

## Kenn- und Schwellenwerte für Niedrigwasser

Begriffserläuterungen und Methodik für Auswertungen am LfU

### Vorbemerkung

Das hier dargestellte Vorgehen zur Bestimmung der Niedrigwasser-Kennwerte wird am LfU vorrangig für die Klimafolgenbetrachtung (u.a. im Kooperationsvorhaben KLIWA) verwendet. Es erhebt keinen Anspruch auf Allgemeingültigkeit, auch wenn es sich weitestgehend an Vorgaben von DIN<sup>1</sup>, LAWA<sup>2</sup> und DVWK<sup>3</sup> hält.

### Niedrigwasserkennwerte

#### Allgemeines

Niedrigwasserkennwerte sind Teil der sogenannten Gewässerkundlichen Hauptwerte und in der DIN 4049-1 festgelegt. Sie liefern wesentliche Aussagen über die statistischen Eigenschaften einer Zeitreihe von Messwerten und somit über das **durchschnittliche** Niedrigwasserverhalten eines Gewässers in einem vorbestimmten Zeitraum. Solche Kennwerte werden für folgende gemessene und abgeleitete **hydrologische Größen** gebildet:

- **Wasserstand** (v.a. für Seen) Einheit [m]
- **Durchfluss** (Wasservolumen, das einen bestimmten Querschnitt in einer bestimmten Zeiteinheit durchfließt) Einheit [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]
- Abfluss (Durchfluss, der einem bestimmten Einzugsgebiet zugeordnet ist) Einheit [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]
- Abflussspende (Quotient aus Abfluss und der Fläche des Einzugsgebietes) Einheit [ $\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{km}^2)$ ]
- andere

#### Hinweis 1

Die Begriffe Ab- und Durchfluss werden zum Teil synonym verwendet. Meist beziehen sich beide Begriffe dabei aber auf die Definition des Durchflusses.

Die **Kennwerte** zur Beschreibung dieser hydrologischen Größen unterteilen sich in:

- Mittelwerte
- Extremwerte oder
- Häufigkeit der Unter- oder Überschreitung von Schwellenwerten
- Andauer der Unter- oder Überschreitung von Schwellenwerten

Die **Benennung** der Gewässerkundlichen Hauptwerte und damit auch der Niedrigwasserkennwerte folgt der DIN 4049-3. An letzter Stelle steht die beschriebene hydrologische Größe (z.B. Q für Durchfluss). Dieser wird ein Zeichen vorangestellt, das den statistischen Wert angibt (z.B. M für arithmetischer Mittelwert). Die Kürzel sind in Tabelle 1 erläutert.

<sup>1</sup> Deutsches Institut für Normung

<sup>2</sup> Länderarbeitsgemeinschaft Wasser

<sup>3</sup> Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V

Dabei beziehen sich die Kennwerte jeweils auf eine Zeitspanne, gängigerweise:

- hydrologisches Jahr (November bis Oktober)
- Niedrigwasserjahr (April bis März)
- hydrologische Halbjahre (November bis April und Mai bis Oktober)
- Monate
- (Mehrjahresreihe)

**Hinweis 2**

Für einige Niedrigwasserauswertungen wird als Zeitspanne das „Niedrigwasserjahr“ verwendet, damit dessen Jahresbeginn im April eine Periode der Grundwasserneubildung (Winter/Frühjahr) vorausgeht.

Zur Kennzeichnung der Zeitspanne wird nach DIN 4049-3 dem Kennwert ein eingeklammertes Kürzel (z.B. (j) für Jahr, (m) für Monat, (d) für Tag) nachgestellt. Ist kein Kürzel ergänzt oder der Kennwert anderweitig beschrieben, gilt der Kennwert für das hydrologische Jahr. Seltener sind eingeklammerte Zahlenwerte. Sie stehen für Jahresabschnitte, beschrieben durch den ersten und den letzten Monat dieses Abschnitts. So steht z.B. MQ(11,4) für den mittleren Durchfluss zwischen November und April, also dem hydrologischen Winterhalbjahr.

**Hinweis 3**

In einigen KLIWA-Publikationen sind monatliche Werte durch das vorangestellte Kürzel „Mo“ gekennzeichnet. Dessen Bedeutung ist analog zum nachgestellten „(m)“.

Tabelle 1: Gewässerkundliche Hauptwerte – niedrigste und mittlere Werte (nach DIN 4049-3)

	Syntax - Allgemein -	Syntax für W und Q	Beschreibung
untere Werte	NN. ... niedrigster bekannter Wert	NNW NNQ	niedrigster bekannter Wasserstand niedrigster bekannter Durchfluss
	N. ... niedrigster Wert in einer Zeitspanne	NW NQ	Niedrigwasserstand Niedrigwasserdurchfluss
	MN. ... mittlerer niedrigster Wert in einer Zeitspanne	MNW MNQ	mittlerer Niedrigwasserstand mittlerer Niedrigwasserdurchfluss
mittlere Werte	nM. ... niedrigster mittlerer Wert in einer Zeitspanne	nMW nMQ	niedrigster Mittelwasserstand niedrigster mittlerer
	M. ... arithm. mittlerer Wert in einer Zeitspanne	MW MQ	Mittelwasserstand mittlerer Durchfluss

Die am LfU und im Kooperationsvorhaben KLIWA am häufigsten verwendeten Kennwerte sind im Folgenden beschrieben. Zur Erläuterung, wie diese Kennwerte abgeleitet werden, folgt eine Messreihe von täglichen Durchflusswerten („Durchflussganglinie“ Q(d)) an einem Beispielpegel über einen Zeitraum von 30 Jahren.

