

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Fischer, Björn; Büttner, Uwe; Kuhn, Karin

Verfügbarkeit von regionalisierten Abflusskenn- größen in Sachsen

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:

Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/103264>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Fischer, Björn; Büttner, Uwe; Kuhn, Karin (2017): Verfügbarkeit von regionalisierten Abflusskenn- größen in Sachsen. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Bemessung im Wasserbau - Klimaanpassung, Untersuchungen, Regeln, Planung, Ausführung. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 58. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 97-106.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Verfügbarkeit von regionalisierten Abflusskenngrößen in Sachsen

Björn Fischer

Uwe Büttner

Karin Kuhn

Hydrologische Abflusskenngrößen spielen eine entscheidende Rolle für die Planung und Bemessung wasserbaulicher Anlagen und dienen den Wasserbehörden zu Prüfungszwecken. Dabei sind nicht nur Hochwasserkennwerte von Bedeutung, z. B. zur Bemessung von Brücken, sondern auch Mittel- und Niedrigwasserkenngrößen (ökologische Funktion der Gewässer).

Um diese Abflusskenngrößen verfügbar zu machen, wurden in den letzten Jahren in Sachsen verschiedene Forschungsprojekte durch das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) betreut und zusammen mit Partnern aus der Praxis bearbeitet.

Im Rahmen des Projektes KLiWES (Abschätzung der Auswirkung der für Sachsen prognostizierten Klimaveränderungen auf den Wasser- und Stoffhaushalt in den Einzugsgebieten der sächsischen Gewässer – Teil Wasserhaushalt) wurde die DHI WASY GmbH beauftragt, auf Basis einer landesweiten Regionalisierung Niedrigwasserkennwerte (MNQ) zu ermitteln und diese webbasiert bereitzustellen. Für die Regionalisierung wurde die Verfahrenskombination Multiple lineare Regression zur Bestimmung der MNQ und Top Kriging zum Ausgleich der Residuen verwendet. Die Ergebnisse wurden in eine Datenbank überführt und können seit 5/2014 im webbasierten Wasserhaushaltsportal Sachsen (www.wasserhaushaltsportal.sachsen.de) abgefragt werden.

Zur flächendeckenden Bestimmung von Hochwasserkennwerten wurde im Zuge des FuE-Vorhabens „Flächenhafte Bestimmung von Hochwasserspenden“ in den Jahren 2009/2010 ein für das Gebiet Sachsens einheitliches Verfahren durch die DHI WASY GmbH erarbeitet. Hierbei wurde die Verfahrenskombination Multiple lineare Regression zur Bestimmung des mittleren Hochwassers (MHQ), Top Kriging zum Ausgleich der Residuen und das Index-Flood-Verfahren zur Bestimmung der Hochwasserabflüsse mit Wiederkehrintervall (HQ_T) verwendet. 2015 wurden die MHQ und HQ_T auf Basis einer aktualisierten Datengrundlage neu berechnet. Um einen breiten Zugriff auf diese Kennwerte zu ermöglichen, wurden die Ergebnisse in eine Datenbank überführt und werden in Kürze im Wasserhaushaltsportal Sachsen abrufbar sein.

Ergänzend zu den bereits zur Verfügung stehenden Abflusskenngrößen werden aktuell durch die DHI WASY GmbH flächendeckend Mittelwasserkennwerte

(MQ) ermittelt. Dabei kann auf Ergebnisse des KliWES-Projektes zurückgegriffen werden. Auch diese Kennwerte werden im Wasserhaushaltsportal Sachsen webbasiert abrufbar sein.

Im Ergebnis dieser Arbeiten können Hoch-, Mittel- und Niedrigwasserkennwerte für Sachsen über das Wasserhaushaltsportal Sachsen abgerufen werden und stehen Wasserbehörden, Betrieben sowie Planern frei zur Verfügung.

