



DIPLOMARBEIT

Master's Thesis

Einbeziehung von historischen Hochwasserereignissen in die Ermittlung von Bemessungshochwässern

Ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom - Ingenieurs
unter Anleitung von

Em. O. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Dr. h. c. Dieter Gutknecht
Dipl.-Ing. Herbert Heindl

E222

Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie
Eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Angela Tsankova
Matrikel-Nr. 0327321
Bulgarien, Sofia 1142
Evlogi Georgiev 99/4/25

Wien 2008

Unterschrift:

Titelblatt

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Abstract

Kurzfassung

1 Einleitung

2. Statistische Analyse von Hochwasserabflüssen

2.1 Allgemein

2.2 Methodik zur Einbeziehung historischer Information

2.2.1 DVWK

2.3 Möglichkeiten der Rekonstruktion historischer Wasserstände und Abflüsse

3 Beschreibung des Einzugsgebiets

4 Auswertung von Archivdaten über historische Ereignisse

4.1 Informationen aus dem Stadtarchiv Scheibbs

4.2 Klassifizierung der historischen Hochwasserereignisse

4.3 Die Hochwasserkatastrophen der Jahre 1897, 1899, 1903

5 Statistische Auswertungen

5.1 Basisdatensatz 1897 - 1960 - Referenz (kontinuierliche Aufzeichnungen)

5.1.1 Ergänzung um die historischer Hochwässer vor 1897

5.1.2 Einzelne Berechnung mit Hochwasserklasse 1 für obere Grenze

5.1.3 Ergänzung auch der jüngsten Hochwasser 1961 - 2006

5.2 Basisdatensatz verkürzt 1904 - 1960

5.2.1 Gegenüberstellung der Ergebnisse vom 2. Fall mit den entsprechenden vom 1. Fall

5.3 Gegenüberstellung und Diskussion der Ergebnisse

6. Rekonstruktion der Größe (Größenordnung) ausgewählter historischer Ereignisse in Hinblick auf Niederschlag- Abflussmodellierung bzw. der hydraulischen Rekonstruktion

6.1 Vorgehensweise bei der Rekonstruktion des Ereignisniederschlages

6.1.1 1897

6.1.2 1899

6.1.3 1903

6.2 Allgemeine Vorgehensweise bei der hydraulischen Rekonstruktion von Hochwasserabflüssen

7. Diskussion der Ergebnisse

8 Schlussfolgerungen

Literatur

Anhang

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Verteilungsfunktion und Vertrauensbereiche (DVWK, 1999)
Abbildung 2: Lage der Stadt Scheibbs in Österreich (Niederösterreich)
Abbildung 3: Einzugsgebiet des Pegels Scheibbs; Niederschlagsmessstationen (gelb)
Abbildung 4: Historische Hochwasserereignisse
Abbildung 5: 13.9.1899: Hochwasser in Scheibbs
Abbildung 6 Jahresreihe der Abflussscheitelwerte [m^3/s] am Pegel Scheibbs
Abbildung 7: Jahreshochstabflüsse 1987 - 1960 mit zwei fehlenden Werten (durch Mittelwert angesetzt - MW)
Abbildung 8: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und GEV
Abbildung 9: Höchstjahresabflüsse für historische Daten
Abbildung 10: Höchstjahresabflüsse für OG 4,3
Abbildung 11: Höchstjahresabflüsse für UG 4,3
Abbildung 12: Höchstjahresabflüsse für OG 4,3,2
Abbildung 13: Höchstjahresabflüsse für UG 4,3,2
Abbildung 14: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für obere Grenze OG 4,3
Abbildung 15: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für untere Grenze UG 4,3
Abbildung 16: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für obere Grenze OG 4,3,2
Abbildung 17: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für untere Grenze UG 4,3,2
Abbildung 18: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für obere Grenze OG 4,3
Abbildung 19: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für untere Grenze UG 4,3
Abbildung 20: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für obere Grenze OG 4,3,2
Abbildung 21: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für untere Grenze UG 4,3,2
Abbildung 22: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für obere Grenze OG 4,3
Abbildung 23: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für untere Grenze UG 4,3
Abbildung 24: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für obere Grenze OG 4,3,2
Abbildung 25: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für untere Grenze UG 4,3,2
Abbildung 26: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für obere Grenze OG 4,3

- Abbildung 27: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für untere Grenze UG 4,3
- Abbildung 28: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für obere Grenze OG 4,3,2
- Abbildung 29: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für untere Grenze UG 4,3,2
- Abbildung 30: Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei OG 4,3
- Abbildung 31: Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei UG 4,3
- Abbildung 32: Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei OG 4,3,2
- Abbildung 33: Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei UG 4,3,2
- Abbildung 34: Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei OG 4,3,2 und OG 4,3,2,1
- Abbildung 35: Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei OG 4,3 und OG 4,3
- Abbildung 36: Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei UG 4,3 und UG 4,3
- Abbildung 37: Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei OG 4,3,2 und OG 4,3,2
- Abbildung 38: Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei UG 4,3,2 und UG 4,3,2
- Abbildung 39. Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ_{30} bei Gumbel Vereilung gegeben in Prozente
- Abbildung 40. Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ_{30} bei GEV gegeben in Prozente
- Abbildung 41. Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ_{100} bei Gumbel Vereilung gegeben in Prozente
- Abbildung 42. Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ_{100} bei GEV gegeben in Prozente
- Abbildung 43. Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ_{1000} bei Gumbel Vereilung gegeben in Prozente
- Abbildung 44. Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ_{1000} bei GEV gegeben in Prozente
- Abbildung 45. Vergleich zwischen historische Hochwasserereignisse und kontinuierliche Reihe
- Abbildung 46. Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei OG 4,3 für Gumbel Verteilung
- Abbildung 47. Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei OG 4,3 für GEV
- Abbildung 48. Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei UG 4,3 für Gumbel Verteilung

- Abbildung 49. Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei UG 4,3 für GEV
- Abbildung 50. Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei OG 4,3,2 für Gumbel Verteilung
- Abbildung 51. Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei OG 4,3,2 für GEV
- Abbildung 52. Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei UG 4,3,2 für Gumbel Verteilung
- Abbildung 53. Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei UG 4,3,2 für GEV
- Abbildung 54. GEV und Gumbel Verteilung für HQ_{30} auf kontinuierliche Reihe von Fall bezogen 1.
- Abbildung 55. GEV und Gumbel Verteilung für HQ_{30} auf kontinuierliche Reihe von Fall bezogen 2.
- Abbildung 56. GEV und Gumbel Verteilung für HQ_{100} auf kontinuierliche Reihe von Fall bezogen 1.
- Abbildung 57. GEV und Gumbel Verteilung für HQ_{100} auf kontinuierliche Reihe von Fall bezogen 2.
- Abbildung 58. GEV und Gumbel Verteilung für HQ_{1000} auf kontinuierliche Reihe von Fall bezogen 1.
- Abbildung 59. GEV und Gumbel Verteilung für HQ_{1000} auf kontinuierliche Reihe von Fall bezogen 2.
- Abbildung 60: Rückrechnung der Schlüsselkurve aus Wasserstands und Abflussdaten
- Abbildung 61: Tagesniederschläge in mm
- Abbildung 62: Stundenabflüsse in m^3/s mit einem Zeitschritt von 6 Stunden
- Abbildung 63: Tagesniederschläge in mm
- Abbildung 64: Tagesabflüsse in m^3/s
- Abbildung 65: Tagesniederschläge in mm
- Abbildung 66: Vergleich der Resultate bei Gumbel - Verteilung (1538 - 1960)
- Abbildung 67: Vergleich der Resultate bei Gumbel - Verteilung (1538 - 1960, ohne 1897 - 1903)
- Abbildung 68: Vergleich der Resultate bei GEV - Verteilung (1538 - 1960)
- Abbildung 69: Vergleich der Resultate bei GEV - Verteilung (1538 - 1960, ohne 1897 - 1903)
- Abbildung 70: Vergleich der Resultate bei Gumbel - Verteilung (1670 - 1960)
- Abbildung 71: Vergleich der Resultate bei Gumbel - Verteilung (1670 - 1960, ohne 1897 - 1903)
- Abbildung 72: Vergleich der Resultate bei GEV - Verteilung (1670 - 1960)
- Abbildung 73: Vergleich der Resultate bei GEV - Verteilung (1670 - 1960, ohne 1897 - 1903)

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Überblick zu den Verfahren zur quantitativen Bestimmung historischer Hochwasserabflüsse (DWA, 2008: verändert)	
Tabelle 2:	Klassifikationsschema für die Größe von Hochwasserereignissen	
Tabelle 3:	Klassifikationsschema für die Größe von Hochwasserereignissen *Übernommen aus der Vorstudie Hydrologie Alpenrhein; Internationale Regierungskommission Alpenrhein	
Tabelle 4:	Historische Hochwasserereignisse - Klassifizierung	
Tabelle 5:	Ermittlung der Jährlichkeit nach Weibull	
Tabelle 6:	Statistische Parameter der Basisreihe	
Tabelle 7:	Erklärung zur gewählten Grenzen	
Tabelle 8:	Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ_{30} gegeben in Prozente und m^3/s	
Tabelle 9:	Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ_{100} gegeben in Prozente und m^3/s	
Tabelle 10:	Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ_{1000} gegeben in Prozente und m^3/s	m^3/s
Tabelle 11:	Statistische Parameter der Basisreihe	
Tabelle 12:	Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ_{30} gegeben in Prozente und m^3/s , auf kontinuierliche Reihe von 1. Fall bezogen	
Tabelle 13:	Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ_{30} gegeben in Prozente und m^3/s , auf kontinuierliche Reihe von 2. Fall bezogen	
Tabelle 14:	Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ_{100} gegeben in Prozente und m^3/s , auf kontinuierliche Reihe von 1. Fall bezogen	
Tabelle 15:	Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ_{100} gegeben in Prozente und m^3/s , auf kontinuierliche Reihe von 2. Fall bezogen	
Tabelle 16:	Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ_{1000} gegeben in Prozente und m^3/s , auf kontinuierliche Reihe von 1. Fall bezogen	
Tabelle 17:	Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ_{1000} gegeben in Prozente und m^3/s , auf kontinuierliche Reihe von 2. Fall bezogen	

Kurzfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wird versucht die Unsicherheit in der hochwasserstatistischen Bestimmung von Bemessungswerten - durch die Einbeziehung historischer Informationen über vergangene Hochwasserereignisse - zu verringern. Dabei werden für den Pegel Scheibbs an der Erlauf bereits zur Verfügung stehende historische Archiverhebungen näher ausgewertet und die Hochwässer bewertet. Die Unterteilung der bewerteten Hochwässer erfolgt in Gruppen unter der Berücksichtigung mehrerer unterschiedlich „wahrscheinlicher“ Fälle, die dann zur Beobachtungsreihe ergänzt und die ermittelten Bemessungswerte verglichen werden. Die Auswertungen zeigen, dass bereits die Beobachtungsreihe die größten Hochwässer - auch der historischen Periode - beinhaltet, wodurch die Bemessung mit den Hochwasserschätzwerten aus der Beobachtungsreihe jedenfalls als auf der „sicheren Seite“ liegend einzuschätzen ist. Die Einbeziehung der historischen Hochwässer verringert die Hochwasserschätzwerte. Die Unsicherheit in der Bemessung wird durch die Erkenntnis, dass in der Vergangenheit keine größeren Hochwässer aufgetreten sind reduziert. Aus wirtschaftlichen Überlegungen bei Dimensionierungsaufgaben könnten im gegebenen Fall - unter der Berücksichtigung der historischen Periode - die Hochwasserbemessungswerte sogar herabgesetzt werden.

Abstract

The goal of this master thesis is to try to reduce uncertainty in the determination of statistical flood rated values, through the inclusion of historical information about past flood events. These are already available historical archive surveys for the level at Scheibbs on the river Erlauf which will be further evaluated and the floods will be rated. The subdivision of the assessed floods is into groups taking into account several different "probable" cases which are then added to the observed series and the determined measurement values are compared. The evaluations show that the observation series include already the largest series of floods, including the historic period. This makes the assessment of the flood estimates from the observation series in any event, as on the "safe side" lying. The inclusion of historical floods reduced the flood estimates. The uncertainty in the calculation is reduced by the finding that in the past, no major floods occurred. In the given case for economic considerations in dimensioning tasks the flood assessment values could even be reduced, taking into account the historical period.

1 Einleitung

Für die Untersuchung von Risikofragen im Hochwasserschutz ist die Kenntnis der Größe seltener und damit sehr großer Hochwasserereignisse (HQ100; HQ300; HQ1000) erforderlich. Bei der Ermittlung der entsprechenden Schätzwerte auf Basis der üblichen Methodik der Hochwasserstatistik können große Unsicherheiten auftreten, weil über den durch Beobachtungen belegten Bereich hinaus extrapoliert werden muss.

Eine Möglichkeit, die Unsicherheit in den Schätzwerten zu reduzieren, besteht in der Erweiterung der Informationen durch Einbeziehung historischer Ereignisse in die Statistik. In vielen Gebieten liegen Informationen über historische Ereignisse vor. Art und Umfang der Informationen können ganz verschieden sein. Neben Berichten in Archiven und Chroniken, die jedoch zumeist nur ungenaue und unsichere Rückschlüsse auf die Hochwasserabflüsse zulassen, stellen Hochwassermarken an Gebäuden, Brücken und dergleichen eine wertvolle Informationsquelle dar. Andere Informationen bestehen zum Beispiel in Aufzeichnung von zusätzlichen Angaben über die Ereignisse wie Niederschlagshöhen, Temperaturen, aber auch Schadenausmasse etc. bei den betreffenden Ereignissen.

Zielsetzung der Diplomarbeit ist die Untersuchung der Reduktion der Unschärfe in den Bemessungswerten durch Einbeziehung von Zusatzinformation über historische Hochwässer.

Hochwasser sind Naturereignisse und feste Bestandteile des natürlichen Wasserkreislaufs. Insbesondere die in unregelmäßigen Abständen immer wieder auftretenden schweren Hochwasser sind das zufallsbehaftete Resultat der Überlagerung extremer meteorologischer mit extremen hydrologischen Ereignissen. Für die Dimensionierung wasserwirtschaftlichen und wasserbaulichen Anlagen ist die Ermittlung von Hochwasser-Bemessungswerten erforderlich, wobei die möglichst präzisen Kenntnisse über seltene, extreme Hochwasserereignisse von größtem Interesse sind. Diese Abflüsse können entweder nach dem deterministischen Konzept der Niederschlag-Abfluss-Modellierung aus extremen Niederschlagsereignissen oder durch die Extrapolation von statistischen Verteilungen ermittelt werden.

Für viele Pegel liegen systematische Aufzeichnungen im Optimalfall nur für die letzten 30 bis max. 50 Jahre vor. Aus einer Messreihe kann mit statischen Methoden maximal ein Hochwasserwert ermittelt werden, welcher der dreifachen Länge der Messreihe entspricht - das heißt also ein HQ_{90} bis etwa ein HQ_{150} bei den angegebenen 30-50 Jahren mit Beobachtungen. Allein aus den kontinuierlichen Datenreihen auf Bemessungswerte mit sehr geringer Auftretenwahrscheinlichkeit zu schließen ist schwierig bzw. nur begrenzt möglich, da eine Extrapolation notwendig ist. Um das langfristige Hochwasserverhalten eines Fließgewässers besser und sicherer nachvollziehen zu können, kann die Einbeziehung historischer Wasserstands- und Abflussdaten wichtige zusätzliche Aufschlüsse liefern. Auch andere wasserwirtschaftlich

bzw. wasserbaulich relevante Unterlagen aus der Vergangenheit, die man in Archiven oder Bibliotheken vorfinden kann, sind nützliche Ergänzungen zu einem dabei entstehenden Gesamtbild.

Unter historischen Daten werden Wasserstands- und Abflussinformationen verstanden, die an einem Fließgewässer vor dem Beginn moderner, systematischer, standardisierter und bis heute lückenlos fortgeführter Messungen entstanden sind. Wichtige Aufbewahrungsorte für solche hydrologischen und meteorologischen Informationen sind staatliche und kommunale Archive, Bibliotheken, Sammlungen der Museen, etc.

In der Literatur werden die damit verbundenen Möglichkeiten der Analyse in folgenden Punkten zusammengefasst:

- ✘ Vielfach gibt es nur mehr oder minder geschlossene Beobachtungsreihen, die mitunter Lücken aufweisen, in denen große Hochwasser aufgetreten sein könnten;
- ✘ Liegen ältere Ansiedlungen am einem Fluss, so werden an Gebäuden oft Hochwassermarken angebracht;
- ✘ In Chroniken wird vielfach vermerkt, dass ein bestimmtes Hochwasser das größte seit so und so vielen Jahren gewesen sei und die Größe der Schäden.

Die Hochwasserstände aus Jahren ohne Katastrophen bleiben meist unbekannt, da es keine Schaden gab. Soll die in Hochwassermarken enthaltene Information genutzt werden, so sind zu ihrer Verwendbarkeit drei Aspekte zu berücksichtigen:

- ✘ Einschätzung der Jährlichkeit des Ereignisses;
- ✘ Abschätzung des Durchflusses des Ereignisses;
- ✘ Verbindung des Wissens um die historischen Hochwasser mit dem Informationsgehalt der lückenlosen Reihen.

Die Einbeziehung der historischen Hochwässer ist sehr wichtig. Sie hilft die Unsicherheit bei der Projektierung und Dimensionierung von Wasserbauten und Anlagenteilen zu reduzieren und steht damit in direktem Zusammenhang mit der Sicherheit der durch die Maßnahme betroffenen Bevölkerung und auch der Anlage selbst.

In dieser Diplomarbeit wird versucht, Archivdaten aus Hochwasserchroniken zur besseren Einschätzung der Jährlichkeit der beobachteten außerordentlichen Hochwasser zu nutzen. Diese historischen Hochwasserereignisse werden quantitativ bewertet, in Gruppen eingeteilt und in die kontinuierliche Reihe für den Pegel Scheibbs einbezogen. Die Beeinflussung der Ergebnisse der HQ_n - Schätzung mit verschiedenen Verteilungsfunktionen soll untersucht werden. In unterschiedlichen Varianten (Reihenlänge, Größe der Ereignisse) werden Bemessungswerte für HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bestimmt. Die Abweichungen der Ergebnisse werden einander gegenüber gestellt und diskutiert. Darauf aufbauend wird versucht eine Quantifizierung der Unschärfe in den Bemessungswerten mit und ohne der Einbeziehung historischer Information für den Pegel Scheibbs zu treffen.

2 Statistische Analyse von Hochwasserabflüssen

2.1 Allgemein

Die Vorgehensweise der statistischen Analysen erfolgt zunächst den allgemeinen Grundsätzen für die Durchführung der Hochwasserwahrscheinlichkeitsberechnungen. Anhang A1 gibt eine Zusammenfassung, die der DVWK 1999 entnommen ist.

2.2 Methodische Ansätze zur Einbeziehung historischer Daten bei der Ermittlung von Bemessungswerten

An vielen Orten gibt es historische Aufzeichnungen. Meist ist der Wasserstand bekannt, da nach einer abgelaufenen Hochwasserwelle die Höchstwasserstände - durch Geschwemmsel, Schwebstoffe, Feuchte, etc. - noch länger ersichtlich sind und gegebenen Falls vermarkiert wurden. Um einen konkreten Durchfluss zu rekonstruieren, kann z.B. ein historisches hydraulisches Modell erstellt werden. Dafür benötigt man Angaben zu den historischen Quer- und Längsprofilen, den Rauheit des Gerinnes, Höhenlage und das jeweilige Höhenbezugssystem des Pegels. Abflussmessungen im Hochwasserbereich liefern die Fließgeschwindigkeitsverteilungen in den Abflussquerschnitten. Entsprechende hydraulische Berechnungen erfordern viel Erfahrung in der Einschätzung von, z.B. An- und Abströmungsbedingungen, Fließzustand, Umströmung, damit mehr unabhängige Berechnungen durchgeführt werden. Für die Durchführung der entsprechenden Bearbeitungen stehen je nach Datensituation und Aufgabestellung unterschiedliche Verfahren zur Verfügung. Eine Übersicht über die verschiedenen Möglichkeiten enthält DVWK, 2008. Auf dieser Darstellung beruht Tabelle 1.

Tabelle 1: Überblick zu den Verfahren zur quantitativen Bestimmung historischer Hochwasserabflüsse (DWA, 2008: verändert)

Verfahren	Eingangswerte	Vorgehensweise	Ergebnisse	Genauigkeit
Analyse historischer Informationen für große Flussgebiete	Wasserstände, Abflüsse, Niederschläge	Konsistenz- und Stationaritätsanalyse und Plausibilisierung von Abflussreihen, stochastische Simulation von Abflussreihen, Quantifizierung des Talsperreneinflusses auf die Abflüsse	Entwicklung regionalisierten Hochwasserstatistiken	In Abhängigkeit von Umfang und Güte der historischen Abflussreihen und der verwendeten stochastischen und deterministischen Modelle
Rekonstruktion historischer hochwasser-relevanter Wetterlagen	Großräumige atmosphärische Zirkulationsmuster, Lufttemperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Niederschläge, Windrichtung, Wasserstände, Großwetterlagen	Rekonstruktion der Hochwasser auslösenden Wetterlage, Ermittlung der historischen Gebietsniederschläge, Modellierung der resultierenden Abflüsse	Rekonstruktion historischer Gebietsniederschläge und Ermittlung von resultierenden Abflüssen im heutigen Flusslauf	Unschärfen in den Modellierung der Gebietsniederschläge und im N-A- bzw. Wasserhaushalts-Modell
Wasserspiegel-lagenberechnung für historische Hochwasserereignisse	Historische Wasserstände, historische gerinne- und Geländegeometrie und Überflutungskarten	Rekonstruktion des historischen Abflussquerschnittes, Kalibrierung von Wasserspiegellagenberechnungen historischer Hochwasser	W-Q-Beziehungen (Schlüsselkurven) zu unterschiedlichen Zeiten, Absicherung von Hochwasserscheiteldurchflüssen im Extrembereich	Unschärfen in Abhängigkeit von der Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Eingangswerte, vor allem der Gerinnegeometrie und Rauheiten
Plausibilisierung und Einbeziehung historischer Daten in die Hochwasserstatistik	Historisch überlieferte und systematisch erfasste Wasserstände, Abflüsse, Abflussmengenmessungen, Wasserspiegellagennivellements	Prüfung der Wasserstände, Auswertung historischer Informationen zu Abflussmengenmessungen, Wasserspiegellagennivellements	Erstellung von plausibilisierten Datensätzen und W-Q-Beziehungen, Ermittlung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten	In Abhängigkeit von Umfang und Güte der historischen Unterlagen

Zur Vorgangsweise bei der Bearbeitung liegen mehrere Vorschläge in der Literatur vor, die im Folgenden beschrieben werden.

✘ DVWK (1999)

Der Zeitraum n_s ist systematisch beobachtet und hat lückenlos jährliche Abflussscheitel. Daneben wird ein historischer Zeitraum n_h mit historischen, aber noch auswertbaren Hochwasserereignisse betrachtet. Als Schwellenwert wird der Abfluss $\min HQ_h$ des kleinsten

historischen Ereignisses im Zeitraum n_h für den gesamten Zeitraum $n_s + n_h$ festgelegt. Alle m_h Ereignisse sind größer oder gleich $\min HQ_h$. Um die fehlende Information in n_h über die unbekannten Jahreshochstabflüsse - die kleiner als der Schwellenwert $\min HQ_h$ sind - zu ergänzen, wird angenommen, dass sich ihre statischen Merkmale ebenso verhalten, wie die der bekannten Jahreshochstabflüsse der systematisch beobachteten Zeitreihe. Dazu werden die $n_s - m_s$ Jahreshochstabflüsse, die kleiner als $\min HQ_h$ sind, mit einem Wichtungsfaktor G versehen und gehen dann G -mal in die Stichprobe für die Wahrscheinlichkeitsanalyse ein. Die Ereignisse, die größer sind gehen nur einmal in die Statistik ein. So bekommt man eine längere lückenlose Reihe, damit die Abflüsse mit sehr hohem Wiederkehrintervall sicherer abgeschätzt werden können.

✂ DYCK & PESCHKE (1995)

Für eine visuelle Beurteilung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten werden zum einen historischen Hochwasserscheitelabflüssen Eintragungsstellen im Wahrscheinlichkeitsnetzdruck zugewiesen. So können die Parameter nach der Momentenmethode unter Einbeziehung historische Hochwasser bestimmt werden. Auch hier wird von der Annahme ausgegangen, dass die Jahreshochstabflüsse der Beobachtungsreihe als repräsentativ für fehlende Jahreshochstabflüsse des historischen Zeitraumes betrachtet werden können. Für die größten Hochwasser im Gesamtzeitraum, der für die Eintragung im Wahrscheinlichkeitsnetzdruck maßgebliche Bezugszeitraum zurückreicht nicht nur bis zur Anfangsjahr der kontinuierlichen Reihe, sondern bis zum Anfangsjahr des historischen Zeitraumes. Für die kleineren Ereignisse unterhalb des Schwellenwertes wird die Eintragungsstelle auf den Zeitraum $n_s - m_s$ bezogen ermittelt.

✂ GEES (1998)

Es wird ein Schwellenwert gewählt. Alle Ereignisse, die ihn überschreiten, sind die Basis zur Ermittlung die Eintretenswahrscheinlichkeit. Dieses Verfahren beruht nicht auf der Annahme, dass die Menge der Ereignisse unterhalb des Schwellwertes in systematisch beobachtetem Zeitfenster repräsentativ für die fehlenden Werte des lückenhaften historischen Zeitraumes sind. Dieses Verfahren kann angewendet werden, wenn sich nicht alle historischen Daten genau quantifiziert lassen, aber z.B. über Schadendatenbanken in etwa das Ausmaß des Hochwassers ermittelbar ist und in Schadenklassen einteilbar. Die Berechnung sollte immer mit mehreren Schwellenwerten durchgeführt werden, um zu prüfen ob sich die Ergebnisse stabil verhalten.

✂ SCHUMANN (2007)

Es werden historische Ereignisse in der Extremwertstatistik durch die Anwendung partieller wahrscheinlichkeitsgewichteter Momente einbezogen. Ein Grenzwert HQ_{Gr} wird festgelegt. Es werden die Jahreshochstabflüsse aus dem historischen Zeitraum n_h und aus dem Zeitraum n_s mit kontinuierlich vorliegenden Jahreshochstabflüsse in zwei partielle Reihen aufgeteilt. Eine Reihe umfasst alle Jahreshochstabflüsse des Gesamtzeitraumes, die größer als der Grenzwert sind (Werte in Zeitraum n_s werden durch Nullwerte ersetzt). Die anderen Jahreshochstabflüsse aus den Zeitraum n_s sind kleiner als der Grenzwert. Die Jahreshochstabflüsse beider Reihen werden jeweils der Größe nach geordnet. Die Ermittlung der wahrscheinlichkeitsgewichteten Momente erfolgt durch Addition der partiellen wahrscheinlichkeitsgewichteten Momente dieser beiden

Reihen. Aus diesen werden dann die Parameter der Verteilungsfunktion der Allgemeinen Extremwertverteilung (AEV) bestimmt.

2.2.1 Vorgehensweise bei folgenden Berechnungen nach DVWK (1999)

Die Berechnungen in den Abschnitten 5.1 und 5.2 erfolgen unter Anwendung der folgenden Methodik. Für verschiedene Berechnungsfälle werden verschiedene Schwellenwerte in Abhängigkeit der Größe des historischen Wertes definiert. So kann der Wichtungsfaktor G berechnet werden, der auf einen ganzzahligen Wert auf- oder abgerundet wird.

$$G = \frac{n_h - m_h}{n_s - m_s} + 1$$

n_h - Zeitraum historischer Ereignisse

n_s - systematisch beobachteten Zeitraum

m_h - Jahreshöchstabflüsse, die größer als Scheitelebene in n_h sind

m_s - Jahreshöchstabflüsse, die größer als Scheitelebene in n_s sind

Die resultierende erweiterte Stichprobe besteht demnach aus folgenden x Elementen:

G mal HQ < minHQ_h aus Zeitreihe n_s

1 mal HQ > minHQ_h aus Zeitreihe n_s

1 mal HQ > minHQ_h aus Zeitreihe n_h

Basierend darauf kann die statistische Analyse gemäß der üblichen Vorgehensweise - an dieser erweiterten Stichprobe - durchgeführt werden. Die statistische Analyse der Daten erfolgt mittels der Programmsoftware „TUW Soft Flood - Software for Flood Frequency Analysis Version 1.0“, von Ralf Merz und Gunter Blöschl welches am Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft der TU Wien entwickelt wurde.

2.3 Möglichkeiten der Rekonstruktion historischer Wasserstände und Abflüsse

Für Österreich kann man zugängliche Daten von diversen Institutionen bekommen. Eine umfangreiche Quelle ist das „Jahrbuch des Hydrographischen Zentralbureaus“, wo es verschiedene Messungen für viele Pegeln gibt. Wenn es solche fehlen, kann man zahlreiche Angaben zu den historischen Wasserständen von Hochwasserereignissen in Archiven und Bibliotheken finden. Zumeist sind diese aber ohne Bezugspunkt, weil es mit den Jahren viele Pegel umgebaut oder zerstört sind. Nur eine quantitative Einordnung und relative Abschätzung

der Hochwasser-Intensitäten ist möglich. Man kann auch weitere Quellen mit Hochwasserhöhen finden wie z.B. regionale historische Karten für einzelne Hochwasserereignisse (DWA).