Weitere Informationen zur Durchflussmessung und weiterer Kennwerte finden sich auch unter:  
[http://www.lfu.bayern.de/wasser/wasserstand\\_abfluss/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/wasser/wasserstand_abfluss/index.htm)

## Erläuterung einzelner (Niedrigwasser-)Kennwerte

Sofern nicht anders vermerkt, gelten die hier beschriebenen Kennwerte jeweils für eine einzelne Messstelle (Pegel).

### MQ

Arithmetischer *Mittelwert* des täglichen Durchflusses über einen festgelegten Zeitraum (Beispiel siehe Abb. 1).

### NNQ

*Geringster* jemals gemessener Tagesdurchfluss

### NQ

*Geringster* gemessener Tagesdurchfluss innerhalb des festgelegten Zeitraums, meist >30 Jahre (Beispiel siehe Abb. 1).

### MNQ

*Mittlerer* Niedrigwasserabfluss, d.h. arithmetischer Mittelwert über einen längeren Zeitraum (meist >30 Jahre) aus dem jeweils *geringsten* gemessenen Abflusswert **eines Jahres**. Soll sich andere Zeitspannen (z.B. hydrologische Halbjahre, Monate, ...) bezogen werden, wird dies durch ein weiteres nachgestelltes Kürzel gekennzeichnet (Beispiel siehe Abb. 1).

#### Hinweis 4

In einigen KLIWA-Auswertungen wird der MNQ abweichend von der DIN 4049 zusätzlich aus *monatlichen* Niedrigwasserabflüssen errechnet und ergibt dadurch einen höheren Wert!

### NQ(m) bzw. MoNQ

*Geringster* gemessener Tagesdurchfluss innerhalb **eines Monats** (Beispiel siehe Abb. 2).

### MNQ(m) bzw. MoMNQ

*Mittlerer* Niedrigwasserabfluss, d.h. arithmetischer Mittelwert über einen längeren Zeitraum (meist >30 Jahre) aus dem jeweils *geringsten* gemessenen Abflusswert **eines Monats** (Beispiel siehe Abb. 2).

### NM<sub>7</sub>Q

*Niedrigster Mittelwert* von sieben aufeinanderfolgenden Tagesabflusswerten innerhalb einer einzelnen Niedrigwasserperiode (Beispiel siehe Abb. 4)

Als NM<sub>7</sub>Q **eines einzelnen Jahres** gilt der in diesem Jahr berechnete niedrigste Wert. Daraus leitet sich wiederum der langjährige mittlere **MN<sub>7</sub>Q** als arithmetischer Mittelwert der Jahreswerte innerhalb des langjährigen Zeitraums (meist >30 a) ab. Bezugszeitspanne ist dabei meist das Niedrigwasserjahr von April bis März.

Der NM<sub>7</sub>Q wurde 1997 in einer Pegelvorschrift der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) festgelegt und basiert in seiner Berechnungsvorgabe auf der DWVK-Regel 120/1983.

### maxD

*Maximale Anzahl* von Tagen innerhalb eines Jahres, an denen Wasserstand oder Durchfluss einen festgelegten Schwellenwert (z.B. den MNQ) unterschreitet (Beispiel siehe Abb. 5). Für Zeiträume mehrerer Jahre wird auch häufig der Mittelwert gebildet.

### SumD

*Gesamt-Anzahl* von Tagen innerhalb eines Jahres, an denen Wasserstand oder Durchfluss einen festgelegten Schwellenwert (z.B. den MNQ) unterschreitet (Beispiel siehe Abb. 5). Für Zeiträume mehrerer Jahre wird davon häufig der Mittelwert gebildet.

**V(d)**

Tägliches Abflussdefizit – Durchflussmenge, die zwischen dem aktuellen (niedrigen) Tagesdurchfluss und einem festgelegten Schwellenwert (oft MNQ) fehlt. (Beispiel siehe Abb. 6)

**max V**

*Maximales* Defizit – Größte Fehlmenge des Durchflusses zwischen Tagesdurchflusswert und einem festgelegten Grenzwert (oft MNQ) innerhalb eines Zeitraums (oft 1 Jahr). (Beispiel siehe Abb. 6)

**SumV**

*Summe* des Defizits – Summe aus allen Fehlmengen zwischen Tagesdurchflusswert und einem festgelegten Grenzwert (oft MNQ) innerhalb eines Zeitraums (oft 1 Jahr). Der natürlicherweise stattfindende Ausgleich des Defizits wird hierbei nicht berücksichtigt.

**VD bzw. QD (Definition KLIWA)**

Dauer der längsten Defizitperiode Zeitraums (oft 1 Jahr) bezogen auf einen festgelegten Schwellenwert

Ab dem Tag der Unterschreitung des Schwellenwerts werden die aufeinanderfolgenden täglichen Abflussdefizite bzw. Abflussüberschüsse (d.h. Differenz zwischen Schwellenwert und höherem Tagesdurchfluss) aufsummiert. Die sich ergebende Zahlenreihe nennt man Summendifferenzlinie. Die Defizit-Periode ist beendet sobald die Summendifferenz den Wert 0 erreicht hat. Zur Bildung siehe auch Beispiel Abb. 6 Innerhalb eines Jahres können mehrere Defizitperioden auftreten. Der Wert VD entspricht schließlich der längsten dieser Perioden.