Stichworte: Niedrigwasser-, Mittelwasser- und Hochwasserkenngrößen, Wasserhaushaltsportal Sachsen

1 Einleitung

In Sachsen wurden in den letzten Jahren verschiedene Forschungsprojekte durch das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) zur Regionalisierung von Abflusskenngrößen betreut und zusammen mit Partnern aus der Praxis bearbeitet. Der vorliegenden Artikel gibt einen Überblick zu den aktuellen Arbeiten und Ergebnissen. Aufgrund des Umfangs der Arbeiten kann an dieser Stelle nur ein Teil der Arbeiten aufgezeigt werden. Für tieferegehende Recherchen zu den Daten, Methoden und Ergebnissen sein auf die Veröffentlichungen LfULG (2012), DHI WASY (2015a), LfULG (2017) oder die Web-Anwendung im Wasserhaushaltsportal Sachsen (www.wasserhaushaltsportal.sachsen.de) mit dem enthaltenen Leitfaden verwiesen.

2 Methodik

Für die Regionalisierung von Durchflusskenngrößen sind in der Literatur eine ganze Reihe von Methoden beschrieben. Zum Erreichen optimaler Ergebnisse wurden für unterschiedliche Durchflusskenngrößen voneinander abweichende Methoden bzw. Verfahrenskombinationen in Sachsen angewendet. Das war zum einen in der zur Verfügung stehenden Datengrundlagen und zum anderen auf den zu erzielenden Ergebnissen begründet.

Im Ergebnis eines Auswahlprozesses wurde für die Regionalisierung von Niedrigwasserkenngrößen und der mittleren Hochwasserabflüsse (MHQ) folgende Verfahrenskombination verwendet:

- multiple lineare Regression zwischen Durchflusskenngrößen und Einzugsgebietskenngrößen und
- regionale Analyse und Ausgleich der Residuen der multiplen linearen Regression mit Top Kriging.

Bei der Bestimmung der Hochwasserabflüsse mit Wiederkehrintervall (HQ_T) kam darüber hinaus die

- Bestimmung der höheren Momente (Varianz und Schiefe) der regionalen Verteilungsfunktion mit dem Index-Flood-Verfahren

zur Anwendung.

Für die Regionalisierung von Mittelwasserabflüssen wurde auf vorhandene Ergebnisse aus dem KLiWES-Projekt zurückgegriffen. Aus diesem Grund wurden die Daten im ersten Schritt mit der aktuellen Teileinzugsgebietsstruktur verschnitten und anschließend die

- regionale Analyse und Ausgleich der Residuen mit Top Kriging

durchgeführt.

Bei der multiplen linearen Regression werden Durchflusskenngrößen von Pegeln und Gebietskenngrößen der Pegelinzugsgebiete durch Regressionsmodelle miteinander verknüpft. Dabei wird davon ausgegangen, dass mit den aufgestellten Modellen auch für unbeobachtete Gewässerquerschnitte, deren Gebietskenngrößen bekannt sind, Durchflusskenngrößen bestimmt werden können.

Top Kriging gehört zur Gruppe der geostatistischen Verfahren, die auf der Annahme beruhen, dass benachbarte Gebiete ein ähnliches Abflussverhalten zeigen (BLÖSCHL, 2006), da sich Klima und Gebietseigenschaften nur allmählich im Raum ändern. Geostatistische Verfahren werden zur räumlichen Interpolation vieler hydrologischer Größen wie Grundwasserstand, Niederschlag oder Bodenfeuchte verwendet und wurden auch in anderen Regionen schon erfolgreich zur Bestimmung von regionalen Hochwasserkennwerten (z. B. MERZ und BLÖSCHL, 2005) und auch Niedrigwasserkennwerten angewandt (LAAHA, 2008).

