

Vergleich der Trockenjahre 1947 und 2003 : ein Anwendungsbeispiel der Niedrigwasser-Datenbank NQStat

Autor(en): **Marti, Philippe / Kan, Caroline**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **95 (2003)**

Heft 11-12

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-939501>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Vergleich der Trockenjahre 1947 und 2003 – ein Anwendungsbeispiel der Niedrigwasser-Datenbank NQStat

■ Philippe Marti, Caroline Kan

Zusammenfassung

Mit der ab Mitte Dezember 2003 beim Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG) erhältlichen Niedrigwasser-Datenbank NQStat wird eine Lücke in der quantitativen Niedrigwasserhydrologie geschlossen. Für 344 Abflussmessstationen der Schweiz werden umfassende Daten und statistische Auswertungen zu quantitativen Niedrigwasser-Kenngrössen bereitgestellt.

Als Anwendungsbeispiel wird der trockene Sommer 2003 mit dem Trockenjahr 1947 verglichen. Trotz grundsätzlich vergleichbarer meteorologischer Bedingungen zeigt sich, dass die Niedrigwasserabflüsse im Sommer 2003 bei weitem nicht an die ausserordentliche Situation im Jahre 1947 herankommen.



Bild 1. August 2003: Ausgetrocknetes Bachbett der Gohl bei Langnau i.E. (Foto: S. Anderegg).

1. Einleitung

Im Wasserschloss Schweiz, wo Niederschläge normalerweise in ausreichenden Mengen fallen, waren Trockenheit und Niedrigwasser bis vor kurzem kaum ein Thema. Überschwemmungen treten demgegenüber regelmässig auf und stellen ein permanentes Risiko für die bevölkerten Gebiete dar. Aus diesem Grund wurden Abflussdaten bis anhin vorwiegend bezüglich Hochwasser ausgewertet. Was in anderen Weltregionen teilweise schon lange ein zentrales Problem ist, gewinnt jedoch zunehmend auch in der Schweiz an Beachtung: Wasser ist wie jede Ressource limitiert. Der heisse und trockene Sommer 2003 hat uns eindrücklich vor Augen geführt, welche Konsequenzen Niedrigwasserabflüsse mit sich bringen können: Fische mussten aus austrocknenden Fliessgewässern umgesiedelt werden, Wasserentnahmen zur Bewässerung von dürrereichem Ackerland wurden eingeschränkt oder ganz verboten, die Einleitung von Abwasser war wegen der geringen Verdünnung problematisch und bedrohte stellenweise den BADEPLAUSCH in Fliessgewässern, Wasserkraftwerke an Niedrigwasser führenden Flüssen konnten weniger Strom produzieren und so weiter.

2. Die Niedrigwasser-Datenbank NQStat

Am Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG) wurde kürzlich ein Projekt abgeschlossen, das die Lücke in der quantitativen Niedrigwasserhydrologie der Schweiz zu einem grossen Teil schliesst. In dieser Niedrigwasser-Datenbank werden für 344 Abflussmessstationen¹ umfassende Daten und statistische Auswertungen zu quantitativen Niedrigwasser-Kenngrössen bereitgestellt. Mit dieser Datenbank steht der Forschung und der Praxis eine Grundlage für weitere Analysen zur Verfügung. Aufgrund der Vielfalt der Kenngrössen, deren Interpretation zum Teil ein hydrologisches Basiswissen voraussetzt, richten sich die bereitgestellten Daten in erster Linie an ein Fachpublikum.