Die Definitionen des Abflussdefizits folgen der DVWK-Regel 121-1992 bzw. KLIWA.

## Definition von Niedrigwasser und Niedrigwasserperiode

**Niedrigwasser** liegt vor, sobald ein für das Gewässer typischer Schwellenwert unterschritten wird. Dabei gibt es verschiedene Definitionen für diese Schwellenwerte.

So legt beispielsweise der Bayerische Niedrigwasserinformationsdienst (NID<sup>4</sup>) folgende Klasseneinteilung für Fließgewässer fest:

**Niedrig:** Der aktuell gemessene Abfluss ist geringer als 75% aller Abflüsse, die über einen langjährigen Zeitraum (>30 Jahre) im aktuellen Monat gemessen wurden.

**Sehr niedrig:** Der aktuell gemessene Abfluss ist geringer als der MNQ(m) – der mittlere monatliche Niedrigwasserabfluss

**Neuer Niedrigstwert:** Der aktuell gemessene Abfluss ist geringer als der NNQ – der bisherige niedrigste Tagesabfluss

Im Kooperationsvorhaben KLIWA werden anstatt der oben gezeigten Dreiteilung für gewöhnlich direkt die hydrologischen Kennwerte MNQ bzw. MNQ(m) als Schwellenwert für Niedrigwasser genutzt.

Als **Niedrigwasserperiode** gelten allerdings erst mehrere zusammenhängende Tage. Gemäß der DVWK-Regel 120/1983 werden nur statistisch voneinander unabhängige Ereignisse als eigenständige Niedrigwasserperioden gezählt. Entsprechend der DVWK-Regel besteht die statistische Unabhängigkeit dann, wenn zwischen zwei Niedrigwasserereignissen die jährliche Grundwasserneubildungsphase liegt. Am LfU/für KLIWA werden weitere Kriterien genutzt, um auch innerjährlich benachbarte Niedrigwasserperioden voneinander abzugrenzen:

- Der zeitliche Abstand zwischen zwei Ereignissen ist mindestens so lang wie die Dauer des kürzeren Ereignisses.
- Innerhalb dieses Abstandes wird der langjährige Mittelwasserwert MQ mindestens einmal überschritten.

Sind diese Kriterien nicht erfüllt, gehören die beiden Ereignisse zusammen und es zählt das Teilereignis mit dem geringsten Abfluss.

---

<sup>4</sup> <http://www.nid.bayern.de/>

### BEISPIELE für Bildung der Niedrigwasserkennwerte

Die folgenden Abbildungen und Tabellen sollen die Ableitung der zuvor theoretisch erläuterten Kennwerte an einer konkreten Durchflusszeitreihe erläutern. Die Diagramme bauen dabei aufeinander auf (Ausschnitte von Teilzeiträumen – roter Kasten in Vorschaufenster)