Für die aktuellen Arbeiten wurden anstatt Durchflusskenngrößen Residuen verwendet. Mit den regionalisierten Residuen (Differenzen zwischen den mittels der multiplen linearen Regression berechneten Durchflüssen und den Durchflüssen aus der Pegelstatistik) können die mittels der multiplen linearen Regression bestimmten Durchflüsse beaufschlagt werden. Im Ergebnis zeigen die Pegelinzugsgebiete annähernd die beobachteten Durchflüsse. Des Weiteren werden die Abweichungen zwischen beobachteten und berechneten Durchflüssen auf ähnliche Gebiete in der jeweiligen Nachbarschaft übertragen, so dass mögliche Durchflussüber- bzw. -unterschätzungen durch die Regressionsmodelle in den unbeobachteten Gebieten in gewissem Maße ausgeglichen werden können.

Das Index-Flood-Verfahren (DALRYMPLE, 1960) ist die bekannteste Methode, welche auf der Bestimmung homogener Regionen beruht. Das Verfahren besteht aus drei Schritten. Im ersten Schritt werden homogene Regionen gefunden. Im zweiten Schritt werden die Hochwasserwahrscheinlichkeitskurven der Pegel innerhalb der homogenen Region mit dem MHQ (der Index-Flood) normiert und zu einer einzigen regionalen Verteilung zusammengefasst. Für Pegelgebiete mit Durchflussmessungen werden schließlich in einem dritten Schritt die aus den Durchflussmessungen bestimmten MHQ mit der regionalen Verteilung multipliziert, wodurch sich die gesuchten Hochwasserscheiteldurchflüsse mit Jährlichkeit HQ_T ergeben. Für Gebiete ohne Durchflussmessungen werden die MHQ aus Beziehungen zu diversen Einzugsgebietscharakteristika ermittelt, z. B. über eine multiple lineare Regression.

3 Datengrundlagen

Die Datengrundlage für die Regionalisierung von Niedrig- bis Hochwasserdurchflüssen bilden beobachtete Durchflussdaten hydrologischer Pegel von Fließgewässern in Sachsen. Vor der weiteren Verwendung der Daten war eine Reihe von Vorarbeiten notwendig:

- Verlängerung der Pegel-Beobachtungsreihen (mit Vorgänger- und Nachfolgepegeln)
- Datenkorrekturen und Lückenfüllung in den Beobachtungsreihen der Pegel
- Überprüfung auf Beeinflussungen der Pegel und Kürzen der Beobachtungsreihen bzw. Entfernen der Pegel aus dem Datenkollektiv

Auf Basis dieser Daten wurden anschließend die Durchflusskennwerte MNQ_{Winter} , MNQ_{Sommer} , $MNQ_{Gesamtjahr}$, MQ und MHQ bestimmt. Zur Ermittlung der HQT mit $T = 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100$ und 200 Jahren kam das Programm zur Berechnung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten $HQ-EX$ 4.0 (DHI WASY 2015b) zur Anwendung.

Zur Bestimmung der mittleren Durchflüsse in Sachsen wurde auf vorhandene Ergebnisse aus dem KLiWES-Projekt zurückgegriffen, in dem bereits für den Großteil von Sachsen entsprechende Durchflüsse ermittelt wurden.

Für die anzuwendenden Regionalisierungsverfahren multiple lineare Regression und Top Kriging waren Geodaten und daraus für räumliche Einheiten abgeleitete Gebietskenngrößen notwendig. Im Zuge der Modellerstellung wurden diese Gebietskenngrößen zunächst für die Einzugsgebiete der verwendeten Fließge-

wässerpegel und später für alle Einzugsgebiete gemäß Digitalem Flächenverzeichnis (Stand August 2015) bereitgestellt.