Die Niedrigwasserstatistik liegt als Access-Datenbank vor, die auf Anfrage beim BWG erhältlich ist². Im Vordergrund stehen fünf Niedrigwasser-Kenngrössen (vgl. auch Bild 2):

- $NMxQ$ [m^3/s bzw. l/s]: Tiefstes arithmetisches Mittel von x (1, 7, 14 oder 30) aufeinander folgenden Tagesmittel-Abflusswerten innerhalb eines NQ-Jahres³.
- $SummeD$ [Tage]: Summe aller Unterschreitungs-Dauern eines Abfluss-Schwellen-

wertes Q_s innerhalb eines NQ-Jahres. Q_s ist abhängig von der jeweiligen Fragestellung; bei einer Gewässernutzung ist es häufig ein gesetzlich vorgeschriebener Grenzwert (z.B. Q_{347}).

- $MaxD$ [Tage]: Längste ununterbrochene Unterschreitungs-Dauer eines Abfluss-Schwellenwertes Q_s innerhalb eines NQ-Jahres.
- $SummeV$ [m^3 oder mm]: Summe aller Fehlmengen (Volumen) zwischen der Abfluss-Ganglinie und Abfluss-Schwellenwert Q_s innerhalb eines NQ-Jahres.
- $MaxV$ [m^3 oder mm]: Grösste Fehlmenge (Volumen) zwischen der Abfluss-Ganglinie und Abfluss-Schwellenwert Q_s innerhalb eines NQ-Jahres.

Das $NMxQ$ ist in erster Linie bei Entnahmen aus einem Gewässer oder Einleitungen in ein Gewässer als Kenngrösse massgebend. Durch Vergleich mit vorgegebenen Grenzwerten für die Inanspruchnahme des Gewässers ergibt sich, ob die Massnahme re-

¹ In der Folge auch einfach Stationen genannt.

² Siehe «Anschrift der Verfasser» am Ende des Artikels.

³ Niedrigwasserspezifische Jahreseinteilung, dauert grundsätzlich von 1. Mai bis 30. April.



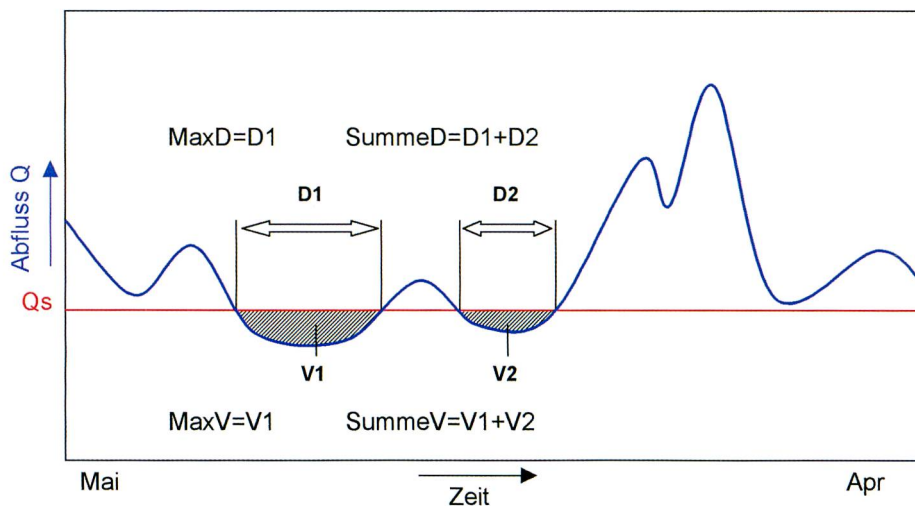


Bild 2. Illustration der Niedrigwasser-Kenngrößen SummeD, MaxD, SummeV und MaxV anhand einer fiktiven Abflussganglinie (blau). Q_s = Abflussschwellenwert.

alisierbar ist und welche mengenmässigen Einschränkungen gegebenenfalls einzuhalten sind. Soll für solche Einschränkungen ein Ausgleich durch betriebliche Massnahmen geschaffen werden (z.B. Ersatzbeschaffung aus anderen Versorgungsquellen bei Entnahmen, Zwischenspeicherung von verschmutztem Wasser bei Einleitungen, Umschalten von Durchlaufkühlung auf Kühlturbetrieb bei Kraftwerken), ist die Dauer zu ermitteln, während der die kritischen Niedrigwasser-Abflüsse unterschritten werden (SummeD bzw. MaxD). Soll schliesslich ein Abflussausgleich im Gewässer durch Speicherbewirtschaftung geschaffen werden (Niedrigwasser-Aufhöhung), können die Abflussdefizite statistisch analysiert werden (SummeV bzw. MaxV). Das führt zu einer ersten Abschätzung der Speichergrösse (nach DVWK, 1992).