Es gibt einige Verfahren zur Ermittlung von Bemessungshochwasser, aber die Hochwasserstatistik bietet die traditionelle Vorgangsweise. Diese Methode wird in dieser Diplomarbeit benutzt und besteht aus Wahl von Verteilungsfunktionen im Zusammenhang von betrachteter Gegend. Wichtige Aspekte hier sind die Homogenität der Stichprobe, ihre Länge und Informationsgehalt und vorhandene Ausreißer.

Weiter sind die regionalen Methoden, die lokalen Messdaten mit Beobachtungen in anderen Einzugsgebieten ergänzen. Bei Bestimmung von Bemessungshochwässern für Talsperren ist diese Methode sehr nützlich. Sie wird bei Gebiete mit ähnlichen Merkmale (Abflussbeiwert, Wasserspende, Grundwasservorkommen u.s.w.) aber auch bei solche, die unvergleichbar sind. In diesem Fall können untere und obere Grenzen definiert werden.

Mit der Hilfe von Bemessungsniederschlag und Annahmen über die Anfangsbedingungen (Feuchtezustand, Hochwassertyp u.s.w) kann ein Niederschlag-Abfluss-Modell entstehen, der Hochwasserscheitel, Abflussvolumen und Hochwasserganglinie liefert (Siehe Kap. 6). Eine zeitliche und räumliche Verteilung von dem Ereignis ist möglich. Der Modelltyp und -Struktur hängen von Datenlage und erwünschten Ergebnisse.

Extrapolation beobachteter extremer Hochwassermerkmale in Abhängigkeit von Gebietskenngrößen bilden die Hüllkurven. Das ist eine „alte“ Methode, die aber auch für ähnliche Gebiete verwendet werden kann. Wichtig ist zu Bestimmen, ob in den Hüllkurven die Lage der Grenzkurve bestimmend Höchstwerten auch tatsächlich Werte von Ausreißer enthalten sind (Gutknecht).

3 Beschreibung des Einzugsgebiets

Das Gebiet um den 1892 Meter hohen Ötscher ist reich an Wasserquellen. Mehr als 40 große und kleine Gewässer entspringen hier. Nicht weit von ihrer Quelle formt die Erlauf den Erlaufsee und etwas weiter flussab befindet sich die Sperre Erlaufklause (44,6km²). Danach münden linksufrig der Ötscherbach, Gamingbach und rechtsufrig der Lassingbach, Jessnitz ein bevor die Erlauf durch Scheibbs fließt und später in die Donau mündet. Das Einzugsgebiet am Pegel Scheibbs beträgt 323,6 km². Größten teils handelt es sich um ein bewaldetes Einzugsgebiet mit Rendzina Boden. Die Lufttemperatur ist ein bisschen höher als durchschnittliche Temperatur für Österreich. Die mittlere Jahresniederschlagshöhe des österreichischen Bundesgebietes liegt zwischen 400 - 3500 mm und für das betrachtete Einzugsgebiet zwischen 1000 und 1750 mm. Das heißt ein durchschnittlich feuchtes Gebiet. Für die meisten Bereiche Österreichs erfolgen die Niederschläge und größte Abflüsse im Sommer. Die Erlauf hingegen zeigt die höchsten Durchflüsse im Frühling. Trotzdem unterliegen die Hochwasserereignisse einer

Sommersaisonalität. Der Abflussbeiwert des Hochwassers mit größtem Scheitel hat einen Wert 0,7. Das ist ein hoher Wert für Österreich. Der Variationskoeffizient ist niedrig - 0,4 bis 0,5 und die Hochwasserspende ist klein im Vergleich zur Umgebung (HAÖ).



Abbildung 1: Lage der Stadt Scheibbs in Österreich (Niederösterreich)

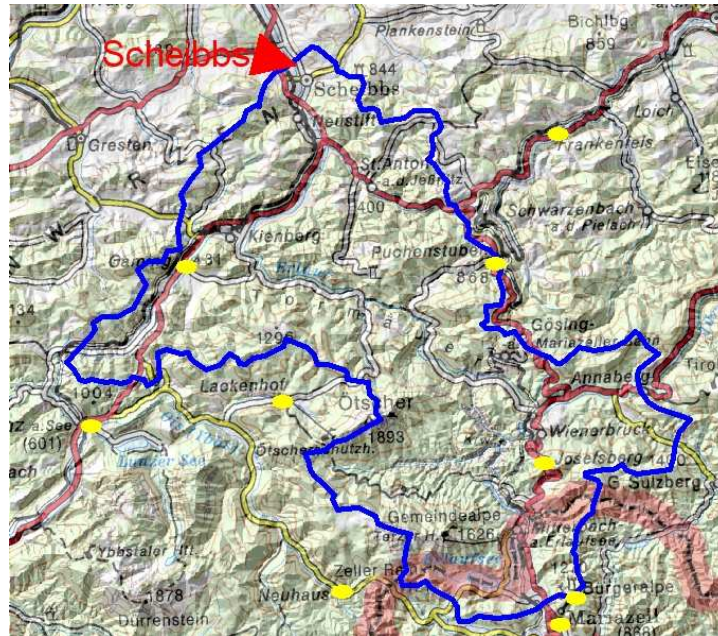


Abbildung 2: Einzugsgebiet des Pegels Scheibbs; Niederschlagsmessstationen (blau)

4 Auswertung von Archivdaten über Historische Hochwasserereignisse

Seit den 14. Jahrhundert gibt es Aufzeichnung, die von regelmäßigen Überschwemmungen berichten. Die folgenden Beschreibungen der historischen Hochwasserereignisse basieren auf einer Recherche von Herrn OSR Johann Eckel (Stadtarchivar von Scheibbs), der die vorliegenden historischen Berichte in Kleinarbeit ausgehoben, zusammengestellt und dem Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie unentgeltlich zur weiteren Verwendung übergeben hat.

4.1 Informationen zu historischen Hochwässern aus dem Stadtarchiv Scheibbs:

- ✘ 10. August 1538 - Hochwasser mit schwerem Schaden.
- ✘ 4. Juli 1670 - „Im Jahre 1670 trat die Erlaf, in Folge lang anhaltender Regengüsse über die Ufer, riß den Sandsteg mit fort und verursachte an den an Stelle heutigen Quais liegenden Gärten mehrfachen Schaden.“ Grosse Schäden - der Fluss riss den Sandsteg und Brücken.
- ✘ 1682 - Hochwasser mit großen Schäden - Wege und Sandsteg.
- ✘ 1695 - Besonders große Überschwemmung, richtet viele Schäden an.
- ✘ 18. August 1711 - „... entlud sich während der Nacht über Scheibbs und Umgebung ein furchtbares Unwetter mit Nagelschlag und Wolkenbruch, wodurch der Fluß aus seinen

Ufern trat und den Ort in große Gefahr brachte“. Ein großes Hochwasser, das viele Schäden anrichtet.

- ✘ Juli 1730 - „... ging die Erlaf so hoch, dass die abermals den Steg wegriß und an ihren Ufern gelegene Wirtschaftsgebäude fortnahm“.
- ✘ 18. Juli 1736 - Hochwasser und große Überschwemmung.
- ✘ 1787 - Grosse Überschwemmungen.
- ✘ 1813 - „Die Wogen, welche sämtliche hölzernen Uebergänge, alle Mühlwehre wegrissen, reichten beim Sandsteg mehr als manneshoch an den Mauern von Scheibbs hinauf und bespülten sogar die ersten Stufen der steinernen Rathausstiege. Der Fall des Marktmühlwehres rettete den Ort vor größerer Gefahr“. (13 Schuh = 4 Meter)
- ✘ 30. Juni 1815 - Grosse Überschwemmung.
- ✘ 15. September 1820 - Schwere Überschwemmung.
- ✘ 13. September 1821 - Schwere Überschwemmung - 12 Schuh.
- ✘ 4. Juni 1829 - Schwere Überschwemmung - 12 Schuh.
- ✘ 15. September 1835 - Grosse Überschwemmung, etwas niedriger als im Jahre 1833.
- ✘ 14. August 1846 - Grosse Überschwemmung mit große Schäden.
- ✘ 30. Juli 1877 - Großes Hochwasser - Überschwemmung in der Stadt und die „Töpperbrücke“ wird wieder weggerissen.
- ✘ 4. Juni 1883 - Sehr starkes Hochwasser. Schäden an Landstrasse - gering.
- ✘ 30. Juli 1897 - „Furchtbar wütete die Erlaf im Jahre 1897. Sie trat am 30. Juli aus ihren Ufern und drang in den Markt ein“. Mehr als 1 Meter hohe Überflutung der Stadtmitte. Sehr große Schäden: ganz weggerissene Quaimauer, eiserne „Töpperbrücke“, eiserne Sandsteg, Erlafpromenade, Bahnstrecken, Gebäude, Wehre, stark geschädigte Straßen. Starke Veränderung der Flusssohle. Gleichzeitige Hochwasser in ganz NÖ.
- ✘ 13. - 15. September 1899 - Hochwasserereigniss infolge wochenlangen starken Regens. Im selben Ausmaß wie in 1897, aber gering Schäden wegen besser bemessener Neubauten. Große Schäden an Ufer, Brücken, Strassen, Häuser, Keller, Wiesen, Felder. Starke Veränderung der Flusssohle.
- ✘ 10. Juli 1903 - Infolge 2 Tage ununterbrochene Regen in Einzugsgebiet und trockenes Vorwetter - 3,5 Meter am Pegel der „Töpperbrücke“. Im selben Ausmaß wie in 1897, aber gering Schäden wegen besser bemessene Neubauten. Große Schäden an einigen Strassen und Bahnlinien.
- ✘ 3. Juli 1914 - „Wieder übersteigt die Erlaf ihre Ufer“. Großes Hochwasser. Schäden an Wehr - gering.
- ✘ 2. Juli 1915 - Hochwasser
- ✘ 1. Juni 1921 - Hochwasser
- ✘ 6. September 1922 - Hochwasser
- ✘ 3. Juli 1926 - Hochwasser
- ✘ 4. Jänner 1932 - Hochwasser
- ✘ 24. August 1937 - Hochwasser
- ✘ 25. August 1938 - Hochwasser
- ✘ 19. Mai 1940 - Hochwasser mit geringen Schäden
- ✘ 17. Juli 1941 - Hochwasser
- ✘ 13. April 1949 - Hochwasser
- ✘ 22. Mai 1949 - Hochwasser

- ✖ 16. August 1949 - Hochwasser. Zerstörung einer Wehranlage.
- ✖ 13. Juni 1953 - Hochwasser
- ✖ 14. Juli 1954 - „Sehr großes Hochwasser. Der Erlaufkai ist überschwemmt, in vielen Kellern steht Wasser“.
- ✖ 23./24. Juli 1957 - Hochwasser infolge andauernden Regenfälle. Zerstörung einer neuerrichteten Brücke.
- ✖ 29. Dezember 1958 - Hochwasser
- ✖ 22. Juni 1959 - „Großes Hochwasser in Scheibbs. Das Wasser reicht bis zur Hauptstraße“. Große Schäden an Töpperwehr infolge langen Regens.
- ✖ Juni 1965 - Hochwasser
- ✖ August 1966 - Großes Hochwasser mit Überschwemmungen.
- ✖ 24./25. Juni 1973 - Hochwasser. Einsturz einem Wehr.
- ✖ 30. Juni 1975 - Großes Hochwasser mit Überschwemmungen.
- ✖ 1994 - Hochwasser
- ✖ 1996 - Hochwasser
- ✖ 7./8. Juli 1997 - „Ein Jahrhundert-Hochwasser“. Schäden an der Sohle der Erlauf.
- ✖ 1999 - Hochwasser
- ✖ 2002 - Hochwasser
- ✖ 12./13. Juli 2005 - Hochwasser
- ✖ 24. - 31. August 2005 - Hochwasser
- ✖ 3. Juni 2006 - Hochwasser. Schäden an Strassen - gering. „4,3 Meter bei der Messstation Erlaufboden“.
- ✖ 7./8. August 2006 - Hochwasser infolge starke Regenfälle. „Größer als die am 3. Juni 2006 war und das Ausmaßeiner Katastrophe im Bezirk Scheibbs annahm“.

In manchen Jahren werden durchaus auch mehrfach große Hochwässer beobachtet, allerdings wird in der folgenden Bearbeitung nur das größte Ereignis pro Jahr berücksichtigt. Das Vorwetter und der Zeitraum dem Niederschlag spielen ebenfalls eine große Rolle bei der Analyse der Entstehungsbedingungen.

4.2 Klassifizierung der historischen Hochwasserereignisse

Damit die historischen Hochwässer mit den quantitativ bekannten Ereignissen vergleichbar sind, werden Klassen eingeführt. Die Zuordnung der einzelnen historischen Hochwasserereignisse in eine der vier Klassen in Tabelle 2 erfolgt auf Grund der verursachten Schäden, der räumlichen Ausdehnung und/oder der Beschreibung der Wasserstandsverhältnisse. Als Unterlage wird Tabelle 3 benutzt, die einer Studie für Hochwässer des Alpenrheins, für die Klassifizierung der Hochwässer an der Erlauf, entnommen ist aber es mussten einige Änderungen gemacht, wegen die wesentlichen Unterschiede in den Einzugsgebieten. In den überlassenen Chroniken konnten keine Angaben über Hochwassermarken an Gebäuden entnommen werden. Auch der email-Kontakt (Herr DI Heindl(TU) - Herrn Ing. Hengstberger(Scheibbs)) mit dem Stadtbauamt bzw. der Freiwilligen Feuerwehr von Scheibbs konnte keine Hinweise auf historische Hochwassermarken liefern.

Tabelle 3 wird für Scheibbs in adaptierte Form (Tabelle 2) gebracht, die die Einstufung der Hochwasserereignisse in diesem Einzugsgebiet genauer beschreibt.

Tabelle 2: Klassifikationsschema für die Größe von Hochwasserereignissen

Hochwasserklasse	Schäden	Räumliche Ausdehnung	Niederschlag
Katastrophal (4)	sehr groß: schwere Überflutung der Innenstadt, Verlust von Bauwerken	überregional	sehr hoch Rekordwerte
Extrem groß (3)	sehr groß: abgerissene Sandsteg und Brücken	Ganzes EZG oder großer Teil des Einzugsgebietes	sehr hoch
Sehr groß (2)	groß bis sehr groß: Schäden an Straßen	Teil- oder ganzes Einzugsgebiet	hoch bis sehr hoch
Groß (1)	gering bis groß	Teileinzugsgebiet	hoch

Tabelle 3: Klassifikationsschema für die Größe von Hochwasserereignissen

*Übernommen aus der Vorstudie Hydrologie Alpenrhein; Internationale Regierungskommission Alpenrhein

Hochwasser-klasse	Schäden	Räumliche Ausdehnung der Schäden oder des Niederschlags	Niederschlag und Schneeschmelze	Wasserstände
Katastrophal (4)	sehr gross	überregional	sehr hoch	Rekordwerte
extrem gross (3)	sehr gross	ganzes oder grosses Teil des Einzugsgebietes	sehr hoch	Jahrhundertwerte
sehr gross (2)	gross bis sehr gross	ganzes Einzugsgebiet oder Teileinzugsgebiet	hoch bis sehr hoch	
Gross (1)	gering bis gross	Teileinzugsgebiet	Hoch	

Die Zuordnung der Ereignisse zu den einzelnen Klassen ist aber nicht so einfach, weil Hochwasserereignisse häufig dann überliefert wurden, wenn große Schäden auftraten. Große Schäden sind aber nicht immer gleichbedeutend mit großen Abflüssen, da Faktoren wie Geschiebeführung, Dammbrüche oder vorhandenes Schadenpotential bei der Verursachung von Schäden eine Rolle spielen. Die Datenlage erlaubt es nicht, alle Hochwasserereignisse eindeutig zu klassifizieren. Viele Ereignisse werden deshalb mehr oder weniger subjektiv einer Klasse zugeordnet. Dabei werden einige ältere Hochwasserereignisse der Beschreibung folgend als eher größer, jüngere Ereignisse aus der letzten Zeit als eher kleiner eingeschätzt, wegen kleineren Schadenkosten in Vergleich zur Vergangenheit.

Stege und Brücken wurden doch mehrfach weggerissen und vielleicht beim Wiederaufbau wurde die Konstruktion verbessert, die lichte Höhe vergrößert oder der Damm erhöht. Es gibt aber solche Angaben nur nach Hochwasser im Jahr 1897.

Die lückenlose Abflussreihe für den Pegel Scheibbs umfasst 63 Jahre - von 1897 bis 1960. Als Basis für die Gruppeneinteilung wird die überlappende Zusammenschau zwischen historischer Beschreibung und kontinuierlichen Daten für die Zeitspanne 1897 - 1960 herangezogen. In historischen Angaben wird das Hochwasserereignis von 1897 so beschrieben, dass man dieses als das größte bekannte Hochwasser schlussfolgern kann. Deswegen wird der Wert $360 \text{ m}^3/\text{s}$ als Spitzwert für alle folgende Untersuchungen angenommen.

Die Hochwasserereignisse nach 1960 werden auch als historisch bezeichnet, weil es in deren Beschreibungen sonst nur noch eine Einzelmessung im Jahr 1991 gibt.

Tabelle 4: Historische Hochwasserereignisse - Klassifizierung

Jahr	Hochwasserklasse	Nummer
1538	Katastrophal	4
1670	Extrem groß	3
1682	Sehr groß	2
1695	Extrem groß	3
1711	Katastrophal	4
1730	Extrem groß	3
1736	Sehr groß	2
1787	Groß	1
1813	Katastrophal	4
1815	Groß	1
1820	Extrem groß	3
1821	Extrem groß	3
1829	Extrem groß	3
1835	Groß	1
1846	Sehr groß	2
1877	Extrem groß	3
1883	Groß	1
1897	Katastrophal	4
1899	Katastrophal	4
1903	Katastrophal	4
1914	Extrem groß	3
1915	Sehr groß	2
1921	Groß	1
1922	Groß	1

Jahr	Hochwasserklasse	Nummer
1926	Groß	1
1932	Sehr groß	2
1937	Sehr groß	2
1938	Extrem groß	3
1940	Extrem groß	3
1941	Sehr groß	2
1949	Sehr groß	2
1953	Groß	1
1954	Groß	1
1957	Sehr groß	2
1958	Groß	1
1959	Extrem groß	3
1965	Groß	1
1966	Sehr groß	2
1973	Sehr groß	2
1975	Sehr groß	2
1994	Groß	1
1996	Groß	1
1997	Katastrophal	4
1999	Groß	1
2002	Sehr groß	2
2005	Groß	1
2006	Katastrophal	4

Die nächste Abbildung zeigt die Chronik der wichtigsten Hochwasser zwischen 1538 bis 2006. In dieser Zeitspanne von 468 Jahren können acht Hochwasserereignisse (1538, 1711, 1813, 1897, 1899, 1903, 1997 und 2006) als katastrophal klassifiziert werden. Das Ereignis 1538 habe ich in dieser Gruppe zugeteilt, da es lange zurückliegt und als sehr bedeutendes Ereignis in der Chronik seine Niederschrift findet und die Bevölkerungsdichte und Nutzungen noch viel geringere Ausmaße haben.

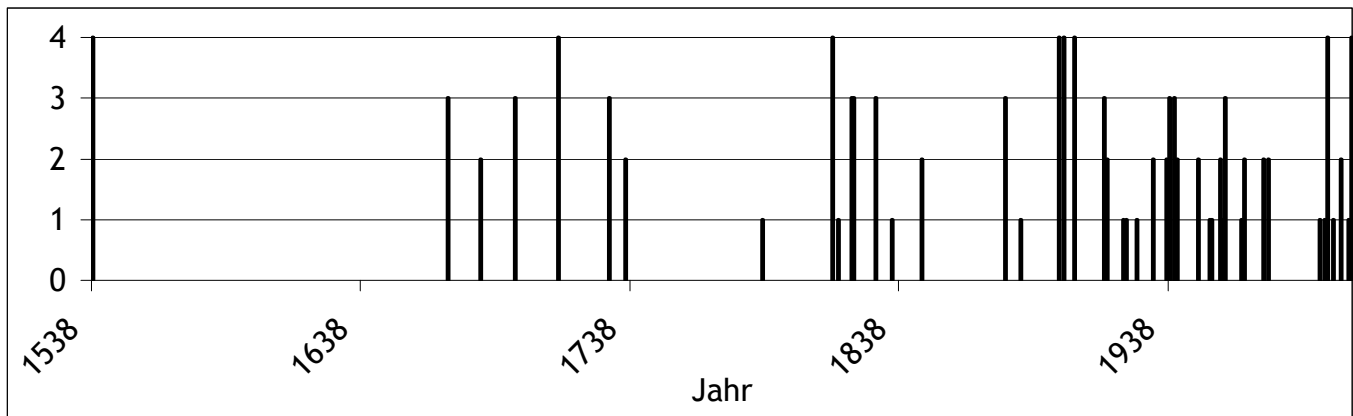


Abbildung 3: Historische Hochwasserereignisse, klassifiziert nach Tabelle 2

4.3 Hochwasserkatastrophen der Jahre 1897, 1899 und 1903 (Ereignisanalysen)

In Zeitspanne von sieben Jahre erscheinen drei katastrophale Hochwasserereignisse. Das ist ungewöhnlich und deshalb erregt es Interesse.

In Altunterlagen gibt es viele Angaben über die Ereignisse in der Jahre 1897 und 1899 und weniger über dieses im Jahr 1903. Es gibt auch Durchflussmessungen für die Wasserspiegel, die diese Ereignisse als größte für beobachteten Zeitraum zeigen.

Es gab schwere Überflutungen, Brücken und Stege wurden weggerissen und die ganze Innenstadt war unter Wasser. Die Schäden waren unglaublich groß. „Das Hochwasser von 1897 und 1899 hat die Flusssohle der Erlaf so stark verändert, dass die Minima und Maxima der Wasserstände neu vermessen werden mussten.“

Das Vorwetter war feucht und zwar es gibt Angaben für 1903, dass „unvermutet rasch infolge des anhaltenden Regen, welcher im Quellgebiete der Erlaf, des Ötscher-, Lassing- und Nestelbergbaches durch 2 Tage unterbrochen herrschte, ein bedeutendes Hochwasser kam“, für 1899, dass Hochwasser „infolge wochenlange starke Regen“ war und für 1897, dass es sehr stark am Mittag (von 10 bis 12 Uhr) regnete. Die Maximaltagesniederschläge sind zwischen 100 und 150 mm und die resultierende Abflüsse sind von 288 m³/s im 1903, 325 m³/s im 1899 bis 360 m³/s im Jahr 1897, wenn „ganz Niederösterreich und auch andere Länder hatten gleichzeitig Hochwasserkatastrophen“.



Abbildung 4: 13.9.1899: Hochwasser in Scheibbs

Wie außerordentlich einen Folge großer Ereignisse in wenigen Jahren ist, zeigt die Tabelle 5. Rein statistisch gesehen sollte eine Überflutung mit HQ_{100} ein seltenes Ereignis sein und drei so große Hochwasser ein Phänomen in so kurzer Zeit sind. Das ist ein gutes Beispiel wie auch sehr kleine Wahrscheinlichkeiten nicht unterschätzt sein sollen.

Die Berechnung der Wahrscheinlichkeiten erfolgt auf folgender Formel:

$$P(n|p,m) = \binom{m}{n} \cdot p^n \cdot q^{m-n} = \frac{m!}{n!(m-n)!} \cdot p^n \cdot q^{m-n}$$

Hydrologisches Risiko für das Auftreten bezüglich ein Jahr:

auftritt bzw. überschritten wird:

$$p = \frac{1}{T}$$

nicht auftritt: $\rightarrow q = 1 - p$

m - Anzahl der Jahre;

n - Anzahl der Überschreitungen in m Jahren

p - Überschreitungswahrscheinlichkeit in einem Jahr

q - Unterschreitungswahrscheinlichkeit

T - Ereignisjährlichkeit

Tabelle 5: Wahrscheinlichkeit, dass ein Hochwasserereignis mit HQ_{100} bei m Versuchen genau n mal auftritt in Prozenten gegeben

Anzahl n der Überschreitungen in m Jahren		Anzahl der Jahre - m				
		20	30	50	100	170
	2	1,6	3,3	7,6	18,5	26,5
	3	0,1	0,3	1,2	6,1	15,0

5 Statistische Auswertungen

In diesem Teil der Diplomarbeit wird untersucht, wie die historischen Hochwasser das HQ_n (Bemessungsabflüsse) beeinflussen. Diese Berechnungen und Untersuchungen sind nach DVWK Methode, 1999 durchgeführt und werden auch graphisch dargestellt. Die Einbeziehung unterschiedlicher historischer Daten über eine Plausibilitätsabschätzung bzw. die Wertung der historischen Angaben zu Ergebnissen, ermöglicht die Unterscheidung verschiedener Berechnungsfälle. z.B. unterschiedliche Berücksichtigung von Zeitintervallen mit Spitzenwerten oder mit fehlenden Daten. Diese Subfälle sind mit Buchstaben (A bis J) bezeichnet. Weiter werden diese Fälle erklärt und begründet.

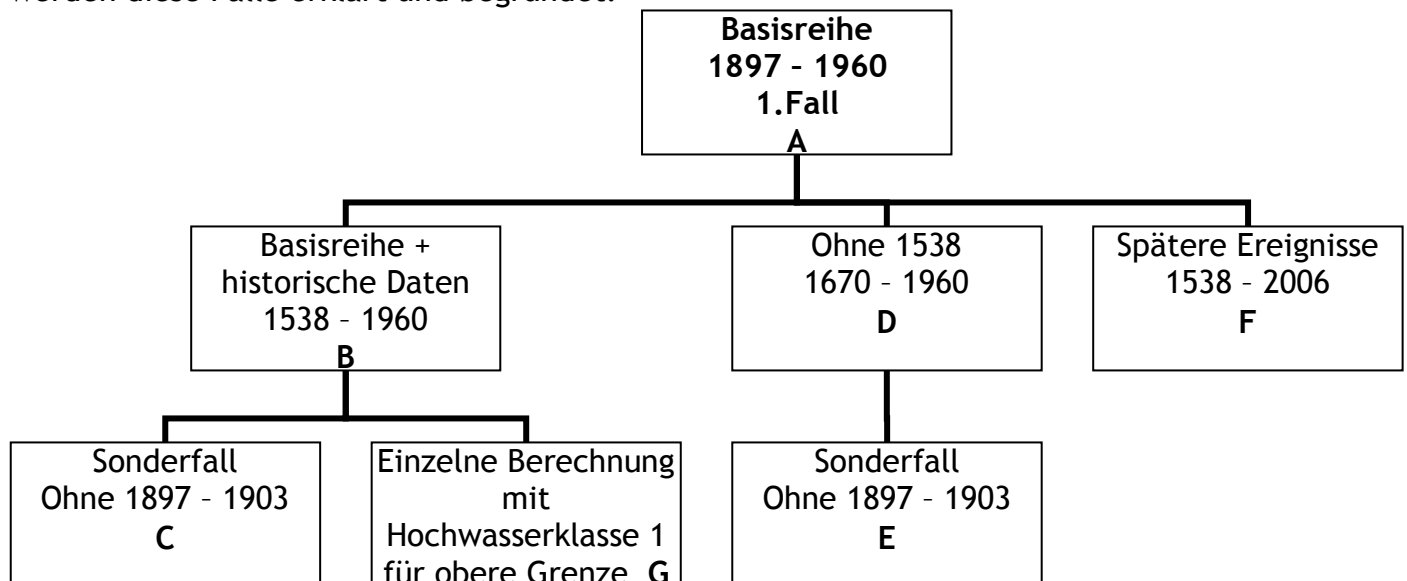


Abbildung 5: Erklärung zu den Berechnungsfällen

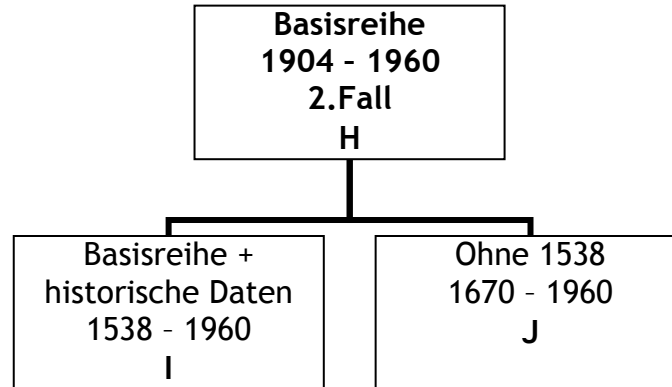


Abbildung 6: Erklärung zu den Berechnungsfällen

Bemerkung: Bei den Berechnungsfällen C und E ist der Zeitintervall 1897 - 1903 in den Berechnungen überspringen. In 2. Fall ist diese Zeitspanne als „historisch“ genommen, d.h. die Ereignisse sind in der Stichprobe.

5.1 Basisdatenreihe - 1897 bis 1960, 1. Fall A

Der Pegel Scheibbs befindet sich bei km 28.84 rechtsufrig unterhalb der Topper-Brücke. Die Aufzeichnungen des Wasserstandes beginnen 1897 und enden 1960.

