

DHI-WASY Software

HQ-EX 4.0

Programm zur Berechnung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten

Benutzerhandbuch



Copyright

Die in diesem Handbuch enthaltenen Angaben sind ohne Gewähr und können ohne weitere Benachrichtigung geändert werden. Kein Teil dieses Handbuches darf ohne schriftliche Genehmigung der DHI-WASY GmbH weder auf elektronische noch auf mechanische Weise – einschließlich Fotokopien oder sonstiger Aufzeichnungen – vervielfältigt werden.

Copyright 2015 by DHI-WASY GmbH. Alle Rechte vorbehalten.

Das DHI-WASY-Logo ist ein eingetragenes Warenzeichen der DHI-WASY GmbH. Alle weiteren Produkt- und Firmennamen dienen ihrer Identifikation. Sie können eingetragene Warenzeichen der Eigentümer sein.

DHI-WASY

Volmer Straße 8
12489 Berlin

Telefon: (030) 67 99 98-0
Telefax: (030) 67 99 98-99
E-Mail: hq-ex@dhi-wasy.de



Inhaltsverzeichnis

1	Einführung.....	6
1.1	Anwendungsbereich	6
1.2	Anforderungen an die Stichprobe	6
2	Installation und Lizenzierung.....	8
2.1	Anforderungen an die Hard- und Software	8
2.2	Installation.....	8
2.3	Lizenzierung	9
3	Vorgehensweise für die Bearbeitung von einzelnen Pegeln	11
3.1	Das Menü des Anwendungsfensters.....	11
3.2	Das Eingabefenster	12
3.2.1	Umschaltung des Programm-Modus (Mischverteilung).....	12
3.2.2	Editieren im Eingabe-Fenster	14
3.2.3	Sichern, Import & Export von Pegeln.....	17
3.3	Prüfung der Reihen	18
3.3.1	Ausreißer	18
3.3.2	Trendanalyse und -bereinigung.....	20

1 Einführung

3.4	Schätzung der Hochwasser-Wahrscheinlichkeitsverteilungen.....	23
3.4.1	Start der Schätzung	23
3.4.2	Einbeziehung historischer Hochwasserereignisse	23
3.4.3	Parameterschätzung	28
3.4.4	Konstruktion der Mischverteilung	32
3.5	Ergebnistabellen	32
3.5.1	Statistische Momente.....	33
3.5.2	Parameter.....	34
3.5.3	Wiederkehrintervalle.....	35
3.5.4	Mischverteilung	37
3.5.5	Exportieren von Tabellen	38
3.6	Diagramme	38
3.6.1	Verteilungsfunktionen	41
3.6.2	Verteilungsfunktionen mit Konfidenzbereich.....	43
3.6.3	Dichtefunktionen	45
3.6.4	Ganglinie der HQ-Werte	46
3.6.5	Mischverteilung	47
3.7	Extras	47
3.7.1	VF Diagrammeinstellungen	47
3.7.2	Optionen	48
3.8	Gesamtbeurteilung der Ergebnisse.....	49
4	Vorgehensweise Stapelverarbeitung	51
4.1	Stapeldateien verwalten.....	51
4.2	Aufträge der Stapelverarbeitung bearbeiten.....	52
5	Dateiformate.....	59

5.1	HQ-EX Import/Export-Dateien	59
5.2	Momente	60
5.3	Parameter	61
5.4	Stützstellen.....	62
5.5	Stützstellen Mischverteilung	62
5.6	Konfidenzbereiche	63
5.7	NASIM-Import.....	64
6	Literatur.....	65

1.1 Anwendungsbereich

Das Programm HQ-EX dient der Berechnung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten. Es entstand in Übereinstimmung mit dem DVWK-Merkblatt 251 /1/, das mittlerweile durch das Merkblatt DWA-M 552 /7/ ersetzt wurde. Die Arbeit /2/ von KLUGE zur „Wahrscheinlichkeitsanalyse von Hochwasserdurchflüssen“ bildete die fachliche Basis des Programms HQ-EX.

In der nun vorliegenden erweiterten Programmversion 4 werden einige der in /7/ empfohlenen Erweiterungen bei der Berechnung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten umgesetzt. Zu nennen sind hier insbesondere die Berechnung von Konfidenzgrenzen nach dem Resampling-Verfahren und von Mischverteilungen für Hochwasser unterschiedlicher Genese (Sommer – Winter). Das Merkblatt DWA-M 552 /7/ kann über die in Abschnitt 0 angegebene Adresse bezogen werden.

Das Programm HQ-EX analysiert Stichproben von Jahreshöchstabflüssen an Pegeln, indem es

- die zugehörigen empirischen Verteilungen durch 7 verschiedene analytische Verteilungsfunktionen

Einführung

- mit in der Regel 3 unterschiedlichen Schätzmethoden approximiert,
- die dabei erzielte Güte durch 3 Anpassungsmaße quantifiziert und
- alle Ergebnisse in Form von Tabellen und Grafiken darstellt.

Die folgenden Abschnitte geben Empfehlungen zur Anwendung und Beschreibungen zur Bedienung des Programmes, wobei bedarfsweise Bezug auf ausführlichere Darstellungen in /1, 2, 7/ genommen wird.

1.2 Anforderungen an die Stichprobe

Das Programm geht davon aus, dass die zu untersuchende Stichprobe die höchsten Scheitelabflüsse eines Pegels aus jedem Jahr eines Beobachtungszeitraumes enthält. Diese Jahreshöchstabflüsse, die eine sogenannte „Jährliche Serie“ /7/ bilden,

1.2 Anforderungen an die Stichprobe

- müssen voneinander unabhängig sein,
- dürfen nicht durch Veränderungen im Pegel Einzugsgebiet oder am Gewässer signifikant beeinflusst sein und
- müssen das langfristige Abflussverhalten am Pegel repräsentieren.

Enthält die Jährliche Serie Ausreißer /7/, so sind diese bezüglich ihrer Größe eingehend zu überprüfen und dürfen nur bei einer Bestätigung in der Stichprobe verbleiben.

Fehljahre im Beobachtungszeitraum werden bei der Eingabe erfasst, bleiben aber bei der Schätzung unberücksichtigt (Reduzierung der Stichprobe um die Anzahl der Fehljahre).

Zur Behandlung sogenannter „Partieller Serien“ (Scheitelabflüsse oberhalb einer Schwelle) sei auf /7/ verwiesen.

2.1 Anforderungen an die Hard- und Software

Es sollte ein Computer auf dem heutigen technischen Stand benutzt werden, welcher die Systemanforderungen von Windows 7 erfüllt. Für die Lizenzierung ist es notwendig, dass TCP/IP eingerichtet ist, egal ob sich der Computer in einem Netzwerk befindet oder nicht. Die Lizenzierung erfolgt über ein USB-Dongle.

HQ-EX 4.0 ist unter Windows 7 mit aktuellem Servicepack, ausführbar. Es wird ein Internet Explorer vorausgesetzt.

Weiterhin muss der DHI-WASY- Lizenzadministrator (NetLM) installiert sein. Den Lizenzadministrator sollten Sie von der DHI-WASY- Downloadseite herunterladen und installieren. Damit ist gewährleistet, dass immer die aktuelle Version installiert wird.

2.2 Installation

HQ-EX wird auf einem Datenträger, in der Regel eine CD, geliefert. Die Installation erfolgt durch Ausführung von setup.exe auf diesem Datenträger.

Installation und Lizenzierung

Im Einzelnen müssen die folgenden Module installiert werden:

a) Programmdateien

Installation der für HQ-EX notwendigen Dateien, Einrichten der Verzeichnisse und der Programmgruppe HQ-EX. Im Zielverzeichnis werden die Unterverzeichnisse

\bin

für die Bibliotheken und das Programm und

\doc

für Dateien mit Zusatzinformationen angelegt.

b) Lizenz-Manager

Für die Installation des Lizenzmanagers benötigen Sie Administratorrechte.

Der DHI-WASY Lizenzmanager muss auf dem als Lizenzserver fungierenden Computer installiert

werden. Das kann ein Einzelplatz-Computer oder ein Computer im Netzwerk sein. Hier müssen Sie das Dongle anstecken. Bei der Installation von HQ-EX auf mehreren Rechnern eines Netzwerkes ist die Einrichtung eines Lizenzservers nur einmal erforderlich.

Nach der Installation wird der Dienst „DHI-WASY Network License Manager“ (WASYNetlm) gestartet.

2.3 Lizenzierung

Beim erstmaligen Start befindet sich HQ-EX im Demo-Modus. Hier steht nur, wie in der Schul-Version auch, eine begrenzte Funktionalität zur Verfügung (Tabelle 2.1).

Tabelle 2.1 Lizenzversionen

Lizenz	Reihenlänge	Batch-Modus	Speichern Batch	Export
DEMO	10	3 Aufträge	Nein	Nein
Schule	20	3 Aufträge	Nein	Ja

Zur Lizenzierung öffnen Sie die Lizenzverwaltung über das Menü „Hilfe – Lizenz...“. Im Dialog WASY Lizenzverwaltung (Abbildung 2.1) können Sie nun die Lizenzierung durchführen.

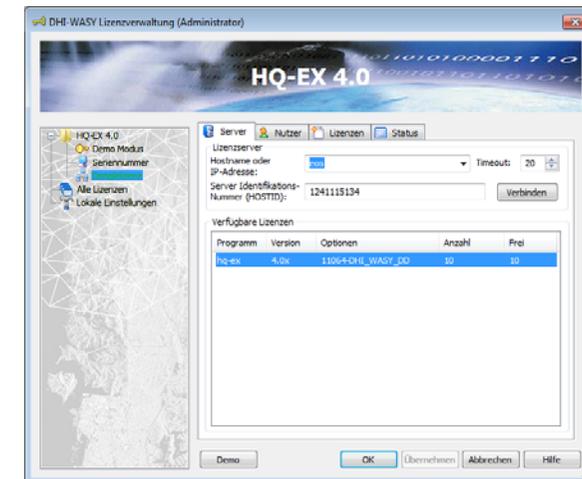
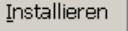


Abbildung 2.1: Lizenzverwaltung – Server

Wichtig ist hier, im linken Teil den Knoten „Donglelizenz“ zu markieren und auf der Server-Karte den Hostnamen („localhost“ für einen Einzelplatz-PC oder Netzwerkname/IP des Lizenzservers) einzutragen. Mit einem Klick auf die Verbinden-Schaltfläche sollte dann das Feld „Server Identifikations-Nummer (HOSTID)“ ausgefüllt werden. Wechseln Sie danach auf die Lizenz-Karte (Abbildung 2.2). Mit dem Knopf

2 Installation und Lizenzierung

 (Neue Lizenz) legen Sie eine neue Lizenz an. Danach können Sie die Lizenzangaben aus Ihren Unterlagen in den Dialog übertragen. Drücken Sie danach die Schaltfläche , damit wird die Lizenz im Lizenzserver eingetragen und steht nun allen Nutzern zur Verfügung, es aktiviert sich die Schaltfläche „Übernehmen“. Durch Drücken dieses Knopfes wird die eingegebene Lizenz zur aktuell durch HQ-EX benutzten Lizenz. Danach können Sie den Dialog schließen und mit Ihrer Arbeit beginnen.

Den Vorgang Lizenz auswählen (Karteikarte Server) und „Übernehmen“ muss jeder Nutzer unter seinem Login beim ersten Aufruf von HQ-EX einmalig ausführen.

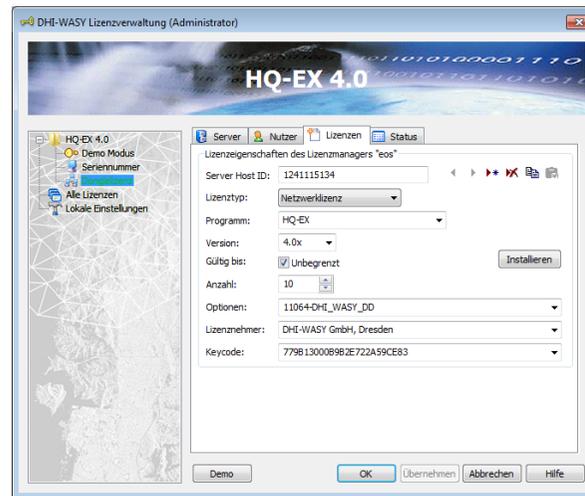


Abbildung 2.2: Lizenzverwaltung – Lizenzen

Hinweis

Für das Eintragen einer neuen Lizenz sollte HQ-EX oder der Lizenzadministrator (NetlmAdmin.exe) unter der Option „Als Administrator ausführen“ gestartet werden.

Vorgehensweise für die Bearbeitung von einzelnen Pegeln

Die folgende Beschreibung des Programms HQ-EX orientiert sich an der Reihenfolge, nach der Sie als Benutzer normalerweise vorgehen werden, wenn Sie einen einzelnen Pegel bearbeiten möchten.

3.1 Das Menü des Anwendungsfensters

Das Anwendungsfenster wird nach dem Programmstart angezeigt. Es bietet die drei Hauptmenüs Datei, Ansicht und Hilfe.

Neuen Pegel anlegen

Öffnen Sie im Datei-Menü den Eintrag Neu. Selektieren Sie dann in der Auswahlliste (Abbildung 3.1) den Eintrag „HQ-EX – Pegeldatei“ und bestätigen Sie mit OK.

Nun wird das Eingabe-Fenster für die Pegelbearbeitung geöffnet. Abschnitt 3.2 beschreibt die Editierungsoptionen.



Abbildung 3.1: Neue Dokumente anlegen

Pegel öffnen

Wählen Sie diesen Menüeintrag, um einen bereits angelegten Pegel für eine statistische Analyse oder zum Editieren zu öffnen. Die Standard-Dateierweiterung für Pegeldateien ist hqr.

Zum direkten Öffnen stehen die Formate

- hqr für das HQ-EX-spezifische, binäre Dokumentenformat,
- hqx für das HQ-EX-Textformat (Abschnitt 5.1) und

3 Vorgehensweise für die Bearbeitung von einzelnen Pegeln

- uvf für das NASIM Exportformat (Abschnitt 5.7)

zur Verfügung. Im Weiteren wird das Eingabe-Fenster automatisch geöffnet. Abschnitt 3.2 beschreibt die Editierungsoptionen, Abschnitt 3.4.1 die Durchführung der Schätzung.

Ansicht

Wählen Sie hier, ob Sie die Symbolleiste und die Statusleiste aktivieren möchten. Die *Statusleiste* zeigt während der Schätzung der Verteilungen den Stand der Bearbeitung an.

Hilfe

Über das Hilfe-Menü haben Sie direkten Zugang

- zur on-line Hilfe,
- zum Informationsfenster „Über HQ-EX“ (Versionsnummer, Copyright etc.) und
- zur Lizenzverwaltung.

3.2 Das Eingabefenster

Das Eingabe-Fenster (Abbildung 3.3) wird nach dem Öffnen eines bestehenden oder nach dem Anlegen eines neuen Pegels automatisch geöffnet. Die einzelnen Optionen im Eingabe-Fenster werden von oben nach unten bearbeitet.

Hinweis

Das Dezimaltrennzeichen ist für alle Eingaben der Punkt. Das Komma des Ziffernblocks wird konvertiert und kann zur Erfassung ebenfalls benutzt werden. HQ-EX arbeitet bei der Darstellung von Abflusswerten mit drei signifikanten Stellen. Eine Ausnahme bildet der Export in Dateien.

