



Hydrologische Kenn- und Schwellenwerte

Begriffserläuterungen und Methodik für Auswertungen am LfU/ KLIWA

1 Vorbemerkung

Das hier dargestellte Vorgehen zur Bestimmung der Hydrologischen Kennwerte wird am LfU vorrangig für die Klimafolgenbetrachtung (u.a. Kooperation KLIWA) verwendet. Es erhebt keinen Anspruch auf Allgemeingültigkeit, auch wenn es sich weitestgehend an Vorgaben von DIN¹, LAWA² und DVWK³ hält.

2 Hydrologische Kennwerte

Allgemeines

Die hier dargestellten Kennwerte 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** hydrologische Verhalten 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 [m ³ /s] |
| • Abfluss (Durchfluss, der einem bestimmten Einzugsgebiet zugeordnet ist) | Einheit [m ³ /s] |
| • Abflusspende (Quotient aus Abfluss und der Fläche des Einzugsgebietes) | Einheit [m ³ /(s·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
- Häufigkeit der Unter- oder Überschreitung von Schwellenwerten
- Andauer der Unter- oder Überschreitung von Schwellenwerten

Die **Benennung** der Gewässerkundlichen Hauptwerte 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.

¹ Deutsches Institut für Normung

² Länderarbeitsgemeinschaft Wasser

³ Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V

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

	Syntax - Allgemein -		Syntax W und Q	Beschreibung
untere Werte	NN.	niedrigster bekannter Wert	NNW	niedrigster bekannter
			NNQ	niedrigster bekannter Durchfluss
	N.	niedrigster Wert in einer Zeitspanne	NW	Niedrigwasserstand
			NQ	Niedrigwasserdurchfluss
	MN.	mittlerer niedrigster Wert in einer Zeitspanne	MNW	mittlerer Niedrigwasserstand
			MNQ	mittlerer Niedrigwasserdurchfluss
mittlere Werte	nM.	niedrigster mittlerer Wert in einer Zeitspanne	nMW	niedrigster Mittelwasserstand
			nMQ	niedrigster mittlerer Durchfluss
	M.	arithm. mittlerer Wert in einer Zeitspanne	MW	Mittelwasserstand
			MQ	mittlerer Durchfluss
obere Werte	HH.	höchster bekannter Wert	HHW	höchster bekannter Wasserstand
			HHQ	Höchster bekannter Durchfluss
	H.	höchster Wert in einer Zeitspanne	HW	Hochwasserstand
			HQ	Hochwasserdurchfluss
	MH.	mittlerer höchster Wert in einer Zeitspanne	MHW	mittlerer Hochwasserstand
			MHQ	mittlerer Hochwasserabfluss

Dabei beziehen sich die Kennwerte gängiger Weise jeweils auf eine **Zeitspanne**:

- **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“ (auch Wasserhaushaltsjahr genannt) 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.

Die am LfU und in der Kooperation KLIWA am häufigsten verwendeten Kennwerte sind im Folgenden beschrieben. Zur Erläuterung der Ableitung dieser Kennwerte, folgt im Anhang für einen Beispielpegel eine Messreihe von täglichen Durchflusswerten („Durchflussganglinie“ Q(d)) über einen Zeitraum von 30 Jahren.

Hinweis 3

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

Weitere Informationen zur Durchflussmessung und weiterer Kennwerte finden sich auch unter: http://www.lfu.bayern.de/wasser/wasserstand_abfluss/index.htm



Erläuterung einzelner Kennwerte

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

Q(d)

mittlerer täglicher Durchfluss

MQ

Arithmetischer *Mittelwert* des täglichen Durchflusses über einen festgelegten Zeitraum (Beispiel siehe *Abb. 2*).

Bezugsjahresabschnitt ist das hydrologische Jahr.

NNQ

Geringster jemals gemessener Tagesdurchfluss

Bezugsjahresabschnitt ist das Wasserhaushaltsjahr.

HHQ

Höchster jemals gemessener Tagesdurchfluss

Bezugsjahresabschnitt ist das hydrologische Jahr.

NQ

Geringster gemessener Tagesdurchfluss innerhalb des festgelegten Zeitraums, meist >30 Jahre (Beispiel siehe *Abb. 2*). Bezogen auf einzelne Jahresabschnitte (Jahr, Halbjahre, Quartale, Monate) können dagegen auch NQ-Serien ausgegeben werden. Diese enthalten pro Jahresabschnitt und Jahr eines Zeitraums jeweils einen Wert. Beispiel: Serie des sommerhalbjährlichen NQ im Zeitraum 1971-2000. Siehe auch NQ(m).

Bezugsjahresabschnitt ist das Wasserhaushaltsjahr.

HQ

Höchster gemessener Tagesdurchfluss innerhalb des festgelegten Zeitraums, meist >30 Jahre. Bezogen auf einzelne Jahresabschnitte (Jahr, Halbjahre, Quartale, Monate) können dagegen auch HQ-Serien ausgegeben werden. Diese enthalten pro Jahresabschnitt und Jahr eines Zeitraums jeweils einen Wert. Beispiel: Serie des sommerhalbjährlichen HQ im Zeitraum 1971-2000. Siehe auch HQ(m).

Bezugsjahresabschnitt ist das hydrologische Jahr.

Gängig ist auch die Angabe von **Jährlichkeiten**, d.h. die Angabe einer maximalen Tagesdurchflussmenge, die im statistischen Mittel alle x Jahre überschritten wird. In der Hochwasserschutzberechnung ist häufig das **HQ₁₀₀** maßgebend.

