



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
**Bundesamt für Umwelt BAFU**

# HOCHWASSERSTATISTIK

## STATIONSBERICHT

### Ilfis - Langnau

weitere Erläuterungen: [Leitfaden](#)  
Kontakt: [hydrologie@bafu.admin.ch](mailto:hydrologie@bafu.admin.ch)

## Inhaltsverzeichnis

|               |   |           |
|---------------|---|-----------|
| <b>1</b>      | <b>Datengrundlage</b>   | <b>2</b>  |
| <b>2</b>      | <b>Resultate der parametrischen Verfahren</b>                           | <b>5</b>  |
| 2.1           | Block Maximum Ansatz (BLOCK) . . . . .                                  | 6         |
| 2.1.1         | Gesamte Auswertungsperiode: 1990-2015 . . . . .                         | 6         |
| 2.1.1.a       | Stationäre Modellvariante . . . . .                                     | 6         |
| 2.2           | Peaks Over Threshold Ansatz (POT) . . . . .                             | 8         |
| 2.2.1         | Auswertungsperiode POT: 1989-2015 . . . . .                             | 8         |
| 2.2.1.a       | Stationäre Modellvariante . . . . .                                     | 8         |
| <b>3</b>      | <b>Vergleich der verschiedenen Resultate</b>                            | <b>11</b> |
| 3.1           | Beurteilung der unterschiedlichen Auswertungsperioden . . . . .         | 11        |
| 3.2           | Allgemeiner Vergleich der verschiedenen Modellansätze . . . . .         | 11        |
| <b>4</b>      | <b>Literatur</b>  | <b>13</b> |
| <b>Anhang</b> |   | <b>14</b> |
| A             | Bestimmung des Schwellenwerts zur Abgrenzung von Extremwerten . . . . . | 14        |
| B             | Glossar . . . . .   | 15        |

# 1 Datengrundlage

Es stehen die folgenden Abflussdaten für die extremwertstatistischen Auswertungen zur Verfügung:

| <b>Vorhandene Daten</b> | <b>seit</b> | <b>bis</b> |
|-------------------------|-------------|------------|
| Digitale Monatsmaxima   | 01.04.1989  | 31.12.2015 |
| Digitale Tagesmaxima    | 01.04.1989  | 31.12.2015 |

Ein Limnigraph wurde am 01. April 1989 in Betrieb genommen.

Für die Auswertungen werden entweder die mit Limnigraph erfassten vollständigen Jahre der Monatsmaxima oder die digitalen Tagesmaxima verwendet (siehe Kapitel 2).

Der grösste Abfluss wurde wie folgt beobachtet:

| <b>Grösste Abflussspitze</b> | <b>Datum</b> | <b>Abfluss</b>        |
|------------------------------|--------------|-----------------------|
| Grösstes Monatsmaximum       | 21.08.2005   | 335 m <sup>3</sup> /s |
| Grösstes Tagesmaximum        | 21.08.2005   | 335 m <sup>3</sup> /s |

Die Abflussdaten können folgendermassen charakterisiert werden:

| <b>Abflussverlauf</b>       | <b>Beschreibung</b>  |
|-----------------------------|--|
| Abflussregime               | Nivo-pluvial préalpin: Hohe Abflüsse im Sommer, etwas tiefere Abflüsse im Winter |
| Ausprägung der Saisonalität | In Monats- und Tagesmaxima schwach zu erkennen (Abbildung 3 und Abbildung 4)     |
| Beeinflussung               | keine bekannt (siehe Abbildung 2).   |

Die Jahresmaxima bewegen sich zwischen ungefähr 40 und 340 m<sup>3</sup>/s, wobei die Werte in diesem Bereich stark streuen. Innerhalb der Untersuchungsperiode wurden allerdings lediglich zwei Werte unter 50 m<sup>3</sup>/s und zwei über 300 m<sup>3</sup>/s registriert, wobei der höchste Wert dem Jahr 2005 zuzuschreiben ist. Die Reihe der Jahresmaxima ist generell sehr heterogen. Auffällig erscheint zudem, dass sich viele ähnliche Werte im Bereich 100 m<sup>3</sup>/s befinden (siehe Abbildung 1). Die Bruchpunktanalyse ergibt einen nicht signifikanten Bruchpunkt um 2002 (Konfidenzintervall nicht berechenbar). Der Bruchpunkt ist allerdings in den Daten nicht erkennbar. Da keine Beeinflussungen im gesamten Einzugsgebiet erfasst wurden, erfolgt damit auch keine Unterteilung der Untersuchungsperiode anhand eines Bruchpunktes.

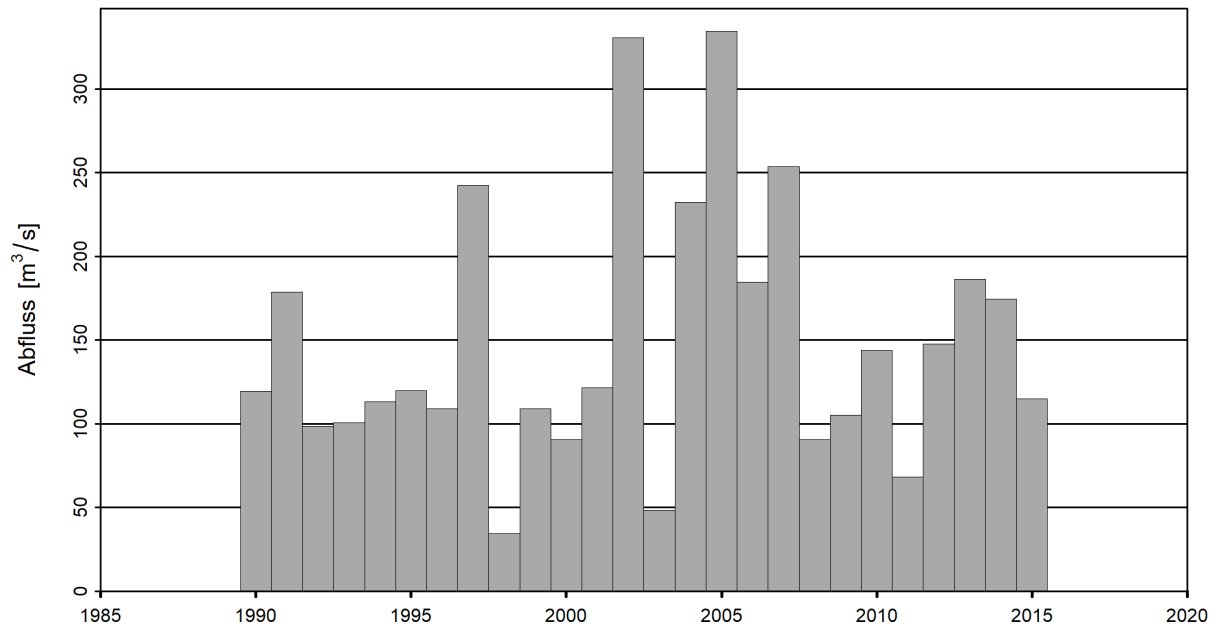


Abbildung 1: Zeitreihe der Jahresmaxima [m<sup>3</sup>/s] (1989 - 2015, dunkelgrau: verwendete Jahresmaxima)