Die Auswahl der Gebietskenngrößen, die in die Regionalisierung einzubeziehen waren, gestaltete sich insofern schwierig, dass die Gebietskenngrößen, die einen signifikanten Einfluss auf die Durchflüsse haben, a priori nicht bekannt sind. Aufbauend auf den Erfahrungen bei der Hochwasserregionalisierung in Brandenburg (DHI WASY 2009), Sachsen (LfULG, 2013), Rheinland-Pfalz (DHI WASY 2010) und Thüringen (DHI WASY 2012) kamen folgende Gebietskenngrößen für die Regionalisierung prinzipiell in Frage:

- Hydrographische und morphologische Kenngrößen, z. B. Einzugsgebietsfläche, Einzugsgebietsform, Fließgewässerdichte, Geländegefälle, Geländehöhe
- Meteorologische und hydrologische Kenngrößen, z. B. mittlerer Jahresniederschlag, mittlerer jährlicher Zufluss zum Speicher der langsamsten unterirdischen Abflusskomponente, Rückgangskonstante der langsamsten unterirdischen Abflusskomponente
- Landnutzungskenngrößen, z. B. Waldanteil, Anteil der bebauten Fläche
- Bodenkenngrößen, z. B. nutzbare Feldkapazität

Grundsätzlich müssen die ausgewählten Gebietskenngrößen flächendeckend, d. h. auch für die außerhalb des Territoriums Sachsens zu berücksichtigenden Einzugsgebietsanteile, ableitbar sein. Die Grundlage für die Ermittlung der Gebietskenngrößen ist daher eine konsistente digitale Geodatenbasis für das gesamte über Sachsen hinausgehende Untersuchungsgebiet.

4 Ergebnisse

Nach Anwendung der Regionalisierungsverfahren lagen für 3349 Zu- und 6240 Ausflussquerschnitte der Teileinzugsgebiete Durchflüsse und Durchflussspenden vor.

Diese Ergebnisse wurden anschließend einer Reihe von Tests und anschließenden Korrekturen und Plausibilisierungen unterzogen. Es wurden untersucht:

- unplausibel geringe Abflussspenden,
- lokale Konsistenz der Abflussspenden,
- Plausibilisierung der Abflüsse im Flusslängsschnitt.