Weiters wird in Abbildung 7 versucht, diese Messreihe durch 2 Oberliegerpegel zu überlagern um eventuelle Schlüsse auf Abflüsse in den Jahren nach 1960 zu erhalten. Diese sind Abflussdaten der Pegel Neubruck und Peutenburg. In Abbildung 7 werden die Zeitspannen der Messungen der drei Stationen gegenübergestellt.

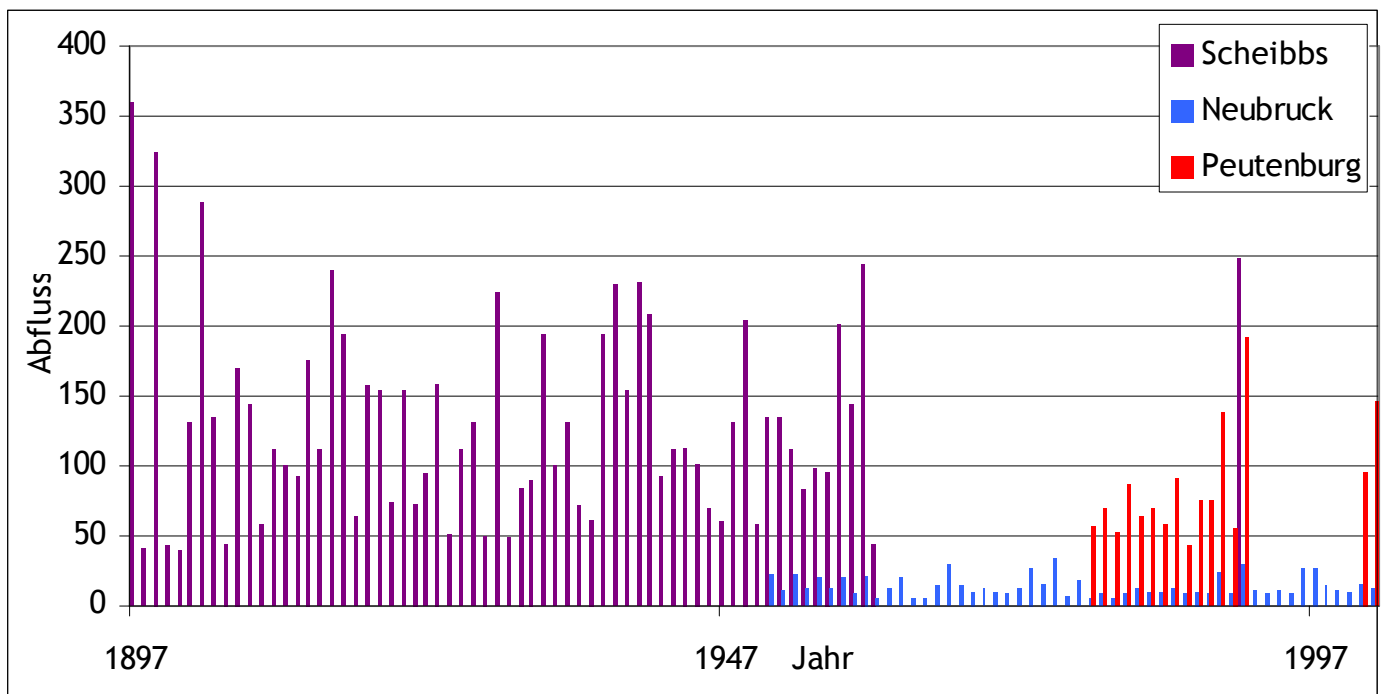


Abbildung 7: Jahresreihe der Abflussscheitelwerte [m^3/s] am Pegel Scheibbs

Die Bereiche der zeitlichen Überlappung sind zu gering und zu wenig aussagekräftig und werden deswegen für den Versuch eine Ergänzung der Pegelreihe nicht weiter benutzt.

Die Basisreihe umfasst daher die Werte der Jahre 1897 bis 1960 (Abbildung 8). Die empirischen Jährlichkeiten sind in Tabelle 6 zusammengestellt, die Auftragung im Wahrscheinlichkeitsnetz ist in der Abbildung 9 dargestellt.

In Hochwasserberichten des Stadtarchivs von Scheibbs, gibt es Aufzeichnungen auch für Ereignisse nach 1960 (Ende der kontinuierlichen Pegelbeobachtungen). Diese werden nach derselben Art quantitativ klassifiziert und einbezogen, gemeinsam mit den historischen Hochwasserereignissen vor 1897 und zu der kontinuierlichen Reihe ergänzt - Berechnungsfall F. So eine Erweiterung (46 Jahre) ist interessant, weil es da viele Hochwasserereignisse, die schon gut dokumentiert sind, gibt.

In der Zeitspanne 1897 - 1903 liegen die drei größten Hochwasserereignisse der kontinuierlichen Reihe. Da immer in den durchgeführten Berechnungen die Jährlichkeit von dieser Reihe am größte ist, wird ein 2. Fall - Berechnungsfall H - eingeführt, in dem der Zeitabschnitt 1897 - 1903 zu dem historischen Bereich ergänzt wird. Anzumerken ist, dass dieser Fall ein theoretischer Fall ist, um die Auswirkungen dieser Veränderung ersichtlich zu machen und einen Anhaltspunkt für die Sensibilität der Auswertungen zu erhalten. Auch die Frage der Größe des 1538 Ereignisses wird untersucht und deshalb werden zwei Varianten betrachtet: I - mit und J - ohne Berücksichtigung von 1538.

Die Ermittlung der empirischen Jährlichkeiten (Plotting Positions) erfolgt über die Formel von Weibull.

$$n = \frac{N + 1}{m}$$

n - Jährlichkeit; N - Anzahl der Ereignisse; m - Rangzahl

Dabei werden die Hochwasser der Größe nach dem Abfluss angeordnet.

Tabelle 6: Ermittlung der Jährlichkeit nach Weibull

m	Datum	Jahr	Abfluss Q (m ³ /s)	Jährlichkeit n	Wasserstand w (cm)
1	30.07.	1897	360	65.00	350
2	13.09.	1899	325	32.50	335
3	10.07.	1903	288	21.67	300
4	21.07.	1959	245	16.25	270
5	09.07.	1914	240	13.00	265
6	19.05.	1940	232	10.83	260
7	25.08.	1938	230	9.29	258
8	27.05.	1928	225	8.13	253
9	17.07.	1941	208	7.22	240
10	02.07.	1949	204	6.50	238
11	24.07.	1957	202	5.91	235
12	02.07.	1915	195	5.42	230
13	04.01.	1932	195	5.00	230
14	24.08.	1937	195	4.64	230
15	26.05.	1912	176	4.33	215
16	15.07.	1906	170	4.06	210
17	02.02.	1923	158	3.82	200
18	02.01.	1917	157	3.61	198
19	03.07.	1918	155	3.42	195
20	29.08.	1920	155	3.25	195
21	01.12.	1939	154	3.10	194
22	25.04.	1907	145	2.95	190
23	16.02.	1958	145	2.83	190
24	16.09.	1904	135	2.71	180
25	11.05.	1951	135	2.60	180
26	25.05.	1952	135	2.50	180
27	-	1902	(132)	2.41	-
28	03.07.	1926	132	2.32	178
29	28.06.	1934	132	2.24	178

Thema: Einbeziehung von historischen Hochwasserereignissen in die Ermittlung von Bemessungshochwasser

30	-	1948	(132)	2.17	-
31	29.01.	1944	113	2.10	162
32	03.07.	1909	112	2.03	160
33	29.11.	1913	112	1.97	160
34	16.08.	1925	112	1.91	160
35	01.04.	1943	112	1.86	160
36	13.06.	1953	112	1.81	160
37	07.10.	1945	102	1.76	152
38	21.04.	1910	100	1.71	150
39	04.02.	1933	100	1.67	150
40	10.08.	1955	98	1.63	148
41	03.03.	1956	96	1.59	146
42	05.09.	1922	94	1.55	145
43	20.05.	1911	93	1.51	142
44	25.04.	1942	93	1.48	142
45	26.09.	1931	90	1.44	140
46	09.08.	1930	85	1.41	134
47	06.05.	1954	83	1.38	130
48	03.05.	1919	74	1.35	121
49	30.10.	1921	73	1.33	120
50	31.05.	1935	71	1.30	118
51	08.02.	1946	70	1.27	116
52	22.09.	1916	65	1.25	110
53	07.06.	1936	62	1.23	105
54	29.12.	1947	60	1.20	102
55	28.01.	1908	58	1.18	100
56	17.09.	1950	58	1.16	100
57	06.06.	1924	52	1.14	90
58	20.09.	1927	50	1.12	88
59	17.05.	1929	49	1.10	85
60	06.05.	1905	45	1.08	79
61	23.05.	1960	44	1.07	76
62	06.12.	1900	43	1.05	73
63	10.08.	1898	41	1.03	70
64	17.08.	1901	40	1.02	69

Bemerkung: Die in der Klammer stehenden Werte fehlen (Datenlücken) und werden mit dem Durchflussmittelwert ergänzt.

Wahrscheinlichkeitsanalyse

Mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitsanalyse soll den beobachteten Hochwasserscheitelabflüsse eines bestimmten Zeitraums eine Überschreitungswahrscheinlichkeit zugeordnet und eine Extrapolation über den Beobachtungszeitraum hinaus ermöglicht werden. Zunächst wird die Unterschreitungswahrscheinlichkeit $P(x)$ ermittelt, aus der sich die Überschreitungswahrscheinlichkeit $(1-P(x))$ und die zugehörige Wiederholungszeitspanne

$T_n = \frac{1}{(1-P(x))}$ bestimmt lassen.

Das ist aber nur dann eindeutig lösbar, wenn der Typ der Verteilungsfunktion und deren Parameter bekannt sind.(...)

Neben der Wahl des Typs der Verteilungsfunktion hat auch die Art der Parameterbestimmung einen entscheidenden Einfluss auf das Extrapolationsergebnis. Es besteht die Aufgabe, die unbekannten Parameter der Grundgesamtheit möglichst "optimal" aus der Stichprobe zu ermitteln. Eine Parameterschätzung wird als optimal bezeichnet, wenn sie neben anderen folgende wichtige Kriterien erfüllt:

- ✘ Die Schätzung muss erwartungstreu sein;
- ✘ Die Schätzung sollte effizient sein;
- ✘ Die Schätzung sollte robust sein (DVWK, 1999, S. 6).

Anpassen einer Verteilungsfunktion

Die Wahl der Verteilungsfunktion ist eine Ermessungsfrage, die allerdings einen maßgeblichen Einfluss auf die Ergebnisse hat. Es werden zwei Verteilungsfunktionen benutzt - die Gumbel- und GEV-Verteilung, weil sie sich für österreichische Verhältnisse meist bewähren. Aus den Verteilungsfunktionen lassen sich Hochwasserscheitelwerte bestimmter Jährlichkeit ermitteln.

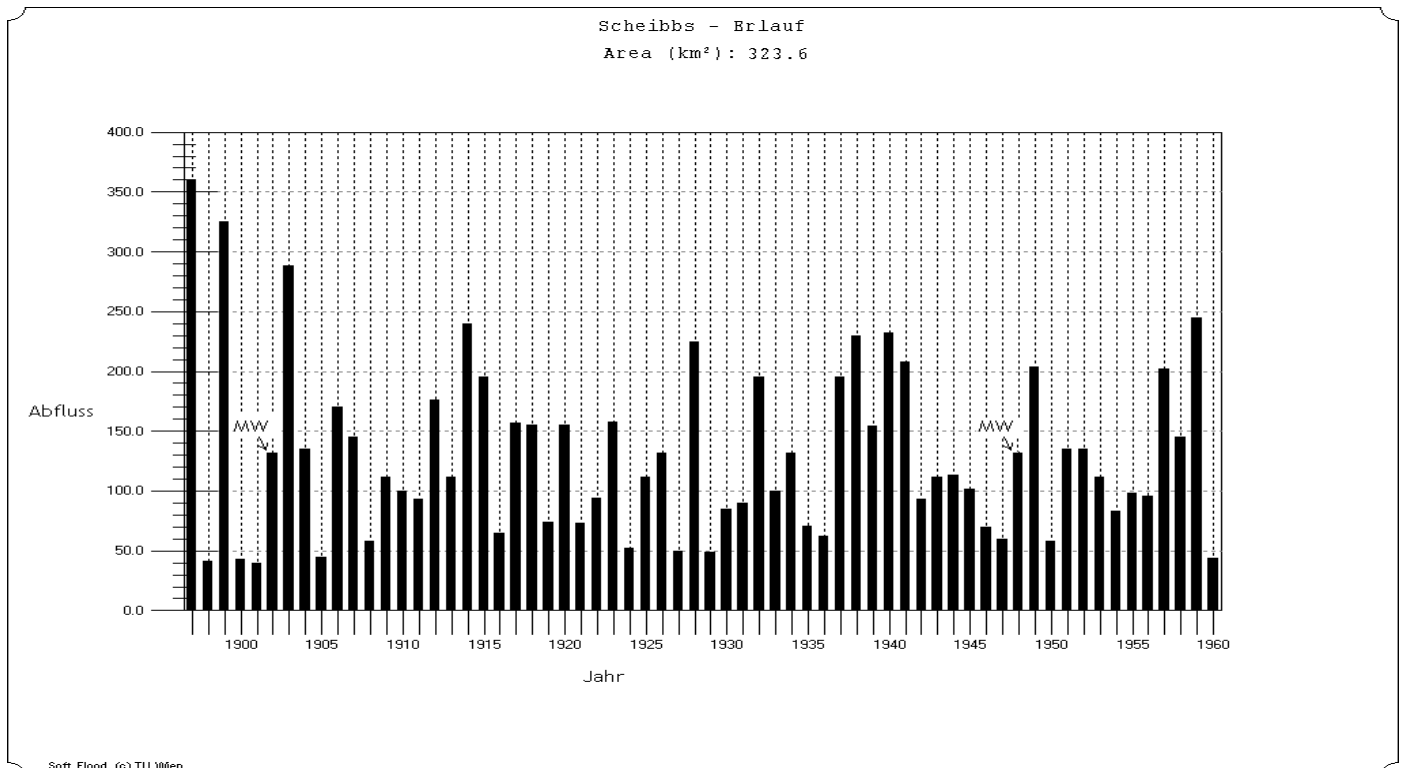


Abbildung 8: Jahreshochstabflüsse 1900 - 1960 mit zwei fehlenden Werten (durch Mittelwert angesetzt - MW)

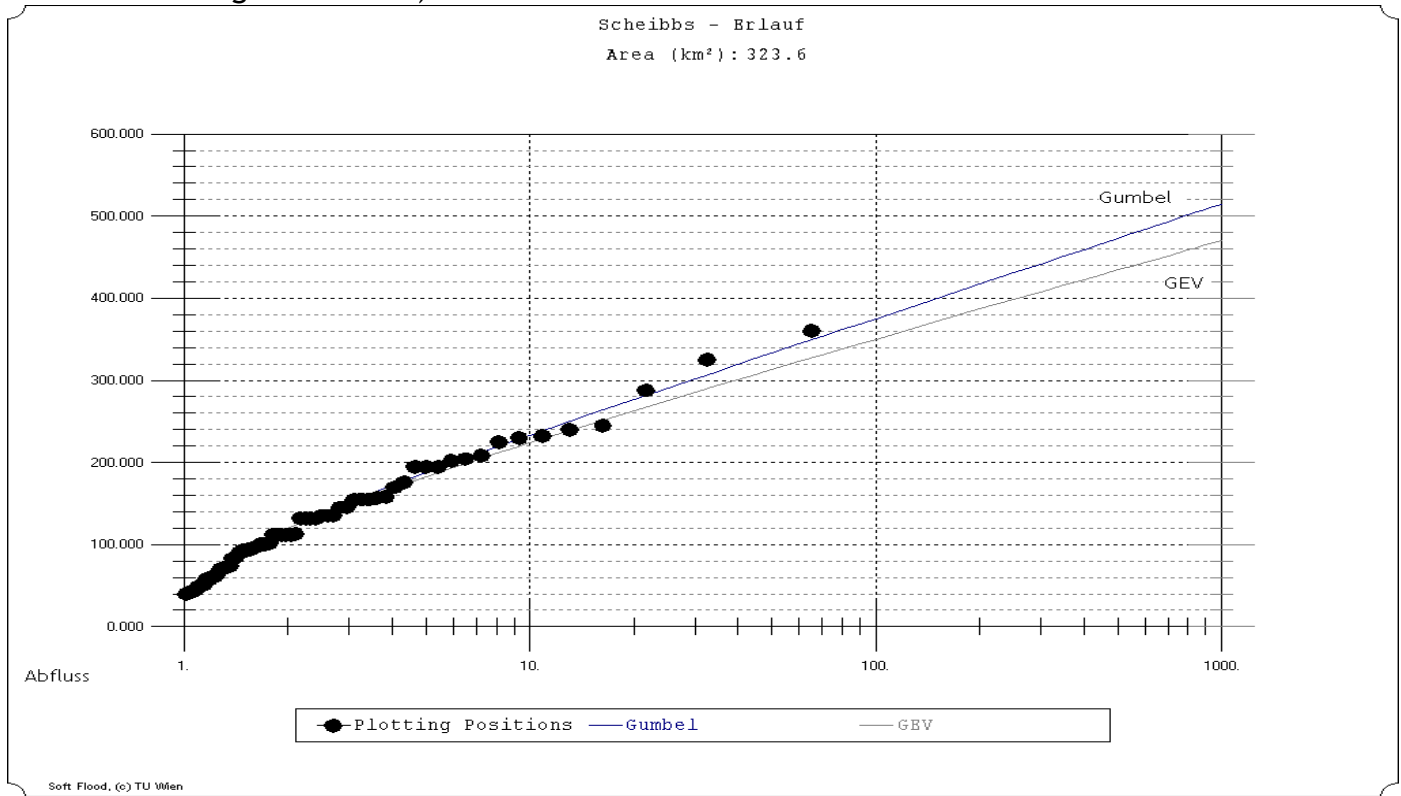


Abbildung 9: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und GEV

Abbildung 9 zeigt, dass die Lage der Plotting Positions sehr homogen ist - es gibt keine Ausreißer, allerdings drei größere Hochwasser und ohne die drei großen Ereignisse würden die Verteilungsfunktionen sehr flach sein. So würde man als Bemessungswert viel kleineren Wert nehmen. Die Lage der Verteilungen (Gumbel, GEV) ist sehr ähnlich und HQ_{1000} unterscheidet sich lediglich um weniger als 10%. Man kann die Frage stellen ob es andere, größere Ereignisse gab, z.B. vor der Messzeitraum oder Hochwasser im Jahre 1997 und 2006. Wegen dieser langen Beobachtungszeit (64 Jahre) mit vielen Hochwasserereignissen ergibt sich eine stabile Einschätzung.

5.1.1 Ergänzung um die historische Hochwässer vor 1897

B

Es werden 359 Jahre mit 13 signifikanten Hochwasserereignissen zu der Basisreihe von Pegel Scheibbs ergänzt. Die Anzahl der Ereignisse, die als historische bezeichnet werden, ist ziemlich klein bezüglich diese in der Zeitspanne 1897 - 1960. Die Jährlichkeit wird viel größer, wegen längeren Beobachtungszeitraums.

Obere und untere Grenze werden für 4. und 3. Hochwasserklasse und für 4., 3. und 2. Hochwasserklasse eingeführt. Für die historischen Ereignisse an der Basis eines Vergleichs zwischen sie und kontinuierliche Daten von Pegel Scheibbs, werden folgende Bereiche ermittelt: Unsicherheit innerhalb der Klassen

- ✘ Für katastrophale Hochwasserereignisse (4) 280 - 360 m³/s;
- ✘ Für extrem große Hochwasserereignisse (3) 230 - 280 m³/s;
- ✘ Für sehr große Hochwasserereignisse (2) 150 - 230 m³/s;
- ✘ Für große Hochwasserereignisse (1) bis 150 m³/s.

Auf dem Grund vom Stadtarchiv Scheibbs überlassene Daten ist 1897 Hochwasserereignis der größte, deshalb wird als Grösstwert angenommen.

Die obere Grenze wird mit Höchstwerte und untere mit Mindestwerte berechnet. Historische Hochwasserereignisse mit Klasse 1 werden für folgende Berechnungen nicht berücksichtigt, wegen der Unsicherheit bei Abschätzungen der Ereignissen und ihren kleinen Anzahl (Tabelle 4).

Tabelle 7: Gewählte Grenzen

	Obere Grenze OG 4,3		Untere Grenze UG 4,3		Obere Grenze OG 4,3,2			Untere Grenze UG 4,3,2		
Hochwasserklasse	4	3	4	3	4	3	2	4	3	2
Durchfluss bei Hochwasserereignis m ³ /s	360	280	280	230	360	280	230	280	230	150

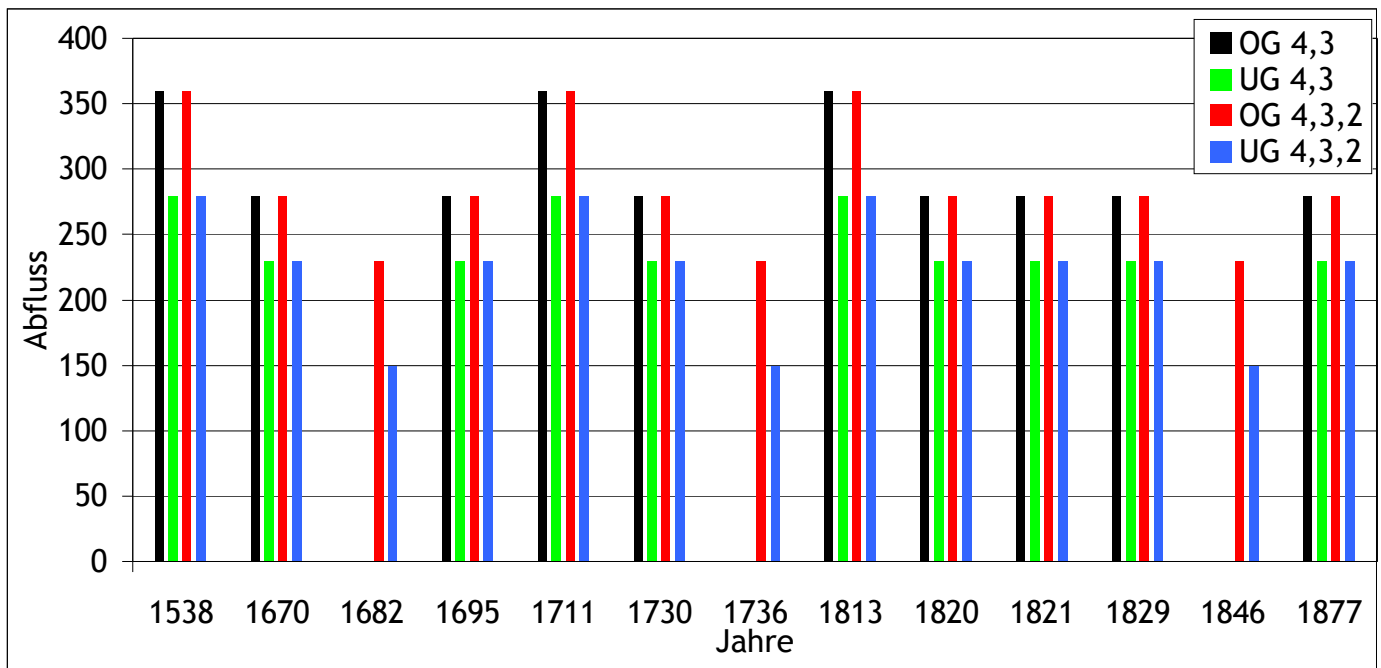


Abbildung 10: Höchstjahresabflüsse für historische Daten

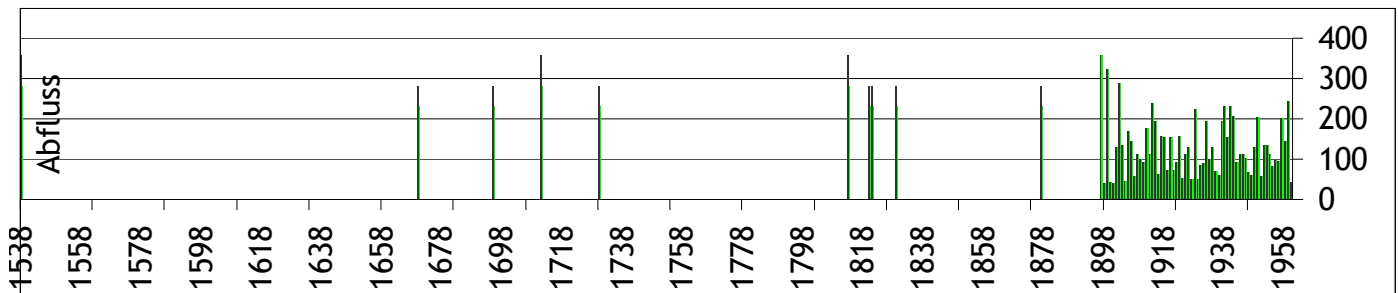


Abbildung 11: Höchstjahresabflüsse für OG 4,3 und UG 4,3

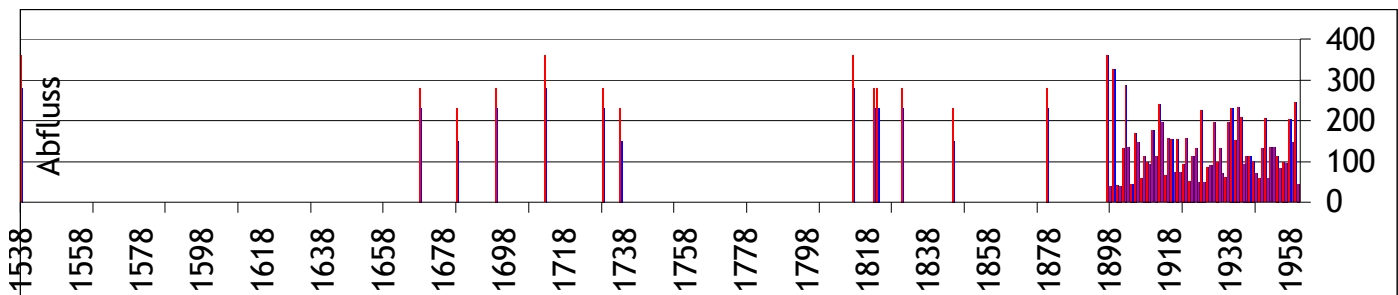


Abbildung 12: Höchstjahresabflüsse für OG 4,3,2 und UG 4,3,2

Gegenüberstellung der Berechnungsergebnisse für den 1. Fall

Folgende Abbildungen zeigen von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei den verschiedenen Berechnungsfällen. Die Ergebnisse für HQ_{1000} sind unsicherste. Bei Gumbel Verteilung sind diese im Rahmen von 70 bis 200 m^3/s und bei GEV - nicht so groß - von 80 bis 150 m^3/s .

Man sieht, dass die Ergebnisse des Berechnungsfalls C - ohne 1897 - 1903- immer niedriger liegen, das liegt daran, dass jeweils zwei katastrophale Hochwasserereignisse übersprungen werden. Bei obere Grenze OG 4,3 ist bei Gumbel Verteilung diese Differenz nicht so wesentlich (10 m^3/s für HQ_{1000}) als sie bei andren steigt (max 30 m^3/s für HQ_{1000}). Bei GEV ist sie immer größer als Gumbel, ca. 50 m^3/s bei Jährlichkeit 1000 und 20-30 m^3/s für HQ_{100} . Bei GEV liegen die Resultate mehr entfernt von einander als bei Gumbel Verteilung. Bei alle Fällen nimmt dieser Unterschied mit der Jährlichkeit zu.

Es ist interessant wie GEV bei UG 4,3 und UG 4,3,2 reagiert - viel starker als Gumbel. Bei UG 4,3,2 zieht Wahrscheinlichkeit immer mehr nach oben wegen der kleineren Anzahl der niedrigen Hochwasserereignissen und selbstverständlich das ist nicht so empfindlich bei Überspringen von den zwei Spitzenwerten im Zeitspanne 1897 - 1903.

Offensichtlich sind die Ergebnisse nicht mehr als 10 bis 20 m^3/s höher im Berechnungsfall D, wegen kleinerer Wichtungsfaktor infolge um 132 Jahre kürzere Zeitspanne. Noch einmal reagiert GEV starker als Gumbel bei größerer Anzahl von kleinen Ereignissen. Interessant hier ist zu merken, dass auch bei OG 4,3 Wahrscheinlichkeit sehr stark abnimmt infolge der Mangel von drei Spitzenwerten. Das ist bei beiden unteren Grenzen UG 4,3 und UG 4,3,2 durch die kleinere Anzahl von kleineren Ereignissen kompensiert.

In Allgemein zeigen die Ergebnisse, dass mit der Verkürzung vom Beobachtungszeitintervall steigen die Werte des Abflusses bei dieselben Jährlichkeiten und zwar die höchste sind die Ergebnisse von dem Berechnungsfall A - Basisreihe, dann D, B, E und C. Bei Gumbel Verteilung ist die Jährlichkeit kleiner, nur bei Berechnungen von unteren Grenze UG 4,3,2 ist sie größer als bei GEV, weil es in der Stichprobe nicht viele kleine Ereignisse gibt.