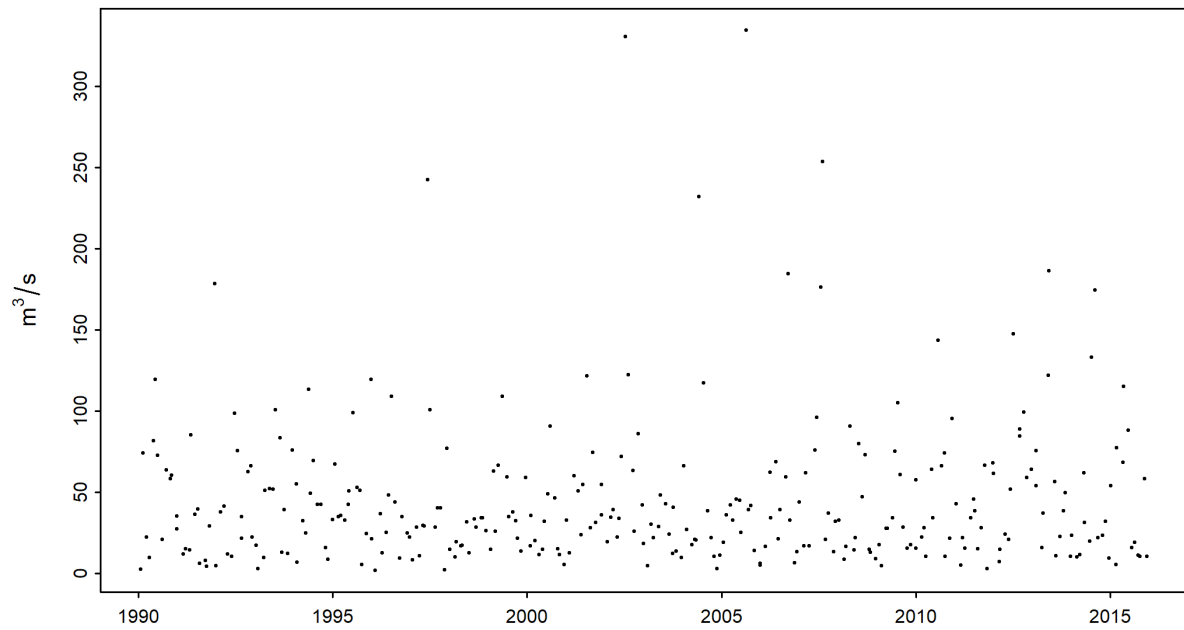


Abbildung 2: Zeitreihe der Monatsmaxima [m<sup>3</sup>/s] (01.01.1990 - 31.12.2015)

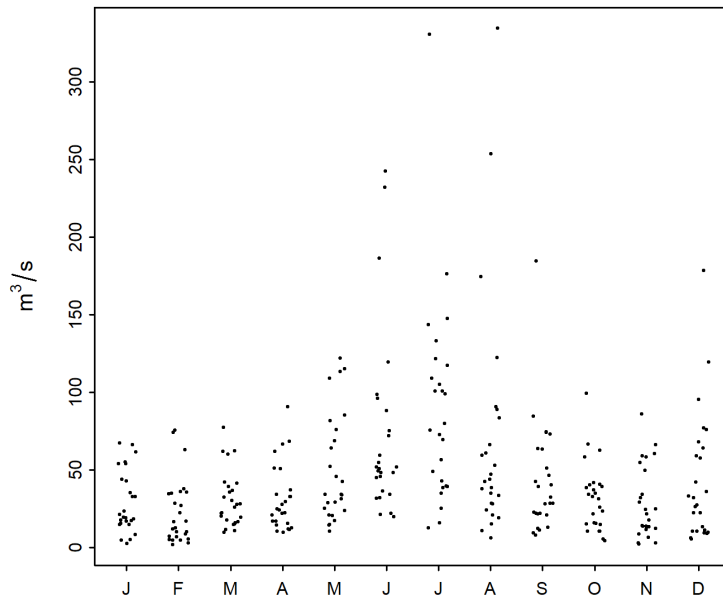


Abbildung 3: Saisonaler Verlauf der Monatsmaxima [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] (01.01.1990 - 31.12.2015)

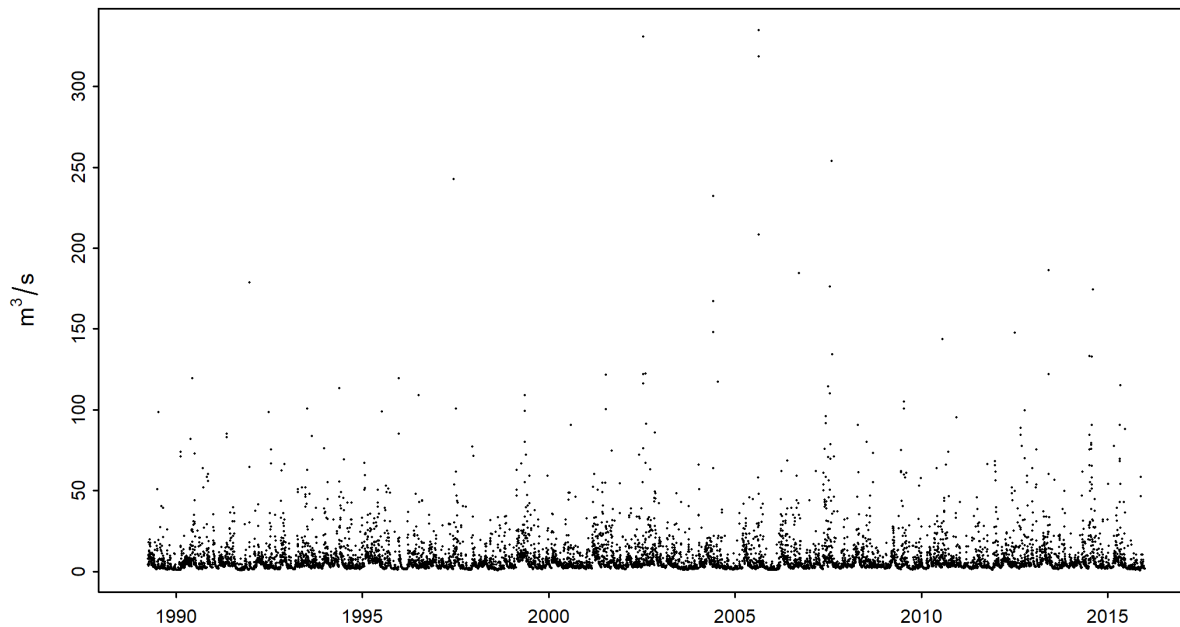


Abbildung 4: Zeitreihe der maximalen Tagesabflüsse [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] (01.04.1989 - 31.12.2015)

