahre 1991, 1992, 1993, 2003, 2004 bzw. 2009. In der jährlichen Gesamtbewertung war 2015 jedoch nicht das trockenste Jahr. Die niederschlagsreichere Periode im Herbst füllte die flachen und tieferen Grundwasserleiter teilweise auf und verbesserte somit die Gesamtbilanz des Jahres für das Grundwasser.

In **Deutschland** sind sowohl räumlich als auch jahreszeitlich betrachtet keine einheitlichen Tendenzen im Grundwasserstand für das Jahr 2015 zu erkennen.

In Sachsen haben sich seit dem Hochwasserereignis von 2013 die Grundwasserstände und Quellschüttungen landesweit quasi kontinuierlich verringert. In den Wintern 2013/14 und 2014/15 fand keine nennenswerte Grundwasserneubildung statt. 17 Prozent aller sächsischen Grundwassermessstellen hatten im Jahre 2015 ihren niedrigsten Wert bezogen (NW) auf alle Messstellen mit mehr als fünf vollständigen Abflussjahren.

In Niedersachsen ist von 2012 bis 2015 eine fehlende Auffüllung des Grundwasserreservoirs in den Wintermonaten festzustellen. Die winterlichen Höchststände weisen bis 2015 eine abnehmende Tendenz auf. Die mit der Trockenheit 2015 einhergehende sommerliche Absenkung führte somit in der Regel zu einem besonders niedrigen Grundwasserstand.

Für das Einzugsgebiet der Elbe kann auf sachsen-anhaltinischem, brandenburgischem und thüringischem Gebiet im Jahr 2015 keine generelle Niedrigwassersituation im Grundwasser festgestellt werden. Ebenso waren Schleswig-Holstein und Hamburg (sowohl tidebeeinflusst als auch tideunbeeinflusst) im Jahr 2015 nicht von einer Niedrigwasserperiode betroffen.

Im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe waren im vergangenen Jahr trotz der lokal auftretenden Niedrigwassersituation aufgrund der insgesamt verfügbaren Grundwasservorräte keine spezifischen Anpassungsmaßnahmen im Hinblick auf die Wasserversorgung erforderlich.

5 Niedrigwasser 2015 im Vergleich zu historischen Niedrigwasserereignissen

Für die Untersuchung der Intensität der Trockenheit in den Fließgewässern wurden die 7-tägigen Niedrigwasserabflüsse (NM_{7Q}) ausgewählt. Ermittelt wurden diese für das Jahr 2015 sowie als jährliche Serie für den jeweiligen Bezugszeitraum an den ausgewählten Pegeln. Die NM_{7Q} wurden auf Basis der sog. Wasserhaushaltsjahre, die mit dem 1. April beginnen und dem 31. März des Folgejahres enden, berechnet.

Die Abbildungen 5-1 bis 5.14 zeigen Säulendiagramme mit dem jeweiligen jahresbezogenen NM_{7Q} für ausgewählte Pegel. Die angegebenen Jahre sind als sogenannte Wasserhaushaltsjahre angelegt (jeweils Beginn am 1.4 und Ende am 31.3.).

Für die Elbe oberhalb der Moldaumündung am Pegel Kostelec nad Labem bzw. Brandýs nad Labem liegt eine Jahresserie mit den seit 1911 ausgewerteten mittleren Tagesabflüssen vor. Aus der Grafik in Abbildung 5-1 ist ersichtlich, dass das Ereignis 2015 das am stärksten ausgeprägte Niedrigwasserextrem ~~signifikant~~ seit 1954 war. Noch abflussärmer waren nur die Jahre 09/1911, 09/1921, 07/1930, 09/1947 sowie 02/1954.