Bei UG 4,3 sind die Ergebnisse niedriger als bei OG 4,3,2 und nicht übereinstimmen. Das ist so, weil man bei OG 4,3,2 höhere Abflusswerte benutzt und dazu auch eine kleine Anzahl von Kleinwerte der Hochwasserklasse 2. So ist die Stichprobe „reicher“ und nicht maximiert als bei OG 4,3. Die HQ_{1000} Werte von den verschiedenen Berechnungsfällen liegen kompakt, d.h. die Abweichungen sind klein und die Unterschiede der Berechnungsfälle sind nicht so bedeutend.

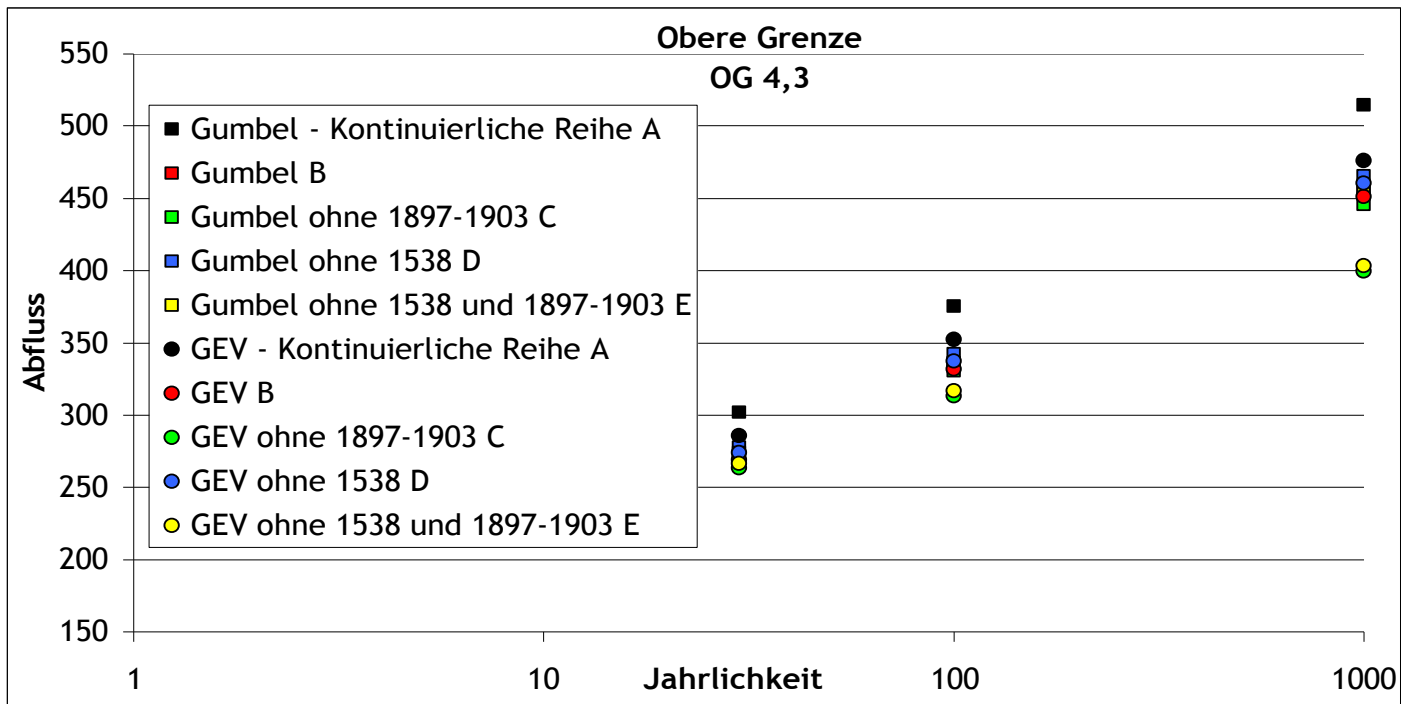


Abbildung 13: Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei OG 4,3

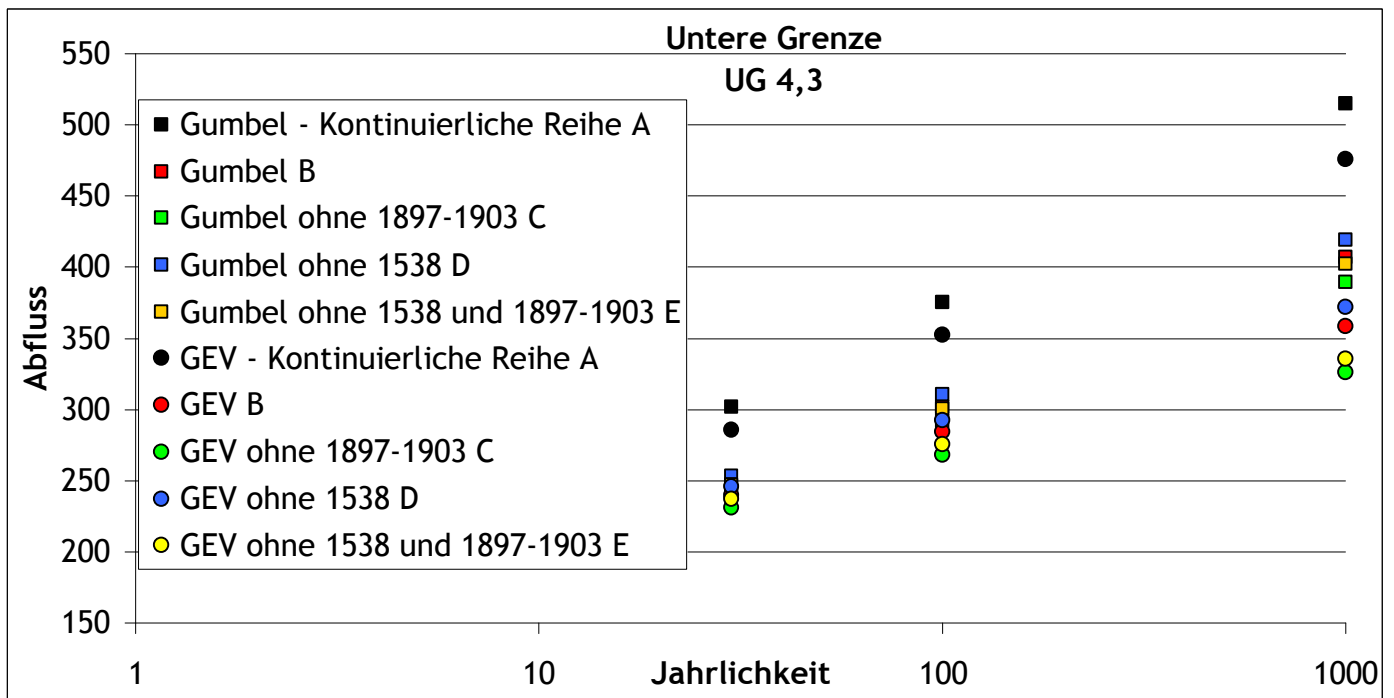


Abbildung 14: Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei UG 4,3

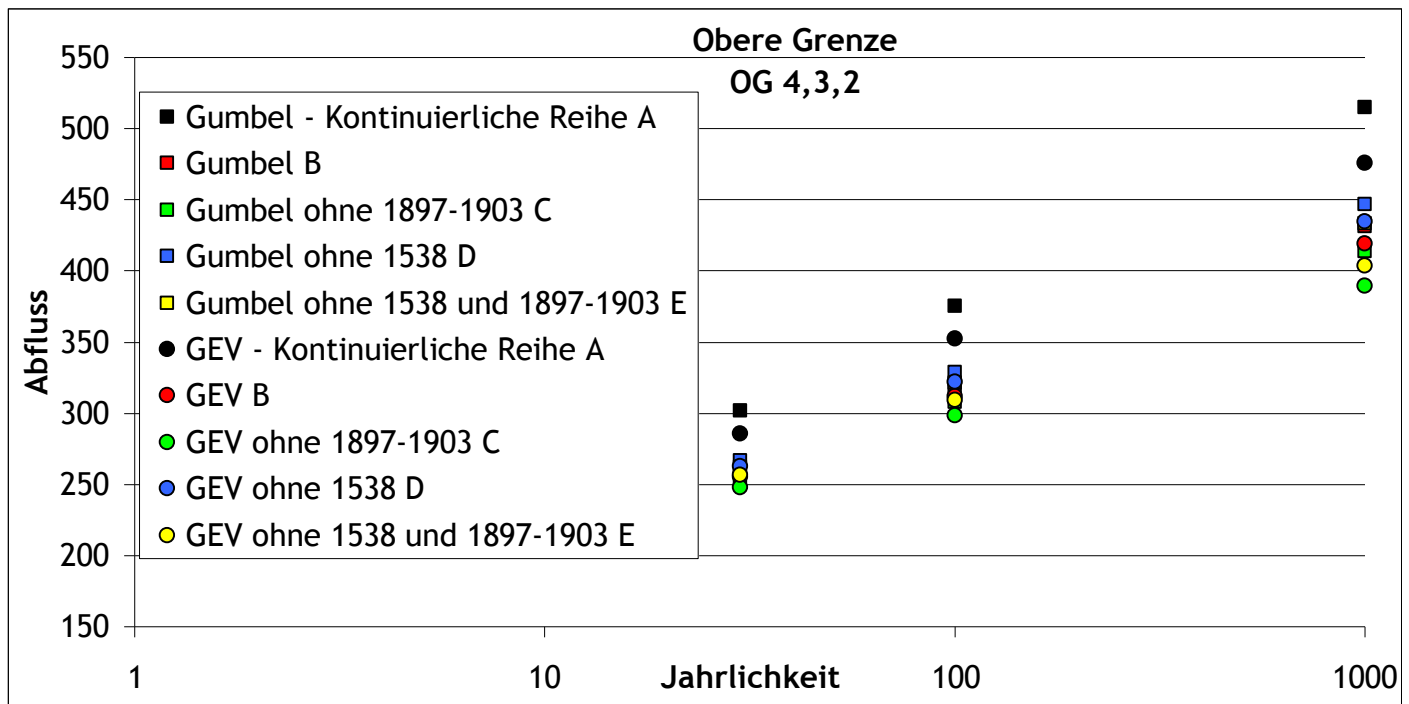


Abbildung 15: Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei OG 4,3,2

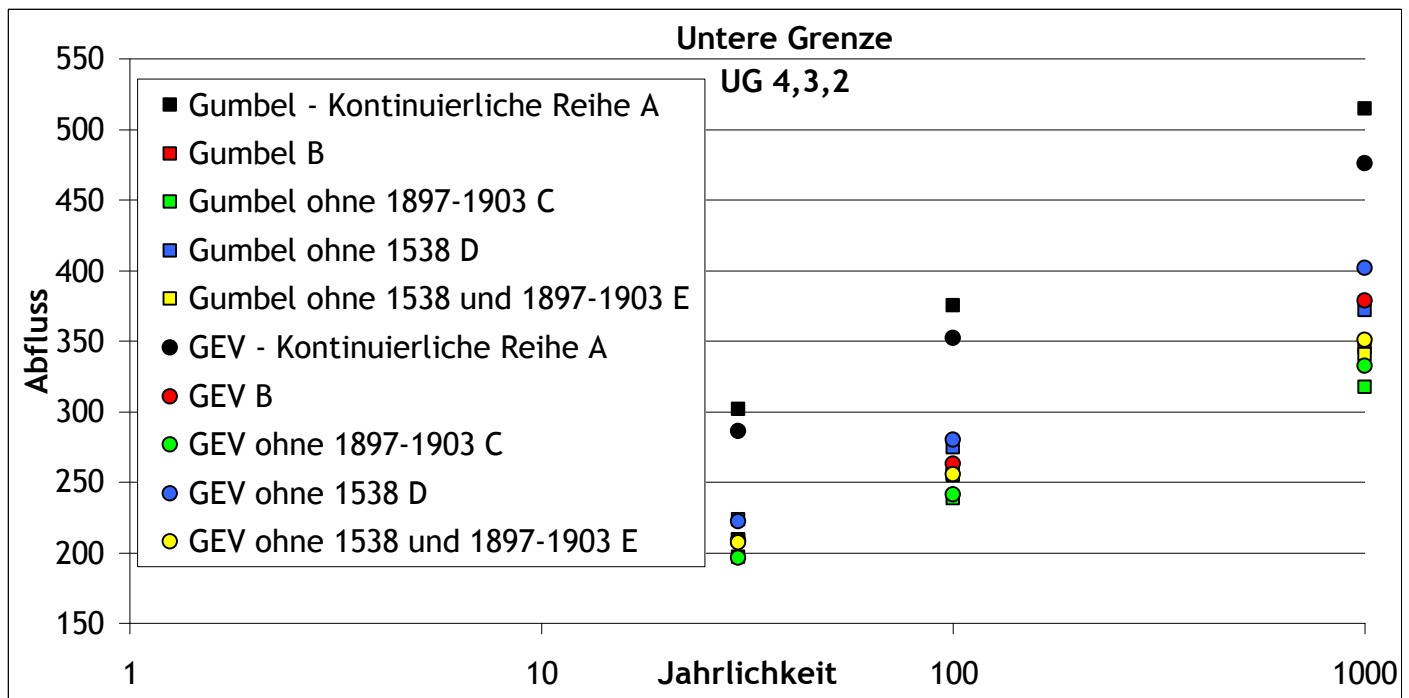


Abbildung 16: Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei UG 4,3,2

5.1.2 Einzelne Berechnung mit Hochwasserklasse 1 für obere Grenze G

Es wurden auch Berechnungen mit Zugabe von Hochwasserklasse 1 zur Vollständigkeit der Ergebnisse durchgeführt.

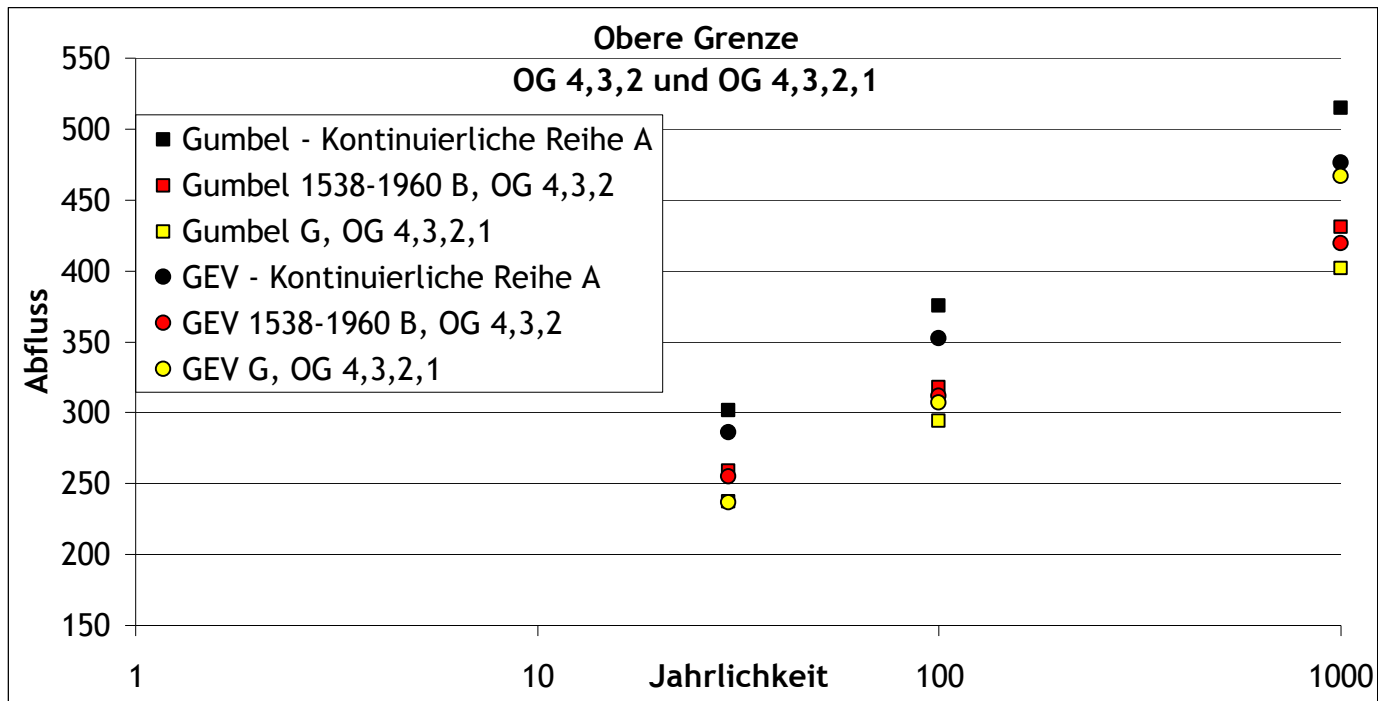


Abbildung 17: Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen (A, B und G) bei OG 4,3,2 und OG 4,3,2,1

Die Hochwasserereignisse, die in der Hochwasserklasse 1 eingeordnet sind, haben eine kleine Anzahl und die Abschätzungen sind nicht ganz sicher. Die Ergebnisse zeigen, dass es große Wichtungsfaktoren aber keine großen Abweichungen gibt und deswegen wird es nur für einen Fall illustrativ berechnet. Für HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei Gumbel sind die Abflüsse kleiner, aber HQ_{1000} bei GEV zeigt, dass diese Verteilung stark an der kleineren Anzahl von kleinen Ereignissen reagiert. Aber der Wert ist fast so hoch wie beim Berechnungsfall A - kontinuierliche Reihe. In diesem Fall so eine Steigung der Verteilungsfunktion macht sie kaum zuverlässig als Bemessungswert.

5.1.3 Ergänzung auch der jüngsten Hochwässer 1961 - 2006

F

Weiter sind nur die Vergleiche für HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} zwischen die Subfälle in Abbildungen gezeigt.

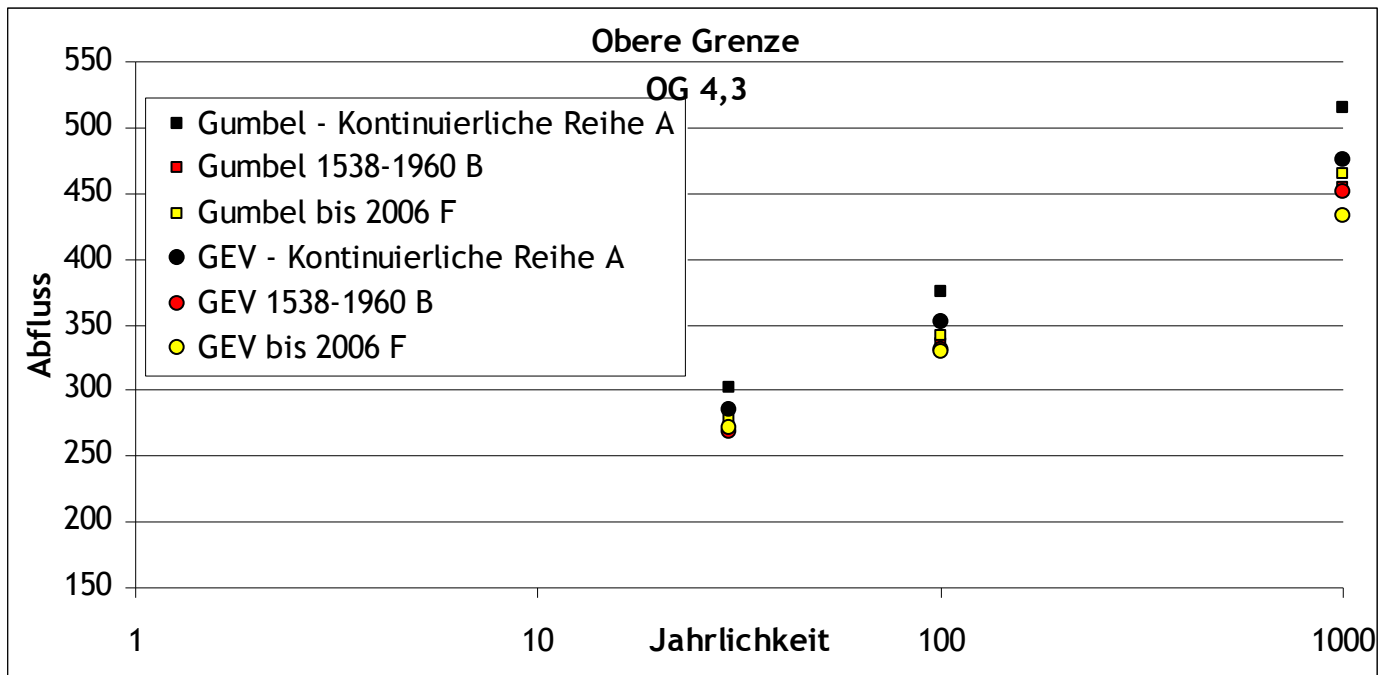


Abbildung 18: Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei OG 4,3

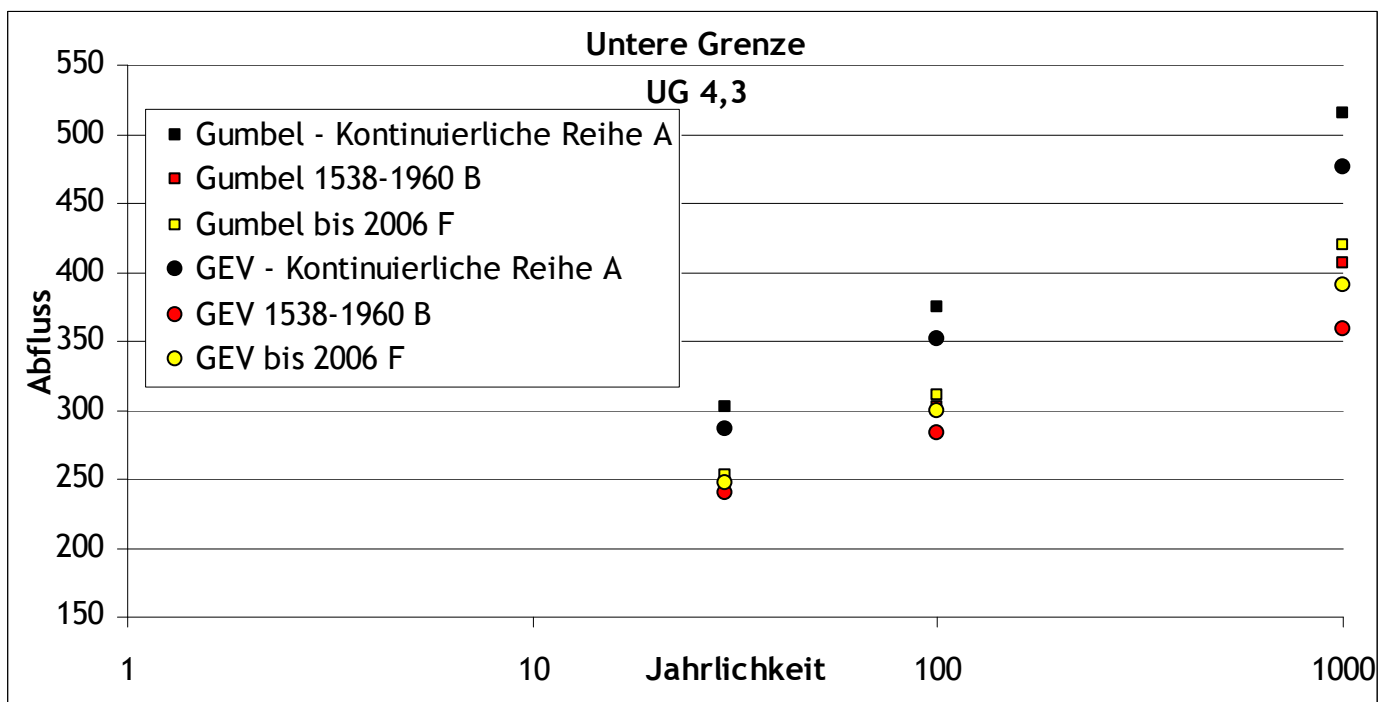


Abbildung 19: Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei UG 4,3

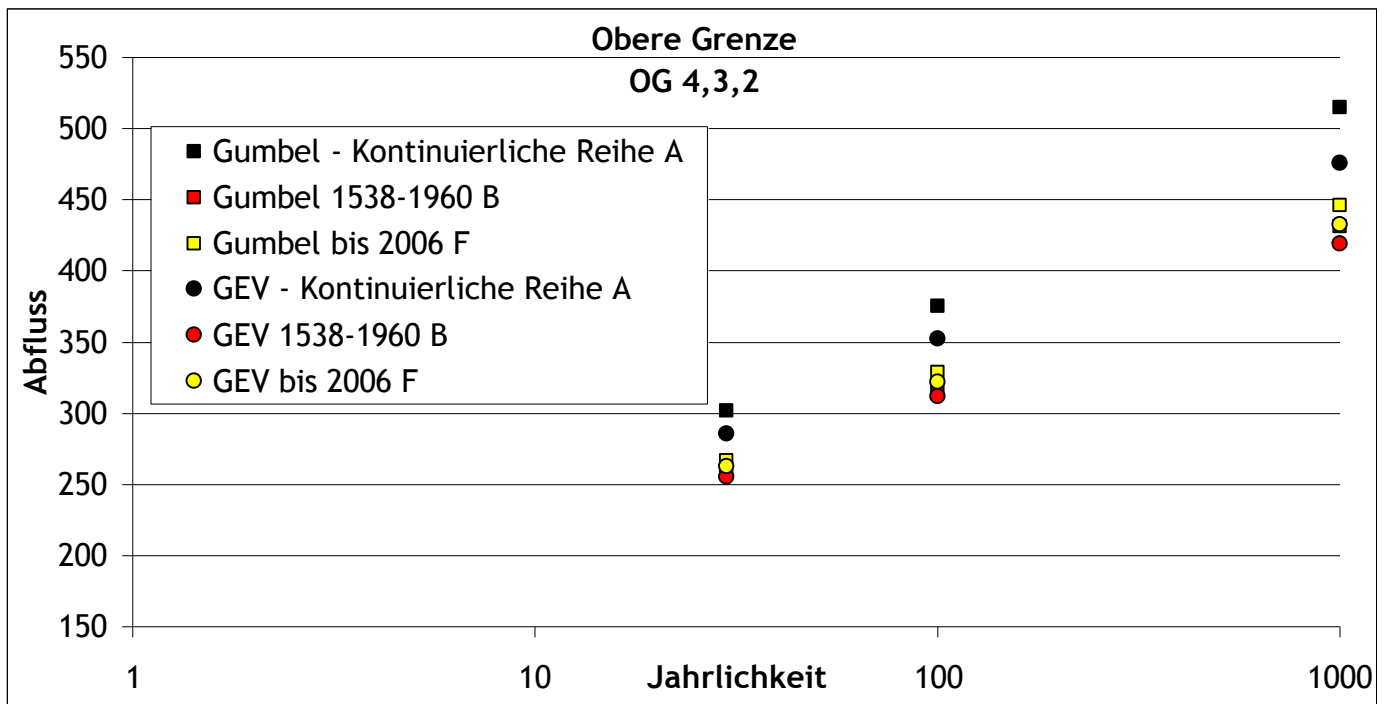


Abbildung 20: Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei OG 4,3,2

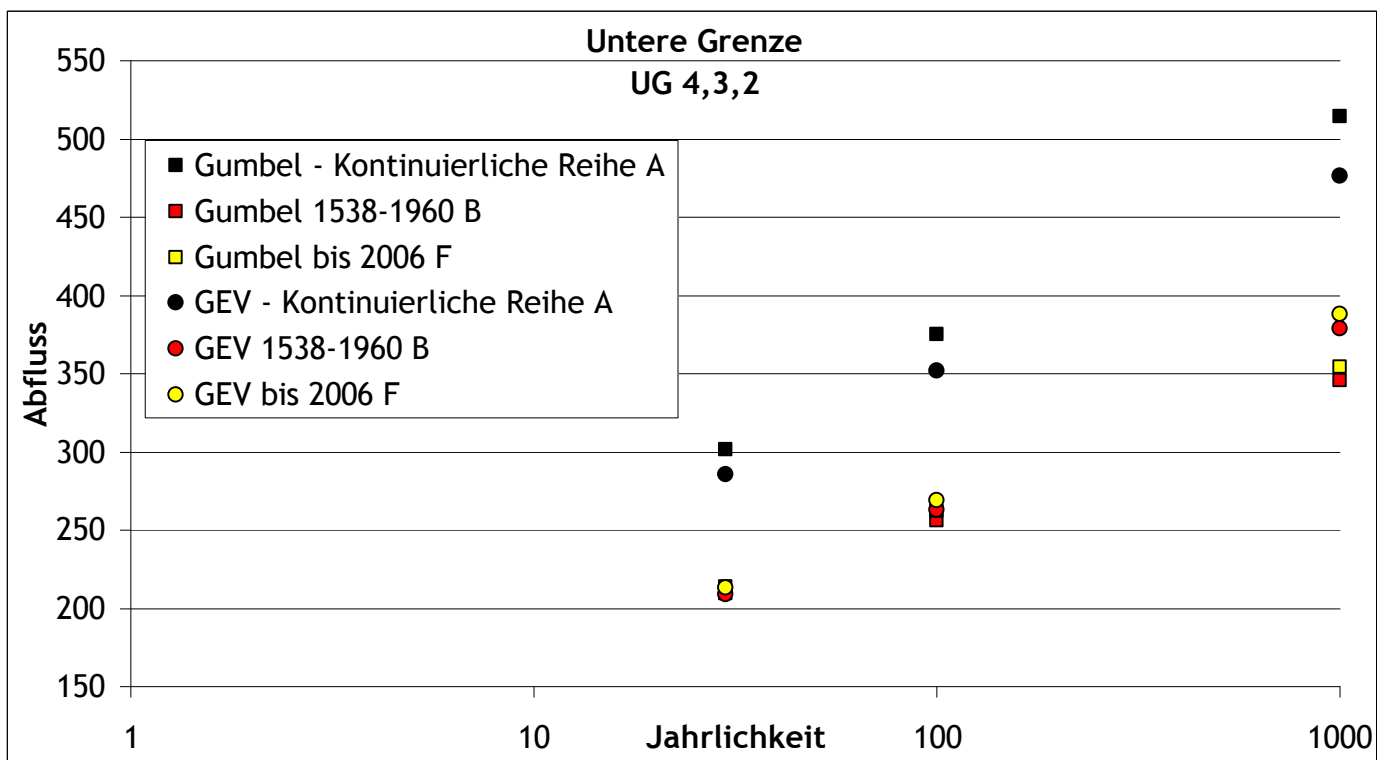


Abbildung 21: Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei UG 4,3,2

Abweichungen bei den Ergebnissen bei HQ_{30}

In Tabellenform und als Abbildungen sind die Abweichungen von der Basisreihe gegeben. Diese von UG 4,3,2 sind ca. zwei Mal größer als alle andere. Aus Sicherheitsgründe so niedrige Abflüsse sind nicht empfehlenswert zur Bemessung von Bauwerken.