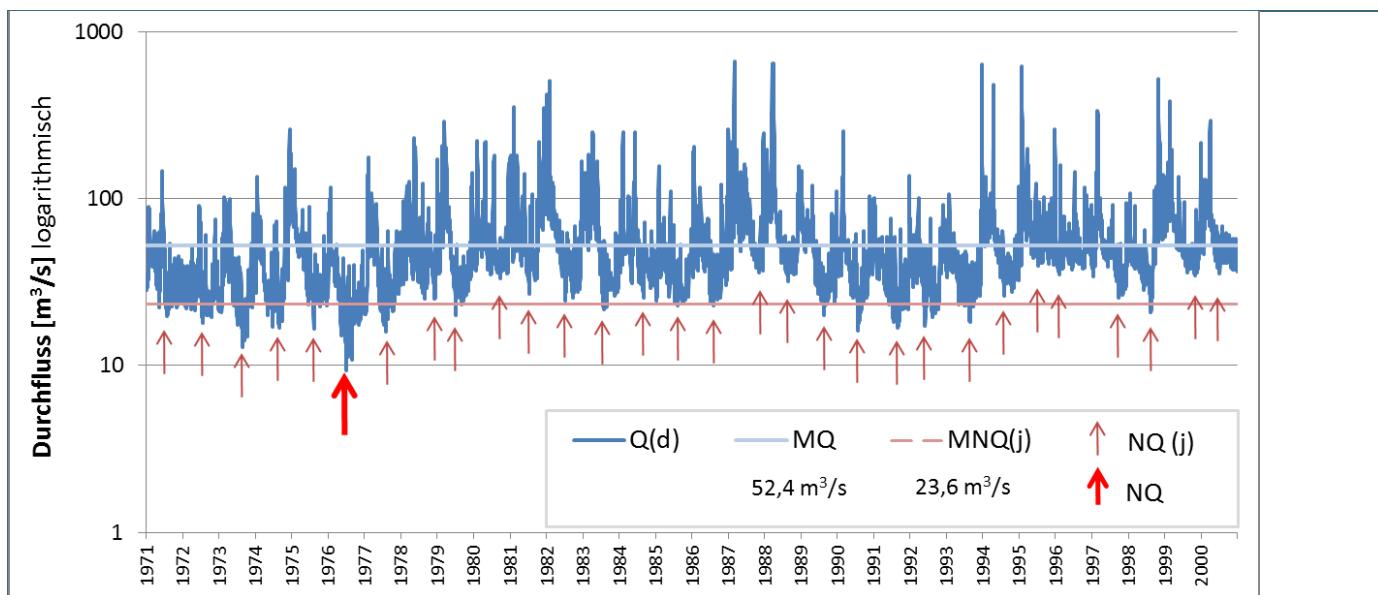


Abb. 1: ABLEITUNG VON JAHRESWERTEN

Die dicke blaue Linie zeigt den Verlauf (Ganglinie) der täglichen Durchflussmengen **Q(d)** an einem Beispielpegel im 1971-2000 (30 Jahre). Um die Durchflüsse im Niedrigwasserbereich optisch besser darstellen zu können, wurde eine logarithmische Achseneinteilung (siehe Hinweis 5) gewählt.

- a) Über den gesamten Zeitraum werden diese Mengen arithmetisch gemittelt und ergeben den sogenannten Mittelwasserdurchfluss **MQ** (hellblaue Linie). Für diesen Pegel beträgt der MQ 52,4 m³/s.
- b) Der Niedrigstdurchfluss **NQ** (dicker roter Pfeil) in diesem Zeitraum wurde am 26.06.1976 gemessen und beträgt 9,4 m³/s. In diesem Fall ist dies auch gleichzeitig der **NNQ**, also der niedrigste je an diesem Pegel gemessene Wert.
- c) Der mittlere jährliche Niedrigwasserdurchfluss **MNQ(j)** (rote Linie) ergibt sich aus dem arithmetischen Mittelwert der jährlichen Niedrigstwerte **NQ(j)** (rote Pfeile, Werte dazu siehe Tab. 2).

Tab. 2: Datum und Werte der jährlichen Niedrigwasserdurchflüsse NQ(j) im Zeitraum 1971-2000 und daraus abgeleiteter MNQ

Jahr	Datum	NQ(j) [m³/s]	Jahr	Datum	NQ(j) [m³/s]	Jahr	Datum	NQ(j) [m³/s]
1971	25.7.	19,8	1981	11.7.	26,7	1991	1.9.	16,9
1972	21.7.	18,1	1982	11.7.	24,6	1992	31.5.	17,3
1973	26.8.	12,9	1983	31.7.	21,8	1993	28.8.	18,2
1974	24.8.	16,9	1984	3.9.	25,5	1994	6.8.	26,2
1975	10.8.	16,6	1985	11.8.	23	1995	11.7.	39,5
1976	26.6.	9,4	1986	9.8.	23	1996	10.2.	35,3
1977	6.8.	16	1987	8.11.	36,2	1997	29.9.	25,3
1978	7.12.	25	1988	20.8.	31,8	1998	12.8.	20,9
1979	7.7.	19,9	1989	20.8.	20	1999	2.11.	34,8
1980	21.9.	33,3	1990	29.7.	16,2	2000	7.7.	35,5

**MNQ: 26,3 m³/s**

**Hinweis 5**

Wenn die Werte, die in einem Diagramm dargestellt werden, einen großen Zahlenbereich umfassen (z.B. zwischen 1 und 1000) und alle Werte dabei noch optisch erfassbar bleiben sollen, ist die logarithmische Skaleneinteilung hilfreich. In diesem Fall wird der dekadische Logarithmus verwendet. Das heißt, alle Werte werden auf einer Achse mit der Einteilung  $10^0 (= 1)$ ,  $10^1 (= 10)$ ,  $10^2 (= 100)$ , usw. eingeordnet. Große Abstände, wie zwischen 100 und 1000, werden dadurch zusammengezogen, kleine Abstände, wie zwischen 1 und 10, gestreckt.