3.2.1 Umschaltung des Programm-Modus (Mischverteilung)

Nach dem Öffnen eines vorhandenen oder dem Anlegen eines neuen Pegels kann zwischen dem normalen und dem Modus für die Mischverteilung (Abschnitt 3.4.4) umgeschaltet werden. Dazu im Menü Datei den Eintrag Mischverteilungsmodus aktivieren oder deaktivieren (Abbildung 3.2). Ergebnisse werden dabei zurückgesetzt. Im Mischverteilungsmodus werden die Jahresreihe und die saisonalen Reihen für Sommer und Winter benötigt. Dazu enthält der Erfassungsdialog für jede Reihe einen Tabellenreiter. (Abbildung 3.2). Die Kommandos des Kontextmenüs beziehen sich dabei immer auf den jeweils aktiven Reiter, ebenso die entsprechenden Kommandos aus den Menüs Datei, Ansicht und Prüfung der Reihe.

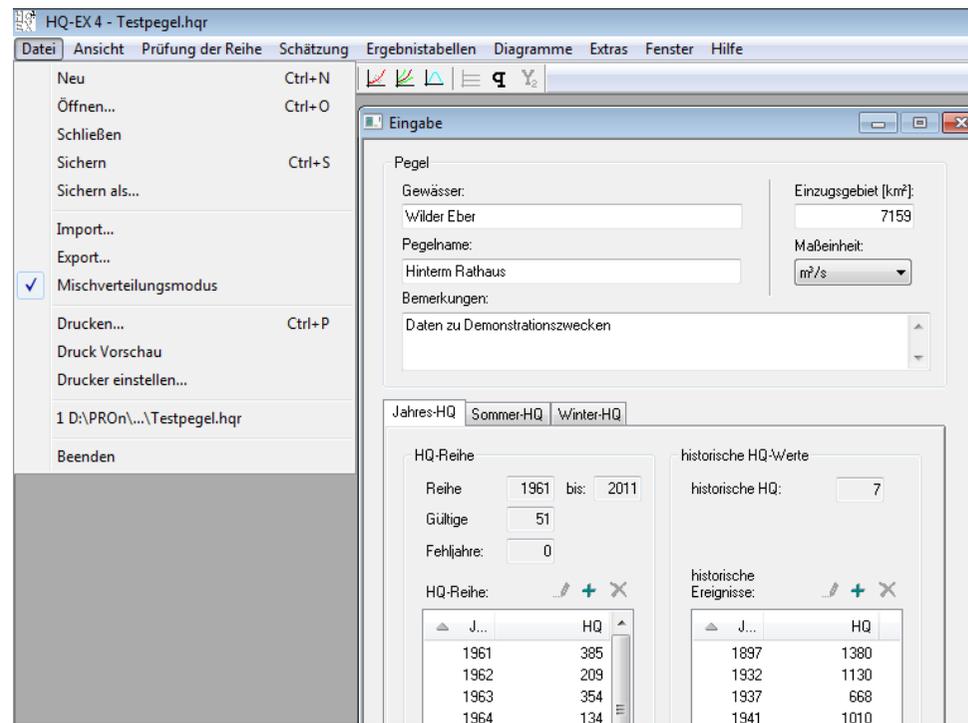


Abbildung 3.2: Erfassungsdialg im Mischverteilungsmodus

3 Vorgehensweise für die Bearbeitung von einzelnen Pegeln

3.2.2 Editieren im Eingabe-Fenster

Im oberen Fensterteil werden die zeitunabhängigen Daten wie Name, Größe des Einzugsgebietes und die aktuelle Maßeinheit für die Abflüsse angezeigt. Die Textfelder Gewässer und Pegelname können bei einem geöffneten Pegel editiert werden. Beim Anlegen eines neuen Pegels tragen Sie hier die entsprechenden Namen ein. Das Feld Einzugsgebiet muss nicht ausgefüllt werden. Es dient zur Berechnung der Abfluss-Spende aus den Abflussdaten. Wird hier nichts eingegeben, hat das Einschalten der Abflussspende in der Stützstellentabelle und den Grafikdarstellungen keine Wirkung. Im Feld Maßeinheit wählen Sie die für Ihre Abflusswerte gültige Einheit aus. In den Bemerkungen können zusätzliche Informationen zum Pegel oder über die Reihe eingegeben werden.

Unter den allgemeinen Angaben zum Pegel befinden sich die Fensterbereiche „HQ-Reihe“ und „historische HQ-Werte“ für die Eingabe. Sie enthalten jeweils einige allgemeine Angaben und die Eingabeliste zum Editieren der Werte. Das Vorgehen ist für beide Teile ähnlich. Für die Bearbeitung stehen die drei Funktionen Editieren, Anfügen und Löschen über die zugehörigen Knöpfe    zur Verfügung.

Hinweis

Für neue Pegel müssen Sie immer erst die Werte der HQ-Reihe erfassen.

Sollen Werte für eine neue Reihe (leere Liste) erfasst werden, so beginnen Sie mit einem Klick auf den Anfügen-Knopf  der HQ-Reihe. Sie können ebenfalls einen Mausclick in die Liste machen und anschließend die Taste Einfüg drücken. Daraufhin können Sie das Jahr eingeben (4-stellig). Mit der Taste Enter verlassen Sie das Jahr und können den HQ-Wert eingeben. Wiederum mit Enter wird die Eingabe abgeschlossen. Das Eingabefeld springt auf den nächsten Datensatz und erhöht oder vermindert, in Abhängigkeit der Spaltensortierung, das Jahr um eins (nur in der Liste der HQ-Werte, nicht bei den historischen HQ's). Sie können dieses vorgegebene Jahr überschreiben. Wenn Sie beim Eintragen ein oder mehrere Jahre überspringen, werden diese automatisch mit dem Abflusswert -900 in der Liste ergänzt. Der Abflusswert -900 steht für eine Datenlücke. Dieser Fehlwert kann auch manuell eingegeben werden.

Die historischen Werte verlangen das einzelne Erfassen von Jahr und HQ-Wert.

In Tabelle (Tabelle 3.1) sind die Tastenfunktionen zusammengefasst.

Tabelle 3.1 Editierfunktionen

Knopf	Taste	Bedeutung
	ENTER	Editieren des markierten Ereignisses
	EINFG	Ein neues Ereignis anfügen
	ENTF	Löschen der markierten Ereignisse
	↓	Verschiebt das Editier-Feld nach unten
	↑	Verschiebt das Editier-Feld nach oben
	STRG-C	Kopiert den markierten Text in die Zwischenablage
	STRG-V	Inhalt der Zwischenablage einfügen (Format beachten)

Außerdem öffnet ein Doppelklick auf eine Jahreszahl oder einen Wert das Feld zum Editieren. Die Cursor-Up- und -Down-Tasten verschieben das geöffnete Edit-Feld in der gleichen Spalte nach oben oder unten. Die SHIFT- und STRG-

Tasten dienen in Verbindung mit einem Mausklick der Selektion mehrerer Ereignisse zum Löschen. Kopieren und Einfügen über die Windows Zwischenablage ist mit den bekannten Tastenkombinationen STRG-C und STRG-V oder das Kontextmenü möglich. Dafür sollte immer ein zweiseitiger Text verwendet werden, welcher paarweise Jahr und Messwert enthält

Ein Mausklick in die Kopfleiste der Liste sortiert nach dem Inhalt der betreffenden Spalte im Wechsel auf- bzw. absteigen.

3 Vorgehensweise für die Bearbeitung von einzelnen Pegeln

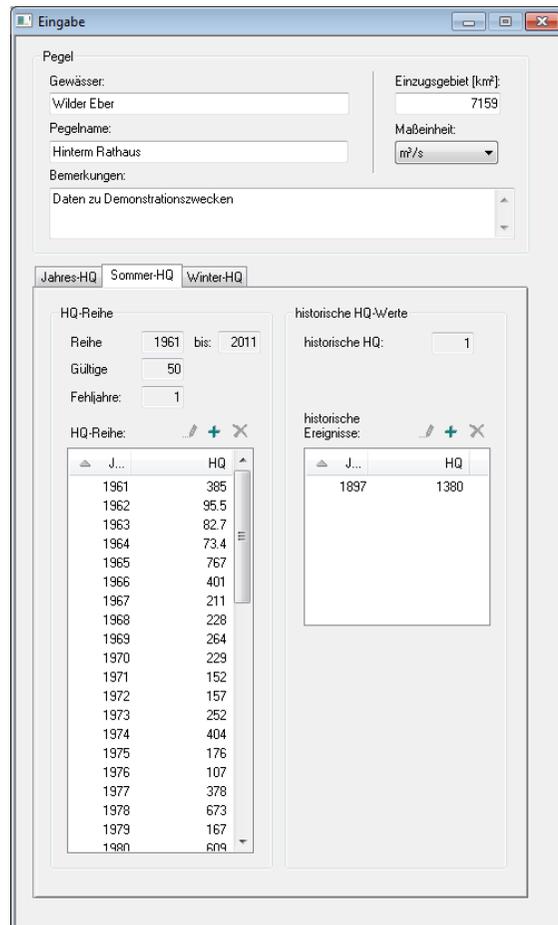


Abbildung 3.3: Eingabefenster

Im Eingabe-Fenster stehen Funktionen zum Im- und Export von Reihen bereit. Sie sind über das Datei- oder das Kontextmenü (Abbildung 3.4)

unter den Einträgen Import und Export erreichbar (Abschnitt 3.2.3).

Hinweis

Ein Import überschreibt die im Eingabe-Dialog vorhandenen Daten! Sie werden jedoch erst mit Speichern des Dokumentes in die Datenträgerdatei geschrieben.

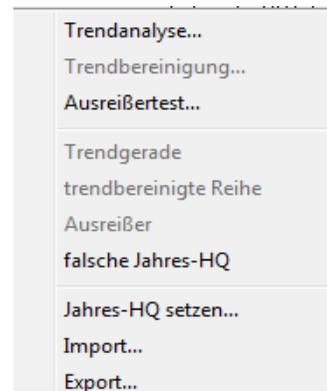


Abbildung 3.4: Kontextmenü zum Eingabefenster

Wurden mindestens zehn Werte importiert oder erfasst, stehen alle HQ-EX-Funktionen zur Verfügung, und die betreffenden Menüs und Tools sind aktiviert.

Die Menüeinträge *falsche Jahres-HQ* und *Jahres-HQ setzen* stehen nur im Mischverteilungsmodus zur Verfügung.

Falsche Jahres-HQ markiert im Reiter der Jahres-HQ alle Werte rot, welche nicht mit den Sommer und Winter-Werten harmonieren. Markiert werden alle, bei denen die Bedingung $HQ(\text{Jahr}) = \text{MAX}(HQ(\text{Sommer}), HQ(\text{Winter}))$ nicht erfüllt ist.

Jahres-HQ setzen... ermittelt das Maximum aus Sommer- und Winter-HQ und trägt es in der Jahres-Reihe ein. Vorhandene Werte werden überschrieben. Fehlt ein Wert im Sommer oder Winter, wird der zugehörige Jahreswert nicht verändert, und es muss eine manuelle Korrektur vorgenommen werden. Eine Schätzung ist erst möglich, wenn alle Werte harmonieren.

Hinweis

Um eine Schätzung durchzuführen, muss der Pegel mit mindestens zehn HQ-Werten belegt und alle Werte zwischen Jahres- und saisonalen Reihen abgeglichen sein.

3.2.3 Sichern, Import & Export von Pegeln

Sobald das Eingabefenster aktiv ist, stehen im Menü Datei zusätzliche Optionen zur Verfügung, die den Import und Export von Daten betreffen.

Pegel schließen

HQ-EX erlaubt nur die Editierung eines einzigen Pegels zur selben Zeit. Wollen Sie einen anderen als den aktiven Pegel öffnen, wird der aktive Pegel geschlossen. Nach dem Editieren eines Pegels bekommen Sie die Möglichkeit, den Pegel vor dem Schließen zu sichern.

Sichern

Diese Option dient zum Sichern eines Pegels im HQ-EX Binärformat. Die Standard Dateierweiterung lautet hqr. Beim Anklicken der Sichern Option wird ein schon angelegter Pegel sofort gespeichert. Für einen neu angelegten Pegel wird eine Eingabemaske aufgerufen, um das Zielverzeichnis und den Dateinamen (Standard: neuer.hqr) zu definieren.

3 Vorgehensweise für die Bearbeitung von einzelnen Pegeln

Hinweis

Da die Möglichkeit besteht, dass eine Schätzung fehlschlägt, sichern Sie bitte den zu bearbeitenden Pegel, bevor Sie eine Schätzung starten.

Sichern als ...

Diese Option sichert einen Pegel unter einem neuen Namen im HQ-EX Binärformat. Eine Eingabemaske erlaubt die Wahl des Zielverzeichnis und des Dateinamens.

Import ..., Export ...

Um Pegel im Windows ANSI Format zu laden oder zu speichern, können diese beiden Optionen genutzt werden. Sie stellen eine Eingabemaske zur Verfügung, um das Verzeichnis, den Dateinamen und beim Import auch den Typ zu wählen. Das HQ-EX-Dateiformat hat standardmäßig die Erweiterung hqx. Die NASIM-Importdateien haben die Erweiterung uvf.

Der Aufbau dieser Dateien ist im Abschnitt 5 beschrieben.

Hinweis

Ein Import überschreibt die im Eingabe-Dialog vorhandenen Daten! Sie werden jedoch erst mit

Speichern des Dokumentes in die Datenträgerdatei geschrieben.

3.3 Prüfung der Reihen

3.3.1 Ausreißer

In Stichproben von Jahreshöchstabflüssen vom Umfang n können der Maximalwert oder sogar die m größten Werte auffällig größer als die restlichen HQ-Werte ausfallen. Hierbei kann es sich um „Ausreißer“ handeln, die nicht zur Stichprobe gehören und statistische Analysen stark beeinflussen.

Ein einfacher Test zur Erkennung von „Ausreißern nach oben“ /4/ ist in HQ-EX integriert. Er berechnet einen kritischen Schwellenwert x_{krit} aus

$$x_{\text{krit}} = \bar{x} + W_{n,\alpha} \cdot s$$

mit

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \ln HQ_i$$

$$s^2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (\ln HQ_i - \bar{x})^2$$

$W_{n,\alpha}$ Werte einer in HQ-EX implementierten Stichprobenfunktion

Gilt für den Maximalwert HQ_{\max}

In $HQ_{\max} > x_{\text{krit}}$,

dann ist dieser mit der Sicherheit $1-\alpha$ als Ausreißer anzusehen und ausführlich bezüglich seiner Glaubwürdigkeit zu überprüfen. Der Wert darf in der Stichprobe verbleiben, wenn er bestätigt oder gesichert korrigiert werden konnte. Bleibt er ein Ausreißer, so sollte er ggf. als historisches Hochwasser angesehen werden und damit eine geringere Eintrittswahrscheinlichkeit zugeordnet bekommen (vgl. Abschnitt 3.4.2). Gelingt es nicht, einen Ausreißer zu bestätigen oder zu

korrigieren, dann ist seine Entfernung aus der Stichprobe zu empfehlen. In diesem Fall sollte der Test bezüglich des bisher zweitgrößten Wertes wiederholt werden.