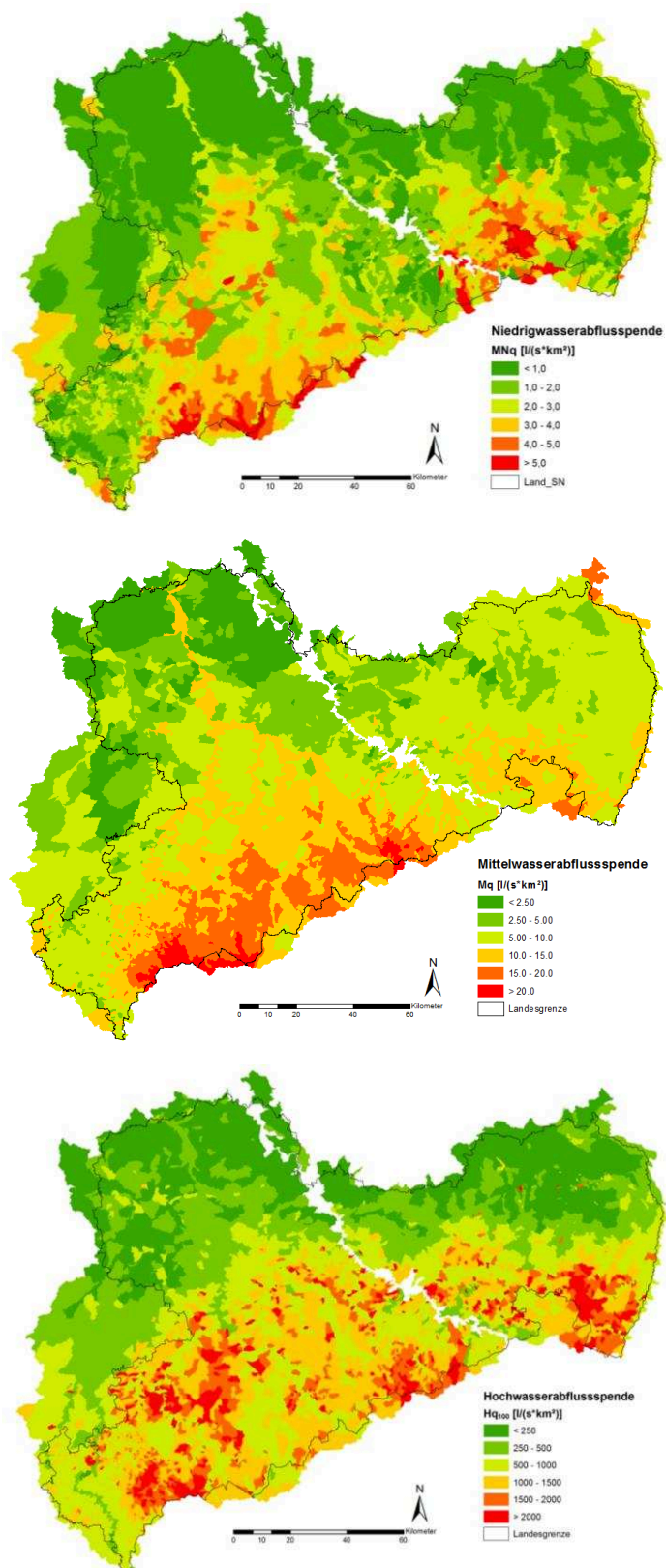


Abbildung 1: Durchflussspende für $MNq_{\text{Gesamtjahr}}$, Mq und Hq_{100} an den Ausflussknoten der Teileinzugsgebiete

Beispielsweise wurde als eine unplausibel geringe Abflussspende für $MNq_{\text{Gesamtjahr}}$ ein Abfluss von $0,3 \text{ l/(s*km}^2\text{)}$ festgelegt, da dies in etwa dem Wert entspricht, den die verwendeten Pegel mit den geringsten Abflussspenden im Untersuchungsgebiet besitzen. Wurden geringere Abflussspenden registriert, erfolgte eine Anhebung der Abflussspende auf den genannten Wert.

Die Einhaltung der lokalen Konsistenz fordert, dass an einem Querschnitt z. B.

$MNq_{\text{Gesamtjahr}} \leq MNq_{\text{Sommer}} \leq MNq_{\text{Winter}} < MQ$ ist.

Bei Verletzung der lokalen Konsistenz wird der entsprechende Durchflusswert auf den kleinsten plausiblen Wert angehoben. Verfahrensbedingt ist bei den HQ_T ist die lokale Konsistenz immer gegeben.

Bei der Plausibilitätsprüfung im Flusslängsschnitt wurde festgelegt, dass die Abflüsse im Längsschnitt zunehmen bzw. zumindest konstant bleiben sollten. Dabei werden mehrere Fälle unterschieden. Bei einer Verletzung der Plausibilitätskriterien wurde der entsprechende Abfluss auf den kleinstmöglichen plausiblen Wert angehoben.

In Abbildung 1 sind beispielhaft die berechneten, korrigierten und plausibilisierten Abflussspenden für $MNq_{\text{Gesamtjahr}}$, Mq und Hq_{100} an den Ausflussknoten der Teileinzugsgebiete enthalten.

5 Webanwendung im Wasserhaushaltsportal

Über das Wasserhaushaltsportal Sachsen werden die regionalisierten Abflusskenngrößen in einer Browserumgebung für Wasserbehörden und andere Anwender schnell und komfortabel bereitgestellt.

Die internetbasierte Anwendung setzt auf die GIS-Standard-Software ArcGIS-Server der Fa. Esri und auf Software von DHI WASY auf. Basis der in der Webanwendung dargestellten und abfragbaren Themen bildet ein Kartendokument mit den in einer Datenbank gespeicherten Projektergebnissen, welches veröffentlicht wird. Als Hintergrundkarte wurde der WMS Dienst WebAtlasSN (Stand 2015) mit Informationen aus dem Digitalen Landschaftsmodell und den Hauskoordinaten aus dem Liegenschaftskataster integriert.