Die Berechnung dieser Kenngrößen stützte sich auf die DVWK-Regeln 120 und 121 ab (DVWK, 1983, und DVWK, 1992). Als

Datengrundlage dienten digitale Werte der Tagesmittelabflüsse, die an den eidgenössischen Abflussmessstationen registriert wurden. Für jede der 344 Stationen finden sich in der Niedrigwasser-Datenbank die jährlichen Werte (Zeitreihen) der einzelnen Kenngrößen (siehe Bild 3). Zudem wurde für die bearbeitete(n) Periode(n) jeder Station eine statistische Wahrscheinlichkeitsrechnung durchgeführt, sodass Aussagen zur Jährlichkeit der einzelnen Niedrigwasser-Kenngrößen möglich sind. Wird einem Niedrigwasserabflusswert eine Jährlichkeit von beispielsweise 10 Jahren zugewiesen, bedeutet dies, dass dieser Wert durchschnittlich alle 10 Jahre erreicht oder unterschritten wird. Die berechneten, jährlichen NMxQ-Daten wurden dabei auf Ausreisser, linearen Trend und Homogenität des Mittelwerts getestet. Im Falle eines signifikanten linearen Trends wurden die entsprechenden NMxQ-Daten bezüglich des letzten NQ-Jahres trendbereinigt (siehe Bild 4). Da

die Kenngrößen SummeD, MaxD, SummeV sowie MaxV indirekt, d.h. über Hilfsvariablen berechnet wurden, konnten aufgrund der fehlenden linearen Abhängigkeit sinnvollerweise keine statistischen Tests durchgeführt werden (DVWK, 1992). Ausser den NMxQ sind folglich keine Kenngrößen trendbereinigt worden. Wenn sich ein optisch sichtbarer Sprung in der Zeitreihe der NMxQ als eine statistisch signifikante Inhomogenität des Mittelwertes herausstellte, wurde die Periode für alle Niedrigwasser-Kenngrößen geteilt (vgl. auch Bild 3).

Des Weiteren finden sich in der Datenbank für jede Station die Zeitreihen einiger gebräuchlicher Mittel- und Niedrigwasser-Kenngrößen, welche aus der Dauerlinie abgeleitet werden (z.B. MQ, Q_{347} , NQ). Ein separates Formular liefert zudem zentrale Angaben zu jeder Station – z.B. morphometrische Gebietskennwerte (Koordinaten, Einzugsgebietsfläche, Mittlere Gebietshöhe, Vergleitscherungsgrad, Stationshöhe) sowie Angaben zur Genauigkeit der Abflussmessung (sofern bekannt) und zur Beeinflussung des Niedrigwasser-Abflussregimes.

3. Vergleich der Trockenjahre 1947 und 2003

Als Beispiel einer Anwendungsmöglichkeit der Niedrigwasser-Datenbank werden in der Folge die Niedrigwasser des Sommers 2003 der vergleichbaren Situation im Jahre 1947 gegenübergestellt. Dies geschieht exemplarisch anhand der Kenngrösse NM30Q.