Diese Tests sind im Kontextmenü des Eingabefensters (Abbildung 3.4), in der Ansicht der Gangliniendarstellung (Abbildung 3.5) oder über das Menü Prüfung der Reihe – Ausreißertest durchführbar. Wurde ein Ausreißertest durchgeführt, so ist in den o. g. Kontextmenüs oder im Menü Ansicht – Ausreißer die Markierung der Ausreißer in der Ansicht möglich. Ausreißer werden im Eingabefenster der HQ-Reihe blau dargestellt und können ggf. dort geändert werden. Im Diagramm ist der Bereich der Ausreißer grau hinterlegt.

3 Vorgehensweise für die Bearbeitung von einzelnen Pegeln

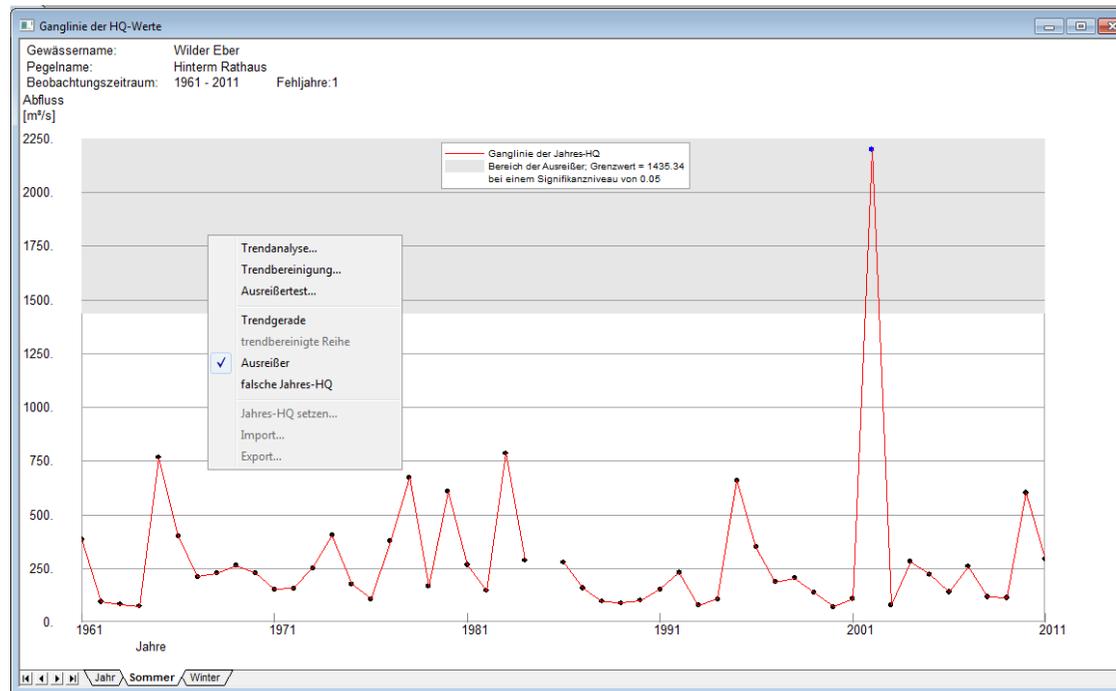


Abbildung 3.5: Ganglinie der HQ-Werte

Der Ausreißertest ist bei Bedarf immer vor einer Trendbereinigung durchzuführen, da er im HQ-EX immer an der Originalreihe und nicht an der trendbereinigten durchgeführt wird.

3.3.2 Trendanalyse und -bereinigung

Die Trendanalyse berechnet für einen zu definierenden Zeitraum die Trendgerade der HQ-Werte, die zusätzlich im Diagramm der Ganglinie dargestellt wird.

Öffnen Sie dazu das Diagramm der Ganglinie und wählen Sie die Option Trendanalyse im Kontextmenü oder im Menü Prüfung der Reihe. In der geöffneten Eingabemaske geben Sie nun in den Feldern vom Jahr und bis Jahr den Zeitraum für die Trendanalyse ein. Es müssen mindestens zehn mit HQ-Werten besetzte Jahre ausgewählt werden.

Wählen Sie noch ein Signifikanzniveau aus. Mit OK wird die Analyse durchgeführt.

Der Trend wird als blaue Linie in das Gangliniendiagramm eingefügt. Ist der Trend signifikant, ist die Linie durchgezogen, andernfalls wird sie gestrichelt dargestellt. Zusätzlich gibt ein Legendentext an, ob der dargestellte Trend signifikant ist oder nicht.

Im Falle eines signifikanten Trends im Zeitraum (vom Jahr, bis Jahr) bietet sich eine Trendbereinigung an (Abbildung 3.6). Dazu ist festzulegen, ob die HQ-Werte im Zeitraum bezüglich des Trendniveaus in vom Jahr oder in bis Jahr bereinigt werden sollen. Bei einem positiven Trend werden dann im ersten Fall die HQ-Werte im Zeitraum auf das Anfangsniveau abgesenkt und im zweiten Fall auf das Endniveau angehoben, bei negativem Trend tritt das entgegengesetzte Verhalten ein. Eine Trendbereinigung, die zu negativen Werten führt, wird automatisch abgebrochen. Ob die trendbereinigte Reihe bei einem signifikanten Trend im gesamten Beobachtungszeitraum oder in Teilen von ihm bei den weiteren Berechnungen berücksichtigt werden soll, ist vor dem Start der Schätzung zu entscheiden (Abschnitt 3.4.1).

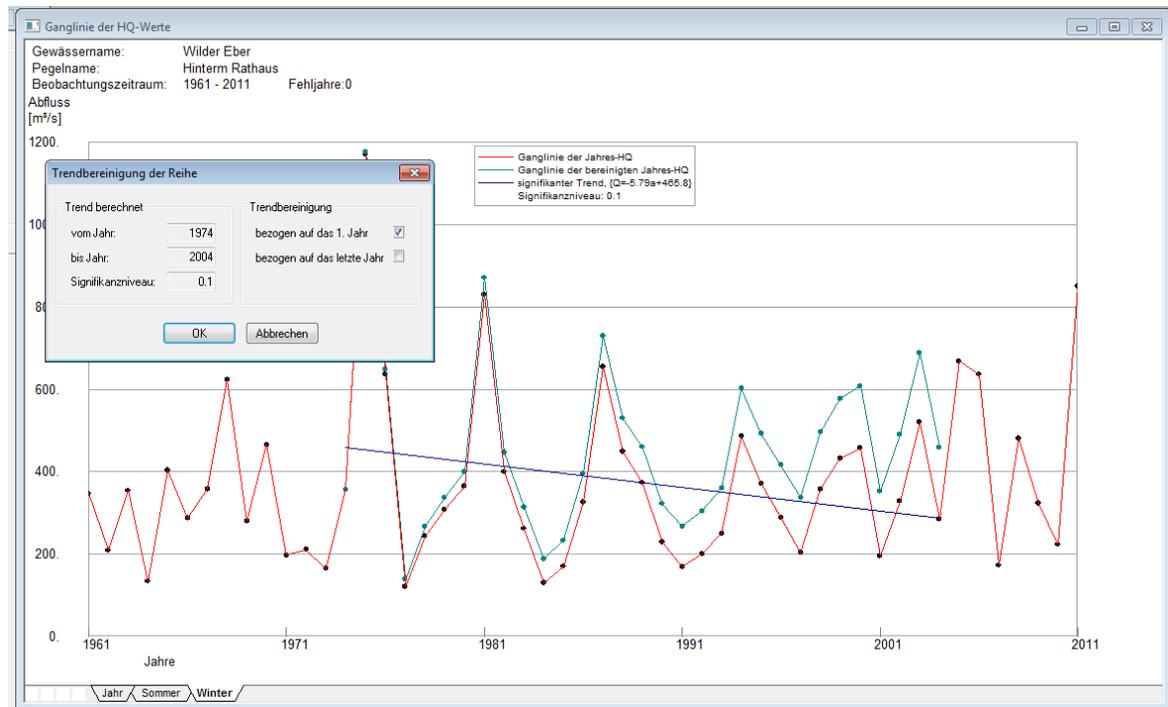


Abbildung 3.6: Trendbereinigung

3.4 Schätzung der Hochwasser- Wahrscheinlichkeitsverteilungen

3.4.1 Start der Schätzung

Zum Start der Schätzung wählen Sie den Eintrag Start der Schätzung... aus dem Schätzung Menü oder klicken Sie auf das Symbol . Die Eingabemaske für die Optionen der Schätzung erscheint (Abbildung 3.7). Geben Sie in die zugeordneten Felder das Start- und Endjahr der Schätzung ein. Es müssen mindestens zehn mit Abflusswerten versehene Jahre ausgewählt werden. Nach einer Trendanalyse und -bereinigung ist die Option für die Verwendung der trendbereinigten Werte zur Schätzung der Verteilungen aktiv.

Ist im Programm der Modus für die Mischverteilung aktiviert (Abschnitt 3.2.1) so gelten alle Einstellungen für die saisonalen Reihen (Jahres-, Sommer-, Winterreihe) gleichermaßen, es werden alle folgenden Operationen während der Schätzung für jede einzelne Reihe durchgeführt.

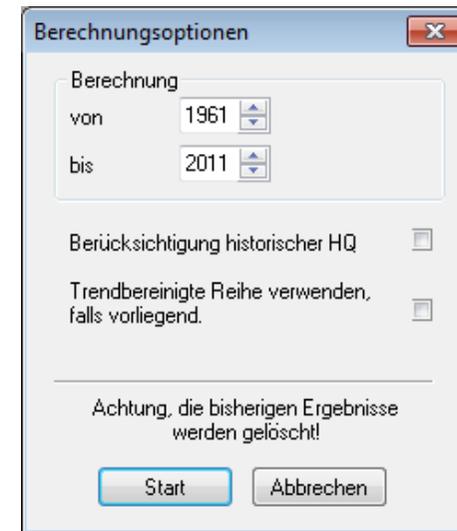


Abbildung 3.7: Eingabemaske der Berechnungsoptionen

3.4.2 Einbeziehung historischer Hochwasserereignisse

Kenntnisse über historische Hochwasserereignisse können zur Erhöhung der Genauigkeit der statistischen Aussagen beitragen, wenn die Übertragung der historischen Wasserstände in Abflüsse hinreichend sicher und die Homogenität der Daten gewährleistet ist. Nach [1] gibt es in einem solchen Fall ein einfaches Verfahren zur näherungsweise Berücksichtigung der historischen

3 Vorgehensweise für die Bearbeitung von einzelnen Pegeln

HQ-Werte, das auch in /7/ weiter empfohlen wird.

Gemäß diesem Verfahren sind die historischen HQ-Werte zusammen mit ihren Eintrittsjahren zusätzlich zu den HQ-Werten des kontinuierlichen Beobachtungszeitraums einzugeben. Nach Abbildung 3.9 ergeben sich damit weitere Größen:

- m_h Anzahl der historischen HQ-Werte
- n_h Länge des historischen Zeitraums vom ersten ingegebenen historischen Hochwasser bis zum Beginn der kontinuierlichen Beobachtungen. (Achtung: Die Länge ist unabhängig vom Schwellenwert entsprechend Abbildung 3.8).
- $\min HQ_h$ kleinster historischer HQ-Wert
- $\max HQ_h$ größter historischer HQ-Wert
- m Anzahl der HQ-Werte im Beobachtungszeitraum, die größer als $\min HQ_h$ sind.

Wurden historische Hochwasserereignisse erfasst, so können diese durch Wahl der Option Berücksichtigung historischer HQ in die Berechnung einbezogen werden. In diesem Falle werden alle Jahre seit dem ersten eingegebenen historischen Hochwasser berücksichtigt, und die Felder von und bis sind im Dialog nicht editierbar.

Nach Bestätigung der Eingaben (Weiter-Knopf) öffnet sich der Dialog in Abbildung 3.8. Dieser Dialog kann wahlweise auch über das Menü „Extras – historische HQ-Werte...“ oder das Kontextmenü des Eingabefensters aktiviert werden. Hier kann der Schwellenwert für das kleinste historische HQ festgelegt werden, der als $\min HQ_h$ in die folgende Berechnung eingeht. Standardmäßig ist die Option „automatisch“ gewählt. Hier wird als Schwellenwert jeweils das kleinste historische Hochwasser $\min HQ_h$ verwendet.



Abbildung 3.8: Festlegung der Schwellenwerte

Nach [7] sollte die Festsetzung des Schwellenwertes nicht unbedingt automatisch auf das kleinste historische Hochwasser $\min HQ_h$ erfolgen, sondern dem Bearbeiter überlassen bleiben, um so ggf. ein unausgewogenes Verhältnis der Anzahl von HQ über dem Schwellenwert zwischen der historischen Reihe und der Beobachtungsreihe zu vermeiden. Deshalb kann die automatische Festlegung der Schwellenwerte deaktiviert werden. Anschließend können die Schwellenwerte manuell festgelegt werden, und zwar separat für die Jahresreihe, die Sommerreihe und die Winterreihe. Obergrenze ist das jeweils größte historische HQ ($\max HQ_h$) Für die Untergrenze musste

eine Konvention getroffen werden. Sie wird demnach als Minimum aus dem kleinsten historischen HQ ($\min HQ_h$) und der Hälfte des größten HQ (HQ_{\max}) aus der Beobachtungsreihe berechnet, sodass gilt:

$$\text{MIN}(\min HQ_h, HQ_{\max} / 2) \leq \text{Schwellwert} \leq \max HQ_h$$

Weil keine Informationen über die Hochwasser im historischen Zeitraum existieren, die kleiner als $\min HQ_h$ sind, wird für die Berechnung angenommen, dass sie sich bezüglich ihrer statistischen Merkmale so wie im Beobachtungszeitraum verhalten. Nach Bildung des Wichtungsfaktors G gemäß [1]

$$G = \frac{n_h - m_h}{(n - m)} + 1$$

werden dann bei den folgenden statistischen Analysen die $(n - m)$ HQ-Werte des Beobachtungszeitraums kleiner als $\min HQ_h$ G-mal berücksichtigt, während die $(n_h + m)$ HQ-Werte größer $\min HQ_h$ nur einmal in der Stichprobe auftreten. Der Faktor G wird im Programm auf den nächstliegenden ganzzahligen Wert gerundet. In Abbildung 3.9 gilt beispielsweise

$$G = \frac{40 - 3}{20 - 2} + 1 = 3,06 > G = 3$$

3 Vorgehensweise für die Bearbeitung von einzelnen Pegeln

- d. h. die erweiterte Stichprobe besteht aus folgenden 59 Elementen:
- 3 x Pegelbeobachtungen:
1981 bis 2000, ohne 1987 und 1997 =
3x18
= 54
 - 1 x Pegelbeobachtungen
1987 und 1997
= 2
 - 1 x historische HQ-Werte:
1941,1958 und 1968
= 3