Die Durchflüsse und Durchflussspenden können für beliebig wählbare Fließgewässerabschnitte abgefragt werden. Die Auswahl des Querschnitts kann interaktiv in der Karte durch Setzen eines beliebigen Punktes im Fließgewässernetz oder über eine Auswahlliste der Gewässer erfolgen. Die berechneten Kennwerte werden längengewichtet zwischen dem Zufluss und -Ausfluss des gewählten Einzugsgebietes interpoliert und in einer Tabelle für den Anwender dargestellt.

In Abbildung 2 ist beispielhaft die Benutzeroberfläche der Webanwendung an einem ausgewählten Gewässerabschnitt mit den Abflusspenden für MNq_{Winter} , MNq_{Sommer} , $MNq_{Gesamtjahr}$, Mq dargestellt.

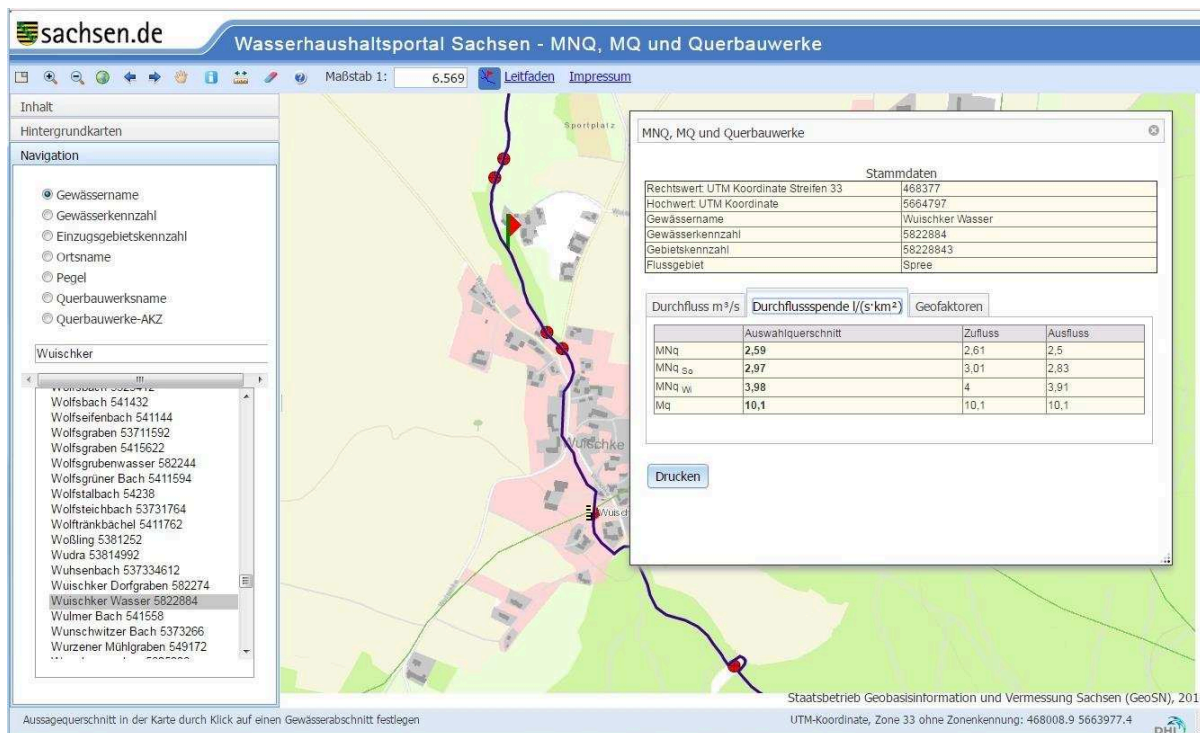


Abbildung 2: Benutzeroberfläche der Webanwendung „MNQ, MQ und Querbauwerke“ mit ausgewähltem Gewässerquerschnitt und Stammdatenblatt

Die in der Webanwendung hinterlegten Kennwerte bzw. Durchflüsse sind von den Nutzern in der wasserwirtschaftlichen Praxis jeweils unter Beachtung des entsprechenden Anwender-Leitfadens zu verwenden (Abbildung 3). Diese erläutern die wichtigsten fachlichen Hintergründe und zeigen, wie die betreffenden Kennwerte im webbasierten „Wasserhaushaltsportal Sachsen“ hinterlegt sind und von dort abgerufen werden können.