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. 2*).

Bezugsjahresabschnitt ist das Wasserhaushaltsjahr.

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!

MHQ

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

Bezugsjahresabschnitt ist das hydrologische Jahr.

NQ(m) bzw. MoNQ

Geringster gemessener Tagesdurchfluss innerhalb **eines Monats** (Beispiel siehe Abb. 3).

Bezugsjahresabschnitt ist das Wasserhaushaltsjahr.

HQ(m) bzw. MoHQ

Höchster gemessener Tagesdurchfluss innerhalb **eines Monats**.

Bezugsjahresabschnitt ist das hydrologische Jahr.

MNQ(m) bzw. MoMNQ

Mittlerer Niedrigwasserabfluss, d.h. arithmetischer Mittelwert über einen längeren Zeitraum (meist >30 Jahre) aus dem **NQ(m)**, dem jeweils *geringsten* gemessenen Abflusswert **eines Monats** (Beispiel siehe Abb. 3).

Bezugsjahresabschnitt ist das Wasserhaushaltsjahr.

MHQ(m) bzw. MoMHQ

Mittlerer Hochwasserabfluss, d.h. arithmetischer Mittelwert über einen längeren Zeitraum (meist >30 Jahre) aus dem **HQ(m)**, dem jeweils *höchsten* gemessenen Abflusswert **eines Monats**.

Bezugsjahresabschnitt ist das hydrologische Jahr.

NM₇Q bzw. NM₂₀Q

Niedrigster Mittelwert von sieben/zwanzig aufeinanderfolgenden Tagesabflusswerten innerhalb einer einzelnen Niedrigwasserperiode (Beispiel siehe Abb. 5)

Als NM₇Q **eines einzelnen Jahres** gilt der in diesem Jahr berechnete niedrigste Wert. Daraus leitet sich wiederum der langjährige mittlere **MN₇Q** als arithmetischer Mittelwert der Jahreswerte innerhalb des langjährigen Zeitraums (meist >30 Jahre) ab. Analog NM₂₀Q und MN₂₀Q.

Bezugsjahresabschnitt ist das Wasserhaushaltsjahr.

Der NM₇Q 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 aufeinanderfolgenden Tagen innerhalb eines Jahres, an denen Wasserstand oder Durchfluss einen festgelegten Schwellenwert unterschreitet (maxD-Serie, Beispiel siehe Abb. 6). Der maxD als Einzelwert stellt den langjährigen Mittelwert dar. Als Standardschwellenwert gilt der **MNQ**. Je nach Fragestellung sind auch andere Schwellenwerte möglich. Der daraus ermittelte maxD_x ist entsprechend zu kennzeichnen.

Bezugsjahresabschnitt ist das Wasserhaushaltsjahr.

Dauert eine Niedrigwasserperiode von einem Jahr in das nächste hinein, gilt die sogenannte „Überhangregel“ nach DVWK 121/1992. Die Berechnungsvorschrift dazu wird in Abb. 1 erläutert. Weiterhin ist bei der Ermittlung des maxD zu beachten, ob die Niedrigwasserereignisse innerhalb eines Jahres voneinander **unabhängig** sind. Siehe Abschnitt „Definition von Niedrigwasser und Niedrigwasserperiode“.

SumD

Gesamt-Anzahl von Tagen innerhalb eines Jahres, an denen Wasserstand oder Durchfluss einen festgelegten Schwellenwert unterschreitet (SumD-Serie, Beispiel siehe Abb. 6). Der SumD als Einzelwert stellt den langjährigen Mittelwert dar. Als Standardschwellenwert gilt der **MNQ**. Je nach Fragestellung sind auch andere Schwellenwerte möglich. Der daraus ermittelte SumD_x ist entsprechend zu kennzeichnen.

Bezugsjahresabschnitt ist das Wasserhaushaltsjahr.

V(d)

Tägliches Abflussdefizit – Durchflussmenge, die zwischen dem aktuellen (niedrigen) Tagesdurchfluss und einem festgelegten Schwellenwert (oft MNQ) fehlt. (Beispiel siehe Abb. 7)

max V

Maximales Defizit – Größte Fehlmenge des Durchflusses zwischen Tagesdurchflusswert und einem festgelegten Grenzwert (oft MNQ) innerhalb eines Zeitraums (oft ein Jahr). (Beispiel siehe Abb. 7)

SumV

Summe des Defizits – Jährliche Summe aus allen Fehlmengen zwischen Tagesdurchflusswert und einem festgelegten Grenzwert innerhalb eines Jahresabschnittes (SumV-Serie). Der natürlicherweise stattfindende Ausgleich des Defizits wird hierbei nicht berücksichtigt. Der SumV als Einzelwert stellt den langjährigen Mittelwert dar. Als Standardschwellenwert gilt der **MNQ**. Je nach Fragestellung sind auch andere Schwellenwerte möglich. Der daraus ermittelte SumV_x ist entsprechend zu kennzeichnen.

Bezugsjahresabschnitt ist das Wasserhaushaltsjahr.

VD bzw. QD (Definition KLIWA)

Dauer der längsten Defizitperiode Zeitraums (oft ein 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. 7 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.