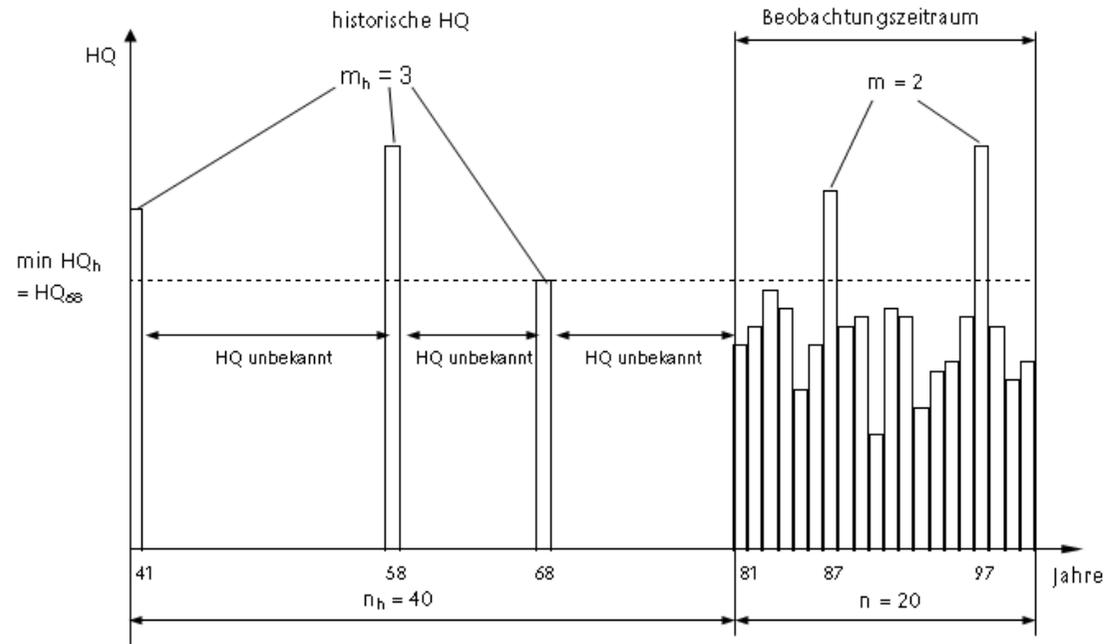


Abbildung 3.9: Beispiel für die Berücksichtigung historischer Hochwasserereignisse /1/

3.4.3 Parameterschätzung

Die Schätzung läuft in drei wesentlichen Etappen ab:

- a) Schätzung aller Stichprobenmomente, die für die Parameterschätzung und die Berechnung von Konfidenzgrenzen benötigt werden
- b) Schätzung der Parameter der sieben analytischen Verteilungsfunktionen (Tabelle 3.2) mit Hilfe der drei in der Tabelle 3.3 aufgeführten Methoden.
- c) Berechnung der drei Anpassungsmaße
 - Anpassungsmaß D nach Kolmogorov
 - $n\omega^2$ -Anpassungsmaß
 - Quantil-Korrelation r_p

Tabelle 3.2 Verteilungsfunktionen

Bezeichnung	Abkürzung
Extremwertverteilung Typ 1 (Gumbel-Verteilung)	E1
Allgemeine Extremwertverteilung	AE
Rossi-Verteilung	ROV
Logarithmische Normalverteilung	LN3
Pearson-Typ 3-Verteilung	P3
Logarithmische Pearson-Typ 3-Verteilung	LP3
Weibull-Verteilung	WB3

In früheren Programmversionen wurde die Rossi-Verteilung (ROV) als Gemischte Extremwertverteilung (ME) bezeichnet. Um Verwechslungen mit der Mischverteilung gemäß /7/ (Abschnitt 3.4.4) zu vermeiden, wird diese Bezeichnung in der Programmversion 4 nicht weiter verwendet.

3.4 Schätzung der Hochwasser-Wahrscheinlichkeitsverteilungen

Tabelle 3.3 Schätzmethoden

Bezeichnung	Abkürzung
Momentenmethode	MM
Maximum-Likelihood-Methode	MLM
Methode der wahrscheinlichkeitsgewichteten Momente	WGM

Im Weiteren werden die Formeln der verwendeten Verteilungsfunktionen wiedergegeben.

X = zur Zufallsgröße X gehörige Merkmalsvariable

c, d, a = Parameter einer Verteilungsfunktion (meist Lage-, Maßstabs- und Formparameter)

Extremwertverteilung Typ 1 (Gumbel-Verteilung) - E1

$$f(x) = \frac{1}{d} \exp\left(-\frac{x-c}{d}\right) \cdot \exp\left[-\exp\left(-\frac{x-c}{d}\right)\right]$$

$$d > 0, \quad -\infty < x < \infty$$

Allgemeine Extremwertverteilung - AE

$$f(x) = \frac{1}{d} \left(1 - a \frac{x-c}{d}\right)^{\frac{1}{a}-1} \exp\left[-\left(1 - a \frac{x-c}{d}\right)^{\frac{1}{a}}\right]$$

$$\text{für } a > 0: \quad -\infty < x \leq c + \frac{d}{a}$$

$$\text{für } a < 0: \quad c - \frac{d}{-a} \leq x < \infty$$

Rossi-Verteilung - ROV

$$f(x) = \frac{1}{d_1} \exp\left(-\frac{x-c_1}{d_1}\right) \cdot \exp\left[-\exp\left(-\frac{x-c_1}{d_1}\right)\right] \cdot \exp\left[-\exp\left(-\frac{x-c_2}{d_2}\right)\right] \\ + \frac{1}{d_2} \exp\left(-\frac{x-c_2}{d_2}\right) \cdot \exp\left[-\exp\left(-\frac{x-c_2}{d_2}\right)\right] \cdot \exp\left[-\exp\left(-\frac{x-c_1}{d_1}\right)\right]$$

$$d_1 > 0 \quad d_2 > 0 \quad -\infty < x < \infty$$

Logarithmische Normalverteilung - LN3

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}(x-c) \cdot d} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x-c)-e}{d}\right)^2\right]$$

$$d > 0, \quad c < x < \infty$$

Pearson-Typ 3-Verteilung - P3

$$f(x) = \frac{\left(\frac{x-c}{d}\right)^{a-1} \exp\left(-\frac{x-c}{d}\right)}{|d| \cdot \Gamma(a)}$$

$$a > 0, \quad d \neq 0$$

$$\text{für } \begin{matrix} d > 0 \\ d < 0 \end{matrix} \text{ ist } \begin{matrix} c \text{ unterer Begrenzungswert: } c \leq x < \infty \\ c \text{ oberer begrenzungswert: } -\infty < x \leq c \end{matrix}$$

Logarithmische Pearson-Typ 3-Verteilung - LP3

$$f(x) = \frac{\left(\frac{\ln x - c}{d}\right)^{a-1} \exp\left(-\frac{\ln x - c}{d}\right)}{x \cdot |d| \cdot \Gamma(a)}$$

$$a > 0, \quad d \neq 0$$

3 Vorgehensweise für die Bearbeitung von einzelnen Pegeln

für $d > 0$ ist

$$\exp(c) \leq x < \infty$$

für $d < 0$ ist

$$0 \leq x \leq \exp(c)$$

Weibull-Verteilung - WB3

$$f(x) = \frac{a}{d} \left(\frac{x-c}{d} \right)^{a-1} \exp \left[- \left(\frac{x-c}{d} \right)^a \right]$$

$$a, d > 0; \quad c \leq x < \infty$$

Hinweis

Bei der ROV wird nur die MLM angewendet, bei der LP3 existiert die WGM nicht.

In der Statusleiste am unteren Rand des HQ-EX-Fensters wird die Information „Schätzung OK“ ausgegeben, sobald die Schätzung beendet ist.

Durch Sichern des Pegels werden die Ergebnisse der Schätzung im HQ-EX-Dokument abgespeichert. Die Auswertung der Schätzung erfolgt mit Hilfe von Tabellen und Diagrammen, wie in den folgenden Abschnitten beschrieben.

3.4.4 Konstruktion der Mischverteilung

Die Mischverteilung wird gemäß /7/ aus den zuvor berechneten Verteilungen F_{So} und F_{Wi} für die Sommer- und Winterhochwässer konstruiert. Für vorgegebene Stützstellen x_i , $i = 1, 2, \dots, n$, ergeben sich die Werte der Mischverteilung F bei angenommener Unabhängigkeit der saisonalen Hochwässer einfach aus

$$F(x_i) = F_{So}(x_i) * F_{Wi}(x_i), \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

Aus dem Typ der saisonalen Verteilungen F_{So} und F_{Wi} kann nicht auf den Typ von F geschlossen werden, so dass die Mischverteilung nur an den Stützstellen bekannt ist.

3.5 Ergebnistabellen

Die Ergebnistabellen geben in komprimierter Form die Resultate der zuletzt durchgeführten Schätzung wieder. Jede Ergebnistabelle wird in einem eigenen Fenster angezeigt. Sie können die in den nächsten Abschnitten beschriebenen Tabellen entweder über die Optionen im Menü Ergebnista-

bellen oder zusätzlich durch Anklicken der Symbole **P** und **W** in der Symbolleiste aufrufen. In den Tabellenansichten der Wiederkehrintervalle und der Parameter kann ein spezifisches Kontextmenü durch rechten Mausklick aktiviert werden.

Allen Tabellen gemeinsam ist der Kopfteil, der Informationen über den Pegel und den gewählten Optionen der Schätzung gibt:

- Gewässername: Gewässername wie im Eingabefenster definiert.
- Gewässername: Gewässername wie im Eingabefenster definiert.
- Pegelname: Pegelname wie im Eingabefenster definiert.
- Beobachtungszeitraum: Erstes und letztes Jahr der erfassten Reihe,
- Jahres-HQ: Anzahl der berücksichtigten Abflusswerte ohne die Fehlwerte im Beobachtungszeitraum.
- Fehljahre: Anzahl der Jahreswerte mit Abflusswert -900 im Beobachtungszeitraum.
- Historische HQ: Anzahl der erfassten historischen Hochwasser außerhalb des Beobachtungszeitraumes.

- Berechnungszeitraum: Zeitraum der aktuellen Schätzung (Abbildung 3.7)
- Schwellenwert (min. hHQ): kleinstes historisches Hochwasser, ab dem Werte aus der kontinuierlichen Reihe als historisches Hochwasser angenommen werden.
- $HQ \geq$ Schwellenwert: Anzahl der Werte in der kontinuierlichen Reihe, die größer gleich dem Schwellenwert sind.
- Einzugsgebietsgröße: Größe des Einzugsgebietes wie im Eingabefenster definiert (nur bei gewählter Ansicht der Abflusspende und nicht für Diagramm der Ganglinien).
- Trendbereinigt: Gibt Auskunft über die Verwendung trendbereinigter Werte.

Die Inhalte der Tabellen sind in den folgenden Absätzen erläutert

3.5.1 Statistische Momente

Die Ansicht der statistischen Momente öffnen Sie im Menü Ergebnistabellen – Statistische Momente. Die Tabelle enthält die aus der jeweiligen Stichprobe berechneten Momente bis zur vierten Ordnung, gegliedert in drei Gruppen:

- (Normale) Momente
- Momentenquotienten

3 Vorgehensweise für die Bearbeitung von einzelnen Pegeln

- Wahrscheinlichkeitsgewichtete Momente und L-Momente

Zusätzlich werden vier weitere Stichprobencharakteristika angegeben:

- Mittelwert
- Standardabweichung
- Variationskoeffizient
- Schiefekoeffizient.

Die Erwartungstreue der Zentralmomente und der Zentralmomentenquotienten wird durch die Korrekturfaktoren

$$\alpha_k = \frac{n^{k-1}}{[(n-1)(n-2)\dots(n-k+1)]}$$

k: Ordnung, n: Stichprobenumfang, näherungsweise erzwungen.

3.5.2 Parameter

Das Öffnen der Parameteransicht erfolgt über das Menü Ergebnistabellen oder über den Knopf **P**.

In der Tabelle sind für alle Verteilungen und erfolgreich abgeschlossenen Schätzmethoden die Werte der Parameter und der drei Anpassungs-

maße D, $n\omega^2$ und Γ_p verzeichnet. Die Bedeutung der Parameter ist in Tabelle 3.4 erläutert.

Tabelle 3.4. Parameter der Verteilungsfunktionen

Verteilung	Parameter			
	1	2	3	4
E1	c	d		
AE,P3,LP3,WB3	c	d	a	
ROV	c_1	d_1	c_2	d_2
LN3	c	e	d	

Bei der Auswahl einer Verteilungsfunktion und einer Schätzmethode an Hand der Anpassungsmaße sollte neben der grafischen Darstellung beachtet werden:

- Die Durchführung eines statistischen Tests bezüglich der Vereinbarkeit einer Stichprobe mit einer analytischen Verteilungsfunktion mit Hilfe der drei Anpassungsmaße ist in der Regel nicht möglich, fehlen doch meist die entsprechenden Formeln für endliche Stich-

- proben mit aus ihnen geschätzten Parametern (unvollständig spezifiziertes Problem /2/).
- Die drei Anpassungsmaße sind trotzdem sehr nützlich, gestatten sie doch einen direkten Vergleich der Anpassungsgüte der verschiedenen Verteilungen an ein und dieselbe empirische Verteilung. Dabei sind folgende Hinweise oft hilfreich.
 - Die Größe D misst die maximale Wahrscheinlichkeitsdifferenz zwischen der empirischen Verteilung und der angepassten Verteilung. Da diese in der Regel im unteren und mittleren Bereich der Verteilung auftritt, meist aber der obere (Extrapolations-) Bereich interessiert, sollte der Größe D weniger Bedeutung als den anderen Größen zugeordnet werden.
 - Die Größe $n\omega^2$ benutzt die Summe der quadrierten Wahrscheinlichkeitsdifferenzen zwischen der empirischen und der angepassten Verteilung bei allen Stichprobenwerten. Sie beurteilt also die Anpassungsgüte im Gesamtbereich zwischen minimalem und maximalem Stichprobenwert und zeigt für Werte $< 0,10$ im Allgemeinen eine befriedigende Approximation an (Erfahrungswert für unvollständig spezifizierte Stichproben).
 - Im Gegensatz zu D und $n\omega^2$ bezieht sich Γ_p auf die Differenzen in Richtung der Abflüsse: Γ_p ist der Korrelationskoeffizient zwischen den geordneten Stichprobenwerten und den entsprechenden Quantilen der angepassten Verteilung. Weil die größeren Differenzen meist im oberen Bereich der Verteilung auftreten, reagiert Γ_p sehr empfindlich auf eine unbefriedigende Approximation in diesem Bereich.
 - Da die angepassten Verteilungen in der Regel zu Extrapolationszwecken genutzt werden, sollte man bei der Auswahl einer Verteilung auf diejenigen Verteilungen zurückgreifen, die die höchsten Γ_p -Werte aufweisen, gleichzeitig aber auch akzeptable $n\omega^2$ -Werte besitzen.
 - Jede Auswahl sollte in Verbindung mit den grafischen Darstellungen der Verteilungen erfolgen.

3.5.3 Wiederkehrintervalle

Das Öffnen der Tabelle der Wiederkehrintervalle erfolgt über das Menü Ergebnistabellen oder über den Knopf **W**

Diese Tabelle enthält für alle angepassten Verteilungen F die Quantile

3 Vorgehensweise für die Bearbeitung von einzelnen Pegeln

$$Q(P) = F^{-1}(P)$$

für zehn gebräuchliche Wiederkehrintervalle T bzw. Die dazu gehörenden Unterschreitungswahr-

scheinlichkeiten (UWK) P (Tabelle 3.5). Im Kontextmenü der Ansicht können unter Optionen... andere Wiederkehrintervalle oder Unterschreitungs-wahrscheinlichkeiten festgelegt werden.