#### Fazit für die Modellvarianten

| Veränderungen | Auswirkungen | Folgerungen          |
|---------------|--------------|----------------------|
| keine         | -            | Vermutlich stationär |

#### Bruchpunktanalyse

| Jahr        | Signifikanter Bruchpunkt | Folgerungen  |
|-------------|--------------------------|--|
| 2002 / 2003 | nein                     | Keine Unterteilung der Auswertungsperiode, da nicht aus Unterlagen zu Station und Einzugsgebiet begründbar. Verwendung von 2003 als $t_0$ (siehe Kapitel 2). |

## 2 Resultate der parametrischen Verfahren

Mit Hilfe von zwei parametrischen Verfahren (BLOCK- und POT-Ansatz) werden Hochwasserwahrscheinlichkeiten  $HQ_T$  abgeschätzt. Die beiden Ansätze unterscheiden sich in der Methode wie Extremwerte identifiziert werden. Sie basieren auf folgenden Modelleingangsdaten und Parametern:

| Parametrisches Verfahren   | Parameter                             | Modelleingangsdaten |
|----------------------------|---------------------------------------|---------------------|
| Block Maximum (BLOCK)      | $\mu$ Lageparameter                   | Jahresmaxima        |
|                            | $\sigma$ Skalenparameter              |                     |
|                            | $\kappa$ Formparameter                |                     |
| Peaks Over Threshold (POT) | $\lambda$ Ereignisrate                | Tagesmaxima         |
|                            | $\sigma$ Skalenparameter <sup>1</sup> |                     |
|                            | $\kappa$ Formparameter                |                     |

Für beide parametrischen Ansätze wird jeweils der stationäre Fall berechnet. Das heisst es wird angenommen, dass alle Parameter der Verteilungsfunktion über den gesamten Untersuchungszeitraum konstant sind. Wenn die Stationsgeschichte jedoch eine zeitliche Veränderung vermuten lässt, können die Parameter der entsprechenden Verteilungsfunktion zeitlich abhängig modelliert werden. Folgende, in Tabelle 1 und Tabelle 2 aufgeführten Modellvarianten werden verwendet:

Tabelle 1: Verwendete Modellvarianten des BLOCK-Ansatzes.  $\mu$  Lageparameter (mu),  $\sigma$  Skalenparameter (sigma),  $\kappa$  Formparameter (kappa)

| Modellvarianten BLOCK |   |   |                  |
|-----------------------|---|---|------------------|
| Name                  | Beschreibung  | Parameter (t: Jahr)   | Anzahl Parameter |
| stat                  | Stationäre Variante   | $\mu, \sigma, \kappa$   | 3                |
| mul                   | Linearer Trend von $\mu$  | $\mu = a_1 + a_2 * t, \sigma, \kappa$   | 4                |
| muq                   | Quadratischer Trend von $\mu$                                   | $\mu = a_1 + a_2 * t + a_3 * t^2, \sigma, \kappa$                                       | 5                |
| sigl                  | Linearer Trend von $\sigma$                                     | $\mu, \sigma = b_1 + b_2 * t, \kappa$   | 4                |
| musigl                | Linearer Trend von $\mu$ und $\sigma$                           | $\mu = a_1 + a_2 * t, \sigma = b_1 + b_2 * t, \kappa$                                   | 5                |
| mujump                | Nicht-kontinuierliche Veränderung von $\mu$ zum Zeitpunkt $t_0$ | $\mu = a_1 + a_2 * i, \sigma, \kappa,$<br>$i = 0$ für $t < t_0, i = 1$ für $t \geq t_0$ | 4                |

Tabelle 2: Verwendete Modellvarianten des POT-Ansatzes.  $\sigma$  Lageparameter (sigma),  $\kappa$  Formparameter (kappa)

| Modellvarianten POT |  |  |                  |
|---------------------|--|--|------------------|
| Name                | Beschreibung   | Parameter (t: Jahr)  | Anzahl Parameter |
| stat                | Stationäre Variante  | $\sigma, \kappa$   | 2                |
| sigl                | Linearer Trend von $\sigma$  | $\sigma = b_1 + b_2 * t, \kappa$   | 3                |
| sigjump             | Nicht-kontinuierliche Veränderung von $\sigma$ zum Zeitpunkt $t_0$ | $\sigma = b_1 + b_2 * i, \kappa,$<br>$i = 0$ für $t < t_0, i = 1$ für $t \geq t_0$ | 3                |

Die Güte der Modellvarianten wird jeweils grafisch mit Hilfe eines Probability und eines Quantile Plots beurteilt (siehe z.B. Abbildung 5 oben und [Leitfaden](#) Kapitel 2.2.3). Je besser die Daten auf der Einheitsdiagonale liegen, desto eher kann davon ausgegangen werden, dass die Modellannahmen korrekt sind. Anhand eines Ablaufschemas wird schliesslich entschieden, welches nicht stationäre Modell allenfalls weiterverwendet wird (siehe Abbildung 5 im [Leitfaden](#) Kapitel 2.1.3). Im Folgenden sind jeweils die Verfahren mit den besten Resultaten aufgeführt.

<sup>1</sup>Der Skalenparameter  $\sigma$  des POT-Ansatzes ist numerisch nicht identisch mit dem  $\sigma$  des BLOCK-Ansatzes.

## 2.1 Block Maximum Ansatz (BLOCK)

Der Block Maximum Ansatz (BLOCK) definiert den höchsten Wert innerhalb eines Zeitintervalls (Block, im vorliegenden Fall ein Jahr) als Extremwert.

Folgende Varianten des BLOCK-Ansatzes werden in diesem Bericht beschrieben:

| Auswertungs-<br>periode | Beschreibung               | ausgewählte<br>Modellvariante | Kapitel         |
|-------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------|
| 1990 - 2015             | gesamte Auswertungsperiode | stat                          | Kapitel 2.1.1.a |

Für die gesamte Auswertungsperiode zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen der stationären und den nicht stationären Modellvarianten.<sup>2</sup>

### 2.1.1 Gesamte Auswertungsperiode: 1990-2015

#### 2.1.1.a Stationäre Modellvariante

| Verfahren | Modellvariante | Auswertungsperiode | Modelleingangsdaten | Bemerkung |
|-----------|----------------|--------------------|---------------------|-----------|
| BLOCK     | stat           | 1990-2015          | Jahresmaxima        | -         |

Verwendete Anzahl Werte und geschätzte Modellparameter:

| Anzahl Werte $n$ | Lageparameter $\hat{\mu}$ | Skalenparameter $\hat{\sigma}$ | Formparameter $\hat{\kappa}$ |
|------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 26               | 112.36                    | 55.4                           | 0.0636                       |

Die Güte der Modellvariante „stat“ über die gesamte Auswertungsperiode wird grafisch anhand der in Abbildung 5 dargestellten Diagnostikplots beurteilt.