3.1 Methodik

Aus der Niedrigwasser-Datenbank wurden die Abflussmessstationen ausgewählt, welche 1947 in Betrieb waren. Bei der Auswahl wurden nur «nicht bis schwach beeinflusste» Stationen berücksichtigt, denn Fliessgewässer, die beispielsweise durch Stauseen beeinflusst sind, weisen häufig ein künstlich geregeltes Abflussregime auf, sodass Niedrigwassersituationen unabhängig vom Witterungsgeschehen auftreten bzw. ausbleiben. Als weiteres Kriterium bei der Auswahl der Stationen galt, dass die Länge der Datenreihe mindestens 25 Jahre betrage.

Für die so ausgewählten 32 Abflussmessstationen wurden aus der Niedrigwasser-Datenbank die NM30Q-Werte des NQ-Jahres 1947 herausgelesen. Das NM30Q ist der kleinste, über 30 aufeinander folgende Tage gemittelte Abfluss eines NQ-Jahres. An dieser Stelle muss nochmals erwähnt werden, dass bei Niedrigwasser-Kenngrößen grundsätzlich mit einer Kalendereinteilung vom 1. Mai bis 30. April gearbeitet wird (NQ-Jahr). Diese Einteilung eignet sich in der Schweiz generell am besten, da im April und

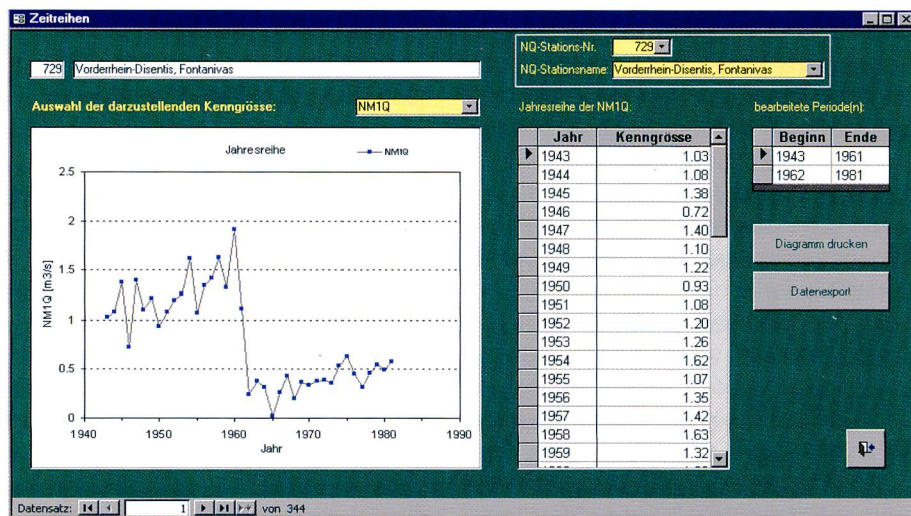


Bild 3. Formular «Zeitreihen» der Niedrigwasser-Datenbank NQStat. Als Beispiel wurde die Station 729 (Vorderrhein-Disentis, Fontanivas) gewählt, welche sowohl einen positiven Trend als auch einen Sprung in der Datenreihe der NM1Q aufweist (Beeinflussung durch den Stausee «Lai da Nalps» ab 1961).

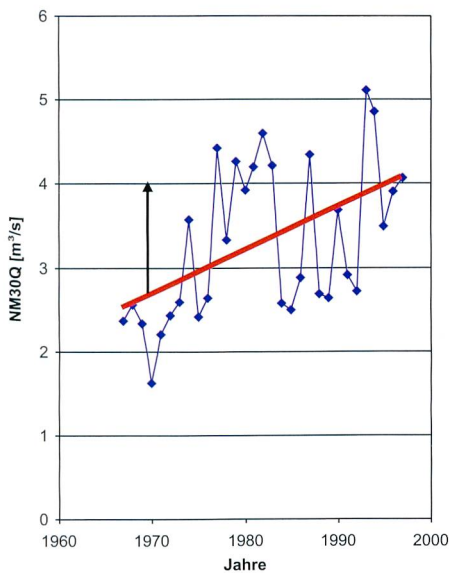


Bild 4. Illustration der Trendbereinigung am Beispiel der NM30Q-Werte der Station Nr. 1143 (Engelberger Aa-Buochs; Periode 1963–1997). Die Regressionsgerade ist rot dargestellt.