Tabelle 3.5 Gebräuchliche Wiederkehrintervalle und Unterschreitungswahrscheinlichkeiten

T [Jahre]	2	5	10	20	25	50	100	200	500	1000
P [%]	50	80	90	95	96	98	99	99,5	99,8	99,9

Die Maßeinheit der Abflüsse Q stimmt mit der Maßeinheit der eingegebenen Stichprobe überein. Die Quantile lassen sich auch als Abflussspenden in der Maßeinheit [l/s/km²] anzeigen. Dafür muss im Eingabe-Fenster die Einzugsgebietsgröße eingetragen sein. Dies kann auch noch nach der Schätzung geschehen. Zur Darstellung der Abflussspende klicken Sie auf die entsprechende Option im Ansicht Hauptmenü oder auf  in der Symbolleiste.

Korrektur der Verteilungen im Bereich kleiner Wiederkehrintervalle

Werden wie in HQ-EX die Verteilungsfunktionen ausschließlich auf der Basis von Jahreshöchstabflüssen berechnet, so gelten sie und die aus ihnen ablesbaren Wiederkehrintervalle T streng genommen auch nur für diese Abflüsse. Im Be-

reich kleiner Wiederkehrintervalle T werden die Verteilungen bei abnehmenden T in wachsendem Maße aber auch von den zweit- oder sogar drittgrößten Abflüssen eines Kalenderjahres bestimmt. Wenn daher nach den Wiederkehrintervallen T* (in Jahren) zwischen zwei Hochwassern bestimmter Größe gefragt wird, unabhängig davon, ob es sich um Jahresabflüsse handelt, dann sollte im Bereich T <= 5 Jahre eine Korrektur der Verteilungen vorgenommen werden. Nach [1] ist dazu die Formel

$$T = \frac{1}{e^{\frac{1}{T^*}} - 1}$$

zu benutzen.

Im Kontextmenü oder im Menü Ansicht wird unter der Option Korrigierte HQ bei kleinen Tn die Korrektur in der Tabelle der Wiederkehrintervalle ausgeführt.

Verfahren nach Kleeberg/Schumann für große Wiederkehrintervalle T

Wenn bei der Errichtung großer Bauwerke an oder in Gewässern nach Hochwasserscheitelabflüssen mit Wiederkehrintervallen von T > 100...10000 Jahre gefragt wird (z.B. in DIN 19700), der Extrapolationsbereich der analytischen Verteilungsfunktionen das Zwei- bis Dreifache der Beobachtungslänge aber nicht überschreiten sollte, wird eine andere Art der Extrapolation benötigt. Ein praktikables, auf umfangreichen regionalen Auswertungen in Deutschland beruhendes Näherungsverfahren von Kleeberg und Schumann /5/ wurde deshalb in HQ-EX aufgenommen. Es basiert auf der Pearson- Typ 3- Verteilung (P3) und benutzt folgende Beziehung zur Schätzung von Jahreshöchstabflüssen für

T > 100 Jahre:

$$HQ(T) = m + s \cdot k_{100} \cdot f_{T_{max}},$$

mit

$$k_{100} = 2,3183 + 0,7725 \cdot C_S - 0,065 \cdot C_S^2$$

m, s, C_S

als Stichprobenmittelwert,
-standardabweichung und
-schiefe sowie

f_{T_{max}}

als Quotient der Werte der normierten P3 mit einer maximierten Schiefe von 4 bei T > 100 Jahren und T = 100 Jahren.

Die maximierte Schiefe von 4 gilt in weiten Teilen Deutschlands und wird in HQ-EX standardmäßig gesetzt. In Spezialfällen, wo dieser Wert häufig durch die Stichprobenschiefe überschritten wird (z.B. im Erzgebirge), sollte der Wert 6 gewählt werden. Im Kontextmenü oder im Menü Extras - Optionen kann er verändert werden.

Die Ergebnisse des Näherungsverfahrens werden automatisch in der Tabelle der Wiederkehrintervalle in der letzten Zeile für alle ausgewählten T > 100 Jahre ausgegeben.

3.5.4 Mischverteilung

Das Öffnen der Ansicht der Wiederkehrintervalle für die Mischverteilung erfolgt über das Menü Ergebnistabellen - Mischverteilung.

3 Vorgehensweise für die Bearbeitung von einzelnen Pegeln

Diese Tabelle enthält für alle angepassten und ausgewählten Verteilungen F die Quantile

$$Q(P) = F^{-1}(P)$$

für die eingestellten Wiederkehrintervalle T oder zugehörigen Unterschreitungswahrscheinlichkeiten (UWK) P . Alle unter Abschnitt 3.5.3 getroffenen Aussagen treffen hier für die ausgewählten Verteilungen ebenso zu.

3.5.5 Exportieren von Tabellen

Das Exportieren von Tabellen geschieht über das Kontextmenü oder das Menü Export... im Datei Hauptmenü. Die jeweils aktive Tabelle wird im Windows ANSI-Format als Tabulator und Leerzeichen getrennter Text abgespeichert (Abschnitte 5.3, 5.4). Die Standard-Dateierweiterungen der Export-Tabellen lauten:

- .mox für die statistischen Momente,
- .prx für die Parameter,
- .stx für die Quantile (Wiederkehrintervalle),
- .vix für die Quantile mit Konfidenzgrenzen.

Wählen Sie das Verzeichnis und den Dateinamen aus und klicken Sie auf den OK Knopf, um den Export auszuführen.

Für das spaltengerechte Betrachten der exportierten Dateien mit externen Editoren ist es unter Umständen notwendig, die Tabulatorabstände entsprechend groß zu wählen.

Hinweis

Zur spaltengerechte Darstellung der Exportdateien bitte die Tabulatorweite im externen Editor anpassen.

3.6 Diagramme

Wählen Sie das darzustellende Diagramm durch Anklicken des entsprechenden Menüpunktes im Hauptmenü Diagramme oder klicken Sie auf eines der Diagrammsymbole in der Symbolleiste. Eine Eingabemaske erscheint (Abbildung 3.10), in der Sie die darzustellenden Verteilungsfunktionen weiter spezifizieren können (gilt nicht für Ganglinien).

Jedes Diagramm wird in einem eigenen Fenster dargestellt (Abbildung 3.11). Allen Diagrammen gemeinsam ist der Kopfteil, der Informationen über den Pegel und den gewählten Zeitraum der Schätzung gibt:

- Gewässername: Gewässername wie im Eingabefenster definiert.

- Pegelname: Pegelname wie im Eingabefenster definiert.
- Beobachtungszeitraum: Erstes und letztes Jahr der erfassten Reihe,
- Jahres-HQ: Anzahl der berücksichtigten Abflusswerte ohne die Fehlwerte im Beobachtungszeitraum.
- Fehljahre: Anzahl der Jahreswerte mit Abflusswert -900 im Beobachtungszeitraum.
- Historische HQ: Anzahl der erfassten historischen Hochwasser außerhalb des Beobachtungszeitraumes.
- Berechnungszeitraum: Zeitraum der aktuellen Schätzung (Abbildung 3.7, nicht für Diagramm der Ganglinien)
- Schwellenwert (min. hHQ): kleinstes historisches Hochwasser, ab dem Werte aus der kontinuierlichen Reihe als historisches Hochwasser angenommen werden.
- $HQ \geq$ Schwellenwert: Anzahl der Werte in der kontinuierlichen Reihe, die größer gleich dem Schwellenwert sind.
- Einzugsgebietsgröße: Größe des Einzugsgebietes wie im Eingabefenster definiert (nur bei gewählter Ansicht der Abflusspende und nicht für Diagramm der Ganglinien).
- Trendbereinigt: Gibt Auskunft über die Verwendung trendbereinigter Werte.

Auswahl

		Jahr				Sommer				Winter			
		Anpassungsmaße			Darstellen	Anpassungsmaße			Darstellen	Anpassungsmaße			Darstellen
		nach Kolmogorov	N-Omega ²	Quantil-Korrelation r ²		nach Kolmogorov	N-Omega ²	Quantil-Korrelation r ²		nach Kolmogorov	N-Omega ²	Quantil-Korrelation r ²	
E1	MM	0,1293	0,3560	0,9182	<input type="checkbox"/>	0,2364	1,0709	0,7998	<input type="checkbox"/>	0,0995	0,0794	0,9746	<input type="checkbox"/>
	MLM	0,1014	0,1832	0,9182	<input type="checkbox"/>	0,1303	0,5090	0,7998	<input type="checkbox"/>	0,0871	0,0672	0,9746	<input type="checkbox"/>
	WGM	0,1100	0,2564	0,9182	<input type="checkbox"/>	0,1722	0,7284	0,7998	<input type="checkbox"/>	0,1002	0,0777	0,9746	<input type="checkbox"/>
AE	MM	0,0730	0,0927	0,9750	<input type="checkbox"/>	0,1690	0,3995	0,9208	<input type="checkbox"/>	0,0863	0,0526	0,9833	<input type="checkbox"/>
	MLM	0,0657	0,0565	0,9927	<input type="checkbox"/>	0,1040	0,1571	0,9654	<input type="checkbox"/>	0,0704	0,0355	0,9819	<input type="checkbox"/>
	WGM	0,0717	0,0455	0,9927	<input type="checkbox"/>	0,0695	0,0706	0,9755	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0670	0,0277	0,9885	<input type="checkbox"/>
ROV	MLM	0,0818	0,0632	0,9887	<input type="checkbox"/>	0,0978	0,1127	0,8566	<input type="checkbox"/>	0,0716	0,0330	0,9889	<input type="checkbox"/>
	MM	0,0652	0,0584	0,9804	<input type="checkbox"/>	0,1290	0,2160	0,9414	<input type="checkbox"/>	0,0826	0,0465	0,9849	<input type="checkbox"/>
	MLM	0,0636	0,0462	0,9884	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0774	0,0892	0,9714	<input type="checkbox"/>	0,0611	0,0291	0,9891	<input type="checkbox"/>
LN3	WGM	0,0635	0,0457	0,9878	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0575	0,0532	0,9640	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0617	0,0260	0,9913	<input checked="" type="checkbox"/>
	MM	0,1980	0,4589	0,9763	<input type="checkbox"/>	0,3200	1,4310	0,9409	<input type="checkbox"/>	0,0564	0,0292	0,9917	<input checked="" type="checkbox"/>
	MLM	0,0694	0,0753	0,9380	<input type="checkbox"/>	0,1055	0,1415	0,8672	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>
P3	WGM	0,0791	0,0876	0,9715	<input type="checkbox"/>	0,1200	0,1823	0,9274	<input type="checkbox"/>	0,0588	0,0315	0,9918	<input checked="" type="checkbox"/>
	MM	0,0678	0,0457	0,9922	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0729	0,0835	0,9621	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0630	0,0274	0,9893	<input type="checkbox"/>
	MLM	0,0695	0,0492	0,9930	<input type="checkbox"/>	0,0880	0,1183	0,9576	<input type="checkbox"/>	0,0635	0,0299	0,9865	<input type="checkbox"/>
LP3	MM	0,0990	0,1905	0,9816	<input type="checkbox"/>	0,1600	0,2943	0,9550	<input type="checkbox"/>	0,0640	0,0337	0,9903	<input type="checkbox"/>
	MLM	0,0993	0,1506	0,9516	<input type="checkbox"/>	0,0923	0,1024	0,9314	<input type="checkbox"/>	0,0638	0,0333	0,9902	<input type="checkbox"/>
	WGM	0,0731	0,0779	0,9706	<input type="checkbox"/>	0,0760	0,1027	0,9397	<input type="checkbox"/>	0,0582	0,0347	0,9912	<input type="checkbox"/>

Konfidenzgrenzen
 asymmetrisch (Resampling) Signifikanzniveau alpha
 symmetrisch 0.1 <= alpha <= 0.8

Abbildung 3.10: Auswahlmaske für Verteilungsfunktionen

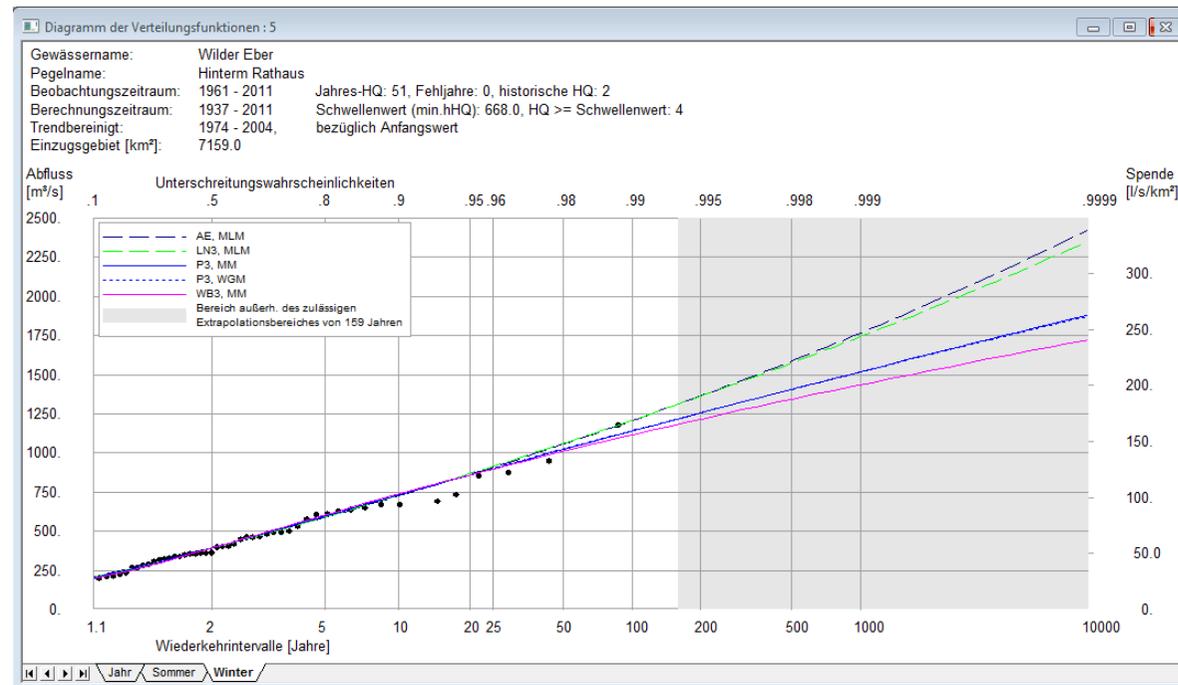


Abbildung 3.11: Diagrammfenster (Verteilungsfunktion)

Die Diagramme und die Bedeutung der Kontextmenüs sind in den folgenden Absätzen erläutert. Für das Drucken von Diagrammen beachten Sie bitte die Hinweise im Abschnitt 3.7.2.

In den Diagrammen sind die Kurven gleicher Verteilungsfunktionen mit derselben Farbe darge-

stellt. Die Linienschraffur richtet sich nach der Schätzmethode.

3.6.1 Verteilungsfunktionen

Das Diagramm „Verteilungsfunktionen“ können Sie über das Menü oder den Knopf  öffnen.