Die seit 2014 für die Öffentlichkeit freigebende bisherige Webanwendung „Niedrigwasserkennwerte“ wurde im Zuge der Aktualisierung der Datengrundlagen 2015 sowie der Erweiterung um Mittelwasser- und Hochwasserkennwerte überarbeitet und wird der breiten Öffentlichkeit ab Mitte 2017 zur Verfügung stehen.



Abbildung 3: Leitfaden Niedrigwasserkennwerte (bisheriger Stand 2014)

6 Literatur

- BLÖSCHL, G. (2006): Geostatistische Methoden bei der hydrologischen Regionalisierung. In: Wiener Mitteilungen, Wasser-Abwasser-Gewässer, Band, 197, Technische Universität Wien, pp. 21-40.
- DALRYMPLE, T. (1960): Flood-frequency analysis - manual of hydrology, part 3. U. S. Geological Survey, Water Supply Paper 1543-A, Washington.
- DHI WASY (2009): Landeseinheitliche Regionalisierung von Hochwasserabflüssen im Land Brandenburg. Schlussbericht, DHI-WASY GmbH im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg.
- DHI WASY (2010): Überarbeitung des im Land Rheinland-Pfalz genutzten Verfahrens zur Regionalisierung von Hochwasserabflüssen. Schlussbericht, DHI-WASY GmbH im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz.
- DHI WASY (2012): Hochwasserregionalisierung Thüringen. Schlussbericht, DHI-WASY GmbH im Auftrag der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie.
- DHI WASY (2015a): Neubestimmung von Hochwasser-wahrscheinlichkeiten nach dem Hochwasser im Jahr 2013. DHI WASY GmbH im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie.

- DHI WASY (2015b): HQ-EX 4.0 – Programm zur Berechnung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten. Benutzerhandbuch, DHI WASY GmbH.
- LAAHA, G. (2008): Aspekte der statistischen Modellierung raumbezogener Umweltdaten am Beispiel von Abflussdaten. Universität für Bodenkultur Wien; Habilitation im Fach Umweltstatistik.
- LfULG (2012): Flächenhafte Bestimmung von Hochwasserspenden. Schriftenreihe des Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Heft 3/2012.
- LfULG (2017): KLIWES - Klimawandel und Wasserhaushalt in Sachsen. Schriftenreihe des Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, (Veröffentlichung geplant).
- MERZ, R. and BLÖSCHL, G. (2005): Flood frequency regionalisation – spatial proximity vs. catchment attributes. Journal of Hydrology, 302, 283-306.

Autoren:**Dipl.-Hydrol. Björn Fischer**

DHI WASY GmbH
Abteilung Solution
Volmerstraße 8
12489 Berlin

Tel.: +49 (0)30 67 99 98 602
Fax: +49 (0)30 67 99 98 99
E-Mail: bfi@dhigroup.com

Dipl.-Hydr. Uwe Büttner

Sächsisches Landesamt für Umwelt,
Landwirtschaft und Geologie
Referat 45
Pillnitzer Platz 3
01326 Dresden

Tel.: +49 0351 8928 4512
Fax: +49 0351 8928 4099
E-Mail: Uwe.Buettner@smul.sachsen.de

Dipl.-Hydr. Karin Kuhn

Sächsisches Landesamt für Umwelt,
Landwirtschaft und Geologie
Referat 44
Pillnitzer Platz 3
01326 Dresden

Tel.: +49 0351 8928 4400
Fax: +49 0351 8928 4099
E-Mail: Karin.Kuhn@smul.sachsen.de