P (Niederschlag), ETP (pot. Evapotranspiration), ETR (reale Evapotranspiration)

Meteorologische Kenngrößen

Sie werden bei Aggregationen für das kalendarische Jahr ausgewertet. Die Berechnungsverfahren der potenziellen und der realen Evapotranspiration unterscheiden sich je nach Fragestellung und reichen von einfachen, rein klimatischen Ansätzen (z. B. nach ATV-DVWK 2002) bis zur flächenbasierten (Boden-)Wasserhaushaltsmodellierung.

Die beschriebene Vorgehensweise ist für die Variablen MaxD und SumD sowie MaxV und SumV identisch. Bei MaxD und MaxV bedarf es jedoch laut der DVWK-Regel 121 / 1992 einer besonderen Regelung, wenn das Niedrigwasser über den betrachteten Zeitabschnitt ZA hinaus andauert. Für diesen Fall tritt eine sogenannte Überhangregel in Kraft, die im folgenden erläutert wird. Die Überhangregel soll zum einen gewährleisten, dass die größten Dauern im Zeitabschnitt erfasst werden, zum anderen soll mit zunehmendem Schwellwert Q_s die Stichprobenelemente MaxD und MaxV nicht kleiner werden.

Überhangregel für MaxD und MaxV

Die Überhangregel lässt sich in die folgenden 5 nacheinander durchzuführenden Schritte aufteilen:

1. Für jeden Zeitabschnitt ZA_i und jeden Schwellwert sind zu ermitteln:

- D_i in Tagen: maximale, im Zeitabschnitt ZA_i beginnende und endende Unterschreitungsdauer. Wenn nicht vorhanden: $D_i = 0$
- $D\ddot{U}_i$ in Tagen: Überhang des Zeitabschnittes ZA_i . Die Unterschreitungsdauer beginnt im Zeitabschnitt ZA_i , endet aber nicht dort. Wenn nicht vorhanden: $D\ddot{U}_i = 0$. wenn $D\ddot{U}_i > 365$, dann $D\ddot{U}_i = 365$. beginnt die Unterschreitungsdauer im Zeitabschnitt ZA_{i-1} oder früher und endet im Zeitabschnitt ZA_{i+1} oder später, so ist $D\ddot{U}_i = 365$. Für den letzten Zeitabschnitt ist $D\ddot{U}_i = 0$
- DV_i in Tagen: Überhang des vor dem Zeitabschnitt ZA_i liegenden Abschnittes. Es gilt $DV_i = D\ddot{U}_{i-1}$. Für den ersten Zeitabschnitt ist $DV_i = 0$

2. Berechnung der Summen S_i für ein gleitendes Fenster von jeweils drei aufeinanderfolgenden Zeitabschnitten

3. Bestimmung des Minimums von S_i, S_{i+1}, S_{i+2}

$$S_{\min} = \min(S_i, S_{i+1}, S_{i+2})$$

4. Bestimmung von MaxD für den Zeitabschnitt ZA_i

- a) wenn $S_i = S_{\min}$, dann $\text{MaxD} = \max(DV_i, D_i, D\ddot{U}_i)$, wenn $\text{MaxD} = D\ddot{U}_i$, dann $DV_{i+1} = 0$
- b) wenn $S_{i+1} = S_{\min}$, dann Zwischenwert $Z = \max(DV_{i+1}, D_{i+1}, D\ddot{U}_{i+1})$, wenn $Z = DV_{i+1}$, dann $D\ddot{U}_i = 0$. $\text{MaxD} = \max(DV_i, D_i, D\ddot{U}_i)$
- c) wenn $S_{i+2} = S_{\min}$, dann $Z = \max(DV_{i+2}, D_{i+2}, D\ddot{U}_{i+2})$, wenn $Z = DV_{i+2}$, dann $D\ddot{U}_{i+1} = 0$; neuer Zwischenwert: $Z = \max(DV_{i+1}, D_{i+1}, D\ddot{U}_{i+1})$, wenn $Z = DV_{i+1}$, dann $D\ddot{U}_i = 0$
 $\text{MaxD} = \max(DV_i, D_i, D\ddot{U}_i)$

5. Nach Durchführung der Schritte 2 bis 4 für alle Zeitabschnitte ZA_i und alle Schwellwerte Q_s sind zwar die Werte MaxD berechnet, sie können aber u.U. mit wachsenden Schwellwerten wieder kleiner werden. Ist dies in einem Zeitabschnitt der Fall, so ist die Dauer des kleineren Schwellwertes auch für den größeren Schwellwert zu übernehmen.

Abb. 1: Berechnungsvorschrift der Überhangregel am LfU, Auszug aus Handbuch HyStat (IAWG 2012)

Unterschied Zeitreihe und Zeitserie

Eine Zeitreihe ist eine zeitäquidistante, das heißt mit konstanten zeitlichen Abständen, Aufreihung von Werten, z.B. Tageswerte, Jahresmittelwerte, usw.

Bei einer Serie sind die zeitlichen Abstände zwischen den Einzelwerten unterschiedlich. Zum Beispiel variiert bei der Serie des jährlichen NQ das Datum des Eintritts von Jahr zu Jahr.



3 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 (NID⁴) 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

In der Kooperation 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.