<sup>2</sup>Als Zeitpunkt  $t_0$  für das Modell „mujump“ wird das Jahr 2003 gewählt.

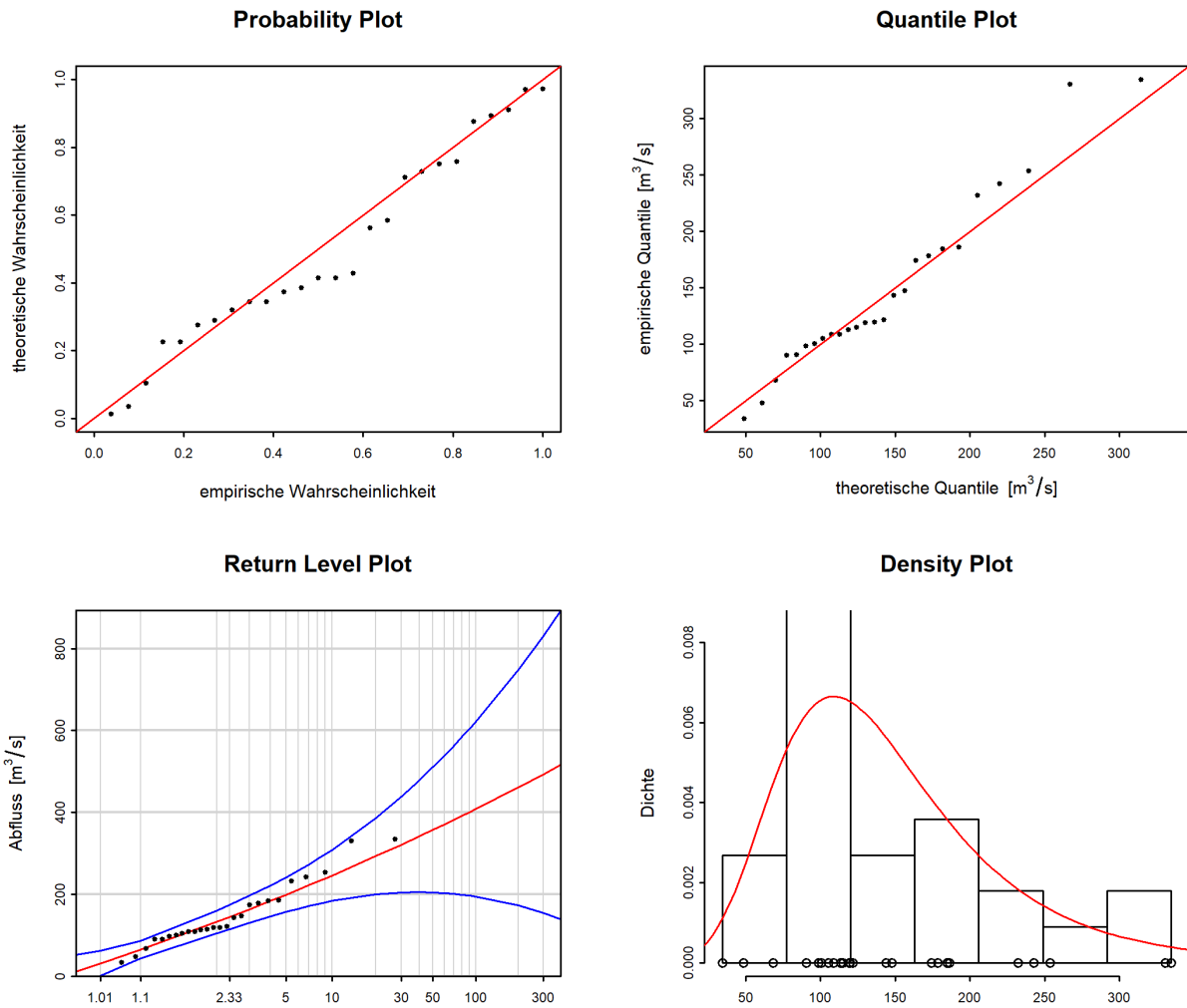


Abbildung 5: Diagnostikplots der Modellvariante „stat“ des BLOCK-Ansatzes (1990-2015)

### Bewertung Diagnostikplots (Abbildung 5):

| Kriterien                   | Bewertung <sup>3</sup> | Bemerkungen                               |
|-----------------------------|------------------------|---|
| Anpassung unterer Bereich   | gut-mittel             | einige Werte überschätzt                  |
| Anpassung mittlerer Bereich | mittel                 | Werte eher unterschätzt                   |
| Anpassung oberer Bereich    | mittel-schlecht        | vor allem zweithöchster Wert unterschätzt |
| Konfidenzintervall          | gross                  | für grosse Wiederkehrperioden sehr gross  |

Folgende Tabelle enthält die Abflussmengen für verschiedene Wiederkehrperioden, berechnet mit dem stationären BLOCK-Ansatz über die gesamte Auswertungsperiode 1990-2015 (inkl. 95% - Konfidenzintervall berechnet über die Deltamethode):

| HQ <sub>T</sub>   | untere Konfidenzgrenze [m³/s] | Abfluss [m³/s] | obere Konfidenzgrenze [m³/s] |
|-------------------|-------------------------------|----------------|------------------------------|
| HQ <sub>2</sub>   | 106                           | 133            | 160                          |
| HQ <sub>10</sub>  | 184                           | 246            | 309                          |
| HQ <sub>30</sub>  | 204                           | 322            | 439                          |
| HQ <sub>100</sub> | 195                           | 408            | 622                          |
| HQ <sub>300</sub> | 155                           | 493            | 831                          |

<sup>3</sup>Siehe [Leitfaden](#) Kapitel 2.2.3



## 2.2 Peaks Over Threshold Ansatz (POT)

Beim Peaks Over Threshold Ansatz (POT) gelten Werte als Extremereignisse, wenn sie einen hohen Schwellenwert  $u$  überschreiten.

Zur Berechnung des POT-Ansatzes werden die Tagesmaxima ab 1989 verwendet. Vor der Bearbeitung müssen diese von Clustern bereinigt werden. Für Ilfis - Langnau wird der Zeitabstand  $L$  zwischen zwei unabhängigen Ereignissen auf den Mindestwert von 11 Tagen festgelegt.

Folgende Modellvarianten des POT-Ansatzes werden in diesem Bericht beschrieben:

| Auswertungsperiode | Beschreibung           | ausgewählte Modellvariante | Kapitel         |
|--------------------|------------------------|----------------------------|-----------------|
| 1989 - 2015        | Auswertungsperiode POT | stat                       | Kapitel 2.2.1.a |

Für die Auswertungsperiode POT zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen der stationären und den nicht stationären Modellvarianten.<sup>4</sup>

### 2.2.1 Auswertungsperiode POT: 1989-2015

Im vorliegenden Fall wurde als Schwellenwert  $u$   $72 \text{ m}^3/\text{s}$  gewählt (siehe Anhang A). Abbildung 6 zeigt die effektiv verwendeten Extremereignisse.