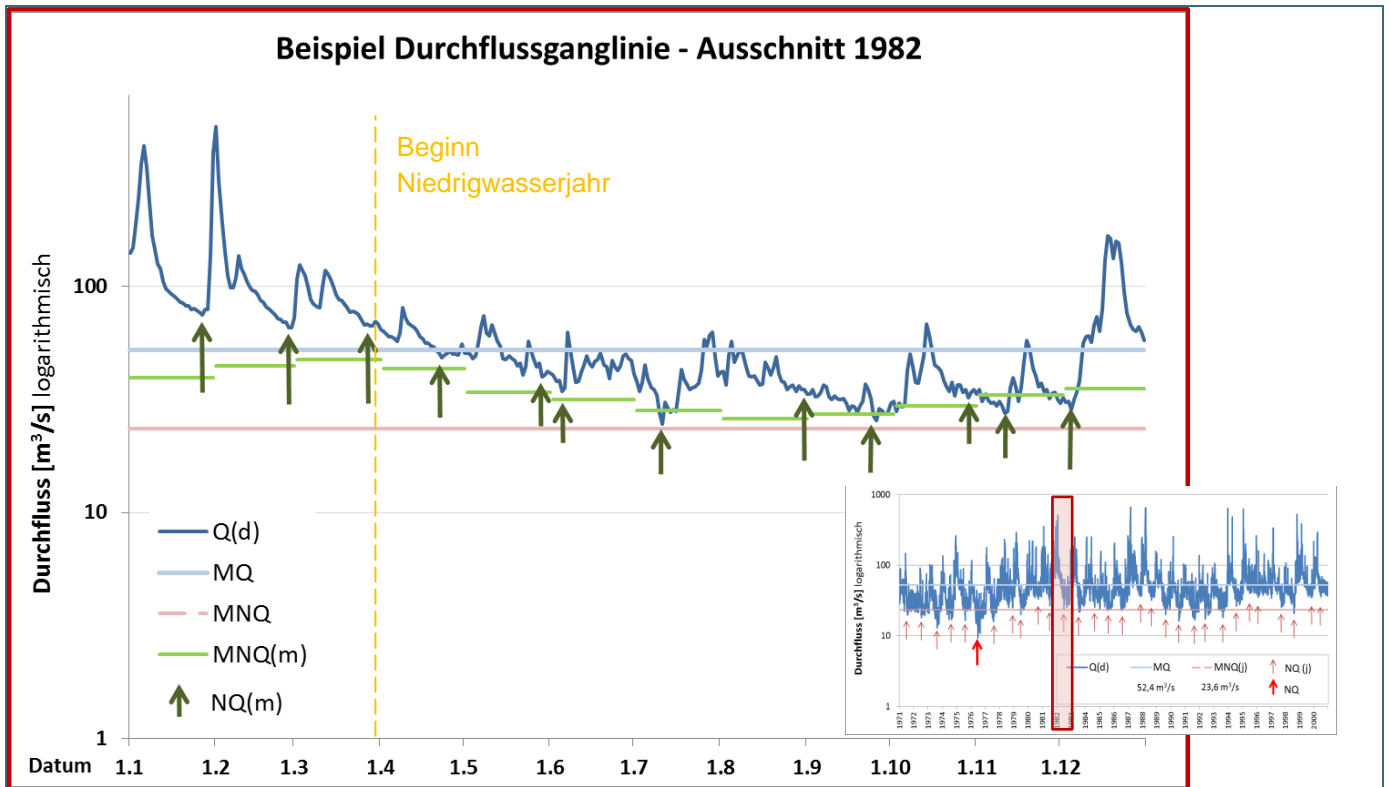


Abb. 2: **ABLEITUNG VON MONATSWERTEN**

Die blaue Linie zeigt den Verlauf (Ganglinie) der täglichen Durchflussmengen **Q(d)** am Beispielpegel im Jahr 1982. Weiterhin aufgetragen sind der Mittelwasserdurchfluss **MQ** (hellblaue Linie) und der mittlere Niedrigwasserdurchfluss **MNQ** (hellrote Linie) des Zeitraums 1971-2000. Um die Durchflüsse im Niedrigwasserbereich optisch besser darstellen zu können, wurde eine logarithmische Achseneinteilung (siehe Hinweis 5) gewählt.

- a) Die Lage der monatlichen Niedrigstwerte **NQ(m)** bzw. MoNQ sind durch dunkelgrüne Pfeile gekennzeichnet und betragen z.B. im Februar  $71,1 \text{ m}^3/\text{s}$  oder im Juli  $24,6 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- b) Der langjährige mittlere monatliche Niedrigwasserdurchfluss bzw. **MNQ(m)** bzw. MoMNQ (hellgrüne, gestufte Linien) ergibt sich für jeden Monat aus dem arithmetischen Mittel der jeweiligen NQ(m) im Gesamtzeitraum. Im Februar beträgt dieser beispielsweise  $44,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , im Juli  $28,2 \text{ m}^3/\text{s}$ .