Tabelle 8. Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ_{30} gegeben in Prozente und m^3/s

HQ_{30}		OG 4,3	UG 4,3	OG 4,3,2	UG 4,3,2	OG 4,3,2,1
Gumbel alle B	%	9.83	18.27	14.27	30.62	-
	m^3/s	29.65	55.12	43.07	92.40	-
Gumbel ohne 1897-1902 C	%	10.53	20.36	16.42	34.66	-
	m^3/s	31.79	61.43	49.54	104.58	-
Gumbel ohne 1538 D	%	7.96	16.14	11.57	25.99	-
	m^3/s	24.01	48.70	34.92	78.43	-
Gumbel ohne 1538 und 1897-1902 E	%	9.17	18.15	13.07	30.57	-
	m^3/s	27.67	54.77	39.42	92.24	-
Gumbel 2006 F	%	8.19	16.21	11.64	29.14	-
	m^3/s	24.72	48.91	35.13	87.92	-
Gumbel G, OG 4,3,2,1	%	-	-	-	-	21.29
	m^3/s	-	-	-	-	64.23
GEV alle B	%	10.89	20.60	15.50	30.83	-
	m^3/s	16.96	46.28	30.87	77.13	-
GEV ohne 1897-1902 C	%	12.84	23.37	17.93	34.92	-
	m^3/s	22.86	54.61	38.21	89.48	-
GEV ohne 1538 D	%	9.32	18.62	13.06	26.49	-
	m^3/s	12.25	40.30	23.51	64.05	-
GEV ohne 1538 und 1897-1902 E	%	11.83	21.47	14.97	31.25	-
	m^3/s	19.80	48.89	29.28	78.42	-
GEV 2006 F	%	10.03	17.88	12.95	29.35	-
	m^3/s	14.37	38.06	23.19	72.67	-
GEV G, OG 4,3,2,1	%	-	-	-	-	21.60
	m^3/s	-	-	-	-	49.28

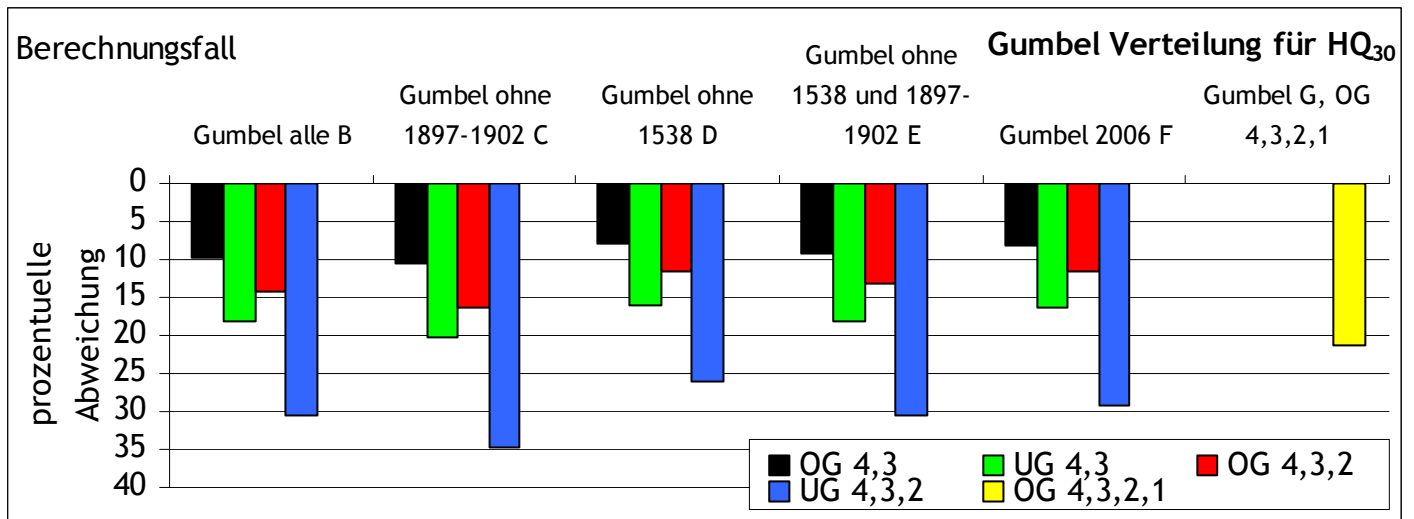


Abbildung 22. Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ₃₀ bei Gumbel Verteilung gegeben in Prozente

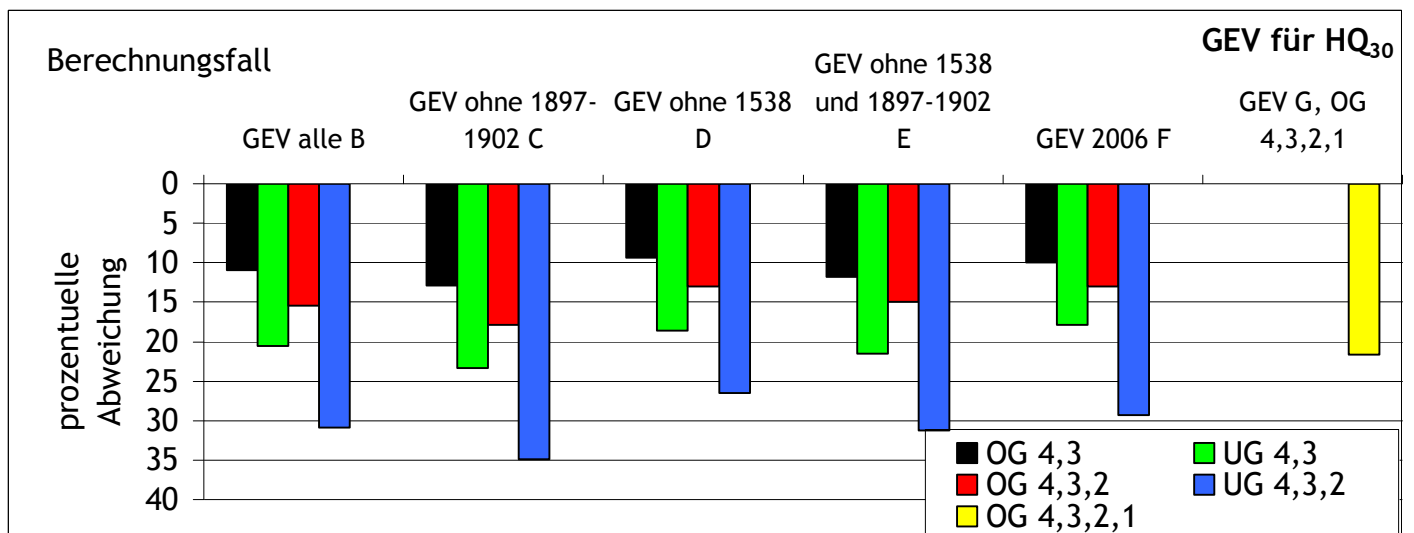


Abbildung 23. Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ₃₀ bei GEV gegeben in Prozente

Abweichungen bei den Ergebnissen bei HQ_{100}

Noch einmal sind die Ereignisse homogen und die Abweichungen bei UG 4,3,2 sehr groß, aber bei HQ_{100} bei GEV sind auch die Werte der Abweichungen von UG 4,3 zu hoch. Leicht zu merken ist auch, dass GEV gibt kleinere Abflüsse als Gumbel.

Tabelle 9. Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ_{100} gegeben in Prozente und m^3/s

HQ_{100}		OG 4,3	UG 4,3	OG 4,3,2	UG 4,3,2	OG 4,3,2,1
Gumbel alle B	%	10.73	19.55	15.21	31.68	-
	m^3/s	40.25	73.37	57.07	118.89	-
Gumbel ohne 1897-1902 C	%	11.91	22.22	17.91	36.39	-
	m^3/s	44.71	83.36	67.21	136.55	-
Gumbel ohne 1538 D	%	8.74	17.31	12.37	26.81	-
	m^3/s	32.81	64.95	46.40	100.60	-
Gumbel ohne 1538 und 1897-1902 E	%	10.47	19.91	14.39	32.10	-
	m^3/s	39.30	74.69	53.99	120.45	-
Gumbel 2006 F	%	8.97	17.32	12.42	30.12	-
	m^3/s	33.65	64.97	46.62	113.04	-
Gumbel G, OG 4,3,2,1	%	-	-	-	-	21.59
	m^3/s	-	-	-	-	81.00
GEV alle B	%	11.69	24.32	16.83	29.91	-
	m^3/s	20.65	68.05	39.95	89.01	-
GEV ohne 1897-1902 C	%	16.52	28.54	20.53	35.70	-
	m^3/s	38.77	83.87	53.82	110.77	-
GEV ohne 1538 D	%	10.04	22.07	14.18	25.44	-
	m^3/s	14.48	59.63	30.00	72.25	-
GEV ohne 1538 und 1897-1902 E	%	15.56	26.65	17.59	32.01	-
	m^3/s	35.20	76.80	42.79	96.92	-
GEV 2006 F	%	12.23	20.33	14.23	28.29	-
	m^3/s	22.70	53.08	30.19	82.97	-
GEV G, OG 4,3,2,1	%	-	-	-	-	18.14
	m^3/s	-	-	-	-	44.86

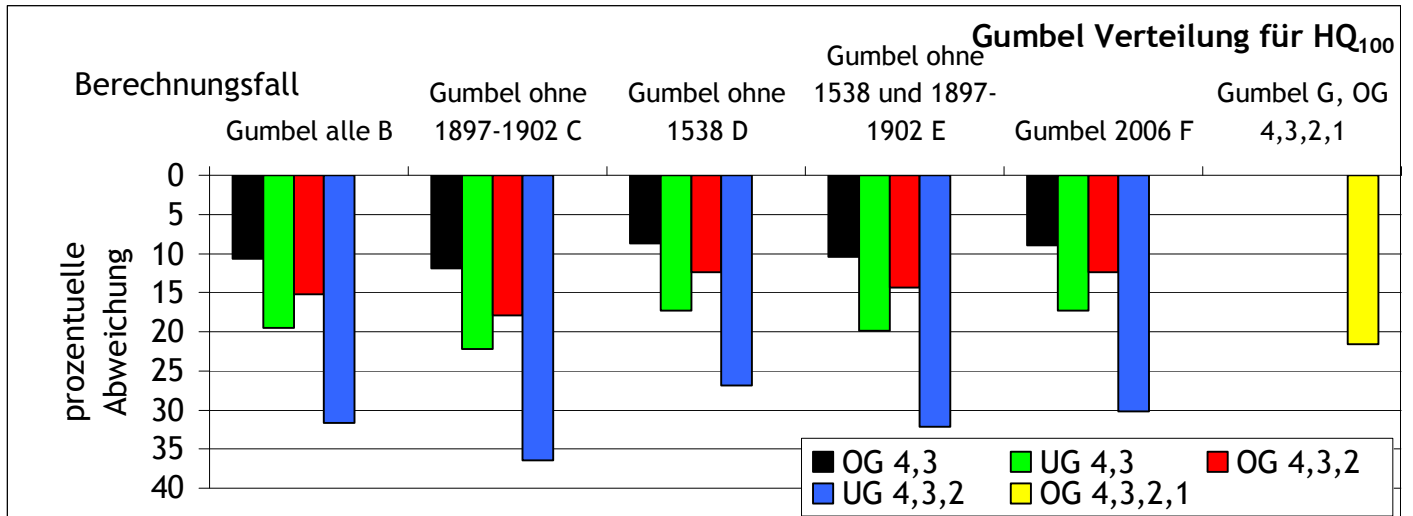


Abbildung 24. Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ₁₀₀ bei Gumbel Verteilung gegeben in Prozente

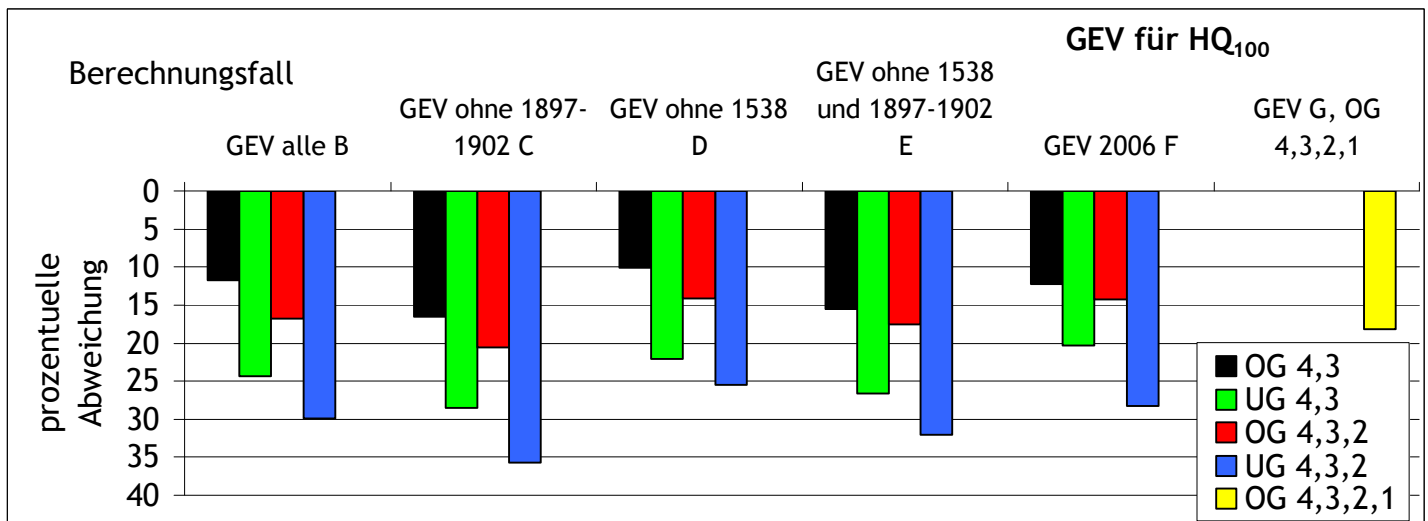


Abbildung 25. Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ₁₀₀ bei GEV gegeben in Prozente

Abweichungen bei den Ergebnissen bei HQ_{1000}

Die Abweichungen kontinuierlich steigen, nur bei OG 4,3,2,1 GEV ist das nicht so. Bei GEV UG 4,3 sind sie sogar höher als bei UG 4,3,2, ohne bei der Einbeziehung von jüngeren Ereignissen nach 1960. Hier ist gut zu sehen, dass bei Berechnungsfälle C und E sind die Abflüsse viel kleiner als bei anderen, wegen die Mangel von den Spitzenwerten in Zeitspanne 1897 - 1903.

Tabelle 10. Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ_{1000} gegeben in Prozente und m^3/s

HQ_{1000}		OG 4,3	UG 4,3	OG 4,3,2	UG 4,3,2	OG 4,3,2,1
Gumbel alle B	%	11.73	20.98	16.25	32.86	-
	m^3/s	60.37	108.00	83.62	169.16	-
Gumbel ohne 1897-1902 C	%	13.45	24.28	19.58	38.32	-
	m^3/s	69.22	124.97	100.76	197.23	-
Gumbel ohne 1538 D	%	9.62	18.61	13.25	27.72	-
	m^3/s	49.52	95.76	68.18	142.67	-
Gumbel ohne 1538 und 1897-1902 E	%	11.92	21.86	15.86	33.80	-
	m^3/s	61.36	112.50	81.63	173.97	-
Gumbel 2006 F	%	9.83	18.55	13.29	31.22	-
	m^3/s	50.59	95.46	68.43	160.71	-
Gumbel G, OG 4,3,2,1	%	-	-	-	-	21.92
	m^3/s	-	-	-	-	112.83
GEV alle B	%	12.33	30.34	18.57	26.44	-
	m^3/s	24.84	117.55	56.98	97.45	-
GEV ohne 1897-1902 C	%	22.42	36.64	24.31	35.45	-
	m^3/s	76.79	149.99	86.52	143.87	-
GEV ohne 1538 D	%	10.59	27.69	15.58	21.95	-
	m^3/s	15.88	103.90	41.57	74.37	-
GEV ohne 1538 und 1897-1902 E	%	21.62	34.84	21.53	31.90	-
	m^3/s	72.65	140.69	72.18	125.56	-
GEV 2006 F	%	15.85	24.15	16.00	24.61	-
	m^3/s	42.98	85.66	43.71	88.03	-
GEV G, OG 4,3,2,1	%	-	-	-	-	9.28
	m^3/s	-	-	-	-	9.16

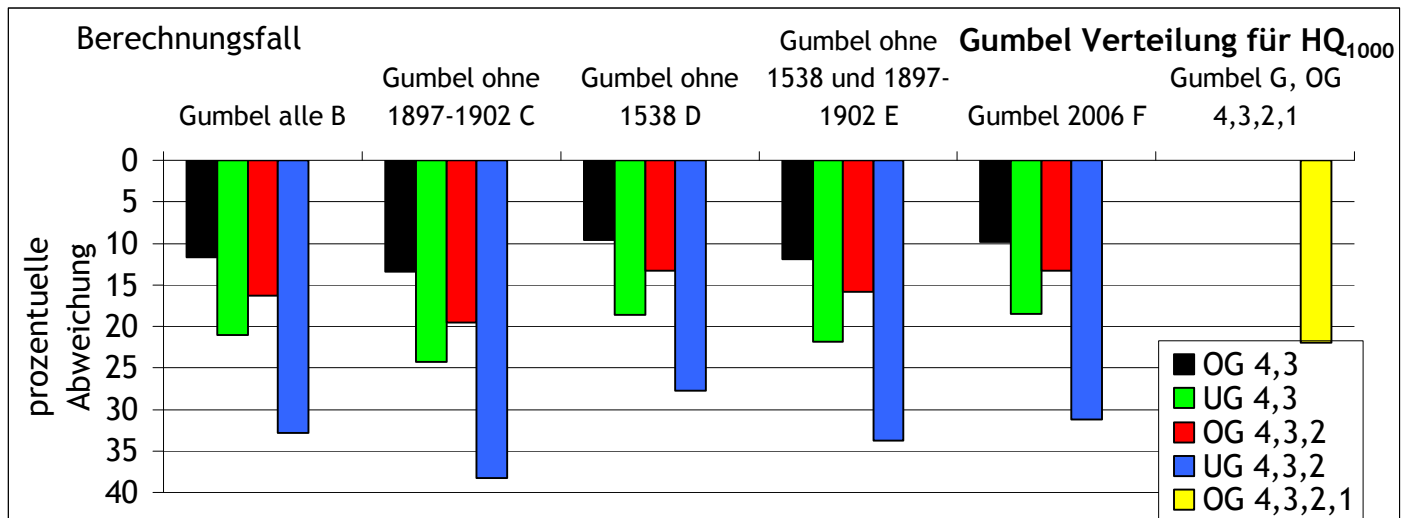


Abbildung 26. Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ₁₀₀₀ bei Gumbel Verteilung gegeben in Prozente

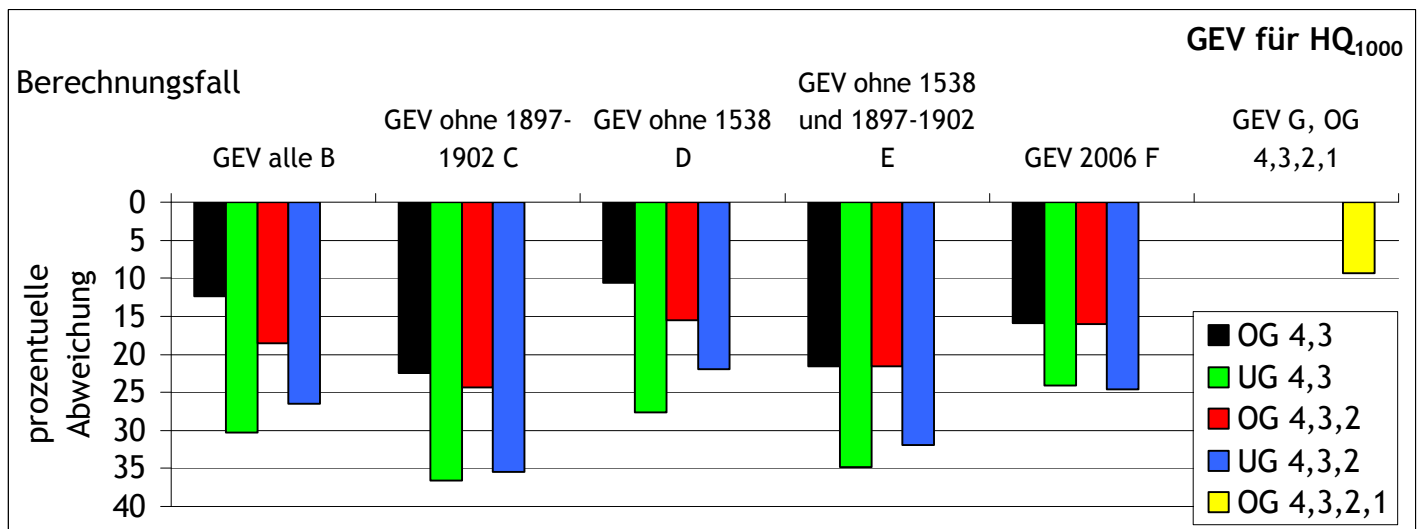


Abbildung 27. Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ₁₀₀₀ bei GEV gegeben in Prozente

Für Bauingenieurmaßnahmen ist es sinnvoll diese Abweichungen nicht nur als Durchflusswerte oder Änderungen des Durchflusses in Prozente anzugeben, sondern besonders auch die Änderung der Wasserspiegelshöhe im Profil. Auf Basis der Schlüsselkurve des Pegels Scheibbs zeigt sich, dass eine Wasserspiegelsenkung bis zu 1 Meter durch die Einbeziehung historischer Hochwasserereignisse erwartet wird. Sie hängt von der Verteilungsfunktion und

Auftretenwahrscheinlichkeit und zwar bei Gumbel - Verteilung ist diese Schwankung größer, sowie bei höherer Jährlichkeit.

In Abbildung 28 sind die Plotting Positions von den historischen Hochwasserereignissen mit Spitzenwerten für die Hochwasserklassen 4, 3 und 2 dargestellt. Hier wird noch einmal deutlich, dass die Wahrscheinlichkeit von seltenen Hochwässern bei Betrachten der kontinuierlichen Reihe allein höher ist als bei der Betrachtung unter Mitberücksichtigung der historischen Hochwasserereignisse ist, aufgrund der Situation, dass die kontinuierliche (Basis)reihe innerhalb weniger Jahre mehrere außerordentlich große Ereignisse enthält.

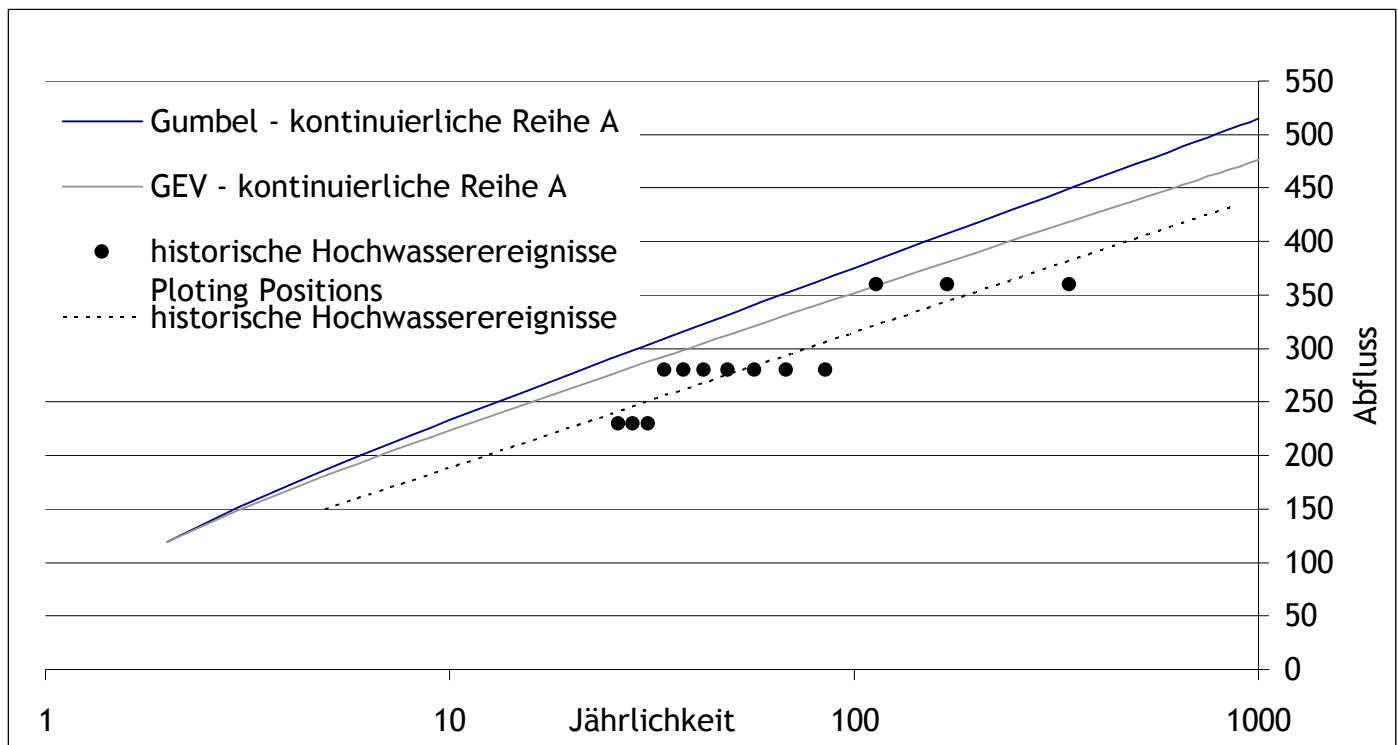


Abbildung 28. Vergleich zwischen historische Hochwasserereignisse und kontinuierliche Reihe

5.2 Basisdatensatz verkürzt 1904 - 1960, 2.Fall H, I, J

Die Berechnungen werden hier in ähnlicher Form wie im Kap. 5.1 durchgeführt und die Resultate verglichen. In den folgenden Abbildungen sind diese von Berechnungsfällen H, I und J mit diesen von A, B und D verglichen. Weil 2. Fall nur eine theoretische Annahme ist, sind hier keine detaillierte Berechnungen und nur die drei wesentlichen Berechnungsfälle in Gegenüberstellung zu 1. Fall dargestellt.

5.2.1 Gegenüberstellung der Ergebnisse vom 2. Fall mit den entsprechenden vom 1. Fall

Die folgenden Abbildungen zeigen, dass sich von der Basisreihe von 2. Fall geringere Wahrscheinlichkeit bei gleichem Hochwasserscheitel ergibt. Bei HQ_{1000} ist diese Differenz 90 m^3/s und umgelegt auf den Wasserspiegel mittels der Schlüsselkurve des Pegels Scheibbs bedeutet das einer bis zu einer halben Meter großen Absenkung des Wasserstandes. Im Fall des $HQ_{100} - 60 m^3/s$ bedeutet der Unterschied immerhin 35 cm Absenkung der Wasserspiegellage. Immer wieder sind die Abflüsse bei der Basisreihe von dem 1. Fall am größten. Bei oberen Grenzen OG 4,3 und OG 4,3,2 umhüllen die Basisreihenergebnisse aller anderen Berechnungsfälle, weil es in der Basisreihe von dem 2. Fall nicht viele große Ereignisse gibt. Bei der unteren Grenzen bei Gumbel Verteilung ist es aber anders: Abflüsse von der Basisreihe 1. Fall sind am höchsten, dann diese von der Basisreihe 2. Fall und dann alle diese von allen anderen. Das ist so bei unteren Grenzen, wobei man mit niedrigen Werten für die Spitzenabflüsse von den historischen Hochwasserereignissen rechnet. Nur bei GEV bei UG 4,3 und UG 4,3,2 ist zu merken, dass die Ergebnisse vom Berechnungsfall I bei HQ_{30} und HQ_{100} kleiner als diese von Basisreihe von 2. Fall, die bei HQ_{1000} schon am kleinsten sind. D.h. die Verteilungsfunktionskurve von der kontinuierlichen Reihe von 2. Fall ist flacher als die anderen - so eine Besonderheit von GEV bei dem Mangel von extremen Werten.