⁴ <http://www.nid.bayern.de/>

4 Anhang: 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)

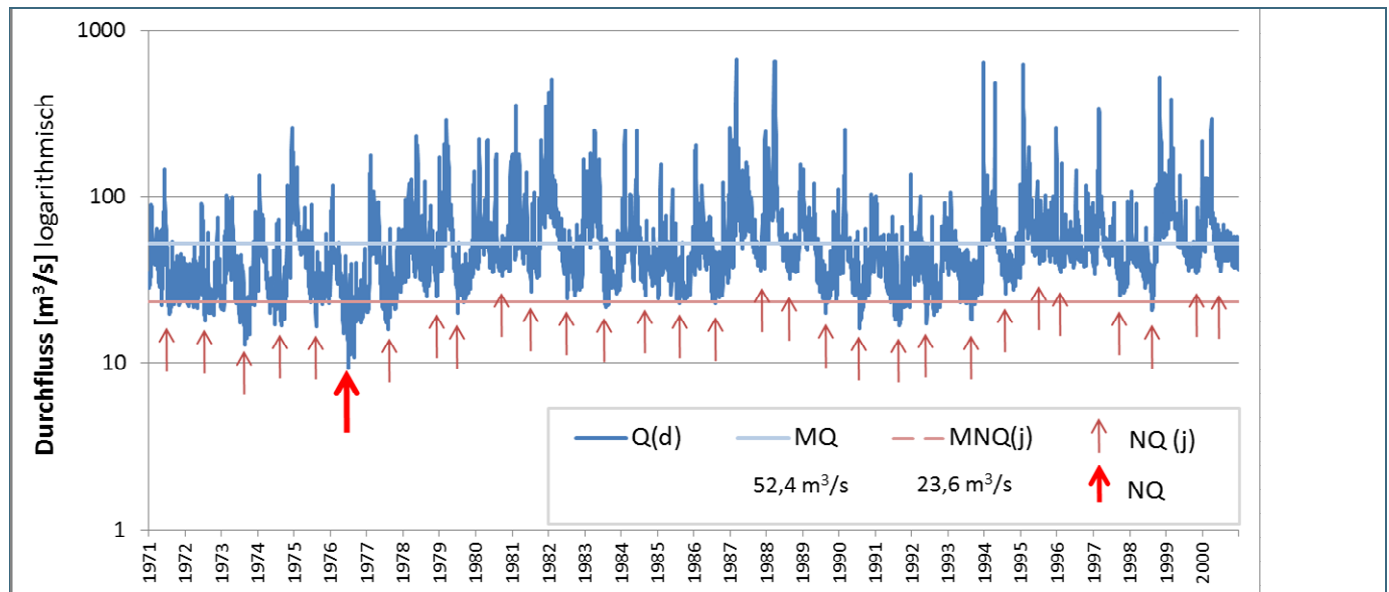


Abb. 2: ABLEITUNG VON JAHRESWERTEN

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.

- Über den gesamten Zeitraum werden diese Mengen arithmetisch gemittelt und ergeben den sogenannten Mittelwasserdurchfluss MQ (hellblaue Linie). Für diesen Pegel beträgt der MQ $52,4 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Der Niedrigstdurchfluss NQ (dicker roter Pfeil) in diesem Zeitraum wurde am 26.06.1976 gemessen und beträgt $9,4 \text{ m}^3/\text{s}$. In diesem Fall ist dies auch gleichzeitig der NNQ , also der niedrigste je an diesem Pegel gemessene Wert.
- 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.).

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

Jahr	Datum	$NQ(j)$ [m^3/s]	Jahr	Datum	$NQ(j)$ [m^3/s]	Jahr	Datum	$NQ(j)$ [m^3/s]
1971	25.07.	19,8	1981	11.07.	26,7	1991	01.09.	16,9
1972	21.07.	18,1	1982	11.07.	24,6	1992	31.05.	17,3
1973	26.08.	12,9	1983	31.07.	21,8	1993	28.08.	18,2
1974	24.08.	16,9	1984	03.09.	25,5	1994	06.08.	26,2
1975	10.08.	16,6	1985	11.08.	23,0	1995	11.07.	39,5
1976	26.06.	9,4	1986	09.08.	23,0	1996	10.02.	35,3
1977	06.08.	16,0	1987	08.11.	36,2	1997	29.09.	25,3
1978	07.12.	25,0	1988	20.08.	31,8	1998	12.08.	20,9
1979	07.07.	19,9	1989	20.08.	20,0	1999	02.11.	34,8
1980	21.09.	33,3	1990	29.07.	16,2	2000	07.07.	35,5
MNQ: $26,3 \text{ m}^3/\text{s}$								

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.