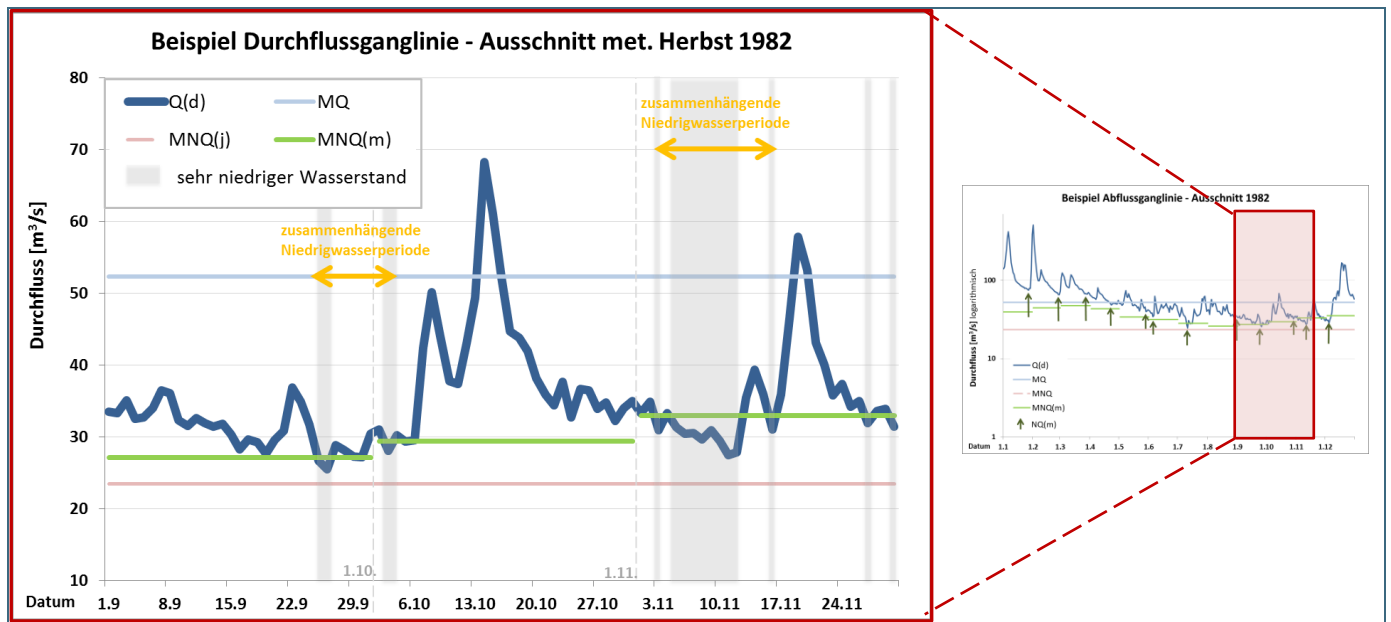


Abb. 3: ABLEITUNG VON NIEDRIGWASSERPERIODEN

Durchflussganglinie  $Q(d)$  (blaue Linie) des Beispielpegels für den meteorologischen Herbst (September bis November) 1982.

- a) Der langjährige mittlere monatliche Niedrigstwasserdurchfluss  $MNQ(m)$  (grüne Linien) wird mehrfach unterschritten, besonders im November ( $MNQ(m)$  von  $33 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Zeiträume der Unterschreitung sind mit grau hinterlegt und gelten als Perioden mit „sehr niedrigem“ Wasserstand (gemäß Niedrigwasserinformationsdienst bzw. KLIWA, siehe oben)
- b) Prüfung auf Unabhängigkeit der Ereignisse: Zwischen den Ereignissen vom 3. und 16.11. sowie dem vom 5. bis 12.11. wird der langjährige Mittelwasserdurchfluss  $MQ$  nicht überschritten. Somit zählen die drei Ereignisse als eine zusammenhängende Niedrigwasserperiode (gelbe Pfeile). Die anderen kurzen Ereignisse im September/ Oktober bzw. Ende November sind zwar voneinander abhängig, von der Periode Anfang November aber unabhängig.

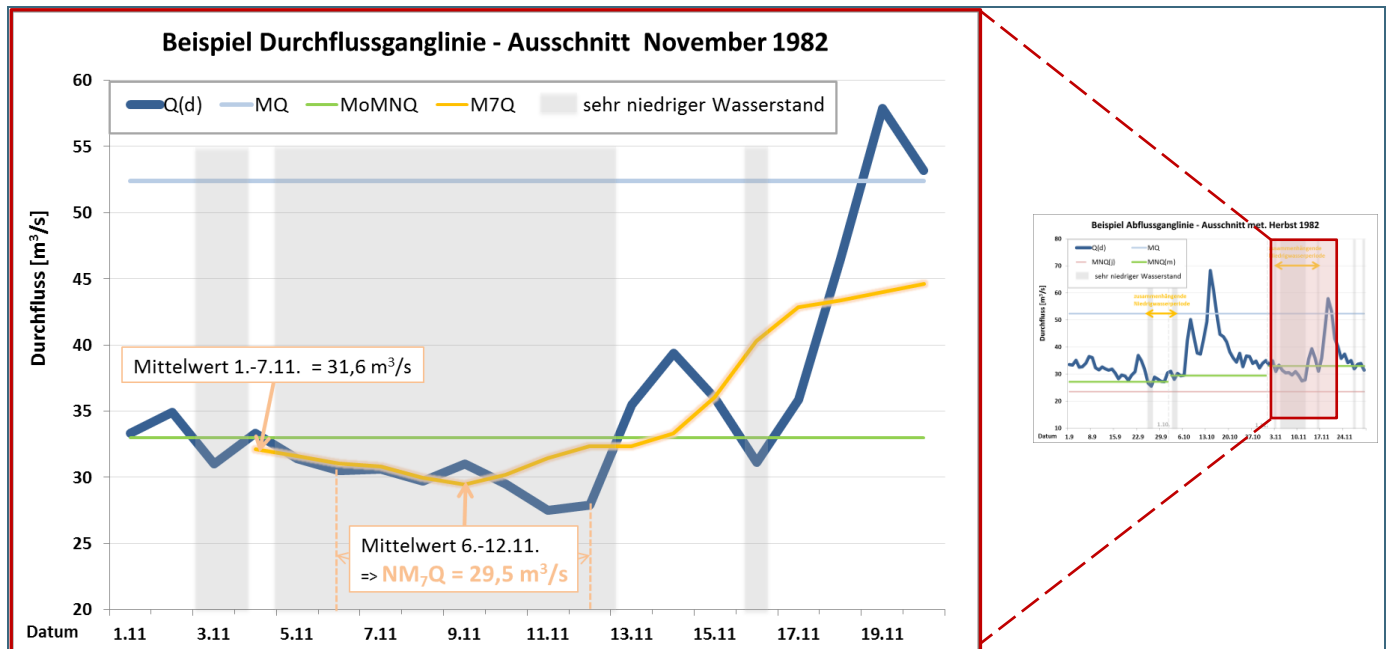


Abb. 4: ABLEITUNG DES  $NM_7Q$

Durchflussganglinie  $Q(d)$  des Beispielpegels für den November 1982. Die gelbe Kurve stellt als Hilfsgröße den gleitenden 7-tägigen Mittelwert ( $M_7Q$ ) ab 1.11. dar. Die Ereignisse im Zeitraum 3.-16.11. gelten als eine zusammenhängende Niedrigwasserperiode (grau hinterlegt).

