

## Tafel 5.11 Niedrigwasser – kleinste Mehrtagesmittel des Abflusses

### Einleitung

Niedrigwasser ist nach [4] folgendermassen definiert: «Wasserstand oder Abfluss, der deutlich unter dem langjährigen Mittelwert liegt». Diese Definition ist nicht quantitativ, und so sind Schwellenwerte von der Fragestellung und anderen Gewässerparametern (z.B. der Temperatur) abhängig: Ein bestimmter Niedrigwasserstand kann beispielsweise für die Schifffahrt schon Probleme bereiten, während er für die Einleitung von Abwasser noch unbedenklich ist. Ebenso belasten kleine Abflussmengen den Fischbestand in einer Hitzeperiode stärker als bei kühlen Temperaturen.

Die Niedrigwasserverhältnisse lassen sich mit verschiedenen Kenngrössen beschreiben [9]: In der Schweiz ist für die Wasserbewirtschaftung die Abflussmenge  $Q_{347}$  gesetzlich relevant (vgl. Tafel 5.8). Je nach Fragestellung können aber auch der kleinste Abflusswert, die Dauer der Unterschreitung eines Abfluss-Schwellenwerts oder das Defizitvolumen bezogen auf einen Abfluss-Schwellenwert von Bedeutung sein [5]. Zudem interessiert häufig auch der Auftretenszeitpunkt eines Niedrigwassers innerhalb des Jahres (Saisonalität).

Bei der Verwendung von Abflussdaten im Niedrigwasserbereich muss man sich bewusst sein, dass der relative Messfehler grösser ist als bei mittleren Abflüssen. Kleine Veränderungen des Wasserstands wirken sich prozentual stark auf die daraus abgeleitete Abflussmenge aus – insbesondere bei breiten Gerinnen mit geringer Wassertiefe. Bei einigen Abflussmessstationen versucht man den Messfehler mit dem Einbau von Niedrigwasserrinnen zu minimieren [8].

### Die Niedrigwasserkenngrösse NMxQ

Die Niedrigwasserkenngrösse NMxQ gibt den kleinsten, über x aufeinanderfolgende Tage gemittelten Abfluss innerhalb eines Niedrigwasserjahres an (kleinstes x-Tagesmittel). Die Verwendung von sogenannten Niedrigwasserjahren ist aus folgendem Grund nötig: In den alpinen Gewässern treten Niedrigwasser oft im Winter auf. Bei der Arbeit mit Kalenderjahren käme es häufig zu statistischen Abhängigkeiten der jährlichen Niedrigwasserkenngrössen. Diese Abhängigkeiten ergeben sich dann, wenn sich eine Trockenperiode über die gewählte Jahresgrenze hinaus erstreckt und damit für die zwei aufeinanderfolgenden Jahre je ein Niedrigwasser in die Statistik eingeht, obschon beide eigentlich zur selben Trockenperiode gehören. Solche Abhängigkeiten sind in der Statistik unzulässig. In der vorliegenden Analyse wird bei Niedrigwasserkenngrössen deshalb mit einer Kalendereinteilung vom 1. Mai bis 30. April gearbeitet (Niedrigwasserjahr), da im April und Mai aufgrund der Schneeschmelze selten minimale Abflüsse auftreten.

In dieser Atlas-Tafel steht die Niedrigwasserkenngrösse NM7Q im Mittelpunkt, d.h. das kleinste 7-Tagesmittel des Abflusses innerhalb eines Niedrigwasserjahres (s. Fig. 2). Es ist durchaus möglich, Abflussmittel über andere Zeitspannen zu wählen – z.B. über 1, 14 und 30 Tage (s. Tab. 1) [2,3]. Der Vorteil der Kenngrösse NM7Q ist, dass sie in einer ähnlichen Grössenordnung liegt wie das kleinste Tagesmittel, dass sie aber weniger anfällig auf Messfehler oder kurzfristige anthropogene Einflüsse ist, da diese ausgeglichen werden. Abflussmittel über längere Zeitspannen (NM14Q, NM30Q) haben hingegen den Nachteil, dass bei mittelländischen und jurassischen Fliessgewässern diese Kenngrössen häufig kurzzeitig erhöhte Abflüsse mit einschliessen (vgl. Fig. 2).

In den drei Karten dieser Atlas-Tafel werden verschiedene Aspekte der Niedrigwasserkenngrösse NM7Q dargestellt. Die Karten basieren auf den Daten eidgenössischer Abflussmessstationen. Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurde in allen Fällen mit den Abflussmessdaten der Periode 1984–2003 gearbeitet. Mit der Wahl dieser Periode wird einerseits der Aktualität und andererseits der grösstmöglichen Datenverfügbarkeit Rechnung getragen.