Mai aufgrund der Schneeschmelze selten Niedrigwasser auftreten. Dadurch ist die Unabhängigkeit der einzelnen Niedrigwasserereignisse gewährleistet – eine Voraussetzung für statistische Berechnungen. Für die herausgelesenen NM30Q-Werte wurden anschliessend die entsprechenden Jährlichkeiten bestimmt, in Klassen zusammengefasst und in Bild 5 dargestellt.

Für das Jahr 2003 wurden die Abflussmessstationen nach denselben Kriterien ausgewählt wie für 1947. Es muss betont werden, dass es sich bei den verwendeten Abflusswerten um provisorische Daten handelt. Einige Stationen konnten nicht berücksichtigt werden, da die Daten zum Bearbeitungszeitpunkt noch nicht zur Verfügung standen beziehungsweise mit Ungenauigkeiten gerechnet werden musste. Für die ver-

bleibenden 31 Stationen wurden die NM30Q-Werte von Mai bis September 2003 berechnet, die entsprechenden Jährlichkeiten aus der Niedrigwasser-Datenbank bestimmt und in Bild 6 dargestellt. Von diesen 31 Stationen waren 12 schon 1947 in Betrieb und können zu einem direkten Vergleich herangezogen werden. Diese Auswertung des Trockensommers 2003 konnte gewagt werden, da Anfang Oktober praktisch in der ganzen Schweiz bedeutende Niederschlagsmengen fielen, welche die Trockenheit mindestens vorläufig entschärften.

3.2 Meteorologische Situation 1947

Das Jahr 1947 war insbesondere auf der Alpennordseite niederschlagsarm; so fielen z.B. in Bern von Januar bis September mit 490 mm nur 61% der üblichen Niederschlagsmenge über diese Zeitspanne⁴. Insbesondere im August, September und Oktober wurden die durchschnittlichen Niederschlagssummen verbreitet deutlich unterschritten (nur 74 mm in Bern – das entspricht 28% des Normalwertes). Charakteristisch sind zudem die überdurchschnittlichen Lufttemperaturen; so wurden im Sommer 1947 in Bern folgende Monatsmitteltemperaturen registriert (in Klammern steht die Abweichung von den langjährigen Durchschnittswerten 1961–1990)⁵:

- Juni: 17,8 °C (+2,6 °C)
- Juli: 19,9 °C (+2,4 °C)
- August: 20,4 °C (+3,7 °C)
- September: 16,4 °C (+2,8 °C)

⁴ Niederschlagszahlen aus SMA (1947 bzw. 2003); Durchschnittswerte (Normalwerte 1961–1990) aus MeteoSchweiz (2002).

⁵ Temperaturwerte aus MeteoSchweiz (2003); Durchschnittswerte (Normalwerte 1961–1990) aus MeteoSchweiz (2002).

In den meisten Gebieten der Schweiz wurde die Trockenheit im November durch teils ergiebige Niederschläge beendet. Die Ostschweiz verzeichnete das Doppelte bis Dreifache der normalen November-Niederschlagssumme (Schorer, 1992).

3.3 Niedrigwassersituation 1947

Die geringen Niederschläge verbunden mit der durch die hohen Temperaturen geförderten Evapotranspiration bewirkten, dass ab Ende August/Anfang September praktisch alle ausgewählten NQ-Stationen des Juras, des Mittellandes sowie der westlichen Voralpen NM30Q-Werte mit Jährlichkeiten von mindestens 10 Jahren registrierten. Fünf davon weisen sogar Jährlichkeiten von mindestens 100 Jahren auf (vgl. Bild 5).