- a) Bildung  $M_7Q$ : Aus den täglichen Durchflussmengen  $Q(d)$  werden die Mittelwerte jeweils aus den Tagen 1.-7.11., 2.-8.11., usw. gebildet und zentriert, also auf den mittleren Tag, aufgetragen. Der erste Tag ist somit der 4.11.
- b) Das Minimum dieses Mittelwerts, also der  $NM_7Q$  für diese Niedrigwasserperiode beträgt  $29,5 \text{ m}^3/\text{s}$ .



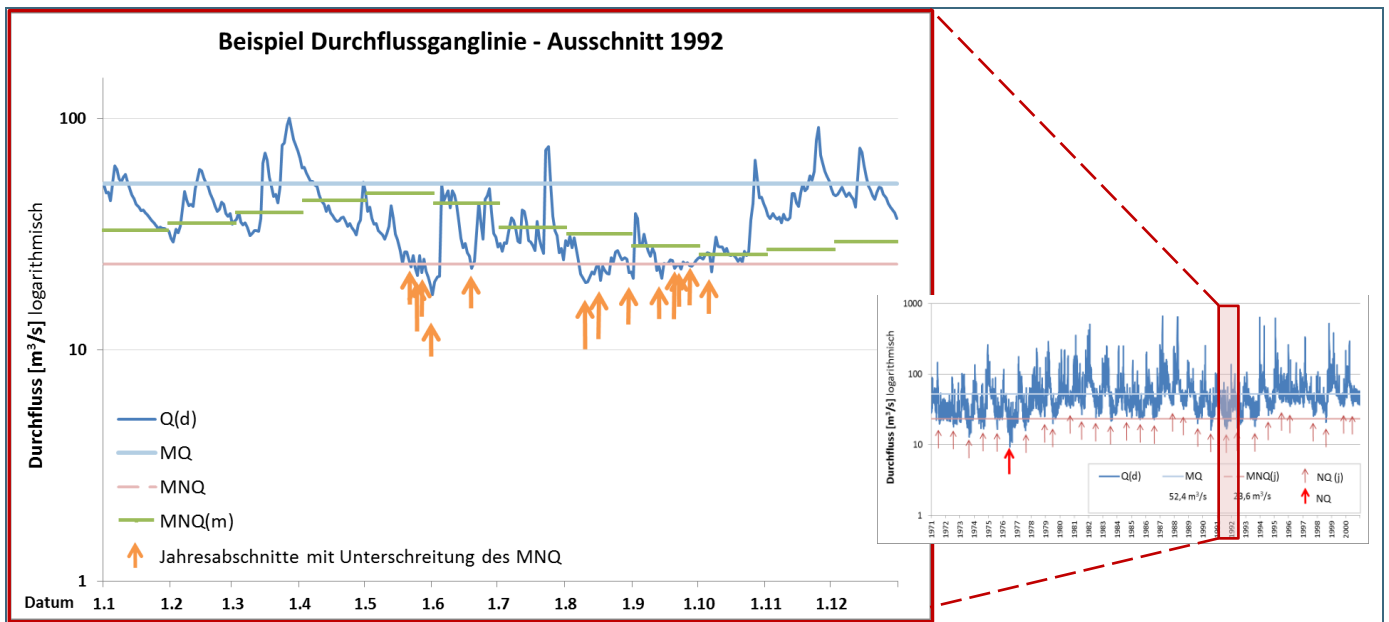


Abb. 5: **BILDUNG VON SumD UND maxD**

Durchflussganglinie  $Q(d)$  des Beispielpegels für 1992. Als Grenzwert ist der MNQ festgelegt, der in 13 Einzelzeiträumen unterschritten wird (orange Pfeile).

- a) Das **SumD** ist die Anzahl aller Tage, die unterhalb des MNQ liegen und beträgt 1992 42 Tage.
- b) Die längste zusammenhängende Periode unterhalb des MNQ liegt im August. Das **maxD** beträgt 14 Tage.