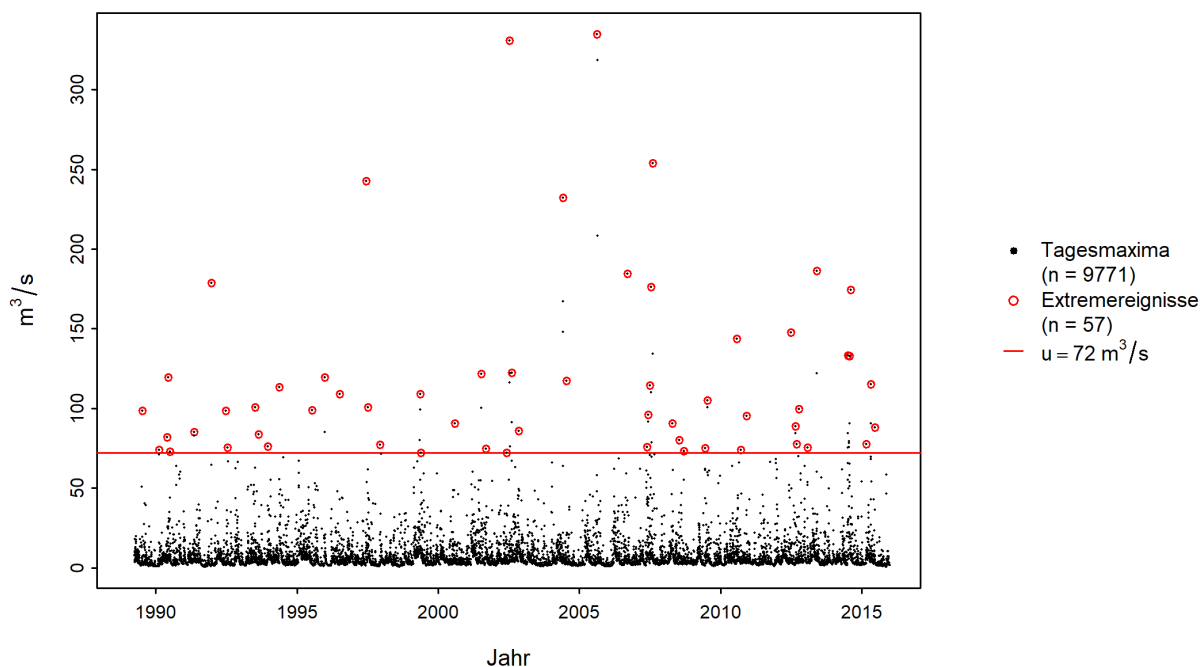


Abbildung 6: Auswahl der für den POT-Ansatz verwendeten Extremereignisse

#### 2.2.1.a Stationäre Modellvariante

| Verfahren | Modellvariante | Auswertungsperiode | Modelleingangsdaten | Bemerkung |
|-----------|----------------|--------------------|---------------------|-----------|
| POT       | stat           | 1989-2015          | Tagesmaxima         | -         |

<sup>4</sup>Als Zeitpunkt  $t_0$  für das Modell „sigjump“ wird das Jahr 2003 gewählt.

Verwendete Anzahl Werte und geschätzte Modellparameter:

| Schwellenwert        | Anzahl Werte | Ereignisrate    | Skalenparameter | Formparameter  |
|----------------------|--------------|-----------------|-----------------|----------------|
| u                    | n            | $\hat{\lambda}$ | $\hat{\sigma}$  | $\hat{\kappa}$ |
| 72 m <sup>3</sup> /s | 57           | 2.11            | 31.83           | 0.3568         |

Die Güte der Modellvariante „stat“ über die Auswertungsperiode POT wird grafisch anhand der in Abbildung 7 dargestellten Diagnostikplots beurteilt.