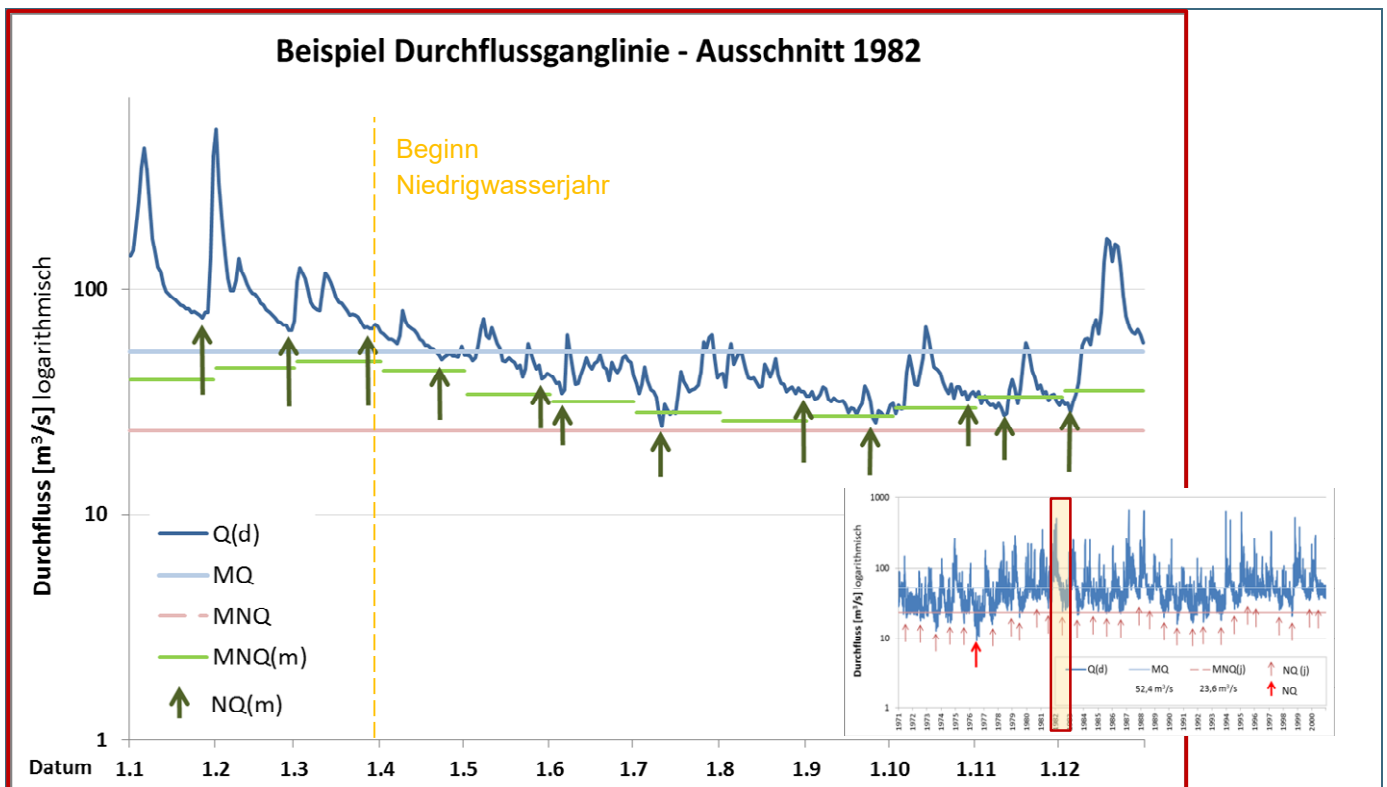


Abb. 3: **ABLEITUNG VON MONATSWERTEN**

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.

- Die Lage der monatlichen Niedrigstwerte $NQ(m)$ bzw. MoNQ sind durch dunkelgrüne Pfeile gekennzeichnet und betragen z.B. im Februar $71,1 m^3/s$ oder im Juli $24,6 m^3/s$.
- 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 $44,5 m^3/s$, im Juli $28,2 m^3/s$.