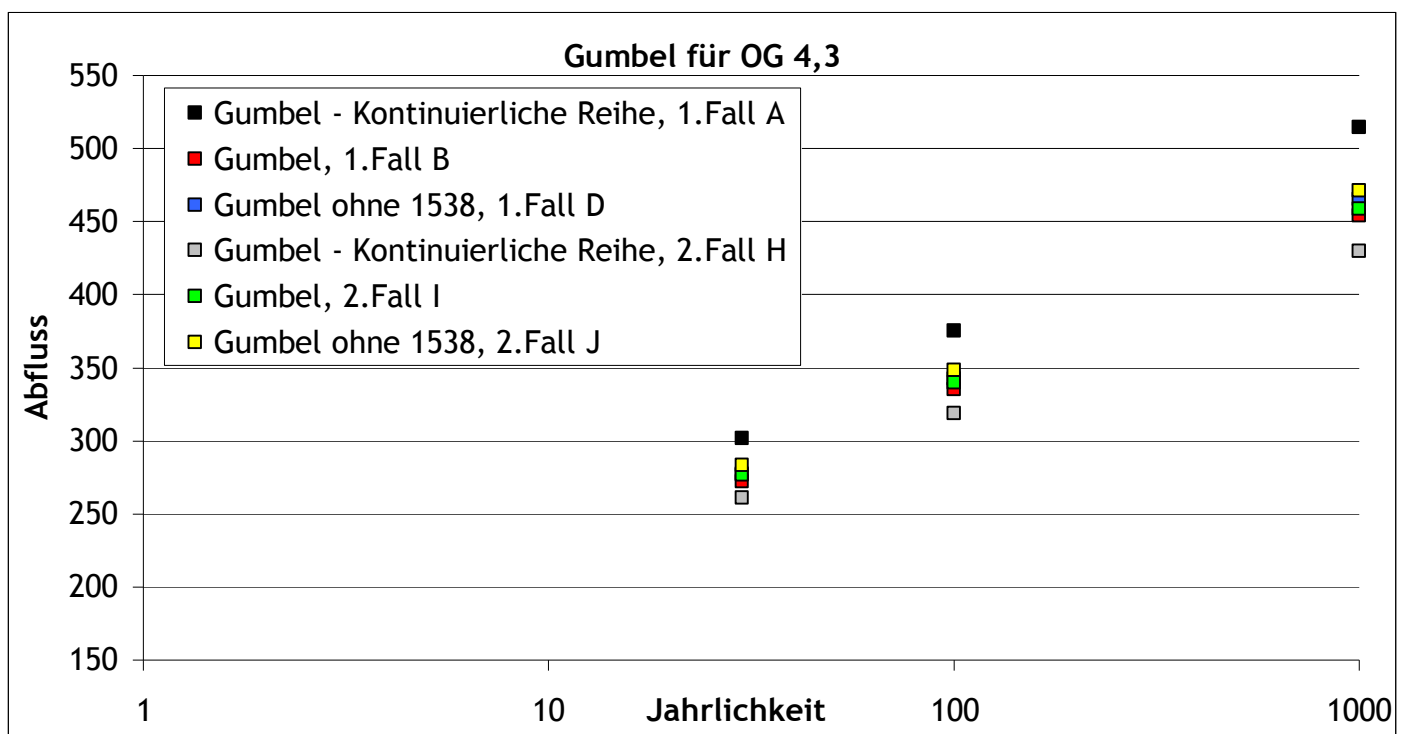


Abbildung 29. Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei OG 4,3 für Gumbel Verteilung

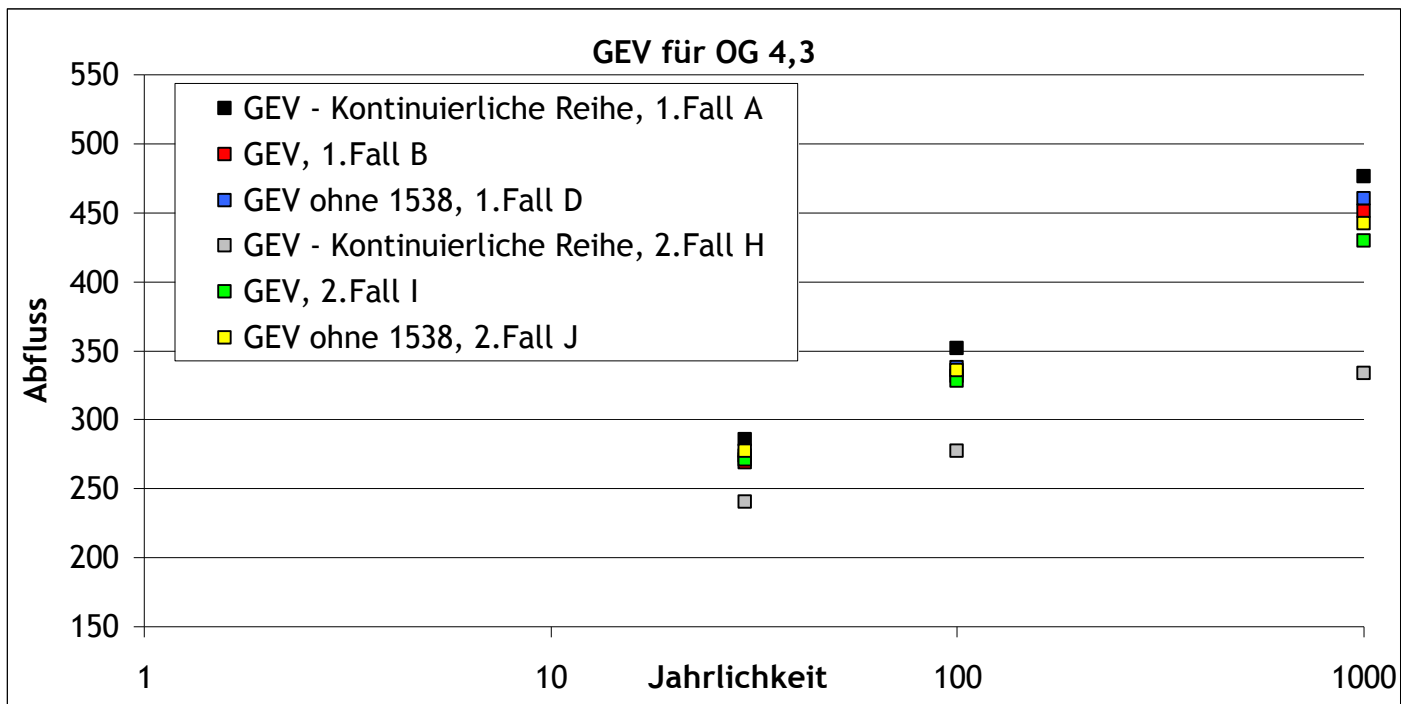


Abbildung 30. Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei OG 4,3 für GEV

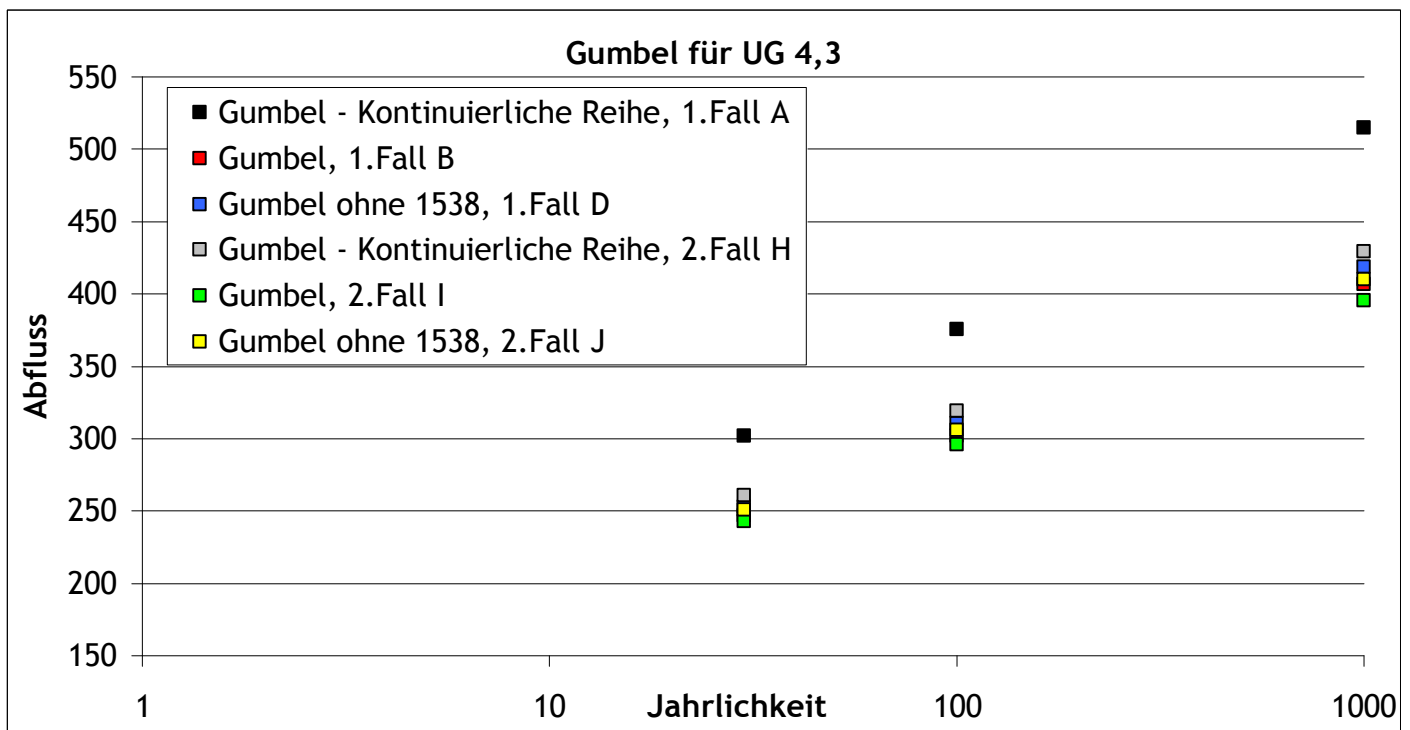


Abbildung 31. Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei UG 4,3 für Gumbel Verteilung

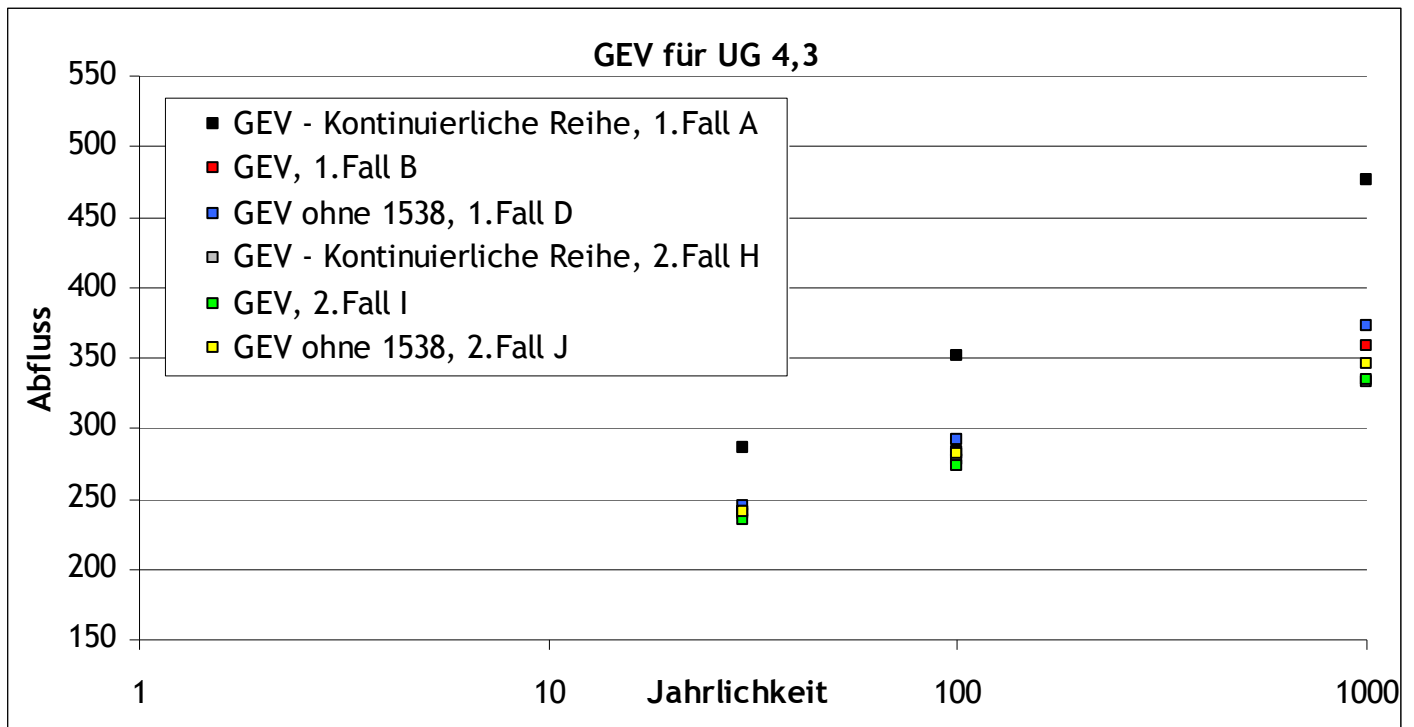


Abbildung 32. Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei UG 4,3 für GEV

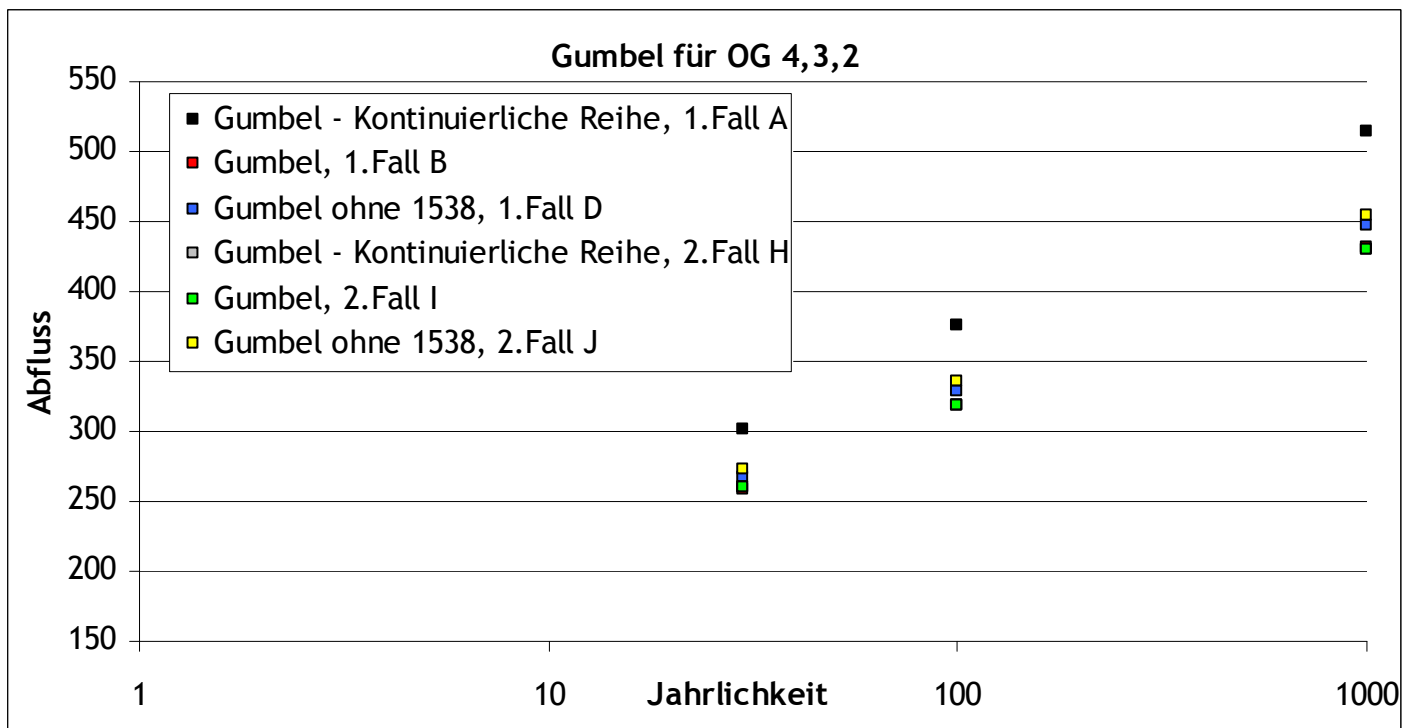


Abbildung 33. Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei OG 4,3,2 für Gumbel Verteilung

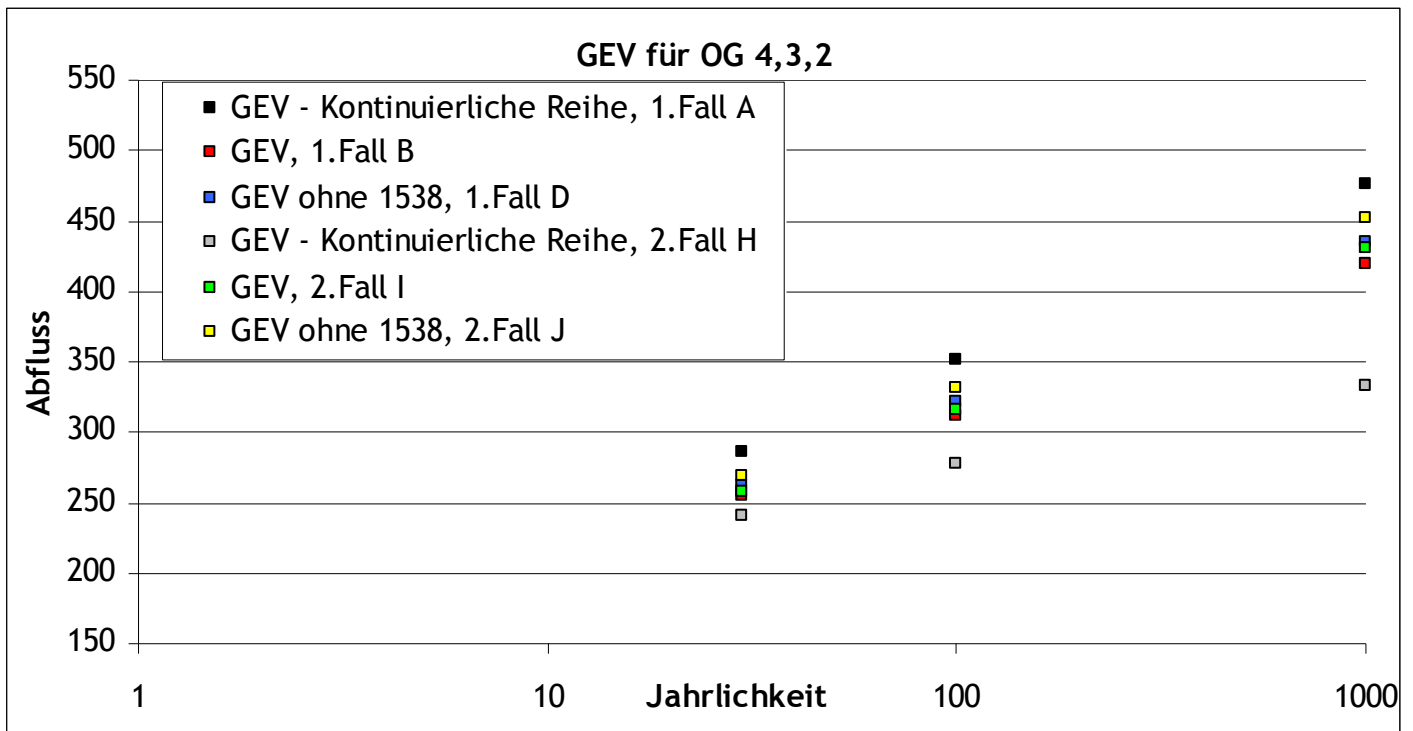


Abbildung 34. Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei OG 4,3,2 für GEV

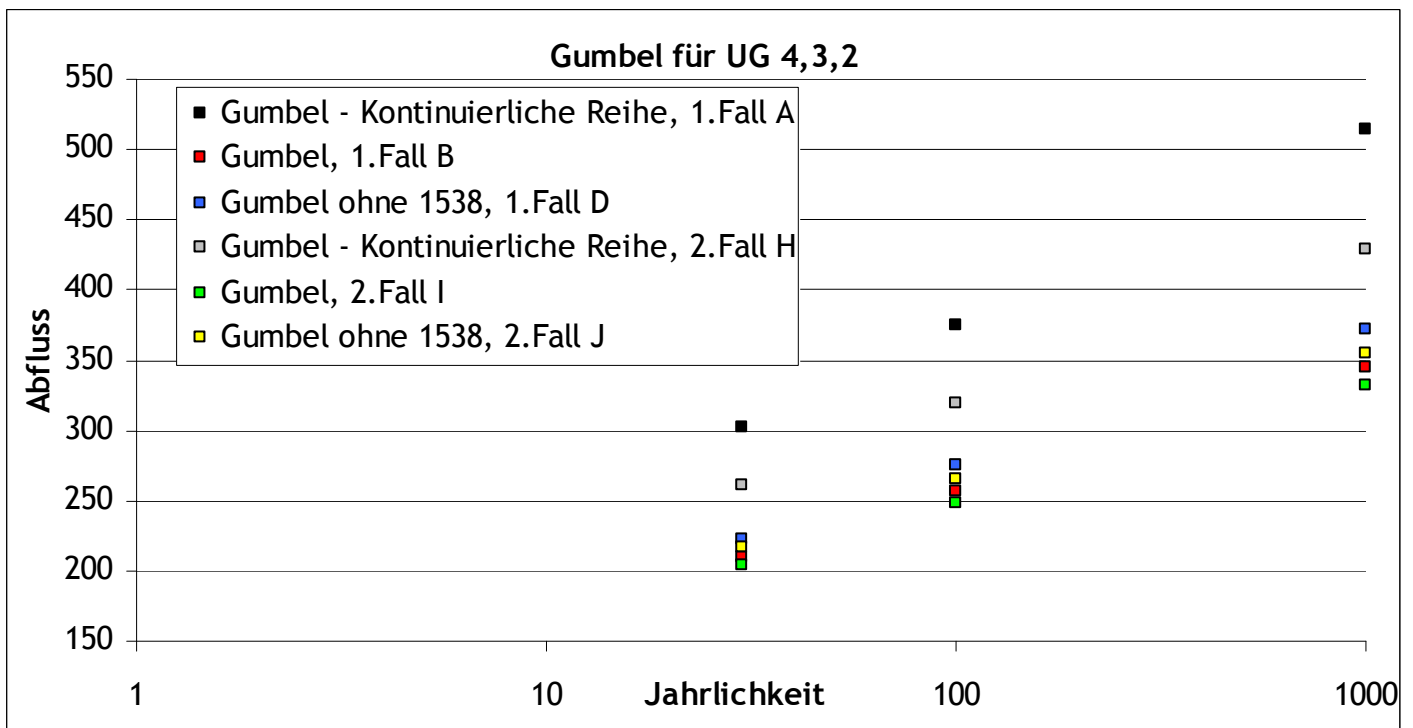


Abbildung 35. Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei UG 4,3,2 für Gumbel Verteilung

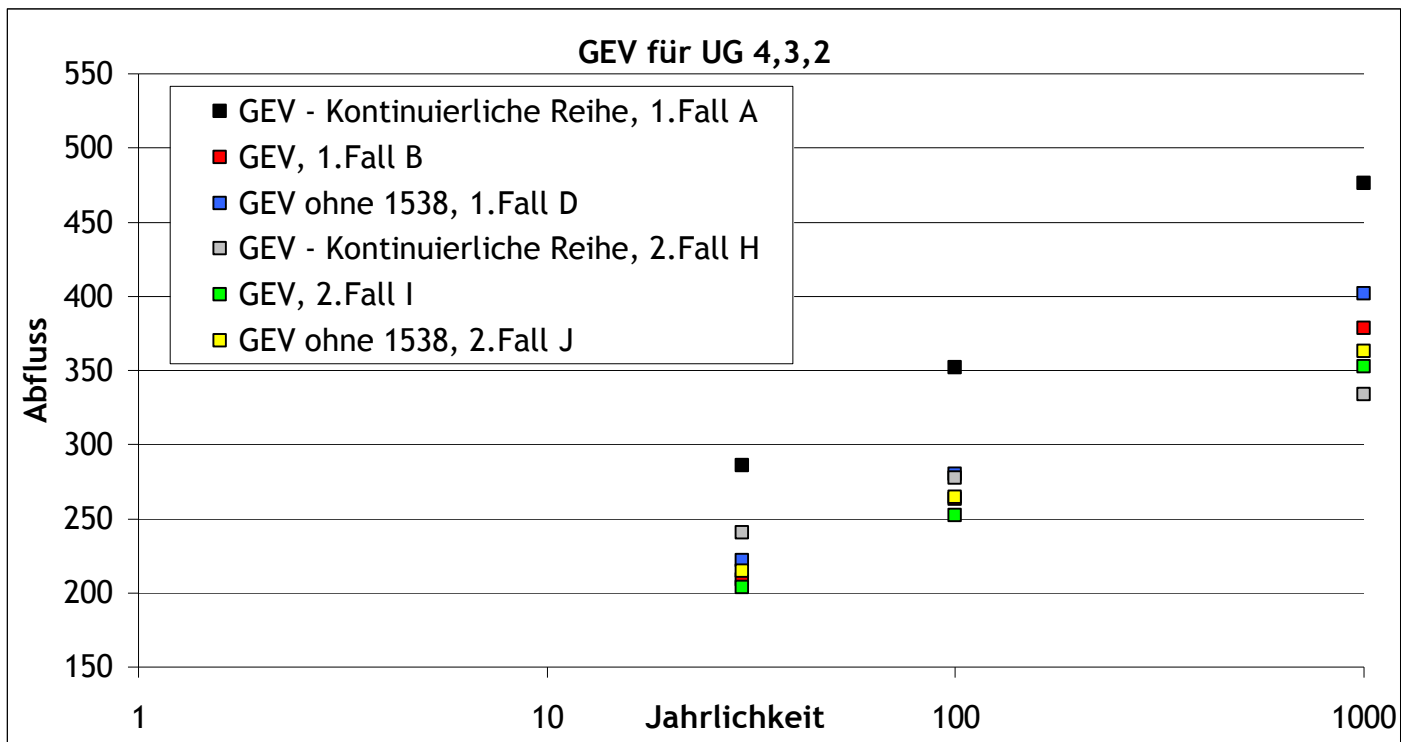


Abbildung 36. Vergleich von HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{1000} bei verschiedenen Berechnungsfällen bei UG 4,3,2 für GEV

5.3 Gegenüberstellung und Diskussion aller Ergebnisse

Statistische Parameter 1. Fall

Tabelle 11: Statistische Parameter der Basisreihe 1. Fall

Median	112
Mittelwert	132
Standartabweichung	72.32
Varianz	5229.76
Schiefte	1.04
Exzess (Wölbung)	0.94

Die Verteilung ist rechtsschief und zwar sind die Werte, die kleiner sind als der Mittelwert, häufiger zu beobachten, so dass sich der Gipfel (Modus) links vom Mittelwert befindet. Also der rechte Teil des Graphs ist flacher als der linke. Es handelt sich hierbei um im Vergleich zur Normalverteilung spitzere Verteilung mit hoher Varianz.

Statistische Parameter 2. Fall (1904 - 1960)

Tabelle 12: Statistische Parameter der Basisreihe 2. Fall

Median	112
Mittelwert	124,88
Standartabweichung	56,90
Varianz	3237,82
Schiefte	0,51
Exzess (Wölbung)	-0,74

Der Mittelwert und die Standartabweichung sind ein bisschen niedriger in diesem Fall, wegen dem Mangel der drei Spitzenwerte. Im Vergleich zur Normalverteilung ist Verteilung abgeflacht mit nicht so hoher Varianz als bei 1. Fall.

Abweichungen bei den Ergebnissen bei HQ_{30}

Auf 1. Fall bezogene Abweichungen

Bei GEV und bei oberen Grenzen von Gumbel sind die Abflüsse von 1. Fall ein bisschen kleiner als bei 2. Fall und bei unteren Grenzen ist das umgekehrt, weil man niedrigen Werten für die drei Spitzenabflüsse benutzt. Interessant ist, dass UG 4,3,2 sehr starke Abweichungen bei allen Berechnungsfällen gibt und die Abflussergebnisse zu niedrig sind.