Die alpinen Gewässer führten infolge der Gletscherschmelze und des gegenüber der Alpennordseite geringeren Niederschlagsdefizits relativ viel Wasser (Jährlichkeiten des NM30Q: 1 bis 7 Jahre). Einzige Ausnahme bildet die NQ-Station 587 (Hinterrhein-Andeer), welche ein NM30Q mit einer Jährlichkeit von ungefähr 16 Jahren aufweist. Bezüglich Auftretenszeitpunkt unterscheidet sich diese NQ-Station allerdings deutlich von denjenigen der Alpennordseite (siehe Tabelle 1), was vermuten lässt, dass das Niedrigwasser nicht in direktem Zusammenhang mit dem trockenen Sommer und Herbst steht. Es konnte kein eindeutiger Grund für das tiefe NM30Q des Hinterrheins in Andeer gefunden werden; am ehesten kommen lokal-klimatische Einflüsse in Frage, welche ein tiefes winterliches Niedrigwasser begünstigten.

3.4 Meteorologische Situation 2003

Januar bis September 2003 waren gesamtschweizerisch generell niederschlagsarm; so fielen beispielsweise in Bern 521 mm Niederschlag, was 64% der üblichen Nieder-

NQ-Stationen mit NM30Q bestimmter Jährlichkeit T im Jahr 1947

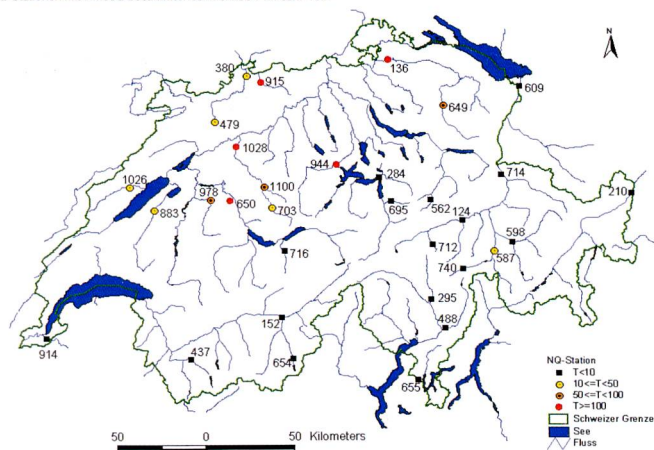


Bild 5. Jährlichkeiten der NM30Q-Werte ausgewählter Abflussmessstationen im NQ-Jahr 1947. Die Zahlen geben die Stationsnummer an.

NQ-Stationen mit NM30Q bestimmter Jährlichkeit im Jahr 2003

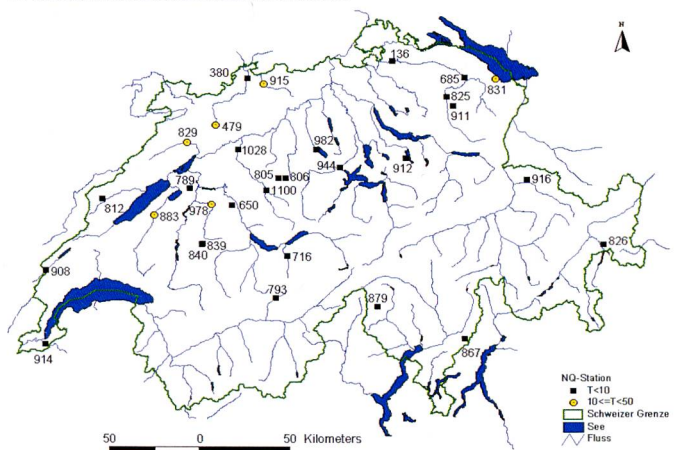


Bild 6. Jährlichkeiten der NM30Q-Werte ausgewählter Abflussmessstationen von Mai bis September 2003. Die Zahlen geben die Stationsnummer an.