Abb. 5-1: 7-tägige Niedrigwasserabflüsse an der Elbe in Brandýs nad Labem bzw. Kostelec nad Labem (Quelle: ČHMÚ)

Analog kann festgestellt werden, dass es sich an weiteren Pegeln im Einzugsgebiet der Elbe oberhalb der Moldaumündung (Jaroměř, Týniště nad Orlicí, Němčice und Nymburk) um die abflussärmste bzw. um eine der abflussärmsten Perioden im Sommer seit dem Jahre 1947 handelt (Abb. 5-2 bis 5-5).

Abb. 5-2: 7-tägige Niedrigwasserabflüsse an der Elbe in Jaroměř (Quelle: ČHMÚ)

Abb. 5-3: 7-tägige Niedrigwasserabflüsse an der Orlice in Týniště nad Orlicí (Quelle: ČHMÚ)

Abb. 5-4: 7-tägige Niedrigwasserabflüsse an der Elbe in Němčice (Quelle: ČHMÚ)

Abb. 5-5: 7-tägige Niedrigwasserabflüsse an der Elbe in Nymburk (Quelle: ČHMÚ)

Für die Jizera am Pegel Předměřice bzw. Tuřice liegt die Reihe der Tagesabflüsse seit 1911 vor. Ähnlich wie in Brandýs nad Labem ist ersichtlich (siehe Abb. 5-6), dass die Abflüsse 2015 die niedrigsten seit 1954 waren. Noch kleinere Niedrigwasserabflüsse wurden nur in den Jahren 08/1911, 09/1921, 09/1929, 07/1930, 10/1934, 08/1935 sowie 02/1954 verzeichnet.

Abb. 5-6: 7-tägige Niedrigwasserabflüsse an der Jizera in Tuřice bzw. Předměřice (Quelle: ČHMÚ)

Für den Pegel Prag an der Moldau (Abb. 5-7) liegt die Reihe der ausgewerteten Tagesabflüsse seit 1901 mit einer Unterbrechung in den Jahren 1921 und 1922 vor. Der kleinste ermittelte NM₇Q im Jahr 2015 beträgt 43,5 m³/s. Das Abflussregime wird durch die Bewirtschaftung der Talsperren der Moldaukaskade (z. B. Lipno I seit 1960, Orlík seit 1963) deutlich beeinflusst. Aus der Grafik in Abbildung 5-7 ist ersichtlich, dass vor der Errichtung der Talsperren in den Monaten 08/1904 und 01/1954 außergewöhnliche Niedrigwasserabflüsse registriert wurden. Würde man den geschätzten bereinigten NM₇Q-Wert vom August 2015 mit dem Wert 15,6 m³/s zugrunde legen (siehe Kapitel 3.5.2), würde dieses Niedrigwasser auf dem zweiten Platz hinter dem Jahr 1904 eingeordnet werden können. Vergleichbare Abflüsse unter 19 m³/s traten auch in den Jahren 09/1935, 08/1947, 08/1950 und 01/1954 auf.

Abb. 5-7: 7-tägige Niedrigwasserabflüsse an der Moldau in Prag (Quelle: ČHMÚ)

Für den Pegel Louny an der Eger sind die mittleren Tagesabflüsse seit 1921 ausgewertet worden, siehe Abbildung 5-8. Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass die Ganglinie der NM₇Q seit der Errichtung der Talsperre Nechanice (1968) ausgeglichener ist. Die ausgeprägtesten Niedrigwasserabflüsse traten vor dem Bau der Talsperre in den Jahren 08/1947, 07/1934 und 01/1952 auf.

Abb. 5-8: 7-tägige Niedrigwasserabflüsse an der Eger in Louny (Quelle: ČHMÚ)