## Mittlere Abflussmenge und -spende

Die Karte der mittleren Abflussmenge und -spende gibt Auskunft über die im Mittel zu erwartenden Niedrigwasserabflüsse in verschiedenen Einzugsgebieten. Um den Einfluss der Einzugsgebietsgrösse auszuschliessen und dadurch die Daten räumlich besser vergleichbar zu machen, eignet sich die Abflussspende NM7q (NM7Q dividiert durch die Einzugsgebietsfläche). Für alle Einzugsgebiete mit keiner bis geringer anthropogener Beeinflussung ist diese Kenngrösse in Farbe dargestellt, sofern keine grösseren Datenunsicherheiten bestehen oder die Einzugsgebiete nicht im Ausland liegen. Teileinzugsgebiete ohne eine oberhalb liegende Messstation sind mit Schraffuren abgebildet. Trotz der vorhandenen Variabilität sind in der Karte einige räumliche Muster erkennbar. Im Jura und im westlichen Mittelland werden generell die kleinsten und in den Alpen die grössten NM7q beobachtet. Dies kann – ebenso wie die zum Teil kleinräumige Variabilität – zurzeit noch nicht schlüssig erklärt werden. Der Niedrigwasserabfluss aus einem Gebiet resultiert aus einem sehr komplexen Zusammenspiel verschiedenster Faktoren wie Niederschlagsmenge, -verteilung, Lufttemperatur, Evapotranspiration, Wasserspeichervermögen des Bodens und des Untergrunds. Für alle Abflussmessstationen, die in der Periode 1984–2003 in Betrieb waren, ist der Mittelwert der Abflussmenge NM7Q dargestellt, also auch für diejenigen mit mittlerer und grosser Beeinflussung.

Nur wenige unserer Fliessgewässer weisen heute noch natürliche Abflussverhältnisse auf; viele sind mehr oder weniger stark durch Stauseen, Kraftwerke, Seeregulierungen (vgl. Tafel 5.3), Einleitungen von Abwasserreinigungsanlagen oder Ableitungen für Trinkwassernutzungen und Bewässerungen beeinflusst (s. Tafel 5.10). Bezüglich Niedrigwasser lassen sich folgende drei Beeinflussungsgrade unterscheiden:

- 1) Keine bis geringe Beeinflussung: Es sind keine nennenswerten Beeinflussungen im Einzugsgebiet bekannt.
- 2) Mittlere Beeinflussung: Es sind Beeinflussungen im Einzugsgebiet vorhanden, die sich aber in den Niedrigwasserdaten nicht nachweisen lassen und daher von mässiger Bedeutung sind (z.B. Trinkwasserableitungen).
- 3) Starke Beeinflussung: Es sind Beeinflussungen im Einzugsgebiet vorhanden, die sich auch in den Niedrigwasserdaten nachweisen lassen (vgl. Fig. 1). Ursache dafür sind meistens Stauseen und Überleitungen.

## Anteil an der mittleren Abflussmenge

Die Karte der Anteile an der mittleren Abflussmenge erlaubt die Einordnung der Niedrigwasserabflüsse in das allgemeine Abflussverhalten des jeweiligen Einzugsgebietes, indem sie mit den mittleren Abflussverhältnissen verglichen werden. Zudem wird der Schwankungsbereich der kleinsten 7-Tagesmittel verdeutlicht. Dargestellt wird der Anteil der Niedrigwasserkenngrosse NM7Q am mittleren Abfluss (MQ) der Periode 1984–2003 (NM7Q dividiert durch MQ). Blaue Säulen repräsentieren ein eher ausgeglichenes Abflussverhalten, grüne und gelbe Säulen stehen für stärker vom MQ abweichende Niedrigwasser. Je mehr Niederschlag zwischenzeitlich als Schnee gespeichert wird, desto unausgeglichener ist das Abflussverhalten. Deshalb ist in den höher gelegenen Einzugsgebieten der Anteil der Abflussmenge NM7Q an der mittleren Abflussmenge kleiner als in den tiefer gelegenen.

## Saisonalität

Die dritte Karte beschreibt die Saisonalität, also die zeitliche Verteilung des Auftretens der Abflussmenge NM7Q innerhalb des Jahres. Die Richtung des roten Zeigers markiert das mittlere Auftretensdatum. Die Farbe des Kreissektors illustriert die Jahreszeit. Die Länge des Zeigers ist ein Mass für die Stärke der Saisonalität: Tritt das NM7Q in jedem Jahr am genau gleichen Datum auf, hat der Zeiger eine Länge von 1 auf dem Einheitskreis, bei völlig zufälligem Auftreten innerhalb des Jahres ist die Länge 0. Zur Berechnung der beiden Kenngrössen werden die Methoden der richtungsbezogenen (direktionalen) Statistik verwendet [6].

Die Karte verdeutlicht unter anderem den Zusammenhang zwischen Regimetyp und Saisonalität der Niedrigwasser. In alpinen Einzugsgebieten treten die kleinsten Abflüsse meist im Winterhalbjahr auf, wenn der Niederschlag in Form von Schnee gespeichert wird. In Einzugsgebieten des Mittellandes und des Juras sind Niedrigwasser im Sommer und im Herbst häufig – die Auftretenszeitpunkte variieren allerdings stärker als im Alpenraum.