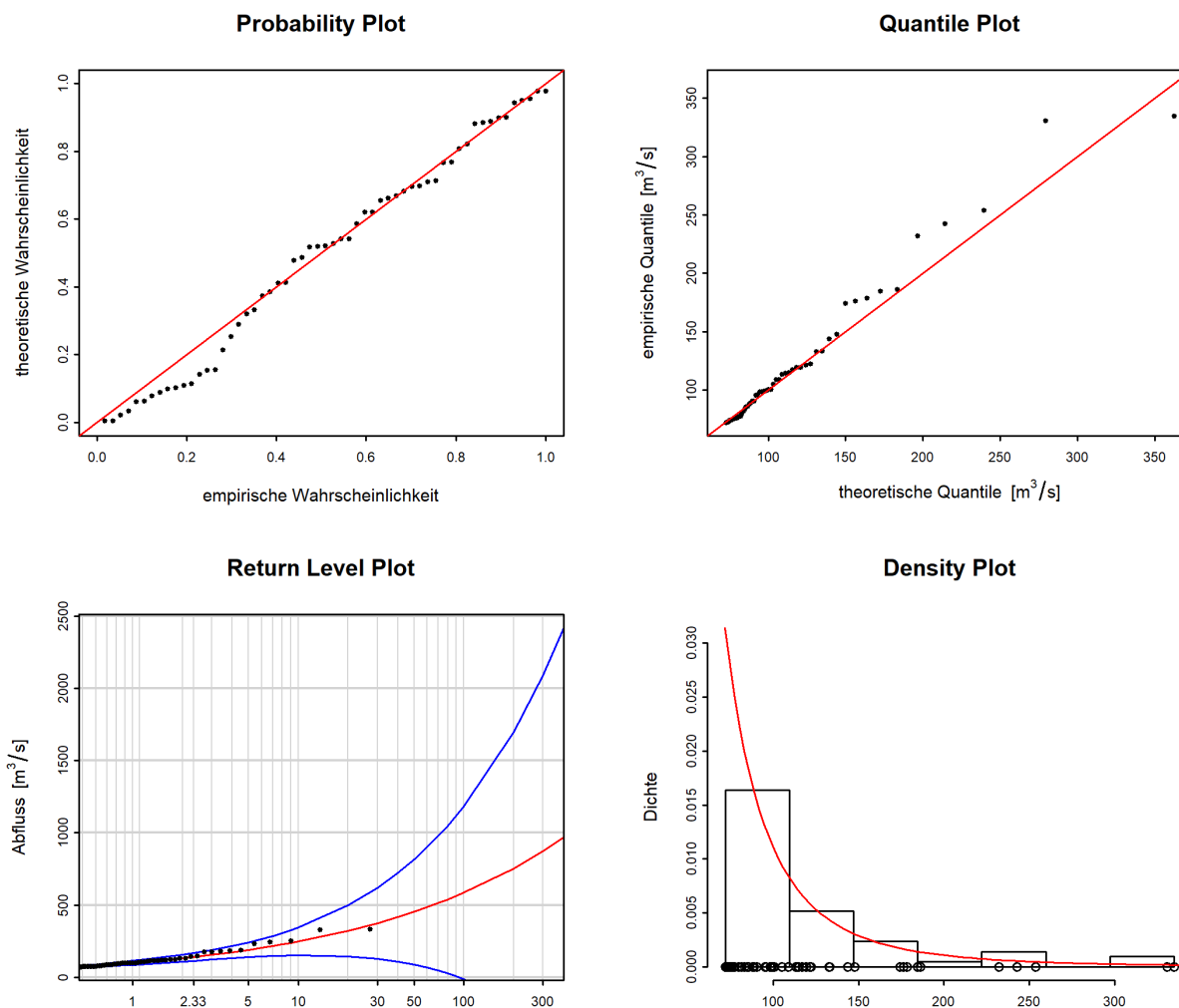


Abbildung 7: Diagnostikplots der Modellvariante „stat“ des POT-Ansatzes (1989-2015)

#### Bewertung Diagnostikplots (Abbildung 7):

| Kriterien                   | Bewertung <sup>5</sup> | Bemerkungen  |
|-----------------------------|------------------------|--|
| Anpassung unterer Bereich   | gut                    | -  |
| Anpassung mittlerer Bereich | gut-mittel             | einige Werte leicht unterschätzt                                 |
| Anpassung oberer Bereich    | mittel                 | zweithöchster Wert unterschätzt, letzter Wert leicht überschätzt |
| Konfidenzintervall          | gross                  | für grosse Wiederkehrperioden sehr gross                         |

<sup>5</sup>Siehe [Leitfaden](#) Kapitel 2.2.3

Folgende Tabelle enthält die Abflussmengen für verschiedene Wiederkehrperioden, berechnet mit dem stationären POT-Ansatz über die Auswertungsperiode POT 1989-2015 (inkl. 95% - Konfidenzintervall berechnet über die Deltamethode):

| <b>HQ<sub>T</sub></b> | <b>untere Konfidenzgrenze [m<sup>3</sup>/s]</b> | <b>Abfluss [m<sup>3</sup>/s]</b> | <b>obere Konfidenzgrenze [m<sup>3</sup>/s]</b> |
|-----------------------|---|----------------------------------|--|
| HQ <sub>2</sub>       | 107   | 132                              | 156  |
| HQ <sub>10</sub>      | 151   | 248                              | 344  |
| HQ <sub>30</sub>      | 128   | 375                              | 621  |
| HQ <sub>100</sub>     | -12.07  | 585                              | 1182   |
| HQ <sub>300</sub>     | -342.73   | 874                              | 2091   |

### 3 Vergleich der verschiedenen Resultate

Abbildung 8 zeigt die  $HQ_T$  der beiden stationären Modellvarianten, welche bei beiden parametrischen Verfahren jeweils am besten an die Daten angepasst waren. Sowohl die Werte wie auch die Grösse der Konfidenzintervalle, welche ein Mass für die Unsicherheit sind, variieren. Generell werden diese Unterschiede grösser, je grösser die Wiederkehrperiode  $T$  ist.

#### 3.1 Beurteilung der unterschiedlichen Auswertungsperioden

Die verwendeten Auswertungsperioden vom BLOCK- und POT-Ansatz unterscheiden sich nur geringfügig. Ein Vergleich unterschiedlicher Auswertungsperioden entfällt somit. Da der BLOCK-Ansatz allerdings nur für vollständige Jahre angewendet wird und der POT-Ansatz auch für angebrochene Jahre Sinn macht, beginnt die Auswertungsperiode POT rund neun Monate früher als die gesamte Auswertungsperiode des BLOCK-Ansatzes.

#### 3.2 Allgemeiner Vergleich der verschiedenen Modellansätze

In Abbildung 8 und der zugehörigen Tabelle sind die Resultate der verschiedenen Modellansätze zusammengefasst und zeigen folgende Sachverhalte auf:

**Differenzen der Resultate der berechneten  $HQ_T$  der beiden Ansätze:**

Die  $HQ_T$  des POT-Ansatzes liegen - bis auf  $HQ_{10}$  - immer etwas höher als diejenigen des BLOCK-Ansatzes, wobei der Unterschied bei der höchsten Wiederkehrperiode am grössten ist.

**Differenzen der berechneten Konfidenzintervalle der beiden Ansätze:**

Allgemein nehmen die Unsicherheiten und somit die Konfidenzintervalle zu, je grösser die Wiederkehrperiode  $T$  ist. Die Konfidenzintervalle der verschiedenen Ansätze unterscheiden sich nur geringfügig.

**Vergleich von stationären und nicht stationären Varianten:**

Bei der Station „Ilfis - Langnau“ wurden nur stationäre Modellvarianten verwendet, wodurch der Vergleich zu den nicht stationären Varianten entfällt.

Für die Beantwortung konkreter Fragestellungen bilden die Resultate dieser statistischen Auswertungen nur eine von verschiedenen Grundlagen. Kenntnisse über die hydrologischen Prozesse im Einzugsgebiet, Überlegungen zu Worst-Case-Szenarien für Niederschlag und Abfluss etc. sind unerlässlich, um das Hochwasserrisiko abzuschätzen. Die Abteilung Hydrologie des BAFUs befürwortet eine „hydrologisch-argumentative Vorgehensweise“ wie sie Merz und Blöschl (2008 zitiert in DWA 2015:52) vorschlagen.