Für den Pegel Děčín an der Elbe (Abb. 5-9) liegt die längste Reihe mit den ausgewerteten mittleren Tagesabflüssen vor, und zwar seit 1888. In der Grafik sind wegen der besseren Übersichtlichkeit die Daten erst ab 1901 dargestellt. Der kleinste ermittelte NM₇Q im Jahr 2015 beträgt 75,3 m³/s. Das Abflussregime ist stark durch die Bewirtschaftung der Moldaukaskade und teilweise auch den Betrieb der Talsperren im Einzugsgebiet der Elbe oberhalb der Moldaumündung (Les Království, Rozkoš, Pastviny) und im Einzugsgebiet der Eger (Nechanice) beeinflusst. In der Zeit vor der Errichtung der Talsperren waren die Jahre 08/1904, 02/1909, 08/1911, 08/1921, 08/1947 und 01/1954 äußerst abflussarm. Das Niedrigwasser 2015 an der Elbe unterhalb der Moldaumündung ist in dem durch die Bewirtschaftung der Talsperren (seit 1964) beeinflussten Zeitraum das am stärksten ausgeprägte. Würde man den geschätzten bereinigten Wert des NM₇Q vom August 2015 mit dem Wert 47,7 m³/s zugrunde legen (vgl. Kapitel 3.5.2), würde dieses Niedrigwasser dicht hinter den oben genannten Jahren eingeordnet werden können.

Abb. 5-9: 7-tägige Niedrigwasserabflüsse an der Elbe in Děčín (Quelle: ČHMÚ)

Für den Elbe-Pegel in Dresden liegt die Auswertung der 7-tägigen Niedrigwasserabflüsse (NM₇Q) seit 1901 vor (Abb. 5-10). Im Zeitraum von 1901 bis 1964 gab es in 23 Jahren niedrigere 7-tägige Abflüsse als 2015, die niedrigsten 1953 mit etwa 26 m³/s und 1947 mit etwa 38 m³/s. Nach 1964 war der niedrigste 7-tägige Abflusswert von etwa 82 m³/s im Jahr 2015 am geringsten. Er liegt jedoch immer noch deutlich über vielen vor 1964 gemessenen Werten.

Abb. 5-10: 7-tägige Niedrigwasserabflüsse an der Elbe in Dresden (Quelle: BfG, Daten: WSV)

Für diese Abmilderung von Niedrigwasserextremen ist die ausgleichende Wirkung der Speicherbewirtschaftung verantwortlich. Wie viel dazu der seit 1964 wirksame Einfluss der Moldaukaskade beiträgt, ist jedoch mit den vorliegenden Daten nicht genau zu bestimmen, denn auch an den (nur in geringerem Maße talsperrenbeeinflussten) Elbepegeln oberhalb der Moldaumündung nahm nach 1964 die Intensität der Niedrigwasserereignisse allgemein ab, wenngleich in moderaterem Umfang.

Der Pegel Bad Dübener See gibt einen Eindruck der Abflusssituation an der Vereinigten Mulde. Daten zu NM₇Q liegen seit 1961 vor (Abb. 5-11). Nur in den Jahren 1962 und 1976 wurden niedrigere Werte als 2015 gemessen. Auch in den oberhalb der Muldemündung gelegenen Pegeln an der Elbe waren diese Jahre durch bedeutende Niedrigwassersituationen geprägt, die durch den geringen Zufluss aus der Mulde nicht wesentlich verändert werden konnten.

Abb. 5-11: 7-tägige Niedrigwasserabflüsse an der Mulde in Bad Dübener See (Quelle: BfG, Daten: LfULG SN)

Für den Pegel Calbe-Grözehn an der Saale kann auf die Auswertung der NM₇Q-Serien seit 1932 zurückgegriffen werden (Abb. 5-12). Deutlich niedrigere 7-tägige Abflüsse als in 2015 gab es in der beobachteten Periode von 1933-1936, 1943, 1947-1954, 1958, 1964 und 1976. Im Zeitraum 1932 bis 1945 wurden die Talsperren der Saalekaskade in Betrieb genommen. Da vor 1932 keine belastbaren Daten zur Verfügung stehen, kann der Einfluss der Saalekaskaden nicht sicher beurteilt werden. Allerdings nahm in den letzten Jahrzehnten die Intensität der Niedrigwasserereignisse in der Saale – wie auch in der Elbe – insgesamt ab. Die Auswertung zeigt, dass die niedrigsten NM₇Q in den Jahren 1990 – 1992, 1997, 2001, 2003, 2004 und 2006 mit Werten etwas unter 40 m³/s vergleichbar mit 2015 sind.