	NQ-Station	Beginn NM30Q	NM30Q [m ³ /s]
944	Kleine Emme-Littau	25. 8. 1947	1,16
136	Thur-Andelfingen	26. 8. 1947	4,11
650	Grübe-Belp	26. 8. 1947	0,23
1028	Emme-Wiler	27. 8. 1947	2,91
915	Ergolz-Liestal	10. 9. 1947	0,17
479	Birse-Moutier	10. 9. 1947	0,61
380	Birs-Münchenstein	10. 9. 1947	1,78
978	Sense-Thörishaus	10. 9. 1947	1,14
1026	Areuse-Champ du Moulin	10. 9. 1947	1,06
1100	Emme-Emmenmatt	10. 9. 1947	0,82
649	Thur-Bütschwil	11. 9. 1947	0,67
883	Broye-Payerne	11. 9. 1947	0,73
703	Emme-Eggiwil	28.11. 1947	0,12
587	Hinterrhein-Andeer	3. 2. 1948	2,61

Tabelle 1. Beginn und absolute Werte der NM30Q mit Jährlichkeiten von mindestens 10 Jahren für das NQ-Jahr 1947. Tiefste, je gemessene Werte sind fett gedruckt.

schlagssumme über diese Zeitspanne entspricht. In den Sommermonaten Juni, Juli und August fielen die Niederschläge hauptsächlich in Form von Gewitterregen, welche nur vereinzelte Gebiete betrafen. Bern registrierte in diesen drei Monaten eine Niederschlagssumme von 223 mm (66% des Normalwertes). Wie im Sommer 1947 wurden auch 2003 überdurchschnittliche Lufttemperaturen gemessen; als Beispiel sind wiederum die Monatsmitteltemperaturen von Bern dargestellt (in Klammern steht die Abweichung von den langjährigen Durchschnittswerten 1961–1990):

Juni: 21,7 °C (+ 6,5 °C)
 Juli: 19,7 °C (+ 2,2 °C)
 August: 21,9 °C (+ 5,2 °C)
 September: 14,2 °C (+ 0,6 °C)

Ende August fielen in den meisten Landesteilen der Schweiz grosse Regenmengen. Der September war dann wiederum landesweit niederschlagsarm, bevor Anfang Oktober die Trockenheit durch verbreitete, teils ergiebige Niederschläge mindestens vorläufig beendet wurde.

3.5 Niedrigwassersituation 2003

Ab Ende Juli/Anfang August registrierten sechs der ausgewählten 31 NQ-Stationen NM30Q-Werte mit Jährlichkeiten von mindestens 10 Jahren. Sie liegen alle im Mittelland der Alpennordseite und im Jura. Die

Stationen 883 (Broye-Payerne), 915 (Ergolz-Liestal), 479 (Birse-Moutier) sowie 978 (Sense-Thörishaus) waren schon 1947 in Betrieb und registrierten auch damals extrem tiefe NM30Q. Ein direkter Vergleich zeigt, dass bei allen vier Stationen 1947 tiefere Werte gemessen wurden als 2003 (vgl. Tabellen 1 und 2). Jährlichkeiten über 50 Jahre wurden im Sommer 2003 keine festgestellt. Die Gewässer des Alpenraumes führten wie 1947 infolge der Gletscherschmelze relativ viel Wasser.

3.6 Fazit

Trotz der meteorologisch vergleichbaren Situation gibt es betreffend Niedrigwasserabflüssen markante Unterschiede zwischen den beiden betrachteten Jahren. Der Sommer 2003 weist im Vergleich zum Jahr 1947 deutlich weniger und nicht so extreme Niedrigwasser auf. Dafür sind insbesondere zwei Faktoren verantwortlich. Erstens war das Niederschlagsdefizit im Sommer 2003 generell etwas geringer als im Sommer/Herbst 1947. Der zweite, vielleicht noch wichtigere Grund liegt in der Vorgeschichte: Der Herbst 2002 war extrem niederschlagsreich, sodass sich der Grundwasserspiegel erhöhen konnte und im folgenden Jahr die Flüsse und Bäche spies. Der Herbst 1946 war demgegenüber niederschlagsarm, sodass keine ausgeprägte Grundwasserneubildung erfolgte.