Tabelle 13. Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ_{30} gegeben in Prozenste und m^3/s , auf kontinuierliche Reihe von 1. Fall bezogen

HQ_{30}		OG 4,3	UG 4,3	OG 4,3,2	UG 4,3,2
Gumbel alle, 1. Fall B	%	9.83	18.27	14.27	30.62
	m^3/s	29.65	55.12	43.07	92.40
Gumbel ohne 1538, 1. Fall D	%	7.96	16.14	11.57	25.99
	m^3/s	24.01	48.70	34.92	78.43
Gumbel alle, 2. Fall I	%	8.33	19.42	13.90	32.20
	m^3/s	25.12	58.58	41.93	97.14
Gumbel ohne 1538, 2. Fall J	%	6.18	16.82	9.69	27.99
	m^3/s	18.64	50.76	29.22	84.44
GEV alle, 1. Fall B	%	10.89	20.60	15.50	30.83
	m^3/s	16.96	46.28	30.87	77.13
GEV ohne 1538, 1. Fall D	%	9.32	18.62	13.06	26.49
	m^3/s	12.25	40.30	23.51	64.05
GEV alle, 2. Fall I	%	5.09	17.98	10.04	28.77
	m^3/s	14.56	51.38	28.69	82.22
GEV ohne 1538, 2. Fall J	%	3.09	15.54	5.97	24.79
	m^3/s	8.82	44.41	17.06	70.85

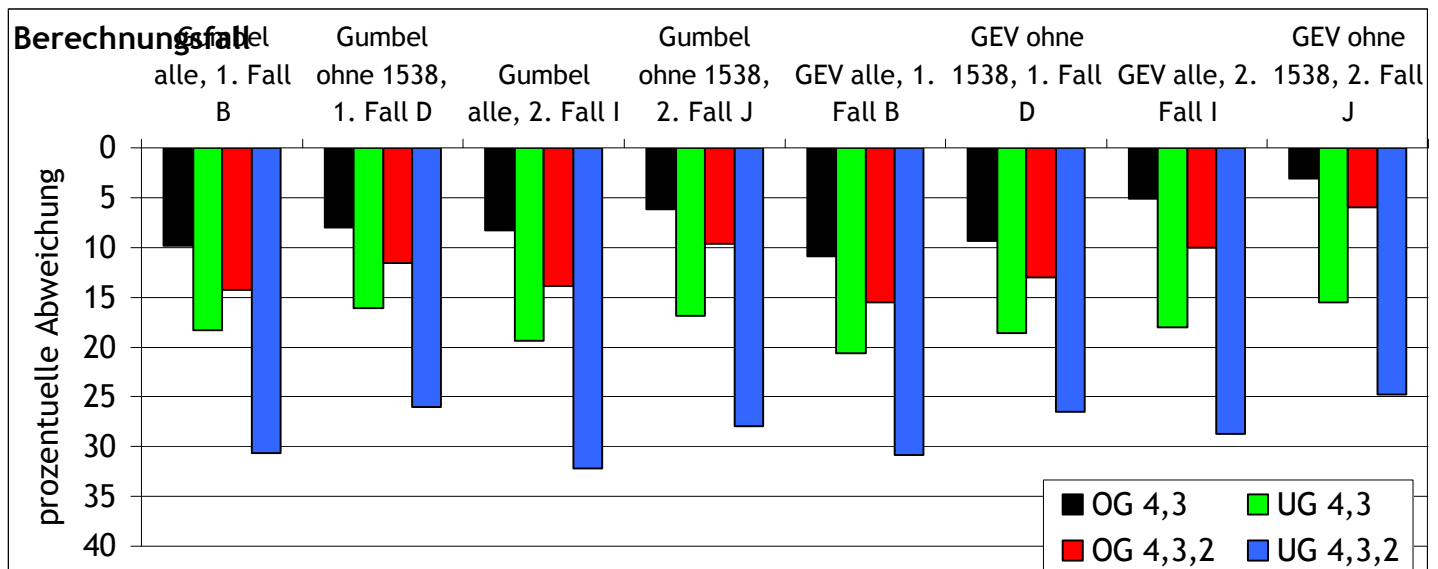


Abbildung 37. GEV und Gumbel Verteilung für HQ_{30} auf kontinuierliche Reihe von 1. Fall bezogen

Auf 2. Fall bezogene Abweichungen

Die Abflüsse, die sich von GEV ergeben, sind in allen Berechnungsfällen größer als diese von Gumbel bei selben Wahrscheinlichkeiten. Auch die Verkürzung von der Zeitspanne beim Berechnungsfall J zeigt kleinere Jährlichkeiten als bei I. Die Größenordnung von den Ergebnissen ist wie folgt: OG 4,3, OG 4,3,2, UG 4,3 und UG 4,3,2, die sehr kleine Werte zeigt besonders bei Gumbel Verteilung bei Berechnungsfall I. Die Abweichungen von der Basisreihe sind nicht klein, besonders bei Gumbel I: 50 m³/s sind ca. 40 cm Wasserstand. Das macht die untere Grenze UG 4,3,2 unvertrauend, weil die Resultate, die sie zeigt, zu niedrig liegen.

Tabelle 14. Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ₃₀ gegeben in Prozente und m³/s, auf kontinuierliche Reihe von 2. Fall bezogen

HQ ₃₀		OG 4,3	UG 4,3	OG 4,3,2	UG 4,3,2
Gumbel alle, 2. Fall I	%	6.11	6.73	0.34	21.52
	m ³ /s	15.92	17.54	0.89	56.10
Gumbel ohne 1538, 2. Fall J	%	8.60	3.73	4.53	16.65
	m ³ /s	22.41	9.71	11.82	43.40
GEV alle, 2. Fall I	%	12.80	2.51	6.92	15.34
	m ³ /s	30.78	6.04	16.65	36.88
GEV ohne 1538, 2. Fall J	%	15.19	0.39	11.76	10.61
	m ³ /s	36.52	0.93	28.28	25.51

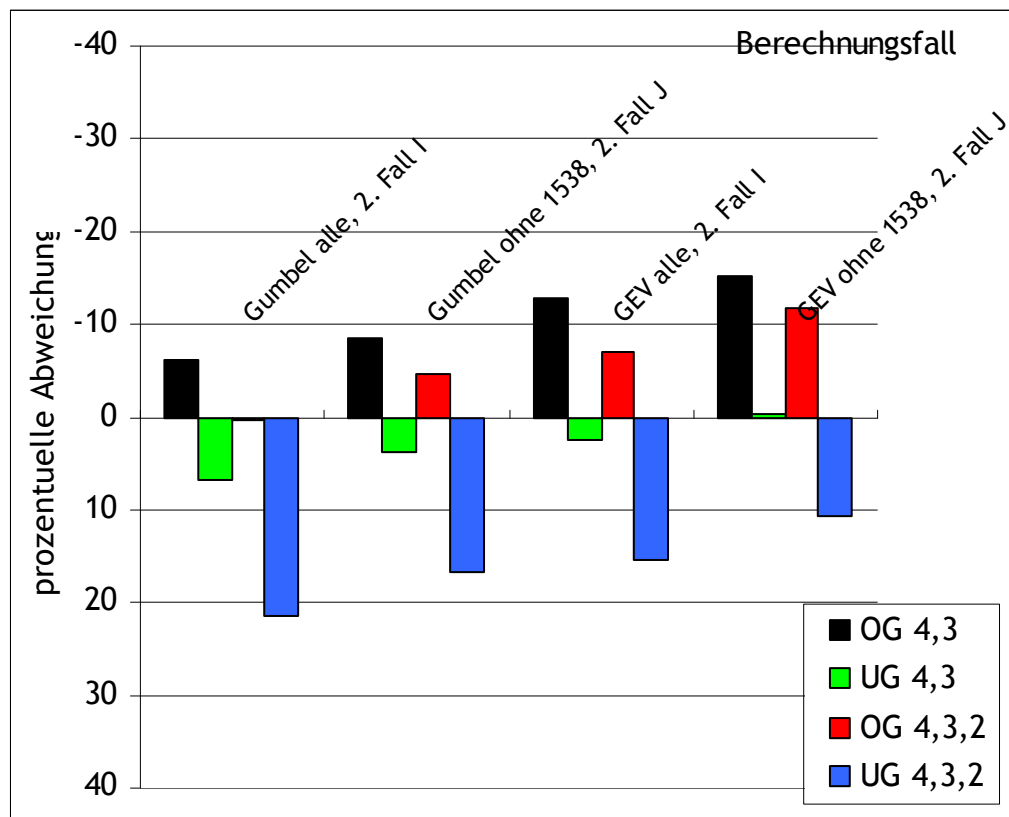


Abbildung 38. GEV und Gumbel Verteilung für HQ₃₀ auf kontinuierliche Reihe von 2. Fall bezogen

Bemerkung: Negativer Zeichen zeigt, dass der Wert größer als diesem in der kontinuierlichen Reihe ist.

Abweichungen bei den Ergebnissen bei HQ₁₀₀

Auf 1. Fall bezogene Abweichungen

Bei HQ₁₀₀ ist es schon klar zu merken, dass die Differenz zwischen oberen und unteren Grenzen größer bei 2. Fall ist. Das kann man stark bei GEV merken und besonders bei Berechnungsfall J. Das ist zu erklären durch das Fehlen von die extreme Hochwasserereignisse und deren Annehmen als „historisch“ mit entsprechenden Werten. Bei Berechnungsfall J spielt die Verkürzung der Zeitspanne eine Rolle.

Tabelle 15. Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ_{100} gegeben in Prozente und m^3/s , auf kontinuierliche Reihe von 1. Fall bezogen

HQ_{100}		OG 4,3	UG 4,3	OG 4,3,2	UG 4,3,2
Gumbel alle, 1. Fall B	%	10.73	19.55	15.21	31.68
	m^3/s	40.25	73.37	57.07	118.89
Gumbel ohne 1538, 1. Fall D	%	8.74	17.31	12.37	26.81
	m^3/s	32.81	64.95	46.40	100.60
Gumbel alle, 2. Fall I	%	9.52	21.21	15.16	33.76
	m^3/s	35.72	79.59	56.89	126.69
Gumbel ohne 1538, 2. Fall J	%	7.23	18.50	10.71	29.41
	m^3/s	27.13	69.42	40.21	110.35
GEV alle, 1. Fall B	%	11.69	24.32	16.83	29.91
	m^3/s	20.65	68.05	39.95	89.01
GEV ohne 1538, 1. Fall D	%	10.04	22.07	14.18	25.44
	m^3/s	14.48	59.63	30.00	72.25
GEV alle, 2. Fall I	%	6.88	22.46	10.11	28.36
	m^3/s	24.23	79.07	35.60	99.84
GEV ohne 1538, 2. Fall J	%	4.62	19.95	5.86	24.84
	m^3/s	16.26	70.22	20.62	87.44

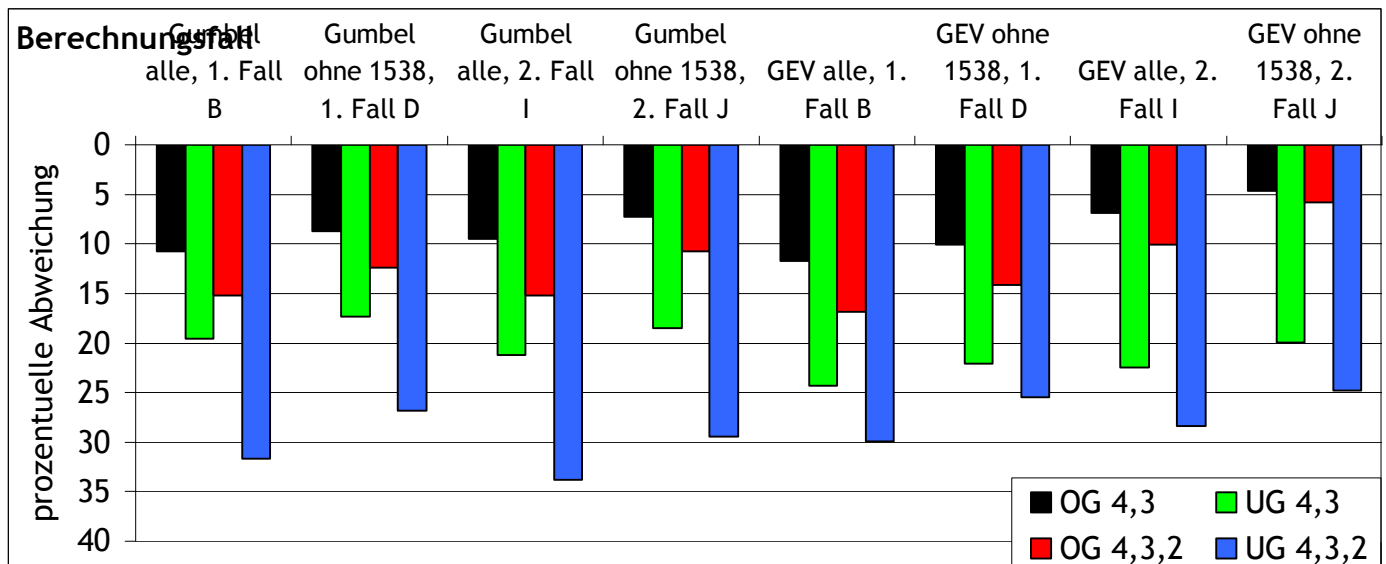


Abbildung 39. GEV und Gumbel Verteilung für HQ_{100} auf kontinuierliche Reihe von 1. Fall bezogen

Auf 2. Fall bezogene Abweichungen

Mit der Erhöhung der Jährlichkeit steigt der Unterschied zwischen GEV und Gumbel Verteilung. OG 4,3 und OG 4,3,2 sind schon fast gleich groß bei GEV, d.h. in diesem Fall der genauen Größenordnung von historischen Ereignissen keine wichtige Rolle spielt solange sie groß sind.

Tabelle 16. Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ_{100} gegeben in Prozente und m^3/s , auf kontinuierliche Reihe von 2. Fall bezogen

HQ_{100}		OG 4,3	UG 4,3	OG 4,3,2	UG 4,3,2
Gumbel alle, 2. Fall I	%	6.45	7.30	0.19	22.07
	m^3/s	20.58	23.30	0.59	70.40
Gumbel ohne 1538, 2. Fall J	%	9.14	4.12	5.04	16.95
	m^3/s	29.16	13.13	16.09	54.06
GEV alle, 2. Fall I	%	18.15	1.61	14.05	9.10
	m^3/s	50.36	4.48	38.99	25.25
GEV ohne 1538, 2. Fall J	%	21.03	1.58	19.46	4.63
	m^3/s	58.34	4.37	53.98	12.85

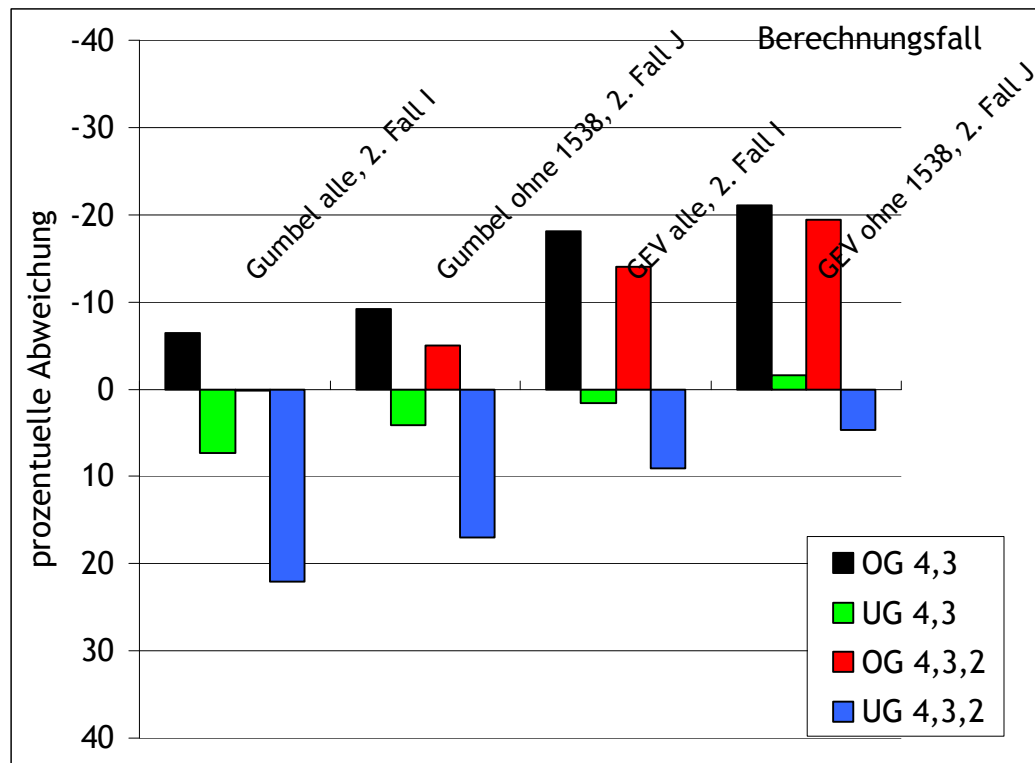


Abbildung 40. GEV und Gumbel Verteilung für HQ100 auf kontinuierliche Reihe von 2. Fall bezogen

Bemerkung: Negativer Zeichen zeigt, dass der Wert größer als diesem in der kontinuierlichen Reihe ist.

Abweichungen bei den Ergebnissen bei HQ₁₀₀₀

Auf 1. Fall bezogene Abweichungen

Noch empfindlicher wird der Unterschied zwischen oberen und unteren Grenzen. Bei HQ₁₀₀₀ verändert sich nicht viel in Zusammenhang von verschiedenen Berechnungsfällen: bei UG 4,3,2 D wird größer als J und B größer als I aber mit sehr wenig infolge die Empfindlichkeit der GEV Verteilung. Diese Unterschied ist sehr klein und die Ergebnisse von 1. Fall und 2. Fall bei UG fast zusammenstimmen. Bei GEV UG 4,3 wird kleiner als UG 4,3,2 - dieselbe Ursache. Basisreihe zeigt immer wieder den größten Werten, also die Einbeziehung historischen Hochwasserereignissen vergrößert das Wiederkehrintervall und wenn man auf sichere Seite mit seiner Dimensionierung sein will, soll man nicht Basisreihe benutzen, sondern eine andere, die für dieselben Abflüsse kleinere Jährlichkeit gibt.

Tabelle 17. Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ_{1000} gegeben in Prozente und m^3/s , auf kontinuierliche Reihe von 1. Fall bezogen

HQ_{1000}		OG 4,3	UG 4,3	OG 4,3,2	UG 4,3,2
Gumbel alle, 1. Fall B	%	11.73	20.98	16.25	32.86
	m^3/s	60.37	108.00	83.62	169.16
Gumbel ohne 1538, 1. Fall D	%	9.62	18.61	13.25	27.72
	m^3/s	49.52	95.76	68.18	142.67
Gumbel alle, 2. Fall I	%	10.84	23.21	16.56	35.51
	m^3/s	55.82	119.45	85.26	182.75
Gumbel ohne 1538, 2. Fall J	%	8.40	20.37	11.86	30.99
	m^3/s	43.26	104.83	61.04	159.51
GEV alle, 1. Fall B	%	12.33	30.34	18.57	26.44
	m^3/s	24.84	117.55	56.98	97.45
GEV ohne 1538, 1. Fall D	%	10.59	27.69	15.58	21.95
	m^3/s	15.88	103.90	41.57	74.37
GEV alle, 2. Fall I	%	9.81	29.80	9.36	25.99
	m^3/s	46.73	141.88	44.58	123.74
GEV ohne 1538, 2. Fall J	%	7.14	27.24	4.93	23.73
	m^3/s	33.99	129.71	23.49	112.97

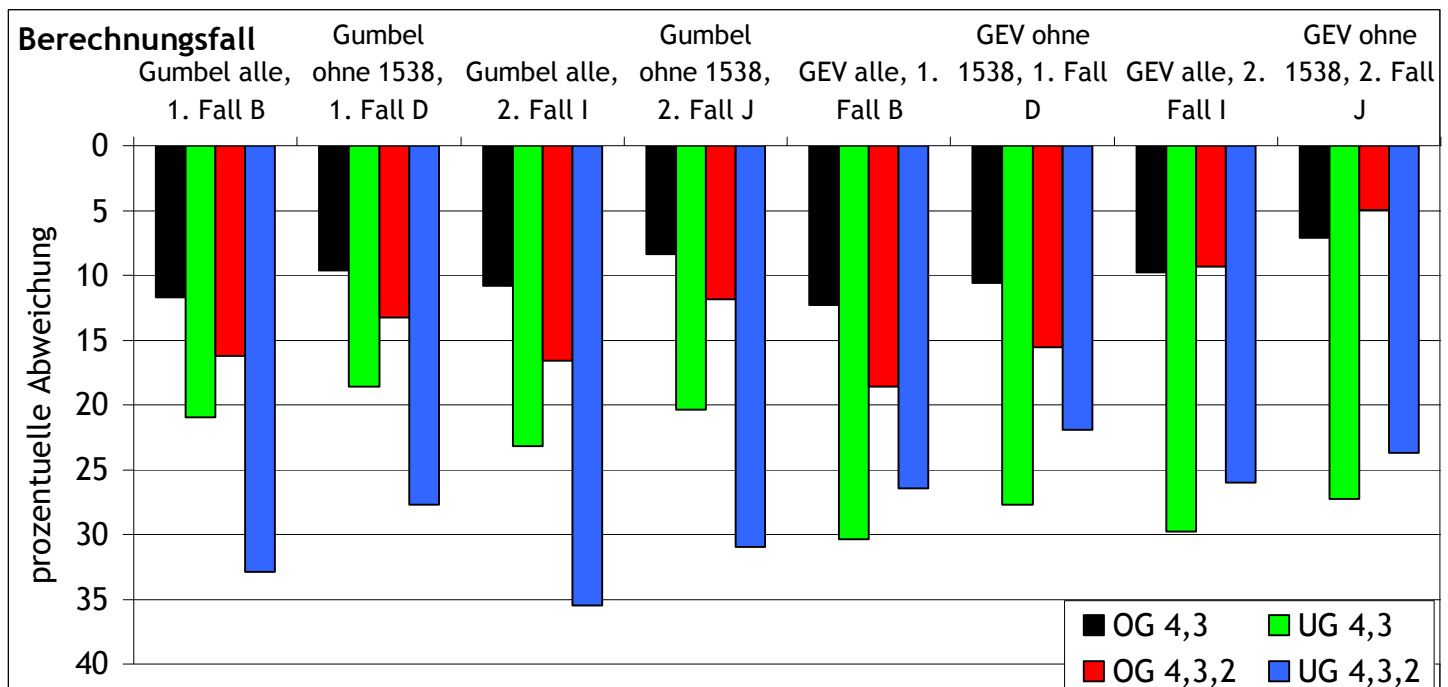


Abbildung 41. GEV und Gumbel Verteilung für HQ_{1000} auf kontinuierliche Reihe von 1. Fall bezogen

Auf 2. Fall bezogene Abweichungen

Immer mehr werden die Ereignisse von GEV größer als diese bei Gumbel.

An der nächste Abbildung kann man sehr gut sehen, dass UG 4,3 sehr „flach“ ist - der Berechnungsfall und die Verteilungsfunktion haben keinen großen Einfluss und das macht diese Berechnungsreihe stabil in Zusammenhang von der Basisreihe von 2. Fall.

Die Abflüsse sind bei oberen Grenzen fast immer größer als diese von der Basisreihe und das ist besonders erkennbar bei GEV - bis zu $120 \text{ m}^3/\text{s}$. Bei Gumbel I die Ereignisse fast zusammenstimmen mit diesen von der Basisreihe. Das kann erklären werden, damit Gumbel nicht so stark reagiert.

So kann man sagen, dass für HQ_{1000} die Unterschied zwischen Basisreihe und Resultate von verschiedenen Berechnungsfällen bis $100 \text{ m}^3/\text{s}$ in beiden Richtungen geht.

Tabelle 18. Unterschied zwischen Ergebnisse für HQ_{1000} gegeben in Prozente und m^3/s , auf kontinuierliche Reihe von 2. Fall bezogen

HQ_{1000}		OG 4,3	UG 4,3	OG 4,3,2	UG 4,3,2
Gumbel alle, 2. Fall I	%	6.85	7.97	0.01	22.71
	m^3/s	29.40	34.22	0.03	97.53
Gumbel ohne 1538, 2. Fall J	%	9.77	4.56	5.63	17.30
	m^3/s	41.97	19.60	24.18	74.29
GEV alle, 2. Fall I	%	28.74	0.21	29.38	5.64
	m^3/s	95.84	0.69	97.99	18.83
GEV ohne 1538, 2. Fall J	%	32.55	3.85	35.70	8.87
	m^3/s	108.57	12.86	119.08	29.60

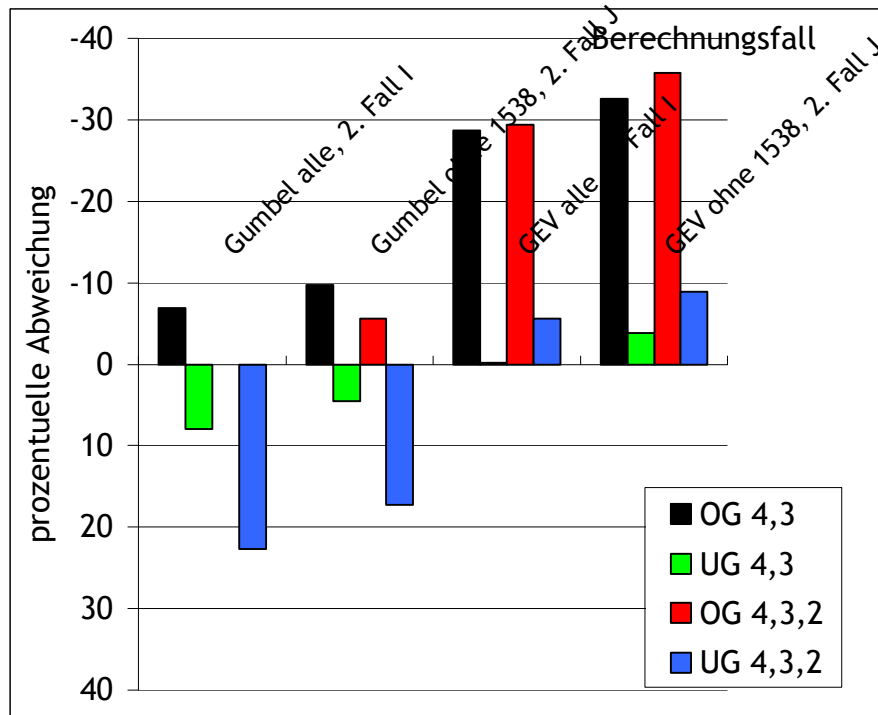


Abbildung 42. GEV und Gumbel Verteilung für HQ1000 auf kontinuierliche Reihe von 2. Fall bezogen

Bemerkung: Negativer Zeichen zeigt, dass der Wert größer als diesem in der kontinuierlichen Reihe ist.

6. Rekonstruktion der Größe (Größenordnung) ausgewählter historischer Ereignisse in Hinblick auf Niederschlag-Abflussmodellierung bzw. der hydraulischen Rekonstruktion

In dieser Diplomarbeit wird es notwendig eine Rekonstruktion durchzuführen, wegen die Unsicherheit bei der Einbeziehung historischer Hochwasserereignisse und zwar so bekommt man eine detaillierte Information über signifikante Hochwasserereignisse - Abflüsse in Stundenwerte oder Tageswerte, die sehr höher als Jahreswerte sein können. Das ist zur Dimensionierung sehr wichtig und deshalb kann nicht überspringen werden.

Niederschlag-Abfluss Modelle erfüllen in der Hydrologie die Funktion einer quantitativen Erfassung einzelner Abflußprozesse, um hydrologische oder hydraulische Aussagen machen zu können. Dazu wird beim Niederschlag - Abfluss Vorgang das Einzugsgebiet des Vorfluters als hydrologisches System betrachtet und der Prozess der Abflussbildung mit der Hilfe einer Systemfunktion (auch Übertragungsfunktion, Einheitsganglinie) simuliert. Die Abflussganglinie ist - neben dem Spitzenabfluss bzw. Scheitelwert des Abflusses - für verschiedene Planungsaufgaben als Bemessungsgröße notwendig.