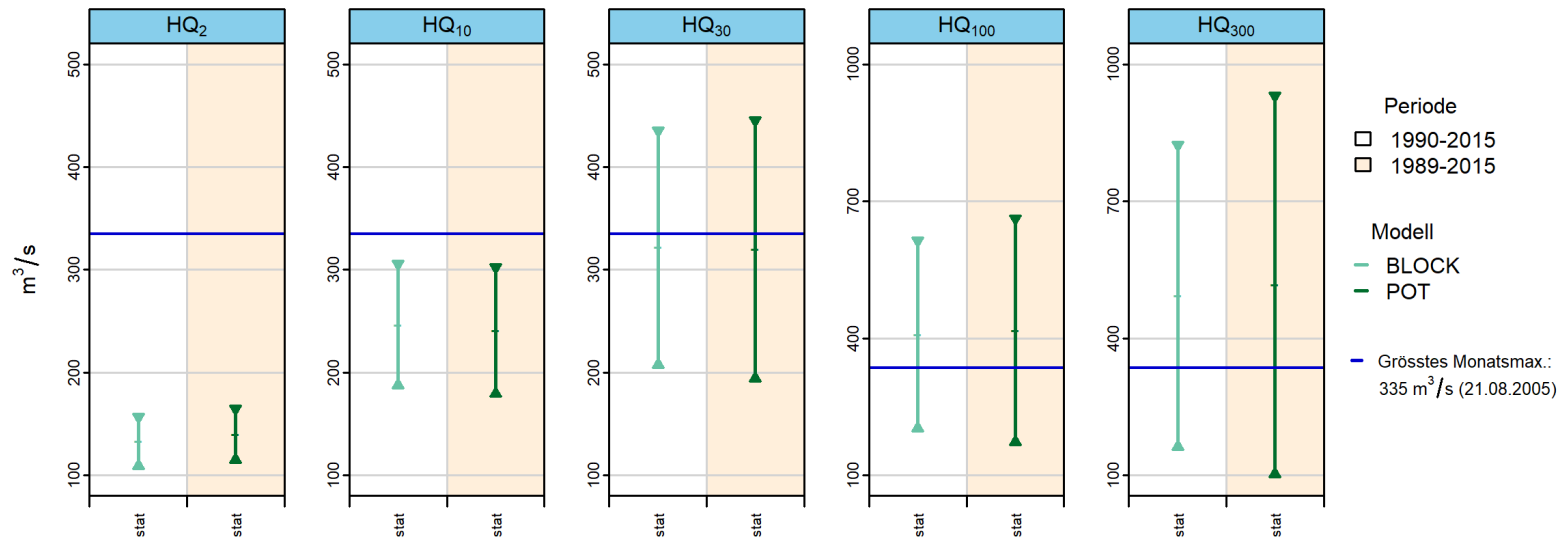


Abbildung 8:  $HQ_T$  [ $m^3/s$ ] inkl. 95%-Konfidenzintervalle, berechnet mit den stationären sowie den jeweils bestangepassten Modellvarianten des BLOCK- und POT-Ansatzes für das Jahr 2015

| Auswertungsperiode | Verfahren  | Anpassung  |            | Bemerkung       |  |
|--------------------|------------|------------|------------|-----------------|--|
| 1990 - 2015        | BLOCK stat | gut-mittel | mittel     | mittel-schlecht | vor allem zweithöchster Wert unterschätzt                        |
| 1989 - 2015        | POT stat   | gut        | gut-mittel | mittel          | zweithöchster Wert unterschätzt, letzter Wert leicht überschätzt |

## 4 Literatur

*BAFU (2015)*: Leitfaden zu den Stationsberichten der Hochwasserstatistik. BAFU, Bern.

*Baumgartner, E., Boldi, M.-O., Kan, C., Schick, S. (2013)*: Hochwasserstatistik am BAFU - Diskussion eines neuen Methodensets. Wasser Energie Luft, Heft 2/2013. Baden.

*BWG (Hrsg.) (2003a)*: Wörterbuch Hochwasserschutz. Haupt Verlag, Bern.

*BWG (Hrsg.) (2003b)*: Hochwasserabschätzung in schweizerischen Einzugsgebieten. Praxishilfe. Berichte des BWG, Serie Wasser Nr. 4, Bern.

*Coles, S. (2001)*: An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values. Springer. London.

*DWA (Hrsg.) (2012)*: Merkblatt DWA-M 552. Ermittlung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. Hennef.

# Anhang

## A Bestimmung des Schwellenwerts zur Abgrenzung von Extremwerten

Der Schwellenwert  $u$  zur Abgrenzung der Extremwerte des POT-Ansatzes für die Auswertungsperiode 1989 - 2015 (siehe Kapitel 2.2.1) wird anhand des „mean residual life plots“ auf  $72 \text{ m}^3/\text{s}$  festgelegt (siehe Abbildung 9).

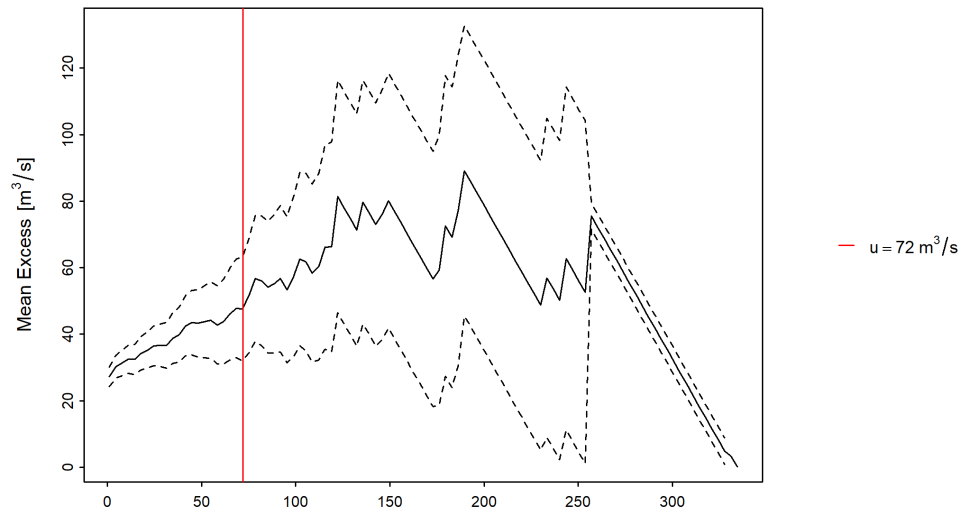


Abbildung 9: „mean residual life plot“ mit gewähltem Schwellenwert  $u$  (rote Linie) mean Excess (schwarze Linie), 95%-Konfidenzintervall (gestrichelte Linien)