### **Zeitreihen ausgewählter Stationen**

In den Grafiken der Zeitreihen ist der Verlauf der Niedrigwasserkenngrosse NM7Q für sechs Stationen mit langen Messperioden dargestellt. Auf der linken Seite sind drei Stationen aufgeführt, die unterschiedlichen Regimetypen angehören (vgl. Tafel 5.2) und weitgehend unbeeinflusst sind. Der gleitende Zwanzigjahresmittelwert zeigt auf, dass die Daten über längere Zeiträume kaum schwanken und insbesondere keinen Trend aufweisen. Somit kann die für die Kartierung gewählte Periode 1984–2003 als repräsentativ für einen längeren Zeitraum aufgefasst werden. Der tiefpassgefilterte Neunjahresmittelwert betont die kurzfristigen Schwankungen der jährlichen Niedrigwasserwerte stärker [7]. Auf der rechten Seite sind die Zeitreihen von drei Stationen abgebildet, die ab einem bestimmten Zeitpunkt durch Stauseen stark beeinflusst sind. Bei der Vispa und der Rhone führte die Speicherbewirtschaftung zu einer Erhöhung der Abflüsse im Winterhalbjahr und damit zu höheren NM7Q. Bei der Drance de Bagnes kam es durch Überleitungen in andere Einzugsgebiete zu einer Senkung des NM7Q (siehe Tafel 5.3 und 5.10).

### **Jährlichkeiten der NMxQ am Beispiel der Trockenjahre 1947 und 2003**

Jährlichkeiten basieren auf statistischer Wahrscheinlichkeitsrechnung und geben an, wie oft ein bestimmtes Ereignis im Durchschnitt auftritt. In den Karten der Figur 3 werden die Trockenjahre 1947 und 2003 anhand der Niedrigwasserkenngrossen NM7Q, NM14Q und NM30Q verglichen. Ein dunkelblaues Kreissegment bedeutet beispielsweise, dass das entsprechende NMxQ durchschnittlich seltener als alle 100 Jahre auftritt. Für jedes der beiden Trockenjahre sind alle Stationen dargestellt, die jeweils in Betrieb standen und eine Messperiode von mindestens 30 Jahren aufweisen; einige Stationen liefern Daten für beide Jahre. Die meteorologischen Situationen waren 1947 und 2003 ähnlich: In beiden Jahren fiel von Januar bis in den Herbst deutlich weniger Niederschlag als im langjährigen Mittel und die Sommermonate waren markant wärmer als normal. Aufgrund des Niederschlagsdefizits in Kombination mit hohen Verdunstungsraten führten viele Fliessgewässer im Mittelland und im Jura Niedrigwasser, dies vor allem im Sommer und im Herbst. Der Vergleich der beiden Jahre zeigt, dass die Niedrigwassersituation 1947 deutlich stärker ausgeprägt war als 2003 [1,5].

## Literatur

- [1] **BUWAL, BWG, MeteoSchweiz (2004):** Auswirkungen des Hitzesommers 2003 auf die Gewässer. Schriftenreihe Umwelt Nr. 369:43–44, Bern.
- [2] **DVWK (1983):** Niedrigwasseranalyse. Teil 1: Statistische Untersuchung des Niedrigwasser-Abflusses. DVWK-Regeln 120/1983, Hamburg.
- [3] **DVWK (1992):** Niedrigwasseranalyse. Teil 2: Statistische Untersuchung der Unterschreitungsdauer und des Abflussdefizits. DVWK-Regeln 121/1992, Hamburg.
- [4] **Loat, R., Meier, E. (2003):** Wörterbuch Hochwasserschutz. Bern.
- [5] **Marti, Ph., Kan, C. (2003):** Vergleich der Trockenjahre 1947 und 2003 – ein Anwendungsbeispiel der Niedrigwasser-Datenbank NQStat. In: Wasser–Energie–Luft 95. Jg. Heft 11/12:333–336. Baden.
- [6] **Pfaundler, M., Wüthrich, T. (2006):** Saisonalität hydrologischer Extreme. Das zeitliche Auftreten von Hoch- und Niederwasser in der Schweiz. In: Wasser–Energie–Luft 98. Jg. Heft 2:77–82. Baden.
- [7] **Schönwiese, C.-D. (2000):** Praktische Statistik für Meteorologen und Geowissenschaftler. 3. Auflage:257–264, Stuttgart.
- [8] **Sigrist, B. (1996):** Die Messung extremer Pegelstände. Hydrologische Mitteilung Nr. 24, Bern.
- [9] **Tallaksen, L., Van Lanen, H. (2004):** Hydrological Drought. Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater. In: Developments in Water Science 48:139, Amsterdam.