Abb. 5-12: 7-tägige Niedrigwasserabflüsse an der Saale in Calbe-Grözehn (Quelle: BfG, Daten: WSV)

Für den unterhalb der Saalemündung gelegenen Elbe-Pegel in Barby liegen NM₇Q-Serien seit 1901 vor (Abb. 5-13). Bis 1964 waren die NM₇Q in 21 Jahren niedriger als in 2015 mit gut 150 m³/s. Werte unter 100 m³/s wurden in den Jahren 1904, 1908 und 1947 registriert. Insgesamt ist das Niedrigwasserabflussgeschehen an diesem Pegel weitgehend vergleichbar mit dem am Pegel Dresden, wenngleich mit geringeren Unterschieden in den Teilperioden vor und nach 1964.

Abb. 5-13: 7-tägige Niedrigwasserabflüsse an der Elbe in Barby (Quelle: BfG, Daten: WSV)

Für den Pegel Wittenberge an der Elbe konnten die NM₇Q seit 1901 ausgewertet werden (Abb. 5-14). In 9 Jahren in dieser Periode waren die Werte niedriger als 2015. Aufgrund des im Vergleich zum Pegel Dresden bedeutend größeren Einzugsgebietes fällt der Unterschied zwischen den Niedrigwasserständen in gewöhnlichen und Trockenjahren in Wittenberge weniger deutlich aus. Auch wenn das Niveau des NM₇Q des Jahres 2015 in Wittenberge in der Vergangenheit viel seltener unterschritten wurde als in Dresden, ist er auch in Wittenberge über den gesamten betrachteten Zeitraum nicht als extrem anzusehen.

Abb. 5-14: 7-tägige Niedrigwasserabflüsse an der Elbe in Wittenberge (Quelle: BfG, Daten: WSV)

Oberhalb von Wittenberge erhält die Elbe von der Havel einen nicht unbedeutenden Zufluss. In trockeneren Jahren weist die stark durch verschiedene Stauhaltungen beeinflusste Havel am Pegel Havelberg kurz vor der Einmündung in die Elbe jedoch Durchflüsse unter 20 m³/s auf, so dass ihr ausgleichender Effekt auf den Niedrigwasserabfluss in der Elbe relativ gering ist.

In der Elbe zeigten sich während 2015 zahlreiche „Hungersteine“ auf Grund des niedrigen Wasserstandes. Hungersteine sind markante Gesteinsformationen, Steine oder Tafeln in Flüssen, die bei besonders niedrigen Wasserständen zutage treten und mit Jahreszahlen oder Inschriften versehen sind. Diese erinnern an extreme Niedrigwasserperioden und die damit verbundene Not- und Hungerzeiten als Folge der Trockenheit. Im 12.08.2015 bei einem Abfluss von 74,4 m³/s am Pegel Děčín war die Inschrift „Wenn Du mich siehst, dann weine“ auf dem nahegelegenen Hungerstein zu lesen (Foto 5-1).

Foto 5-1: Hungerstein nahe der Stadt Děčín am 12.08.2015 (Quelle: Archiv Jan-Michael Lange)

Auch der Hungerstein von Dresden Laubegast am 13.08.2015 bei einem Abfluss von 80,4 m³/s gibt Zeugnis ab, von einem extremen Niedrigwasser auf diesem Elbeabschnitt (Foto 5-2).

Foto 5-2: Hungerstein in Dresden Laubegast am 13.08.2015 (Quelle: LfULG/Uwe Höhne)

6 Zusammenfassung

Die das Gebiet Mitteleuropas erfassende Niedrigwassersituation 2015 gehört im Einzugsgebiet der Elbe zu den historisch bedeutenden Niedrigwasserereignissen. Im vorliegenden Bericht werden die wichtigen meteorologischen und hydrologischen Aspekte dieses Ereignisses zusammengefasst.