## B Glossar

|   |   |
|---|---|
| Auswertungsperiode                          | Begrenzter Zeitraum, aus welchem eine Stichprobe der Hochwasserabflüsse stammt, die als repräsentativ für die Grundgesamtheit angenommen wird. Es wird davon ausgegangen, dass die Eigenschaften der Grundgesamtheit mit dieser Stichprobe annähernd abgebildet werden.   |
| Devianzstatistik                            | Mit der Devianzstatistik kann die Anpassungsgüte eines Modells für einen gegebenen Datensatz untersucht werden.   |
| Deltamethode                                | Das BAFU nutzt die Deltamethode zur Berechnung von Konfidenzintervallen in den Return Level Plots. Die Methode basiert auf einer Taylor-Entwicklung der Funktion der $HQ_T$ und einer asymptotischen Normalverteilung (für technische Details siehe Coles 2001, S. 33).   |
| Güte auch Anpassungsgüte oder Anpassung     | Mass für die Abweichung eines statistischen Modells (theoretische Werte) und einer Menge von Beobachtungen bzw. Messungen (empirische Daten).   |
| $HQ_T$                                      | Der mittels Verteilungsfunktion für eine vorgegebene Jährlichkeit $T$ bestimmte Hochwasserabfluss. $HQ_T$ ist ein Schätzwert, der über oder unter dem wahren Wert der Hochwasserabflüsse mit statistisch gesehen $T$ -jährlicher Wiederkehrperiode liegen kann. $HQ_T$ wird auch als Wiederkehrwert bezeichnet. Die mit den parametrischen Verfahren berechneten $HQ_T$ gelten für eine ganze Periode (stationärer Fall) bzw. das aktuelle Berichtsjahr (nicht-stationärer Fall).   |
| Konfidenzintervall auch Vertrauensintervall | Konfidenzintervalle beschreiben die Unsicherheit des Outputs eines statistischen Modells. Sie berücksichtigen dabei den Fehler des Modells selbst, nicht aber weitere Unsicherheiten (z.B. Messfehler).   |
| Maximum-Likelihood-Methode                  | Bezeichnung für ein Verfahren, das die Parameter einer Verteilungsfunktion aus den Informationen einer Stichprobe schätzt, indem der Maximum-Likelihood-Wert der Funktion maximiert wird.   |
| Parametrische Verfahren                     | Ein wichtiges Ziel der Statistik ist es, mittels der Daten einer Stichprobe Aussagen über eine unbekannte Grundgesamtheit herzuleiten. Dafür eignen sich u. a. parametrische Verfahren, bei welchen angenommen wird, dass die Grundgesamtheit eine vorgegebene Wahrscheinlichkeitsverteilung besitzt, welche durch einen oder mehrere Parameter eindeutig bestimmt ist. Die beiden betrachteten Verfahren stützen sich auf die Allgemeine Extremwertverteilung (BLOCK), bzw. auf die Allgemeine Pareto-Verteilung (POT), weil diese Verteilungen die Natur der Daten (Blockmaxima, bzw. Daten ab einem gewissen Schwellwert) am besten reflektieren (siehe Coles 2001). |
| Block-Maximum-Ansatz (BLOCK)                | Der Block Maximum Ansatz (BLOCK) definiert den höchsten Wert innerhalb eines Zeitintervalls (Block, im vorliegenden Fall ein Jahr) als Extremwert (siehe <a href="#">Leitfaden</a> Kapitel 2.1.1 oder Coles 2001, Kapitel 3.1).   |
| Peaks Over Threshold (POT)                  | Beim Peaks-Over-Threshold-Ansatz (POT) gelten Werte als Extremereignisse, wenn sie einen gewissen Schwellenwert $u$ (in $m^3/s$ bzw. $l/s$ ) überschreiten. Die verwendeten Daten werden vorgängig von Clustern befreit (siehe <a href="#">Leitfaden</a> Kapitel 2.1.2 oder Coles 2001, Kapitel 4.2).   |
| Probability Plot (P-P-Plot)                 | Exploratives, grafisches Werkzeug, in dem die Verteilungsfunktionen zweier statistischer Variablen gegeneinander aufgetragen werden, um ihre Verteilungen zu vergleichen. Hier: aufsummierte empirische Häufigkeiten vs. die theoretische, kumulierte Verteilungsfunktion. Je besser die Daten auf der Einheitsdiagonale liegen, desto mehr kann davon ausgegangen werden, dass die Modellannahmen korrekt sind. (Enthält die gleichen Informationen wie der Q-Q-Plot, dargestellt auf einer unterschiedlichen Skala.)  |



|  |   |
|--|---|
| Quantile Plot (Q-Q-Plot)                   | Exploratives, grafisches Werkzeug, in dem die Quantile zweier statistischer Variablen gegeneinander aufgetragen werden, um ihre Verteilung zu vergleichen. Hier: beobachtete Abflusswerte vs. die mit Hilfe eines Modells berechneten Abflussdaten. Stimmen die empirischen und theoretischen Quantile annähernd überein, liegen die Werte in der Grafik nahe der Diagonalen. (Enthält die gleichen Informationen wie der P-P-Plot, dargestellt auf einer unterschiedlichen Skala.) Hinweis: Die theoretischen Quantile werden aus der Umkehrfunktion der Verteilungsfunktion berechnet. Für den direkten, optischen Vergleich mit dem entsprechenden Probability Plot sind die Achsen des Quantile Plots daher vertauscht.                                   |
| Stationarität                              | Beobachtet man bei einer Messstation, dass sich das Abflussverhalten über die Beobachtungsperiode nicht wesentlich ändert, so empfiehlt es sich, ein stationäres Modell zu verwenden. Im stationären Fall wird angenommen, dass alle Parameter der Verteilungsfunktion über den gesamten Untersuchungszeitraum konstant sind.   |
| Nicht-Stationarität                        | Nicht-stationäre Modelle werden verwendet, um ein Abflussverhalten zu beschreiben, welches zeitlichen Änderungen unterliegt. Solche Änderungen können durch einen Wechsel der Messgeräte und Messmethoden, durch Stationsverlagerung, durch Gerinneveränderungen und durch anthropogene Einflüsse verursacht werden. Bei anthropogenen Einflüssen können die Veränderungen meist nicht einem einzelnen Eingriff zugeordnet werden, sondern sie bestehen aus Überlagerungen von verschiedenen, wasserwirtschaftlichen Massnahmen. Werden zeitliche Veränderungen der Daten vermutet, werden die Parameter der entsprechenden Verteilungsfunktion zeitlich abhängig modelliert. Dies führt dazu, dass sich auch die berechneten $HQ_T$ über die Zeit verändern. |
| Verteilungsfunktion                        | Beschreibt die Grundgesamtheit der Hochwasserabflüsse aus einem Einzugsgebiet. Die Verteilungsfunktion gibt die Wahrscheinlichkeiten an, dass ein Hochwasserabfluss $HQ$ in einem Jahr erreicht oder unterschritten wird.   |
| Empirische Häufigkeitsverteilung           | Kann aus der gewählten Stichprobe bestimmt werden.  |
| Theoretische Wahrscheinlichkeitsverteilung | Schliesst von der gewählten Stichprobe auf die Grundgesamtheit. Es gibt viele verschiedene theoretische Verteilungsfunktionen, welche die Voraussetzungen für die Anwendung in der Hochwasserstatistik erfüllen, aber keine, die für alle Stichproben die besten Resultate gewährleistet.   |
| Verteilungsparameter                       |   |
| $\kappa$ Formparameter (kappa)             | Der Formparameter $\kappa$ steht in direktem Zusammenhang mit der sogenannten "Heaviness of Tail" der Verteilung. Als Tail wird der Bereich mit den Ausreißern nach oben bezeichnet. Ist $\kappa$ gross, so werden viele solche Ausreisser angenommen. Bei negativen Werten für $\kappa$ hingegen wird angenommen, dass für die Extremwerte eine obere Schranke existiert.  |
| $\lambda$ Ereignisrate (lambda)            | Beim POT-Ansatz entspricht die Ereignisrate $\lambda$ der mittleren Anzahl Schwellenwertüberschreitungen während des Zeitintervalls von einem Jahr.   |
| $\mu$ Lageparameter (mu)                   | Beschreibt die mittlere Lage der Stichprobenelemente (hier: Abflussmessungen) in Bezug auf die Messskala (hier: $m^3/s$ bzw. $l/s$ ).   |