3 Vorgehensweise für die Bearbeitung von einzelnen Pegeln

Es dient der grafischen Darstellung aller erfolgreich angepassten Verteilungsfunktionen und entspricht dem bekannten Netzdruck der Extremwertverteilung Typ 1 (E1), d.h. eine E1 streckt sich darin zur Geraden (siehe Abschnitt 3.4.1). Auf der Abszisse sind die Wiederkehrintervalle (unten) und die Unterschreitungswahrscheinlichkeiten (oben) aufgetragen, auf der Ordinate stehen die Abflüsse (links) und die Abflussspenden (rechts, wahlweise). Grau unterlegt ist der unzulässige Extrapolationsbereich. Er wird standardmäßig in Übereinstimmung mit /1/ gegen den zulässigen Bereich durch

3 · n mit dem Stichprobenumfang n

abgegrenzt, andere Vielfache von n können über das Menü Extras - VF Diagrammeinstellungen eingegeben werden.

Die empirische Verteilung wird durch eine Reihe schwarzer Punkte dargestellt. Ihre Ordinaten entsprechen den der Größe nach geordneten Stichprobenelementen, die Abszissen ergeben sich aus der allgemeinen Eintragungsfornel

$$P_i = \frac{i}{n+1} \quad \text{für das } i\text{-te Element.}$$

Bei der Berücksichtigung historischer Hochwässer (Abschnitt 3.4.2) gelten für den systematisch beobachteten und den historischen Zeitraum unterschiedliche Eintragungsformeln:

– Systematisch beobachteter Zeitraum

$$T_i = \frac{n_{sy} + 1}{n_{sy} + 1 - i * \left(1 - \frac{r}{n_G}\right)} \quad i = 1, 2, \dots, n_{sy}$$

– Historischer Zeitraum

$$T_i = \frac{(r+1) * n_G}{r * (n_{sy} + r + 1 - i)},$$

$$i = n_{sy} + 1, \dots, n_{sy} + r$$

n: Anzahl der Hochwässer im beobachteten Zeitraum

m: Anzahl der historischen Hochwässer im beobachteten Zeitraum

m_h: Anzahl der historischen Hochwässer vor dem beobachteten Zeitraum

r: m+m_h

n_{sy}: n-m

n_G: Länge des gesamten betrachteten Zeit-

raumes $T = \frac{1}{1-P}$

Die Auswahl der darzustellenden Verteilungen erfolgt über die Auswahlmaske (Abbildung 3.10).

Die drei mit einem Häkchen belegten Felder zeigen die drei „besten“ Approximationen der empirischen Verteilung an, womit eine völlig unverbindliche Hilfe bei der Auswahl einer analytischen Verteilung gegeben werden soll. Das Auswahlkriterium ist hierbei die Summe der drei Anpassungsmaße

$$D + n\omega^2 + (1 - r_p^2)$$

die für die besten Approximationen die kleinsten Werte liefern.

Bei einer Akzeptanz der drei Verteilungen werden diese durch Anklicken des Knopfes Öffnen sofort dargestellt (Abbildung 3.10). Sollen andere Verteilungen angezeigt werden, so lassen sich die drei Häkchen per Mausklick beseitigen und ebenso in die gewünschten Felder Häkchen eintragen.

Die Auswahl darzustellender Verteilungen kann beliebig oft wiederholt werden. Ist keine Verteilung angekreuzt worden, so wird nur die empirische Verteilung wiedergegeben.

Die Grafiken der Verteilungen sind das wichtigste Hilfsmittel bei der endgültigen Wahl einer Verteilung für einen Pegel durch den jeweiligen Bearbeiter. Durch den visuellen Vergleich der verschiedenen Verteilungen hinsichtlich der Approximation der empirischen Verteilung im besonders interessierenden Bereich kann die Eignung einer Verteilung häufig zuverlässiger eingeschätzt werden als durch die drei Anpassungsmaße.

Die zweite Y-Achse aktivieren Sie im Ansicht Hauptmenü durch Anklicken der entsprechenden Option oder durch Klicken von  auf der Symbolleiste.

Für die Spezifizierung der Diagrammeinstellungen lesen Sie bitte Abschnitt 3.7.1.

3.6.2 Verteilungsfunktionen mit Konfidenzbereich

Das Diagramm „Verteilungsfunktionen mit Konfidenzbereich“ können Sie über das Menü oder den Knopf  öffnen.

Jede aus einer endlichen Stichprobe berechnete Verteilungsfunktion F ist naturgemäß mit einem Schätzfehler behaftet. Dessen Größe lässt sich gut durch einen Konfidenzbereich veranschaulichen, der beiderseits der Verteilung liegt und in

3 Vorgehensweise für die Bearbeitung von einzelnen Pegeln

dem sich mit einer Wahrscheinlichkeit $1-\alpha$ die wahre, aber unbekannte Verteilung befindet.

Im Programm sind zwei Verfahren zur Konstruktion des Konfidenzbereiches integriert.

Das **1. Verfahren** geht von einer symmetrischen Lage des Bereichs zur geschätzten Verteilung F und von einer Normalverteilttheit der Abweichungen bezüglich $F^{-1}(P)$ aus.

Nach /1/ und /3/ wird seine halbe Breite $\Delta(P)$ in Abhängigkeit von der Unterschreitungswahrscheinlichkeit P , vom Stichprobenumfang n und dem Signifikanzniveau α aus der Formel

$$\Delta(P) = u_{1-\alpha/2} \cdot s_x(P)$$

näherungsweise berechnet mit

$$s_x(P)^2 = \frac{s^2}{n} [1 + k_p \cdot q_3 + 0,25 \cdot k_p^2 \cdot (q_4 - 1)]$$

$u_{1-\alpha/2}$ Wert der normierten Normalverteilung $N(0,1)$ bei $1-\alpha/2$,

$$k_p = \frac{(x(P) - m)}{s}$$

$$x(P) = F^{-1}(P)$$

m, s Mittelwert und Standardabweichung der Stichprobe,

q_3, q_4 Zentralmomentenquotient der Ordnung 3, 4.

Untere und obere Grenze des Konfidenzbereiches bei P sind damit gegeben zu

$$x_{P,1-\alpha,\min} = x(P) - \Delta(P) \quad \text{und}$$

$$x_{P,1-\alpha,\max} = x(P) + \Delta(P).$$

Die Voraussetzungen der Symmetrie und der Normalverteilttheit des einfach durchzuführenden Verfahrens sind aber häufig nicht gegeben. In /7/ wird festgestellt, dass die Konfidenzbereiche in der Regel asymmetrisch mit größeren Abweichungen nach oben als nach unten verlaufen. Asymmetrische Konfidenzbereiche können mit dem **2. Verfahren** berechnet werden. Es handelt sich dabei um ein Resampling-Verfahren, bei dem, ausgehend von der geschätzten Verteilung F , mit Hilfe eines Zufallszahlengenerators m neue Stichproben der Länge n erzeugt werden /7/. Im Ergebnis liegen dann m neue empirische Verteilungen vor, denen jeweils wieder eine Verteilungsfunktion vom selben Typ wie F angepasst wird. Sie repräsentieren den gesuchten Streubereich möglicher Verteilungen, an dem für vorgegebene Unterschreitungswahrscheinlichkeiten P und

einem ausgewählten Signifikanzniveau α wieder die oberen und unteren Grenzen des Konfidenzbereiches $X_{P,1-\alpha,\min}$ und $X_{P,1-\alpha,\max}$ ermittelt werden können. Wegen des experimentellen Charakters des Resampling-Verfahrens sollte α nicht kleiner als 0,1 gesetzt werden.

Im Diagramm Verteilungsfunktion mit „Konfidenzbereich“ sollte stets nur eine Verteilung in der Auswahlmaske gewählt werden, die zusammen mit den Bereichsgrenzen für ein vorgegebenes Signifikanzniveau α gezeichnet wird.

Über das Datei-Menü oder Kontextmenü lässt sich eine Tabelle für die eingestellten Unterschreitungswahrscheinlichkeiten mit Quantil und zugehörigen Grenzwerten exportieren. Die Dateierweiterung lautet standardmäßig vix (s. 5.6).

Für die Spezifizierung der Diagrammeinstellungen lesen Sie bitte Abschnitt 3.7.1.

3.6.3 Dichtefunktionen

Im Diagramm „Dichtefunktionen“  können die Dichtefunktionen für alle angepassten Verteilungen dargestellt werden. Auf der Abszisse sind die Abflüsse und auf der Ordinate die Werte der Dichtefunktionen aufgetragen. Da die analytische Form der Mischverteilung unbekannt ist, wird auf

eine näherungsweise Darstellung der zugehörigen Dichtefunktion verzichtet.

Die Farben der verschiedenen Dichtefunktionen und die Signaturen entsprechen denen der zugehörigen Verteilungen (Abschnitt 3.6.1), ihre Auswahl erfolgt völlig analog über eine Auswahlmaske.

3 Vorgehensweise für die Bearbeitung von einzelnen Pegeln

3.6.4 Ganglinie der HQ-Werte

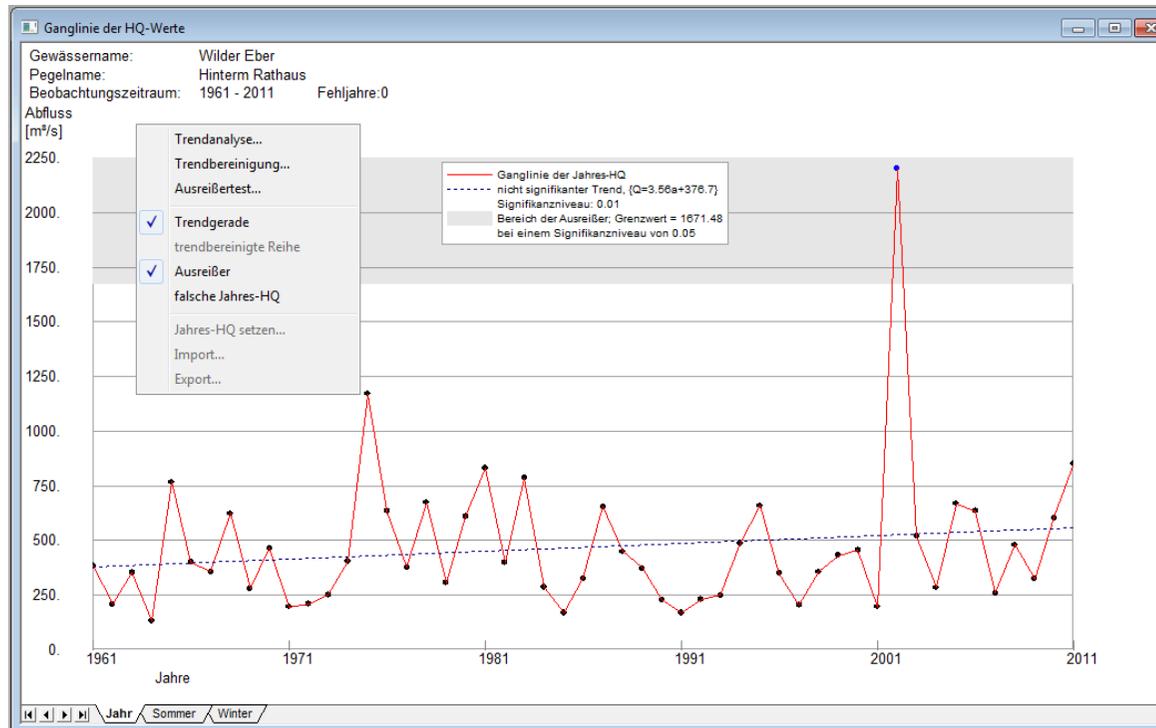


Abbildung 3.12: Ganglinienansicht

Dieses Diagramm (Abbildung 3.12) dient der Überprüfung der eingegebenen Werte und bietet dafür die Optionen Ausreißertest und Trendanalyse im Kontextmenü oder im Menü Prüfung der Reihe an.

Bei eingeschalteter Anzeige der Trendgeraden wird in der Legende die Geradengleichung in der Form:

$Q=ma+n$, $a=1,2\dots$ Anzahl Jahre, ausgegeben.

Über die Möglichkeit, Ausreißertests und Trendanalysen durchzuführen, informieren Sie die Abschnitte 3.3.1 und 3.3.2.

3.6.5 Mischverteilung

Das Diagramm „Mischverteilung“ können Sie über das Menü öffnen.

Es dient der grafischen Darstellung der angepassten und zur Konstruktion der Mischverteilung ausgewählten Verteilungsfunktionen für Sommer und Winter, zur Darstellung der gewählten Verteilungsfunktion für die Jahresreihe und für die konstruierte Mischverteilung selbst. Die Werte der empirischen Reihen sind als Symbole in der gleichen Farbe wie der der zugehörigen Verteilung eingetragen. Für die grafische Darstellung gelten die gleichen, im Abschnitt 3.6.1 beschrie-

ben Bedingungen und Optionen. Die Auswahl der Verteilungsfunktionen erfolgt im Auswahldialog (Abbildung 3.10) vor dem Öffnen der Grafik. Hier ist jedoch nur eine Selektion pro Reihe erlaubt.

3.7 Extras

3.7.1 VF Diagrammeinstellungen

Sobald Sie ein Diagramm einer Verteilungsfunktion erstellt und durch Anklicken aktiviert haben, können Sie über die Option VF Diagrammeinstellungen im Extras Hauptmenü oder mit dem Knopf  die Skalierung der y-Achse sowie die Markierung des Extrapolationsbereiches definieren (Abbildung 3.13).

Skalierung der y-Achse

automatisch: Automatische Skalierung.

y-min: Niedrigster Wert der y1-Achse (Abfluss).

y-max: Höchster Wert der y1-Achse.

Intervalle: Anzahl der Intervalle auf der y-Achse (max. 10).

Extrapolationsbereich

Kennzeichnung des unzulässigen Bereiches: Klicken Sie auf das nebenstehende Kästchen, um die farbliche Hinterlegung

3 Vorgehensweise für die Bearbeitung von einzelnen Pegeln

des unzulässigen Bereiches zu deaktivieren (vorteilhaft für Druck).

zulässiger Bereich ($k \cdot$ Reihenzahl):
Zulässiger Bereich der Extrapolation als k -faches der Länge des zur Berechnung berücksichtigten Zeitbereiches.

Mit der Bestätigung der Einstellungen durch OK werden die gewählten Einstellungen im Dokument des Pegels gespeichert. Sollen die Standardeinstellungen wieder hergestellt werden, so drücken Sie den Knopf Standard.

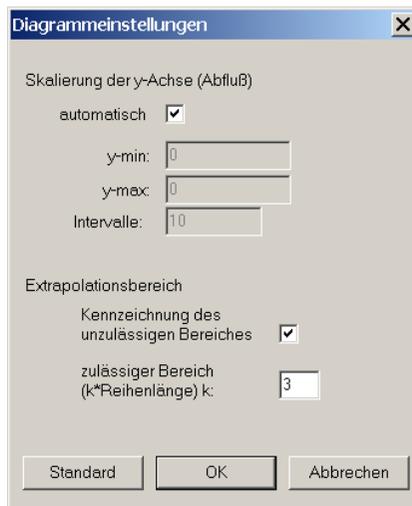


Abbildung 3.13: Eingabemaske für Diagrammeinstellungen

3.7.2 Optionen ...

Über das Optionen-Menü gelangen Sie zu den Einstellungen der Wiederkehrintervalle und des Kleeberg/Schumann-Verfahrens.

Sie können bis zu zwölf Wiederkehrintervalle zwischen 1.1 und 10000 Jahren eingeben.