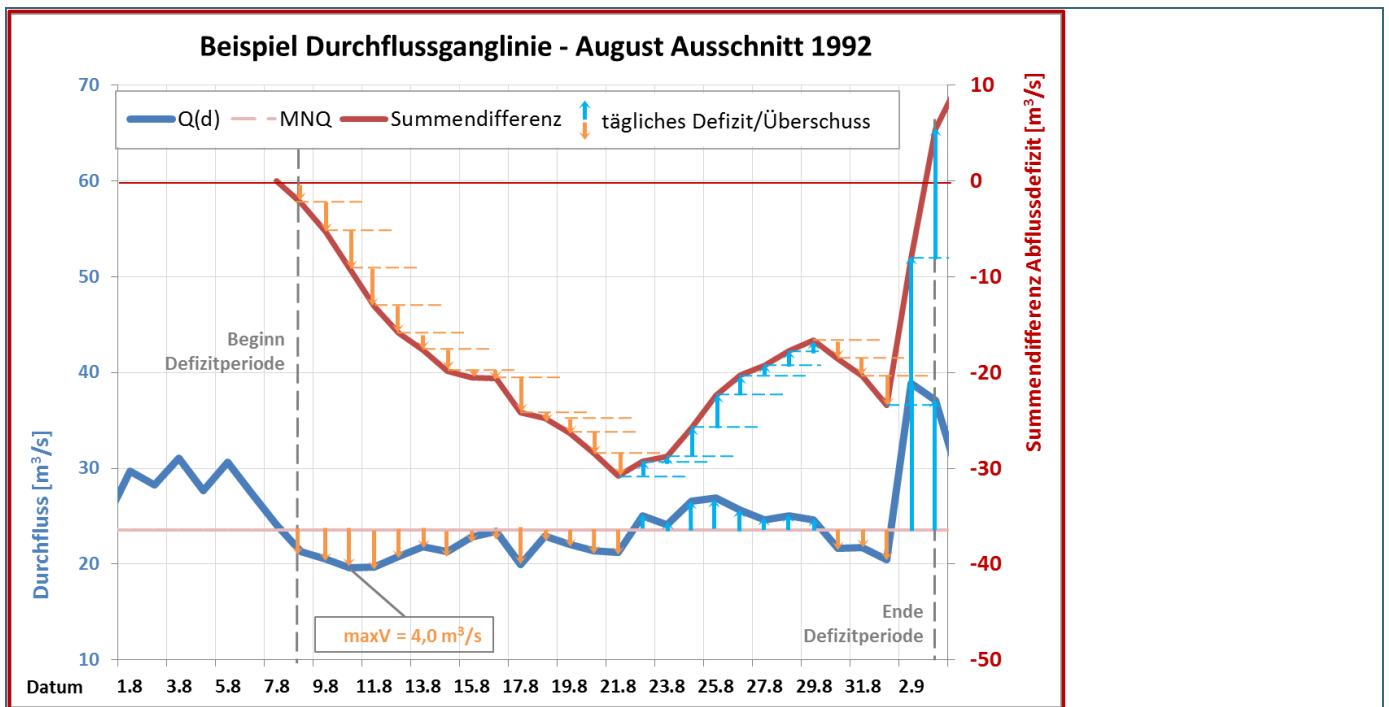


Abb. 6: **KENNGRÖSSEN DES ABFLUSSDEFIZITS**

Durchflussganglinie  $Q(d)$  des Beispielpegels für August 1992. Als Grenzwert ist der MNQ festgelegt. Auf der linken Achse sind die Durchflussgrößen abgetragen, auf der rechten die fortlaufende Summe des Abflussdefizits.

- a) Die orangefarbenen Pfeile entlang der unteren (blauen) Kurve kennzeichnen das tägliche Abflussdefizit  $V(d)$  in Bezug auf den Grenzwert MNQ und ergeben sich aus Differenz aus dem Tagesdurchfluss  $Q(d)$  und dem MNQ. Das Vorzeichen ist demzufolge negativ, z.B.  $-2,3 \text{ m}^3/\text{s}$  am 8.8. Die hellblauen Pfeile stehen für den dazugehörigen Abflussüberschuss. Das Vorzeichen ist positiv, z.B.  $+3,0 \text{ m}^3/\text{s}$  am 24.08..
- b) Das größte tägliche Defizit **maxV** innerhalb des dargestellten Zeitraums tritt am 10.08. auf und beträgt  $4,0 \text{ m}^3/\text{s}$ . Im Vergleich dazu liegt das **maxV** des Jahres 1992 Anfang Juni bei  $6,3 \text{ m}^3/\text{s}$  (siehe Abb. 5). Die Summe aller Defizite innerhalb des Beispieljahres **SumD** ergibt  $-79,9 \text{ m}^3/\text{s}$  (nicht dargestellt).

- c) Bestimmung der Dauer einer Defizitperiode **VD**: Mit der Unterschreitung des **MNQ** am 8.8. beginnt die Defizitperiode und damit auch die Bildung der Summendifferenzlinie des Defizits. Diese hat zunächst den Wert 0. Das tägliche Abflussdefizit **V(d)** am 8.8 beträgt  $-2,3 \text{ m}^3/\text{s}$  (orange Pfeil), der Wert der Summendifferenzlinie ebenso. Am 9.8. wird das **V(d)** von  $-3,0 \text{ m}^3/\text{s}$  aufaddiert, die Summendifferenz beträgt somit  $-5,3 \text{ m}^3/\text{s}$ , usw.. Am 22.8. überschreitet der Tagesdurchfluss den **MNQ** mit einem Überschuss von  $+1,4 \text{ m}^3/\text{s}$  (hellblauer Pfeil). Der Wert der Summendifferenzlinie steigt somit und wird am 3.9. ausgeglichen. Die Defizitperiode ist beendet und hatte eine Dauer von 26 Tagen. Das gleiche Verfahren wird für alle anderen Defizitperioden eines Jahres angewandt. Die längste Periode eines Jahres wird schließlich als **VD** bezeichnet.