	NQ-Station	Beginn NM30Q	NM30Q [m ³ /s]
831	Steinach-Steinach	30. 7. 2003	0,23
883	Broye-Payerne	30. 7. 2003	0,76
829	Suze-Sonceboz	31. 7. 2003	0,53
915	Ergolz-Liestal	1. 8. 2003	0,26
479	Birse-Moutier	1. 8. 2003	0,67
978	Sense-Thörishaus	1. 8. 2003	1,31

Tabelle 2. Beginn und absolute Werte der NM30Q mit Jährlichkeiten von mindestens 10 Jahren für Mai bis September 2003 (provisorische Daten).

4. Ausblick

Der oben angestellte Vergleich der beiden Trockenjahre 1947 und 2003 basiert zu einem grossen Teil auf der Niedrigwasser-Datenbank NQStat. Insbesondere die Jährlichkeiten der NM30Q wären ohne diese Quelle nur mit grossem Aufwand zu bestimmen gewesen. Allerdings wurde hier nur eine Niedrigwasserkerndicke betrachtet – Auswertungen im Hinblick auf die Kenngrössen der Dauer (SummeD und MaxD) sowie des Volumens (SummeV und MaxV) wurden völlig ausgeklammert. Es sind noch zahlreiche weitere Fragestellungen möglich.

Die Niedrigwasser-Datenbank NQStat versteht sich vorwiegend als Datengrundlage. Sie kann auf Anfrage beim BWG gratis aus dem Internet heruntergeladen werden. Das BWG plant selbst weitere Analysen zum trockenen Sommer 2003, wo die Datenbank von Nutzen sein wird. Es ist zu hoffen, dass die bereitgestellten Daten auch extern – sei dies für Analysen in der Forschung oder als Grundlage in der Praxis – Verwendung finden, denn die diesjährige Trockenheit hat uns darauf aufmerksam gemacht, dass die Niedrigwasserproblematik auch in der Schweiz ein Thema sein muss.

Literaturhinweise

- DVWK, 1983: Niedrigwasseranalyse. Teil 1: Statistische Untersuchung des Niedrigwasser-Abflusses. DVWK-Regeln 120/1983.
 DVWK, 1992: Niedrigwasseranalyse. Teil 2: Statistische Untersuchung der Unterschreitungsdauer und des Abflussdefizits. DVWK-Regeln 121/1992.
 MeteoSchweiz, 2002: Annalen 2002.
 MeteoSchweiz, 2003: Internetseite: http://www.162.ch/de/Klima/Klimaaktuell/LangeReihen/lange_reihen.shtml.
 Schorer, Michael, 1992: Extreme Trockensommer in der Schweiz und ihre Folgen für Natur und Wirtschaft. Geographica Bernensia, Band G 40.
 Schweizerische Meteorologische Anstalt SMA (Hrsg.): Ergebnisse der täglichen Niederschlagsmessungen auf den Meteorologischen und Regennmessstationen der Schweiz im Jahre 2003.
 Schweizerische Meteorologische Zentralanstalt: Ergebnisse der Niederschlagsmessungen auf den meteorologischen Stationen I. bis III. Ordnung im Jahre 1947.

Anschrift der Verfasser

Philippe Marti, dipl. phil. nat., Bundesamt für Wasser und Geologie BWG, Papiermühlestr. 172, CH-3063 Ittigen. E-Mail: philippe.marti@bwg.admin.ch
 Caroline Kan, dipl. phil. nat., Bundesamt für Wasser und Geologie BWG, Papiermühlestr. 172, CH-3063 Ittigen. E-Mail: caroline.kan@bwg.admin.ch