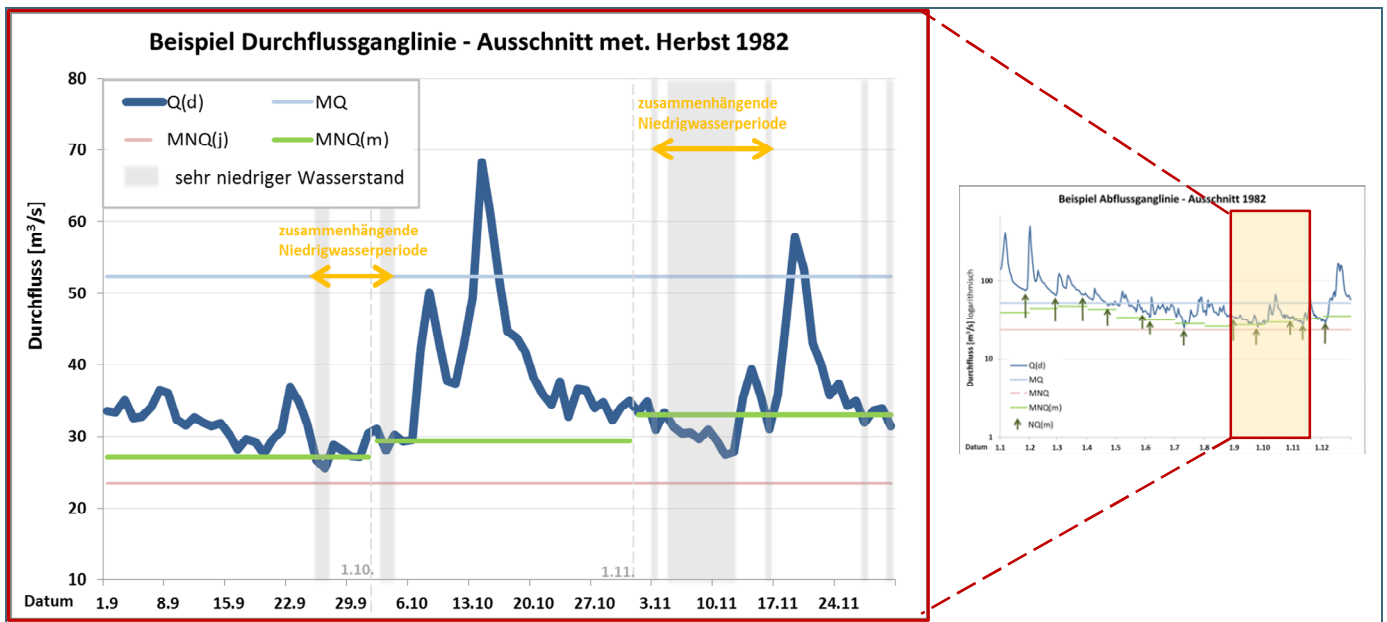
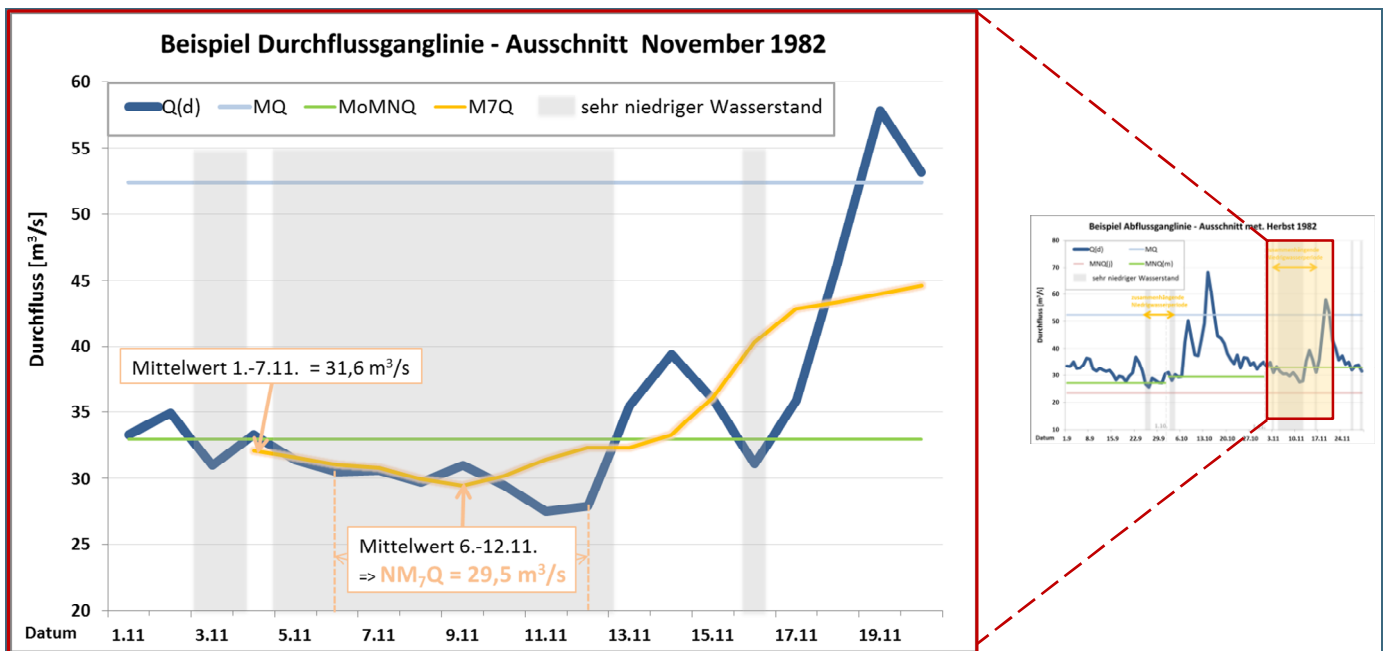


Abb. 4: ABLEITUNG VON NIEDRIGWASSERPERIODEN

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

- 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)
- Prüfung auf Unabhängigkeit der Ereignisse: Zwischen den Ereignissen vom 3.11. und 16.11. sowie dem vom 5.11. 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. 5: 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 3.11. bis 16.11. gelten als eine zusammenhängende Niedrigwasserperiode (grau hinterlegt).

- Bildung M_7Q : Aus den täglichen Durchflussmengen $Q(d)$ werden die Mittelwerte jeweils aus den Tagen 1.11. bis 7.11., 2.11. bis 8.11., usw. gebildet und zentriert, also auf den mittleren Tag, aufgetragen. Der erste Tag ist somit der 4.11.
- Das Minimum dieses Mittelwerts, also der NM_7Q für diese Niedrigwasserperiode beträgt $29,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