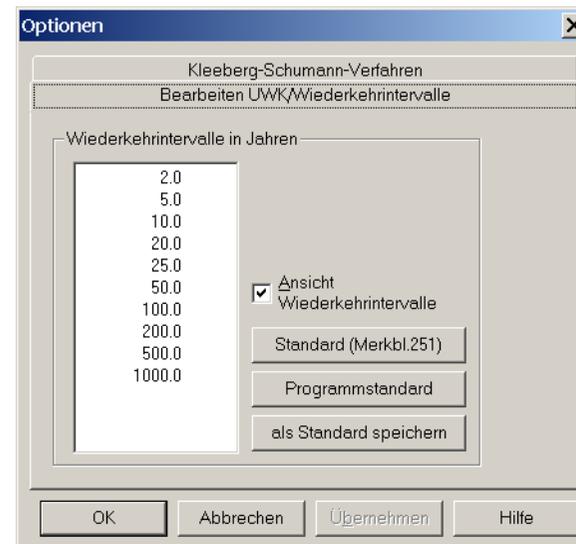


Abbildung 3.14: Bearbeiten UWK/Wiederkehrintervalle

Der Dialog (Abbildung 3.14) erlaubt das Umschalten der Darstellung zwischen Wiederkehrintervallen und Wahrscheinlichkeiten. Per Knopfdruck kann die Eingabe als eigener Standard pegelunabhängig gespeichert und geladen werden. Die aktuellen Einstellungen werden im spezifischen Pegel-Dokument gespeichert. Bei Bedarf können Sie die Standardeinstellungen (Tabelle 3.5) wiederherstellen. Beachten Sie bitte, dass zu enge Abstände der Intervalle zu unsauberen Achsenbeschriftungen in den Diagrammdarstellungen führen können. Wählen Sie in diesen Fällen weniger Intervalle, oder drucken Sie die gleichen Ergebnisse mehrfach mit unterschiedlichen Wiederkehrintervallen aus.

Auf der Seite Kleeberg-Schumann-Verfahren legen Sie den Wert der maximierten Schiefe (C_S) fest (Abschnitt 3.5.3). Standard ist 4.0, Sie können jedoch hier auch andere Werte als Standard einstellen.

3.8 Gesamtbeurteilung der Ergebnisse

In /1/ sind Ausführungen zur Beurteilung der Ergebnisse bei Berechnungen von Hochwasserwahrscheinlichkeiten enthalten. Wegen ihrer Bedeutung hinsichtlich einer sachgerechten Anwen-

dung des Programmes HQ-EX werden sie nachstehend sinngemäß wiedergegeben.

Die Zuverlässigkeit der statistischen Aussagen hängt eng mit dem Stichprobenumfang n zusammen. Zur Orientierung gilt folgende Tabelle:

Tabelle 3.6: Zuverlässigkeit statistischer Aussagen

Stichprobenumfang n	statistische Aussage
< 10	unbrauchbar
10-20	abschätzend
20-30	brauchbar
> 30	geeignet

Somit setzen brauchbare Aussagen eine Pegelbeobachtungsdauer von mindestens 20 Jahren voraus. Für Umfänge < 10 Werte ist ein Start der Schätzung nicht möglich.

Extrapolationen über das 2- bis 3-fache des Umfangs sollten nach Möglichkeit vermieden werden.

Für die sieben Verteilungstypen und die drei Parameterschätzmethoden besteht grundsätzlich keine Rangfolge ihrer Eignung. Die mit ihnen berechneten Jahreshöchstabflüsse HQ_T sind zu-

3 Vorgehensweise für die Bearbeitung von einzelnen Pegeln

nächst im statistischen Sinne gleichwahrscheinlich, an die Stelle eines bestimmten Wertes tritt damit ein Wertebereich, der eventuell durch weitere Beurteilungskriterien eingengt werden kann:

- a) Wegen der in der Regel fehlenden Anpassungstests für unvollständig spezifizierte Schätzprobleme (Abschnitt 3.5.2) ist der Fall der Ablehnung einer Verteilung durch einen derartigen Test leider sehr selten.
- b) Zur Beurteilung der nicht abgelehnten Verteilungen können die drei verwendeten Anpassungsmaße herangezogen werden. Auf diese Weise ausscheiden sollten allerdings nur diejenigen Verteilungen mit deutlich schlechteren Anpassungswerten.
- c) Wichtig ist in jedem Fall eine optische Kontrolle der Anpassung, besonders in dem für die Anwendung interessierenden Bereich. Sie kann auch zeigen, ob eine weniger gute Anpassung durch Abweichungen in einem größeren Wertebereich oder bei Einzelwerten bedingt ist.
- d) Hilfreich bei der Auswahl einer Verteilung für einen Pegel sind Vergleiche mit den entsprechenden Ergebnissen an benachbarten Pegeln, vor allem an demselben Gewässer. Der Vergleich sollte möglichst an Hand der Abflussspenden vorgenommen werden, welche

im Allgemeinen mit wachsender Einzugsgebietsgröße abnehmen.

- e) Für weitere Kontrollen können sowohl Ergebnisse aus der Anwendung von Niederschlags-Abfluss-Modellen als auch Angaben zu historischen Hochwassern herangezogen werden.

Aus der Menge der verbliebenen Verteilungen sind die benötigten Hochwasserabflüsse festzulegen, was zweckmäßigerweise unter Berücksichtigung der Bedeutung einer wasserwirtschaftlichen Maßnahme und der Gefahren bei ihrem Versagen erfolgt. Bei hohem Gefährdungspotential kann schließlich die Einbeziehung des Konfidenzbereiches gerechtfertigt sein.

Vorgehensweise Stapelverarbeitung

4.1 Stapeldateien verwalten

Durch die Stapelverarbeitung (Batch-Modus) wird es möglich, für Pegelgruppen Arbeitsabläufe, wie sie in der manuellen Pegelauswertung einzeln erfolgen, in Aufträgen zusammenzufassen und in eine Warteschlange zustellen, um sie in einem Schritt abzarbeiten.

Das binäre Dokumentenformat von Stapeldateien wird durch die Erweiterung hbp gekennzeichnet.

Beim Stapelbetrieb werden nur die Jahres-HQ-Reihen ausgewertet, die Berechnung einer Mischverteilung ist hier nicht möglich.

Für das Anlegen einer neuen Stapeldatei öffnen Sie im Datei-Menü den Eintrag Neu. Selektieren Sie dann in der Auswahlliste den Eintrag „HQ-EX – Stapeldatei“ und bestätigen Sie mit OK. Nun wird das Hauptfenster der Stapelbearbeitung geöffnet.

Es bietet eine Liste aller Aufträge mit deren Eigenschaften und Definitionen und stellt die nachfolgenden Funktionen bereit:

Schließen: Schließt das Fenster der Stapelverarbeitung mit der Abfrage nach Speicherung.

Neu: Neue Aufträge zur Stapelverarbeitung hinzufügen. Es wird der Dialog „Auftrag zur Stapelverarbeitung hinzufügen“ geöffnet.

Löschen Löscht die in der Liste markierten Aufträge aus der Stapelverarbeitung.

Zurücksetzen: Bereits abgearbeitete Aufträge mit dem Status "Fertig" können auf den Status "Wartet" zurückge-

4 Vorgehensweise Stapelverarbeitung

setzt werden.

Start: Beginnt mit der Stapelverarbeitung.

Abbrechen: Beendet die laufende Stapelverarbeitung nach Fertigstellung des aktuellen Auftrages.

Eigenschaften: Bei Markierung eines Auftrages in der Liste „Aufträge“ werden in dem Fenster entsprechend der definierten Aufgabe alle verfügbaren Informationen angezeigt und können modifiziert werden. Die Bedeutung der einzelnen Informationen erschließt sich aus den in den folgenden Abschnitten erläuterten Schritten.

4.2 Aufträge der Stapelverarbeitung bearbeiten

Auftrag zur Stapelverarbeitung hinzufügen

Wählen Sie im Fenster der Stapelverarbeitung die Schaltfläche Neu. Alle weiteren Schritte laufen in Form eines Assistenten ab. Im nun geöffneten Dialog (Abbildung 4.1) können Sie die benötigten Dateien über die Schaltfläche Hinzufügen

zusammenstellen. Wählbare Dateiformate sind hqr, hqx und uvf (Abschnitt 5.1).

Die Daten, die geladen werden sollen, müssen nicht zwangsläufig aus dem gleichen Verzeichnis stammen. Das Hinzufügen ist stets aktivierbar. Sollten Sie dennoch eine Datei geladen haben, die nicht bearbeitet werden soll, kann diese mit Entfernen aus der Stapeldatei gelöscht werden.

Mit Weiter> wird das Dialogfenster „Regeln für die Ausgabedateien“ geöffnet.

Abbrechen schließt den Dialog, ohne Änderungen zu übernehmen.

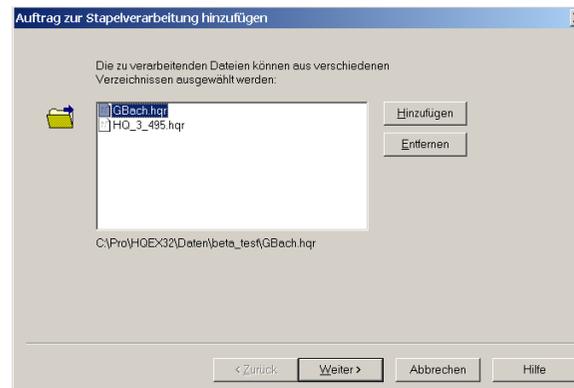


Abbildung 4.1: Aufträge hinzufügen

Regeln für die Ausgabedateien

Im Dialog Regeln für die Ausgabedateien (Abbildung 4.2) kann mit Durchsuchen... das Zielverzeichnis ausgewählt werden. Die zu verarbeitenden Daten werden in dem Verzeichnis mit gleichbleibendem Dateinamen abgespeichert. Gleichzeitig wird für die Klappbox "Verzeichnis" eine Variable mit dem Zielverzeichnis zur Verfügung gestellt.

Die Dateien erhalten nach folgender Regel einen neuen Namen:

Bei Deaktivierung der Checkbox werden keine Regeln festgelegt, und der Dateiname wird nicht verändert. Bei Aktivierung der Checkbox werden in den Klappleisten Verzeichnis und Datei Variablen bereitgestellt, mit denen das Zielverzeichnis und der Ausgabenname modifiziert werden können.

Verzeichnis:	Eingabe	erstes Dateneingabeverzeichnis (Bsp.: \$(InputDir) = C:\Pro\HQEX32\Daten\beta_test\)
	Ausgabe	Zielverzeichnis aus der Eingabe Durchsuchen... (Bsp.: \$(OutputDir) = C:\Pro\HQEX32\Daten\beta_test\)
	Temporär	Vom Nutzer in den Systemeinstellungen eingegebenes Verzeichnis für temporäre Dateien (Bsp.: \$(TempDir) = e:\temp\)
Datei:	Pfad	beinhaltet Eingabeverzeichnis + Dateiname + Erweiterung (Bsp.: \$(Path) = C:\Pro\HQEX32\Daten\beta_test\gbach.hqr)

4 Vorgehensweise Stapelverarbeitung

Name	Dateiname + Erweiterung (Bsp.: \$(Name) = gbach.hqr)
Titel	Dateiname (Bsp.: \$(Title) = gbach)
Erweiterung	Erweiterung (Bsp.: \$(Ext) = .hqr)

Beispiel: Wählen Sie \$(InputDir)\$ (Title)_S1\$(Ext), wobei Sie _S1 als Dateinamenzusatz über Tastatur hinzufügen. Das Ausgabeverzeichnis mit Datei sieht wie folgt aus:
C:\Pro\HQEX32\Daten\beta_test\gbach_S1.hqr.

Hinweis

Bei alleiniger Angabe "Pfad" (aus Klappbox Datei) wird die Eingabedatei überschrieben. Weiterhin ist zu beachten, dass gleichlautende Dateinamen aus verschiedenen Verzeichnissen im Ausgabeverzeichnis überschrieben werden. Wird ein noch nicht existierender Pfad eingegeben, so wird dieser automatisch angelegt.

Mit <Zurück gelangen Sie zu dem vorherigen Dialogfenster "Auftrag zur Stapelverarbeitung hinzufügen".

Mit Weiter> wird das Dialogfenster „Berechnung“ geöffnet.

4.2 Aufträge der Stapelverarbeitung bearbeiten

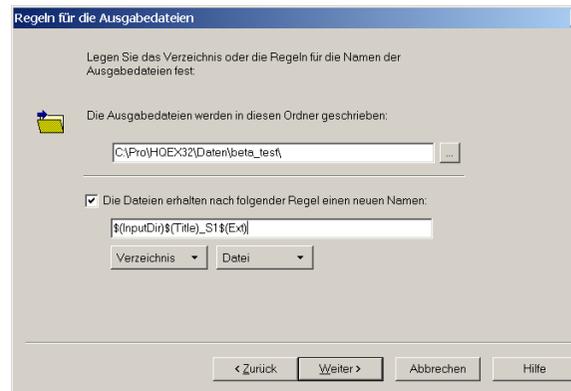


Abbildung 4.2: Regeln für die Ausgabedateien

Berechnung

Legen Sie hier die gemeinsamen Berechnungsparameter der ausgewählten Pegelreihen fest (Abbildung 4.3).

Alle Jahre	Es gehen jeweils alle Jahre einer Reihe in die Berechnung ein.
Berücksichtigung historischer HQ-Werte:	Sind in einer Reihe historische Ereignisse erfasst, so werden sie in der Berechnung berücksichtigt (Abschnitt 3.4.2).
Beginn:	Manuelle Festlegung des

ersten in die Berechnung eingehenden Jahres.

Ende: Manuelle Festlegung des letzten in die Berechnung eingehenden Jahres.

autom.: Durchsucht die Reihen nach allen gemeinsamen Jahren.

Max. Cs-Wert für Kleeberg-Schumann: Maximaler C_S -Wert für das Kleeberg-Schumann-Verfahren (Abschnitt 3.5.3)

Std.: Setzt den als Standard definierten maximalen C_S -Wert. (Abschnitt 3.7.2).

Es müssen mindestens 10 Jahre ohne Fehljahre gewählt werden. Sind Pegel mit weniger Werten im Auftrag enthalten, so werden diese nicht bearbeitet. Es erfolgt eine Kennzeichnung in der Liste des Hauptfensters der Stapelverarbeitung.

Mit <Zurück gelangen Sie zu dem vorherigen Dialogfenster „Regeln für die Ausgabedateien“. Mit Weiter> wird das Dialogfenster „Ausgabedateien festlegen“ geöffnet.

4 Vorgehensweise Stapelverarbeitung

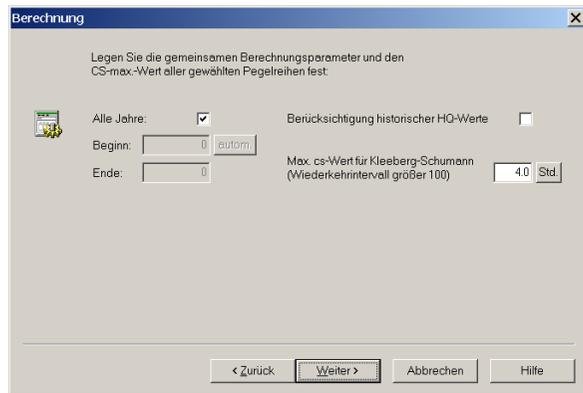


Abbildung 4.3: Berechnungsoptionen

Ausgabedateien festlegen

Hier können Sie alle gewünschten Ausgabedateien selektieren (Abbildung 4.4).