Niederschlagsdefizite zeigten sich bereits im Vorjahr. Der November 2014 als Beginn des hydrologischen Jahres 2015 war durch unter dem Durchschnitt liegende Niederschlagshöhen gekennzeichnet; auch die niederschlagsreichen Monate Dezember und Januar konnten die Bodenspeichervorräte nicht gänzlich auffüllen. Von dem außerordentlich trockenen Februar an waren dann Frühjahr und Sommer 2015 durch eine Folge zumeist niederschlagsarmer Monate gekennzeichnet. Zu Beginn des Sommers waren die Bodenwasservorräte schon stark beansprucht; die sich wiederholenden Hitzewellen verschlechterten die Situation zunehmend. Die niedrige relative Luftfeuchtigkeit und die geringe Bewölkung zur Sommermitte trugen zu einer insgesamt erhöhten Verdunstung bei, wodurch sich, in Verbindung mit der Niederschlagsarmut, die Wasserknappheit im Einzugsgebiet weiter verschärfte. Als Höhepunkt der Niedrigwassersituation ist die Mitte des Monats August einzustufen. Zu Beginn der zweiten Augushälfte traten ergiebige Niederschläge auf, die die Trockenheit zwar abmilderten, aber keine grundlegende Wende der Situation bewirkten. Die Trockenheit setzte sich fort und die Situation an den Gewässern verbesserte sich erst durch eine Niederschlagsperiode ab Mitte Oktober 2015 deutlich.

Die Trockenheit 2015 wirkte sich auch auf das Grundwasser, am stärksten auf die Teileinzugsgebiete der tschechischen oberen und mittleren Elbe (Nordostböhmen), aus. An vielen Messstellen wurden historische Monatsminima verzeichnet.

Die Wasserführung fast aller Oberflächengewässer im tschechisch-deutschen Einzugsgebiet der Elbe war im Jahre 2015 durch die Niedrigwassersituation geprägt. Vielfach fielen die Abflüsse über mehrere Wochen hinweg weit unter Q_{10} . In einigen Regionen trockneten die kleineren Gewässer auch vollständig aus. Die Analyse der Wiederkehrintervalle der Niedrigwasserabflüsse zeigt, dass das Niedrigwasserextrem am stärksten im Einzugsgebiet der Elbe oberhalb der Moldaumündung ausgeprägt war. Hier übertrafen die gemessenen NM_7Q das 100jährige Wiederkehrintervall. An der Elbe unterhalb der Moldaumündung, wo das Abflussregime bereits durch die Moldaukaskade beeinflusst wird, entsprach das Wiederkehrintervall 20 bis 50 Jahren.

Die weitere Analyse der Niedrigwassersituation des Jahres 2015 geschah unter Berechnung und Bewertung des standardisierten Niedrigwasserindex SRI (Standard Runoff Index) und des Index der kumulierten Stärke des Niedrigwassers DMRI (Drought Magnitude Runoff Index). Diese ergab, dass die Niedrigwassersituation 2015 an nicht oder relativ wenig beeinflussten Gewässern größtenteils als extremes Niedrigwasser zu klassifizieren ist. An Gewässern unterhalb von Talsperren, die durch Niedrigwasseraufhöhung zu einer Verbesserung der Abflusssituation beitrugen, trat meistens „nur“ ein mäßiges bis starkes Niedrigwasser auf.

Der Vergleich der Niedrigwassersituation 2015 mit historischen Ereignissen seit 1901 zeigt, dass das Jahr 2015 unter dem Aspekt des Auftretens von Niedrigwasserabflüssen als abflussarme Extremsituation eingestuft werden muss. Allerdings gab es in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts eine Reihe von noch extremeren Situationen mit geringem Wasserdargebot. Deren Zahl verringert sich flussabwärts und kann als deutlicher Hinweis auf die Niedrigwasser abmildernde Wirkung der Talsperren im Einzugsgebiet der Elbe gewertet werden.