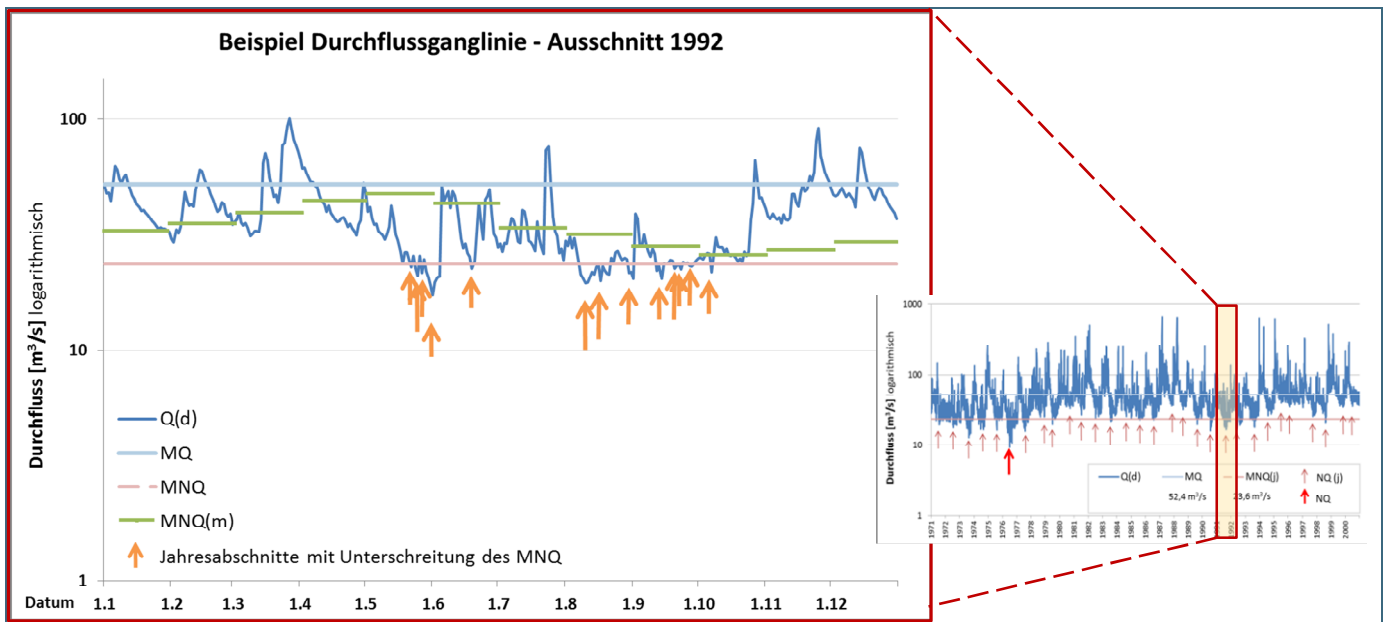


Abb. 6: BILDUNG VON SumD UND maxD

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

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

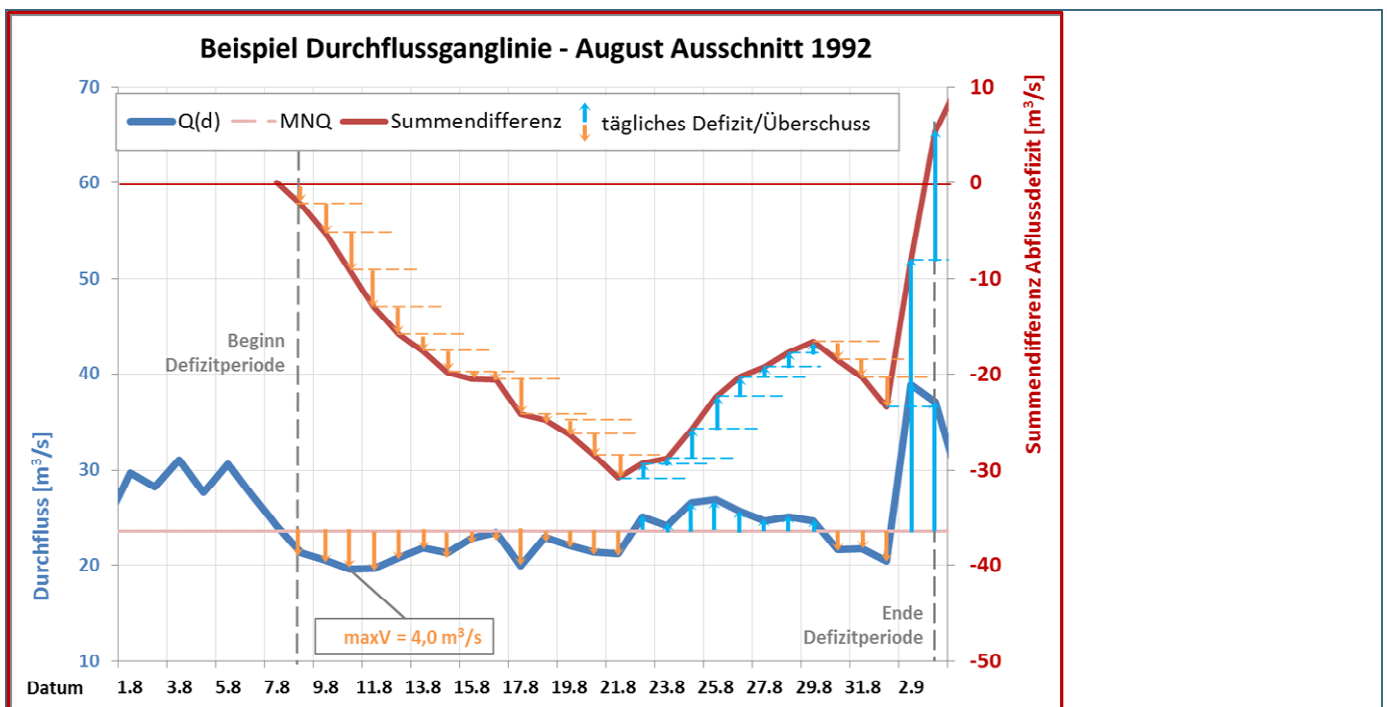


Abb. 7: KENNGRÖSSEN DES ABFLUSSDEFIZITS

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 als Rate (da Einheit m^3/s).

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

5 Anhang: Graphische Kennwerte

Quantile und Perzentile

Hierfür werden die Abflüsse der Größe nach geordnet um daraus die Häufigkeitsverteilung zu bilden (Abb. 8)

Das Quantil Q_p gibt an, dass der Abfluss an dieser Stelle der Verteilung in p Prozent der Zeit unterschritten wird.