HQ-EX-Datei (*.hqr): Binäres HQ-EX-Dokumentenformat für Pegeldateien. Diese Dateien können nach der Berechnung zur Ergebnisdarstellung geöffnet werden.

Parameter (*.prx): Textdatei der Parametertabelle.

Momente (*.mox): Textdatei der Tabelle der Momente.

Wiederkehrintervalle Textdatei der Tabelle der Stützstellen.

(* .stx):

Abflusskorrektur Korrektur in der Stützstellentabelle (Abschnitt 3.5.3).

T<=5a:

Konfidenzgrenzen (* .vix): Tabelle mit Konfidenzbereichen (Abschnitt 3.6.2).

mit Signifikanzniveau: Einstellen des Signifikanzniveaus der Konfidenzgrenzen.

Resampling (asymmetrisch): Berechnung der Konfidenzgrenzen nach dem Resampling-Verfahren. Bei Auswahl vieler Verteilungsfunktionen im nächsten Dialog kann es zu langen Rechenzeiten kommen.

Mit <Zurück gelangen Sie zu dem vorherigen Dialogfenster "Berechnung". Mit Weiter> wird das Dialogfenster „Verteilungsfunktionen wählen“ geöffnet.

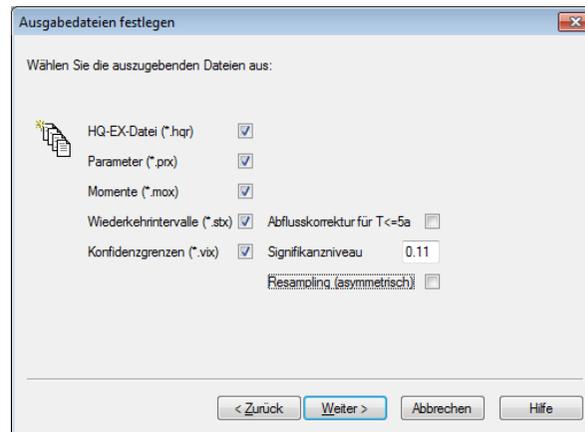


Abbildung 4.4: Ausgabedateien

Verteilungsfunktionen wählen

Diese Auswahl hat Einfluss auf den Inhalt der Exportdateien der Parameter, Stützstellen und Konfidenzgrenzen (Abbildung 4.5).

gen.
Mit <Zurück gelangen Sie zu dem vorherigen Dialogfenster „Ausgabedateien festlegen“. Mit Weiter> wird das Dialogfenster „Bearbeiten UWK/Wiederkehrintervalle“ geöffnet.

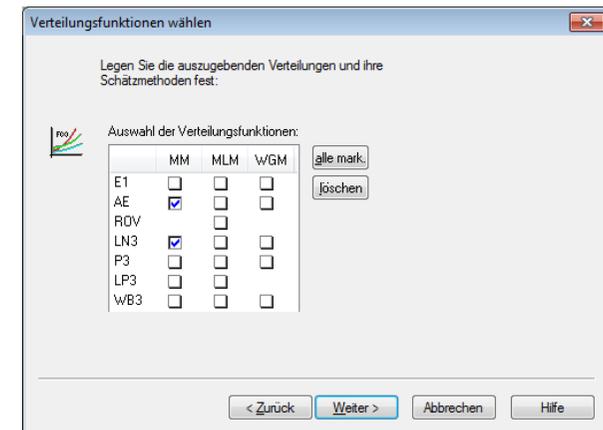


Abbildung 4.5: Verteilungsfunktionen wählen

Auswahl der Verteilungsfunktionen: Klicken Sie in die Liste, um die gewünschten Verteilungsfunktionen und Schätzmethoden zu selektieren.

alle mark.: Markiert alle Listeneinträge.

löschen: Löscht alle Markierungen.

Bearbeiten UWK/Wiederkehrintervalle

In der Liste (Abbildung 4.6) können Sie bis zu zwölf Unterschreitungswahrscheinlichkeiten oder Wiederkehrintervalle festlegen (Abschnitt 3.7.2).

Mit <Zurück gelangen Sie zu dem vorherigen Dialogfenster „Verteilungsfunktionen wählen“. Mit Fertigstellen wird das Dialogfenster „Bearbeiten UWK/Wiederkehrintervalle“ geschlossen und die

4 Vorgehensweise Stapelverarbeitung

Aufträge mit den getroffenen Einstellungen in die Stapeldatei übernehmen.

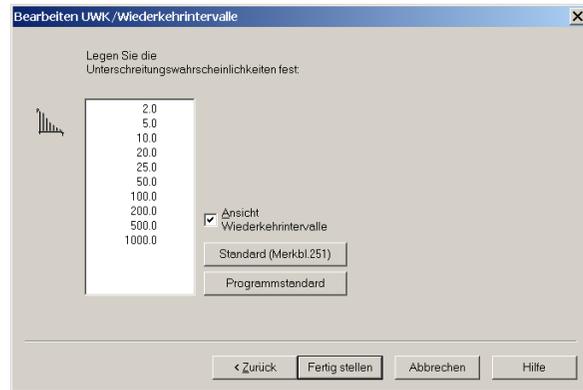


Abbildung 4.6: UWK/Wiederkehrintervalle bearbeiten

Dateiformate

Bei den hqr-Dateien handelt es sich um das binäre Dokumentenformat eines Pegels und bei den hbp-Dateien um das binäre Dokumentenformat der Stapeldatei. Beide Formate werden nicht dokumentiert.

Hinweis

Das Dezimaltrennzeichen ist für alle Eingaben, Importe und Exporte der Punkt.

5.1 HQ-EX Import/Export-Dateien

Die Dateierweiterung lautet hqx.

Gültige Maßeinheiten sind: l/s, m³/s, Tm³/s

Die Jahreszahlen sind 4-stellig zu erfassen.

Das Dezimaltrennzeichen ist der Punkt.

Aufbau:

```
<xxxxx>      Einzutragende Werte
-            Leerzeichen

<Gewässername>
<Pegelname>
<Anfangsjahr>_<Maßeinheit>_<Einzugsgebiets-
größe>
<HQ-Wert1>
...
<HQ-Wertn>
<1. histor. Jahr>_<historischer HQ-Wert1>
...
<letztes histor. Jahr>_<letzter histor. HQ-Wert>
```

Beispiel:

Gr. Bach
Pegel 1
1956 m³/s 0.0
92.500
50.800
34.700
25.500
33.500
65.500
53.100
66.600
42.100
76.200
275.000
...
75.200
85.900
1905 53.400
1923 81.600

5.2 Momente

Die Dateierweiterung lautet max. Aufbau der Exportdatei im Beispiel:

5.3 Parameter

Wilder Eber
 Hinterm Rathaus
 Reihe: Winter
 Berechnet von-bis: 1961-2011
 Trendbereinigt: 1974-2004, bezüglich Anfangswert
 Anzahl Werte: 53, davon historische HQ: 2

Art der Momente	Bezeichnung	Ordnung k				
		0	1	2	3	4
Ursprungsmomente	m k,o,n		438.85	2.3972e+005	1.575576e+008	1.201979e+011
Zentralmomente	m k,n			47135	1.098544e+007	9.358311e+009
Erwartungstreue						
Zentralmomente	m k			48042	1.163578e+007	1.050707e+010
Ursprungsmomentenquotienten	q k,o,n				1.342381	2.0915999
Zentralmomentenquotienten	q k,n			0.49472	1.073491	4.2121696
Erwartungstreue						
Zentralmomentenquotienten	q k			0.49945	1.137043	4.7292247
Erwartungstreue, wahrscheinlichkeitsgewichtete Momente	w * k	438.85	279.39	210.28	170.6048	144.50903
L-Momente			438.85	119.924	24.2191	17.4422
Mittelwert	m		438.85			
Standardabweichung	s			219.18		
Variationskoeffizient	c v			0.49945		
Schiefekoeffizient	c s				1.137043	

5.3 Parameter

Die Dateierweiterung lautet prx. Aufbau der Exportdatei im Beispiel:

Gr. Bach
 Pegel 1
 Berechnet von-bis: 1956-2003
 Anzahl Werte: 94, davon historische HQ: 2

5 Dateiformate

		p1	p2	p3	p4	Kol.	N-Omega ²	Quantil-K.
E1	MM	34.7463	25.0717			0.1169	0.2598	0.8109
E1	MLM	37.3482	18.9861			0.09815	0.1102	0.8109
...								
WB3	MLM	15.2879	35.6242	1.15822		0.08823	0.1255	0.8301
WB3	WGM	15.6492	35.8309	1.21938		0.08097	0.08264	0.8243

5.4 Stützstellen

Die Dateierweiterung lautet stx. Aufbau der Exportdatei im Beispiel:

Gr. Bach

Pegel 1

Berechnet von-bis: 1956-2003

Anzahl Werte: 94, davon historische HQ: 2

** korrigiert für t <= 5 Jahre! **

m³/s

Wiederkehrintervalle T in a:		2	5	50	100	250	500
Wahrscheinlichkeiten:		0.5	0.8	0.98	0.99	0.996	0.998
E1	MM	52.124683	75.097626	132.574463	150.079773	173.128281	190.532150
E1	MLM	50.508293	67.905045	111.430611	124.686874	142.140854	155.320313
...							
LN3	MLM	48.007030	68.558891	133.692200	157.425674	191.654495	219.876419
LN3	WGM	48.849842	69.156586	130.052063	151.409500	181.669357	206.219574
P3	WGM	49.045704	70.626038	127.519447	144.812592	167.429321	184.392731
WB3	WGM	49.491756	71.223083	125.317131	141.014771	161.130753	175.947296
Kleeberg/ Schumann CS=4						237.871	275.642

5.5 Stützstellen Mischverteilung

Die Dateierweiterung lautet stmx. Aufbau der Exportdatei im Beispiel:

5.6 Konfidenzbereiche

Wilder Eber
 Hinterm Rathaus
 Berechnet von-bis: 1961 - 2011
 Anzahl Werte: 101, davon historische HQ: 7
 m³/s

Reihe	Verteilungs- funktion	Schätz- methode	hist. HQ	Wiederkehrintervalle [Jahre]						
				2	10	20	25	50	100	200
Jahr	LP3	MM	7	384.	835.	1070.	1150.	1440.	1770.	2150.
Sommer	LN3	WGM	1	193.	564.	786.	867.	1150.	1490.	1890.
Winter	P3	MM	2	393.	732.	860.	900.	1020.	1140.	1260.
Mischverteilung				443.	832.	1000.	1060.	1270.	1540.	1900.

5.6 Konfidenzbereiche

Die Dateierweiterung lautet vix. Aufbau der Exportdatei im Beispiel:

Gr. Bach
 Pegel 1
 Berechnet von-bis: 1956-2003
 Anzahl Werte: 94, davon historische HQ: 2
 Signifikanzniveau: 0.1
 Maßeinheit: m³/s

VF	Methode	P	unterer Grenzwert	Px	oberer Grenzwert
AE	WGM	0.5	38.7202	42.4691	46.218
		0.8	53.7472	65.8213	77.8954
		0.98	90.2731	131.139	172.005
		0.99	103.583	155.136	206.689
		0.996	123.427	190.949	258.471
		0.998	140.385	221.57	302.754
...					
LN3	WGM	0.5	38.5429	42.2663	45.9897
		0.8	54.1934	66.6001	79.0068
		0.98	89.6699	130.052	170.434
		0.99	101.517	151.41	201.302
		0.996	118.287	181.669	245.052
		0.998	131.885	206.22	280.554

5.7 NASIM-Import

NASIM ist ein verbreitetes konzeptionelles Niederschlag-Abfluss-Modell der Hydrotec GmbH. Es wird für die Simulation von Abflüssen aus natürlichen und auch aus städtischen Einzugsgebieten eingesetzt. Die mit NASIM erzeugten Höchstabflüsse können in Textdateien exportiert und im HQ-EX (Menü Datei – Import) importiert werden. Sie können ebenfalls als Quelldatei eines Auftrages in der Stapelverarbeitung ausgewählt werden.

Es wird das UVF-Format mit Kennung *Z (Zeitbezug) unterstützt. Die Dateierweiterung lautet uvf. Nähere Angaben zur Formatspezifikation können der NASIM-Dokumentation /6/ entnommen werden.

Die im Beispiel mit \$ beginnenden Zeilen werden nicht ausgewertet und könnten auch komplett entfallen. Beim Import wird in das Feld des Gewässernamens die Kennzeichnung „NASIM“ und in das Feld des Pegelnamens die Identifikationsnummer des Datensegmentes (hier im Beispiel 3333) eingetragen. Diese Angaben sind nach dem Import im Eingabe-Dialog (Abbildung 3.3) änderbar.

Gültige Maßeinheiten sind: l/s, m³/s, Tm³/s, m³/s, Tm³/s.

Das Dezimaltrennzeichen ist der Punkt.

Beispiel-Aufbau:

```

$fb Geo-Hochwert:          0.000
$fb Geo-Hoehe:             0.000
$ib Funktion-Interpretation: Blockanfang
$fb Geo-Rechtswert:        0.000
$sb Import-Dateiname: P:\tmp\nasim.bsp
$sb Mess-Einheit: m^3/s
$sb Mess-Stellennummer: 3333
$sb Index-Einheit: Zeit
$sb Mess-Groesse: ABFLUSS
*Z
ABFLUSS          m^3/s          1900 1900
3333              0.000          0.000 0.000
69110100009711010000Zeit
6911010000        2.292
7011010000        1.521
7111010000        1.587
7211010000        1.230
7311010000        1.577
7411010000        2.826
...
8911010000        1.283
9011010000        1.233
9111010000        1.475
9211010000        1.237
9311010000        3.687
9411010000        2.426
9511010000        1.364
9611010000        1.598
9711010000        1.337

```

Literatur

- /1/ Statistische Analyse von Hochwasserabflüssen. DVWK-Merkblatt 251, 1999.
- /2/ KLUGE, C.: Statistische Analyse von Hochwasserdurchflüssen. Dresdner Berichte, Institut für Siedlungs- und Industrierwasserwirtschaft, Institut für Hydrologie und Meteorologie, TU Dresden, H. 7, 1996.
- /3/ PLATE, E. J.: Statistik und angewandte Wahrscheinlichkeitslehre für Bauingenieure. Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Berlin, 1993.
- /4/ MÜLLER, P. H., NEUMANN, P., STORM, R.: Tafeln der mathematischen Statistik, Hanser Fachbuch München, 1985.
- /5/ KLEEBERG, H.-B., SCHUMANN, A. H.: Zur Ableitung von Hochwasserabflüssen geringer Überschreitungswahrscheinlichkeiten. Wasserwirtschaft 91 (2001) 12.
- /6/ Benutzerhandbuch zum Niederschlags-Abfluss-Modell, NASIM Version 4.3. Hydrotec GmbH, Aachen, Februar 2014.
- /7/ Ermittlung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten. Merkblatt DWA M 552, August 2012 (zu beziehen bei der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. unter <http://www.dwa.de>)