Beispiele:

- Q_{95} : Abfluss, der an 95% der Zeit unterschritten wird und selten, also nur an 5 % der Zeit, überschritten wird
- Q_5 : Abfluss, der an 5% der Zeit unterschritten wird und meistens, also an 95% der Zeit überschritten wird

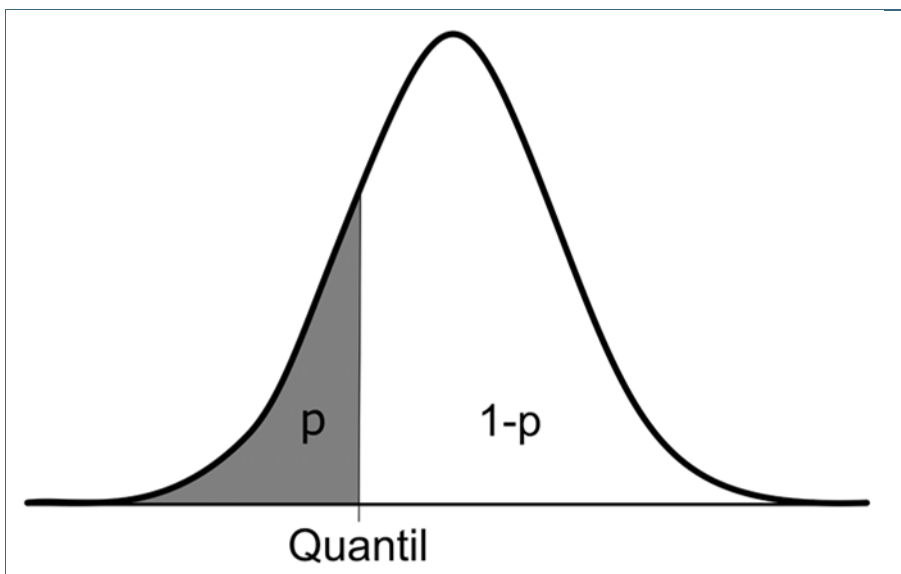


Abb. 8:
Beispiel für ein Unterschreitungsquantil

Perzentile sind besondere Quantile, bei denen die Häufigkeitsverteilung in 100 Teile zerlegt wird. Die Verteilung wird hier also in 1% Segmente zerlegt.

Abflussdauerlinie

Die Abflussdauerlinie gibt an, zu welchem Prozentanteil eines Zeitraumes (bzw. an einer Anzahl von Tagen) ein bestimmter Abfluss über- bzw. unterschritten wird (VOGEL & FENNESSEY 1994)

Dazu werde die Abflüsse nach ihrem Rang geordnet aufgetragen, dabei geht der zeitliche Zusammenhang verloren.

Beispiel: Q_{95} ist der Abfluss, der an 95% der Zeit überschritten und selten, also nur an 5% der Zeit, unterschritten wird.

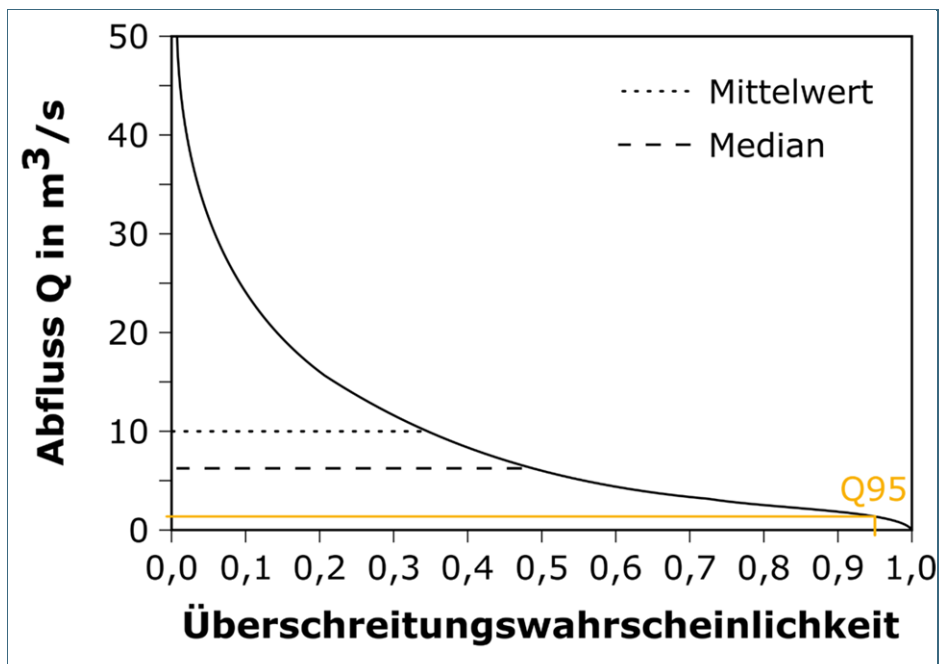


Abb. 9:
Beispiel für eine Abflussdauerlinie
(VOGEL & FENNESSEY 1994)

6 Literaturverzeichnis

VOGEL, RICHARD M.; FENNESSEY, NEIL M. (1994): Flow-Duration Curves. I. New Interpretation and Confidence Intervals. In: Journal of Water Resources Planning and Management, 120, 4, DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9496(1994)120:4(485), 485–504 S.