Das Quantifizieren der Wasserflüsse des Kreislaufs in einem ausgewählten Gebiet gestaltet sich jedoch wegen der natürlichen Variabilität der hydrologischen Vorgänge schwierig. Jedes Modell zum Niederschlag-Abfluss-Vorgang erfordert somit je nach Fragestellung andere Prioritäten, da man Gebietseigenschaften aus Feldmessungen oder Schätzungen ableiten muss. Deshalb wird zur Erfassung des gesamten Flusssystems und der Fließvorgänge im Gewässer, aufgrund der Niederschlagsverteilung und systemeigener Zustände, das Gesamtsystem in einzelne Teilgebiete aufgeteilt. Grundvoraussetzung für die Anwendung von N-A-Modellen ist ein in Bezug auf die räumliche Niederschlagsverteilung, die Abflussbildung und die Abflusskonzentration als homogen zu betrachtendes Einzugsgebiet. Die Homogenität kann in vielen Einzugsgebieten bis ca. 100 km² vorausgesetzt werden. Um aus dem Niederschlag die Abflussganglinie zu ermitteln, ist zunächst der abflusswirksame Niederschlag (Effektivniederschlag) zu bestimmen. Weiter erfolgt die Erstellung eines Niederschlag-Abfluss-Modells für ein ausgewähltes Gebiet in mehreren Schritten, in denen klimatische und gebietsspezifische Kenngrößen eingebracht werden:

- ✘ Räumliche Untergliederung des zu untersuchenden Gebietes nach Orographie, Gestaltung der Gewässernetze, Bodennutzung und anthropogener Einflüsse.
- ✘ Regionale Erfassung klimatischer oder meteorologischer Daten. Hinzu kommen Werte für Vegetationsbedeckung und mittlere Höhe der Teileinzugsgebiete (hypsometrische Kurve).
- ✘ Bodenwasserhaushalt (Infiltration, Perkolation, Speicher) erfassen und den Gesamtabfluss in seine einzelnen Komponenten aufgliedern.
- ✘ Modellkonzepte zur Quantifizierung der räumlichen und zeitlichen Dynamik der Abflusskomponenten entwerfen. Anschließend setzen sich die Teilgebiete in einem Baukastensystem zu einem Gebietsmodell zusammen.
- ✘ Kurz- bzw. langfristige Kalibrierung der Modelle durch Vergleich der errechneten Werte an Pegeln mit den gemessenen Pegelwerten in diesem Gebiet.
- ✘ Beliebiges Extremniederschlagsereignis als Input verwenden und den Output, je nach Modellart und Fragestellung, hydrologisch und hydraulisch in das untersuchte Gebiet übertragen.

Ebenso wie eine Verteilungsfunktion für Hochwasserscheitelabflüsse von der Länge der Beobachtungsreihe beeinflusst wird, hängt die Kalibrierung eines Niederschlag-Abfluss-Modells von Umfang und Güte der verfügbaren Daten und von Annahmen zu Höhe, Dauer, zeitlicher und räumlicher Verteilung der Niederschläge ab.

Das Ziel der Niederschlag-Abfluss-Modelle ist es, sie auf Gebiete zu übertragen, in denen keine Niederschlags- oder Abflussmessungen vorliegen. Weiterhin finden sie Verwendung in der Ausweisung möglicher Überflutungsflächen oder dem Verlauf von Hochwasserwellen, der Überprüfung von Sperren oder Deichen auf deren statische Eigenschaften, der Modellierung des Grundwasserspiegels bei Wasserentnahmen, dem Zurückverfolgen von Stoffeinträgen ins Wasser, und vielem mehr.

Theoretisch lassen sich Niederschläge mit Wiederholungszeitspanne über 100 Jahre mit der Hilfe von N-A-Modellen bestimmen. Man kann Fragen stellen bei solcher Extrapolation und auch über die Gültigkeit der Modellannahmen. Wegen dieser Unsicherheiten lässt sich mit Einsatz von N-A-Modellen nur eine Größenordnung für solche Extremhochwässer abschätzen. Deswegen sollen

statistische Analysen und Abschätzungen der maximalen hydraulischen Leistungsfähigkeit des Gewässers durchgeführt werden.

6.1 Vorgehensweise bei der Rekonstruktion des Ereignisniederschlages

Die flüssige Niederschlag und Schmelzwasser sind die Komponenten für die Berechnung von Hochwasserereignissen bei N-A-Modelle. Es können beobachteten Niederschlag-Abfluss-Ereignisse oder statistischen Bemessungsniederschläge benutzt werden. In diesem Fall will man bestimmte Ereignisse nachrechnen und Abflussscheitelwerte vergleichen, also die zweite Möglichkeit ist nicht vorzuziehen.

Das behandelte Einzugsgebiet der Erlauf bei Scheibbs erstreckt sich über 323,6 km². Es existieren keine Überflutungskarten und signifikante meteorologische Daten in Altunterlagen. Deshalb beziehen sich die Berechnungen auf allgemeine Plausibilisierungen unter der Einbeziehung historischer Daten in die Hochwasserstatistik.

Eine Rekonstruktion historischer Gebietsniederschläge ist nur teilweise für 1897 und 1899 Hochwasserereignisse möglich und das sind die ersten Niederschlagsmessdaten.

Nachdem für diesen Zeitraum sowohl Angaben über den Wasserstand als auch umgerechnete Abflüsse vorliegen lässt sich die Wasserstands-Abflussbeziehung (Pegelschlüssel) rückrechnen.

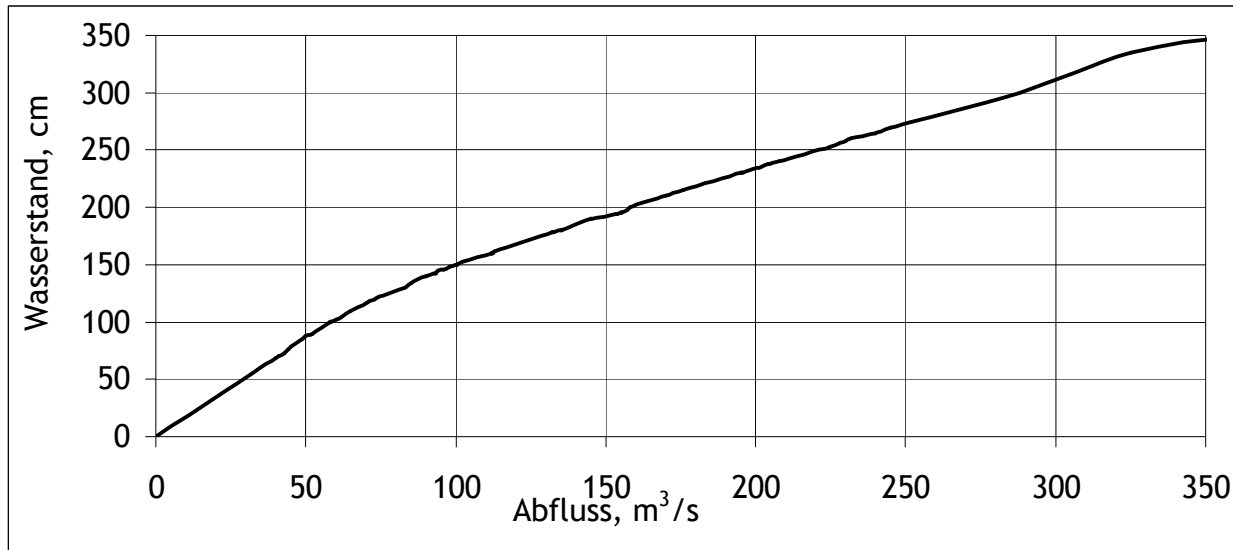


Abbildung 43: Rückrechnung der Schlüsselkurve aus Wasserstands und Abflussdaten

Thiessen - Polygone

Jeder Messpunkt erhält ein Gewicht, das dem Flächenanteil des zugehörigen Polygons A_i am Gesamtgebiet A entspricht. Das Gewicht ist somit gleich dem Verhältnis aus Einzelfläche durch Gesamtfläche. Geometrisch gesehen, wird jeder Punkt des Gebietes der nächstlegenden Station zugeordnet. Weiter auseinander liegende bzw. isolierte Stationen werden dadurch stärker gewichtet als Stationen deren Abstand zu den benachbarten Stationen geringer ist. Diese Methode ist vorteilhaft, wenn die Stationen immer die gleichen bleiben, da sonst die Gewichte immer neu festgelegt werden müssen.

6.1.1 1897

Als Ausgangsdaten wurden Niederschlagsdaten von einigen Messstationen in oder in der Nähe von dem Einzugsgebiet Scheibbs benutzt. Mit der Hilfe von einem Dreiecknetz hat man den genauen prozentuellen Anteil von der Fläche, bezüglich Niederschlags von jeder Station in ganzem Einzugsgebiet und so bekommt man die Einzugsgebietniederschlag pro Tag für das ganze Ereignis. Hier ist zu merken, dass wegen Nutzung von Altunterlagen einige Daten fehlen und auch dass bei der Bestimmung von diese drei Ereignisniederschläge nicht immer dieselbe Messstationen benutzt wurden. Für 1897 Ereignis wurde mit Stationen Neustift, Frankenfels, Gaming, Lunz, Lakenhof, Bürgeralpe und Mariazell gerechnet.

Für erste zwei Hochwasserereignisse stehen auch Stunden- oder Tagesdurchflüsse zur Verfügung und mit ihrer Hilfe sind die folgenden Abbildungen gemacht.

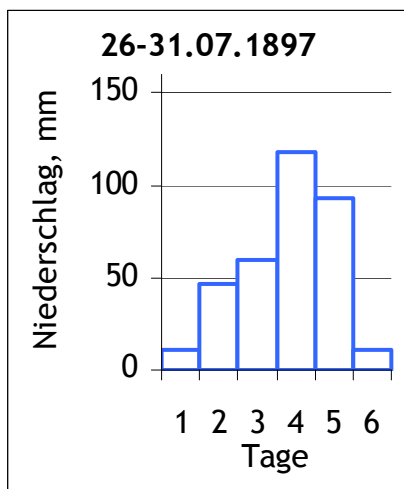


Abbildung 44: Tagesniederschläge in mm

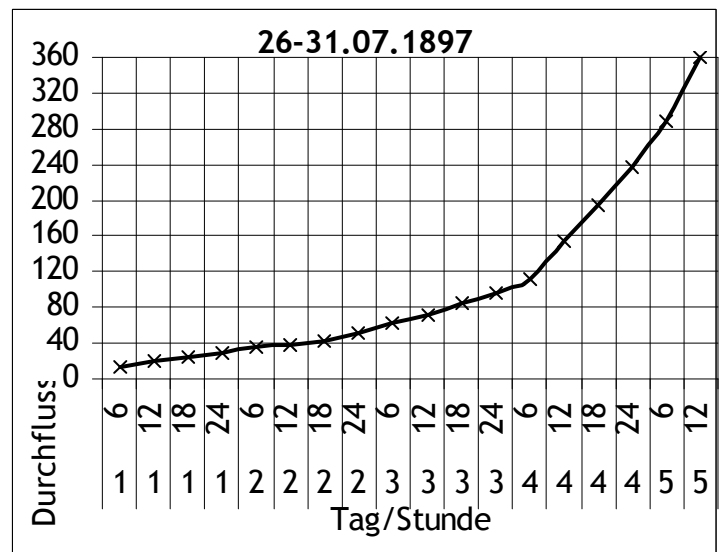


Abbildung 45: Stundenabflüsse in m^3/s mit einem Zeitschritt von 6 Stunden

6.1.2 1899

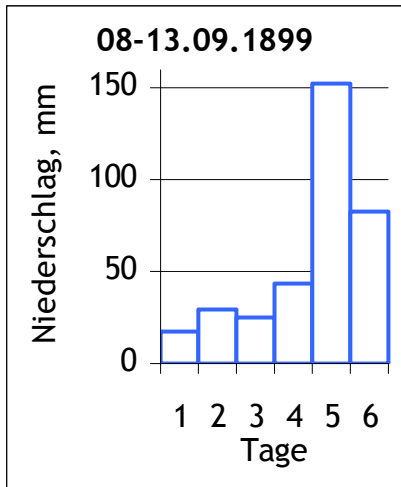


Abbildung 46: Tagesniederschläge in mm

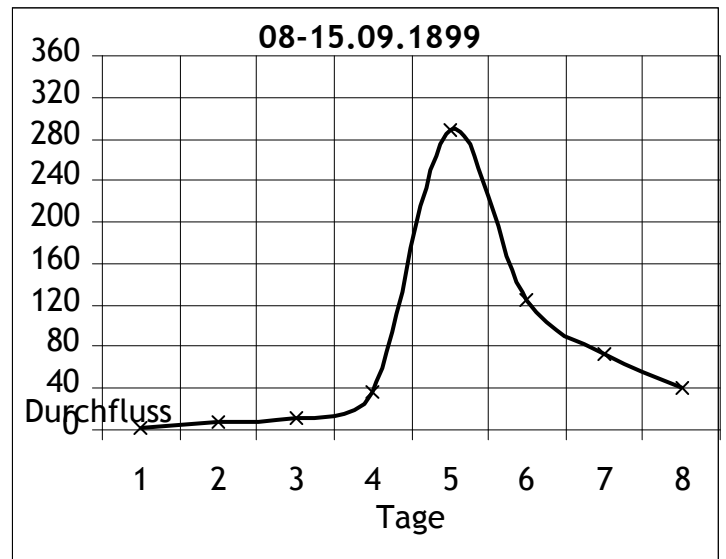


Abbildung 47: Tagesabflüsse in m³/s

Es wurde berechnet mit Messdaten von Stationen Scheibbs, Josefsberg, Gaming, Lakenhof, Neuhaus Zellerrei, Mariazell, Bürgeralpe und Puchenstuben.

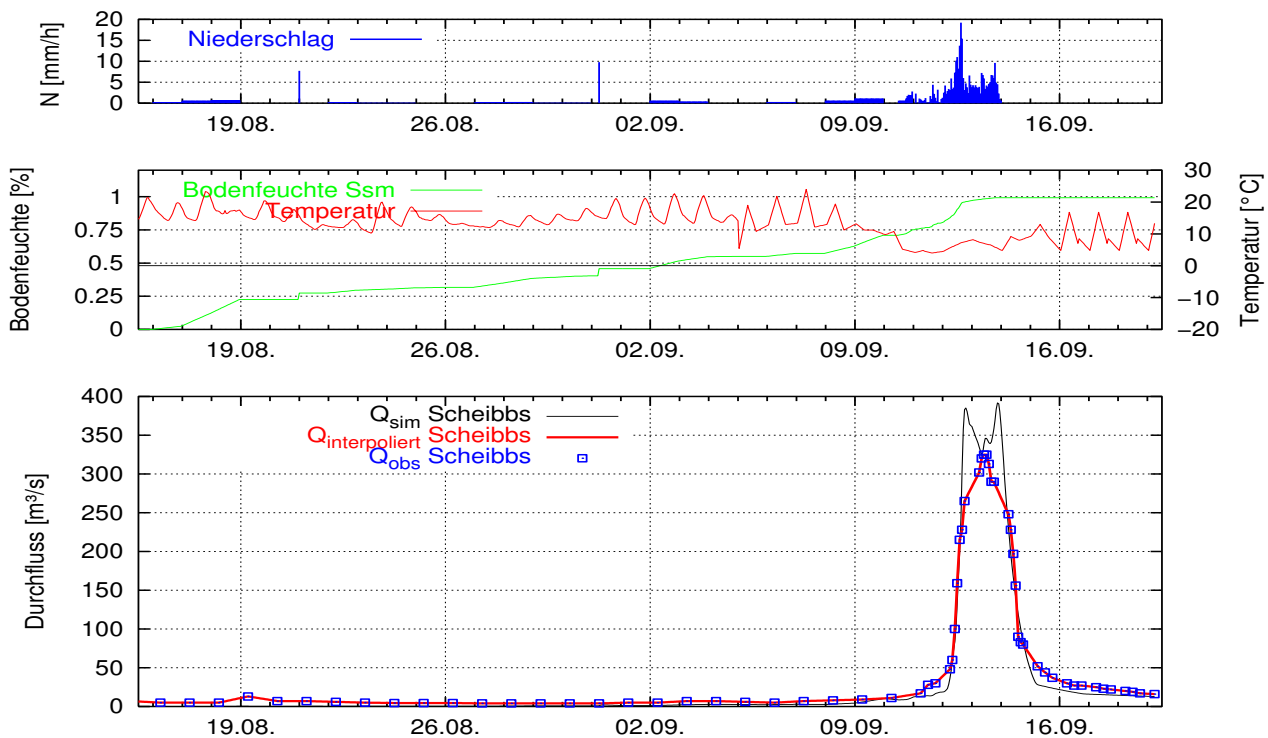


Abbildung 48: Hochwasserverlauf im Jahr 1899 - große Zeitspanne

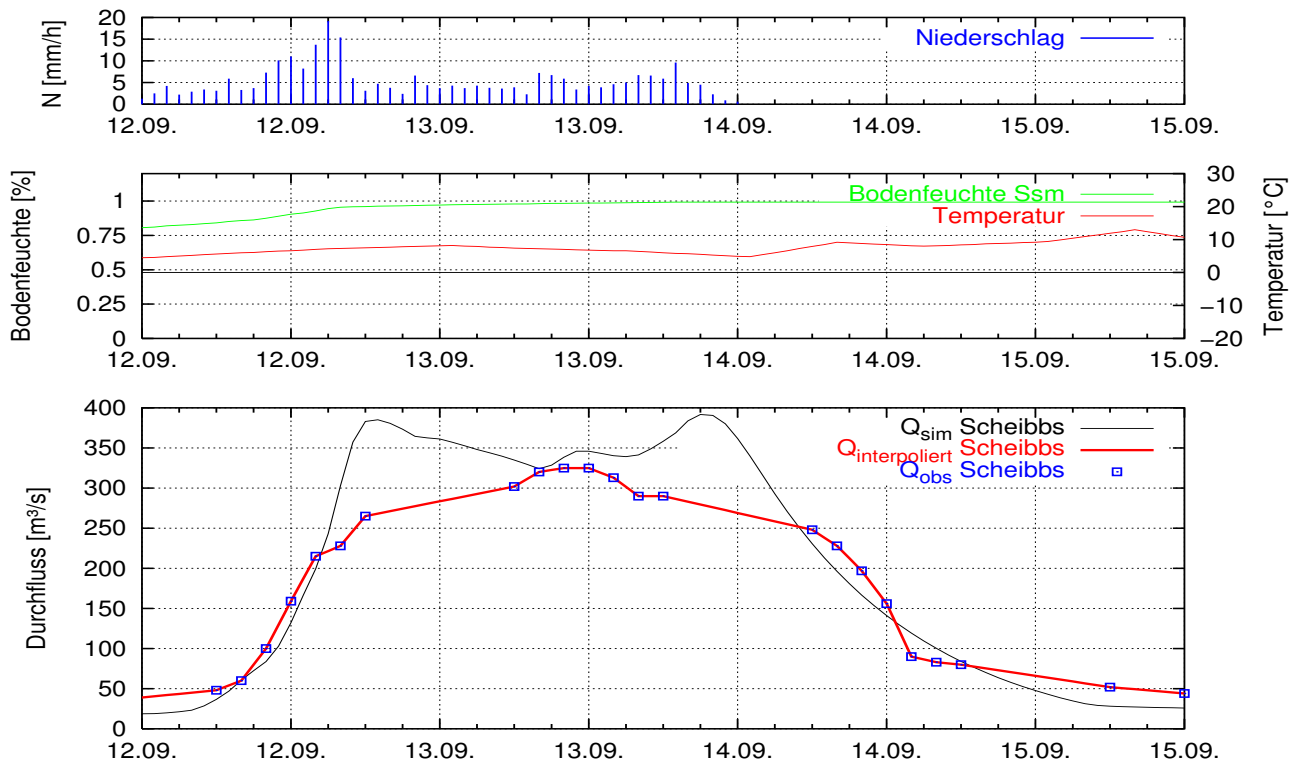


Abbildung 49: Hochwasserverlauf im Jahr 1899 - detailliert

Auf diese zwei Abbildungen kann man den Niederschlag, die Temperatur, die Bodenfeuchte und den Durchfluss Tag pro Tag für 1899 Hochwasser sehen. Als Inputdaten sind die Tagesabflusswerte, Temperatur und Niederschlagsmessungen von Pegel Scheibbs und Pegel Lackenhof benutzt. Die blauen Punkte zeigen die gemessene Durchflusswerte, die mit einer roten Linie interpoliert sind. Eine Simulation wurde durchgeführt, deren Ergebnisse kann man mit Schwarzen sehen. Sehr interessant ist hier, dass der bemessene Maximalwert kann eigentlich nicht den Scheitelwert sein, weil gerade nach starkem Regen wurde nicht gemessen. Die Simulation zeigt, dass es möglich ist zwei andere größere Durchflusswerte zu existieren.

6.1.3 1903

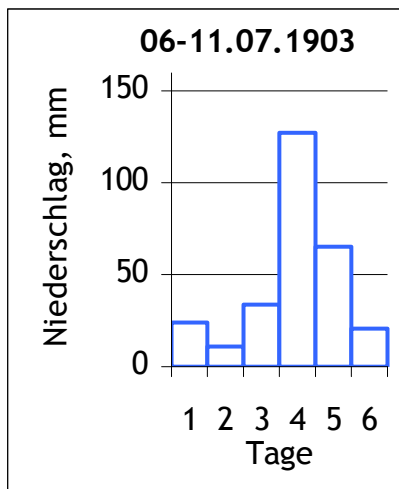


Abbildung 50: Tagesniederschläge in mm

Stationen: Scheibbs, Josefsberg, Gaming, Lunz, Lakenhof, Neuhaus Zellerrei, Mariazell, Bürgeralpe und Puchenstuben.

6.2 Allgemeine Vorgehensweise bei der hydraulischen Rekonstruktion von Hochwasserabflüssen

Eine hydraulische Rekonstruktion ist notwendig für eine verbesserte Hochwasserrisikoabschätzung. Das ist leicht mit dem Aufbau von einem 1-D oder 2-D Modell zu schaffen. Dazu braucht man aber eine Vielfalt von Daten: Historische Wasserstände, Abflüsse des Untersuchungspegels und der oberen Randbedingungen, historische Quer- und Längsprofile des Gewässerabschnitts, Parameter wie Fließgeschwindigkeit und Rauheit, historische Wettersituation und Überflutungskarten u.a. Das alles wird digitalisiert und mit der Hilfe von geeignetem Programm als Modell gebaut. Kalibrierung und Validierung sind notwendig als auch eine Überprüfung des historischen Abflusses und der W/Q-Beziehung am Ende.

7 Diskussion der Ergebnisse

In diesem Punkt wird die Unschärfe in den Ergebnisse bei der oberen und unteren Grenze, bei der Verwendung verschiedener Verteilungsfunktionen und Berechnungsfällen diskutiert.

Von großem Interesse ist, dass die kontinuierliche Reihe, die selbst 63 Jahre lang ist, so große Hochwasserereignisse umfasst. Entweder das heißt, dass diese Zeitspanne sehr „feucht“ war, oder dass Angaben für mehrere Überflutungen in der Vergangenheit fehlen. Eine andere Möglichkeit ist für historische Daten schon gemachte Auswertung nicht genug genau ist. Man kann von überlassenen Chroniken die Schlussfolgerung ziehen, dass das Ereignis im Jahr 1897 das größte von allen Zeiten ist. Das ist aber eine subjektive Aussage, weil die Beschreibung des Geschehens in den historischen Angaben übertrieben oder untertrieben werden könnte. Deswegen wurden die Hochwasserklassen und obere und untere Grenze eingeführt und verschiedene Berechnungsvariante durchgeführt und die Resultate verglichen. Es wurden viele Fälle betrachtet, damit es zu einem umfangreichen Bereich von Ergebnissen kommt, die schon im Kap. 5 detailliert Verglichen sind.

Die Extrapolation mit Verteilungsfunktionen ist nicht sehr sicher, weil es nicht möglich ist, die Güte einer Verteilung im Extrapolationsbereich zu prüfen. Es wird deshalb unterstellt, dass die am besten an die Messdaten angepasste Verteilung auch für die Extrapolation repräsentativ ist. Also am beginn des Extrapolationsbereiches wenigen Messwerte oft nicht in der Nähe der Funktion liegen und diese damit nur sehr schwach stützen.

Eine von bedeutenden Quellen dieser Diplomarbeit ist DWA, Mai 2008: „Erschließung und Einbeziehung historischer Informationen für die Ermittlung extremer Hochwasserabflüsse - Fallbeispiele und Empfehlungen“ und deswegen ein Vergleich zwischen Methodik und Ergebnisse ist passend. In der Themenband hat die DWA-Arbeitsgruppe viele Verfahren mit verschiedenen Vorgehensweisen dargestellt, aber in dem vorliegenden Text sind nur einige davon teilweise benutzt. Das ist so, weil es viele Daten, z.B. Wasserspiegellagen, Überflutungskarten, meteorologische Daten über Wetterlage, Niederschläge und Quer- und Längsprofile fehlen. Die Altunterlagen helfen aber für die Ermittlung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten und spätere Niederschlagsdaten konnten für ein 1-D oder 2-D Abflussmodell nützlich sein, damit man besser die drei extreme Hochwasserereignisse (1897, 1899 und 1903) verstehen und beschreiben kann.

8 Schlussfolgerungen

Ziel dieser Diplomarbeit war die Einbeziehung historischer Hochwasserereignissen in die Ermittlung von Bemessungshochwasser. In dem vorliegenden Text wurden mögliche Zusatzinformationen und ihre Kombination zu einer besseren Schätzung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten aufgezeigt.

Als Berechnungsfälle wurden verschiedene Verteilungsfunktionen, verschiedene Zeitspannen und verschiedener Ereignisanzahl berücksichtigt, deshalb schwanken die Ergebnisse bis 40%. Dieser Unterschied zeigt, wie je nach Gesichtspunkt die Ergebnisse sich verändern und wie viel notwendig ist solche Untersuchungen nach einigen Methoden überprüfen werden.

Auf Grund alle Resultate kann man zusammenfassen, dass 1538 Ereignis, der als erster beschrieben war, anders gewichtet sein kann, damit man nicht immer niedrigere Jährlichkeit als

bei Überspringen von diesem Ereignis bekommt. Es ist interessant, wenn man der Zeitintervall 1960 - 2006 als historisch bezeichnet, weil die Resultate sehr zuverlässig aussehen (Abb. 18 bis 21). Insbesondere bei Gumbel - Verteilungsfunktion sind die Abflüsse nur ein bisschen höher, was eine Sicherheit gibt.

Nach alle durchgeführten Berechnungen kann man schließen, dass Hochwasserklasse 1 nicht berücksichtigt werden kann, weil ihre Einschätzung zu unsicher ist.

Als Endergebnis diesen Berechnungen können wir sagen, dass je mehr sind die historischen Hochwässer, desto kleiner wird die Jährlichkeit. Bei Berücksichtigung nur der kontinuierlichen Reihe ist die Auftrittswahrscheinlichkeit groß und aus wirtschaftliche Gründen ist das nicht geeignet. Deswegen heutzutage benutzt man Basisreihe von dem 2. Fall zur Bemessung. Es ist eine Frage um Sicherheit, Vertrauen und Kosten, welche Basisreihe wird man zum Rechnen benutzen, aber es ist sicher, dass wenn man kontinuierliche Reihe von 1. Fall unter Acht nimmt, wird man immer am sicheren Seite mit seine Dimensionierungen von Hochwasserschutzbauwerke und Brücken sein.

Literatur

DWA, Mai 2008: „Erschließung und Einbeziehung historischer Informationen für die Ermittlung extremer Hochwasserabflüsse - Fallbeispiele und Empfehlungen“

Gutknecht, D., Blöschl, G.: Studienblätter zu Vorlesung “Ingenieurhydrologie”

Gutknecht, D.: “Wiener Mitteilungen Band 206Ö Extreme Abflussereignisse: Dokumentation - Bedeutung - Bestimmungsmethoden”

Gutknecht, D., (Hrsg) 2007: „Extreme Abflussereignisse, Dokumentation, Bedeutung, Bestimmungsmethoden“. Wiener Mitteilungen Band 206, ÖWAV Seminar 24. - 25. Mai

Evtimova, 2008: Diplomarbeit

DVWK, 251/1999: Merkblätter - „Statische Analyse von Hochwasserabflüssen“

Maniak, U., 1997: “Hydrologie und Wasserwirtschaft. Eine Einführung für Ingenieure“; 4, überarb. Auflage, Springer

Mittmann, 1912: „Früher durch Scheibbs und Umgebung“

Jelinek, 1952: „Festschrift zur 600-Jahrfeier der Stadterhebung“

Löw, 1989: „Chronik der Bezirksstadt Scheibbs“

Weiß, 2003: „Brücken und Stege über die Große Erlauf“

ETB, 2003: „Erlaftal-Bote Scheibbs“

FFS-FS, 1963: „Festschrift“

MGPR: Marktgerichtsprotokoll - Gemeinde Scheibbs

Wiesenhofer, 2001

FFS: Freiwillige Feuerwehr Scheibbs, Nachrichten

FFN: Freiwilligen Feuerwehr Neustift, Nachrichten

PfCHP: Pfarrchronik Puchenstuben

NÖN (ETB)

Nachtnebel, H.P.: Studienblätter „Hydrologie und Flussgebietsmanagement“

Anhang

A1

Statistische Analyse von Hochwasserabflüssen

Datenprüfung

Stichproben können dargestellt werden als empirische Verteilungsfunktion im Wahrscheinlichkeitspapier, als Histogramm und in Ganglinienform. Bei der statistischen Analyse von Hochwasserabflüssen wird davon ausgegangen, dass die verwendete Stichprobe

- ✗ frei von echten Fehlern ist,
- ✗ nur voneinander unabhängige Elemente enthält,
- ✗ nicht durch Veränderungen im Gebiet oder am Gewässer beeinflusst ist.

Außerdem ist es auf sogenannte Ausreißer zu achten - Stichprobenelemente, die deutlich außerhalb der Schwankungsbreite der übrigen Werte liegen.

Zur Prüfung der Stichprobe auf Homogenität, Unabhängigkeit und das Vorhandensein von Ausreißern sollten als erstes die Stichprobenelemente in ihrer zeitlichen Abfolge aufgetragen werden. Diese Darstellung gibt Hinweise auf Ausreißer und auf mögliche sprunghafte oder kontinuierliche Veränderungen des Abflussverhaltens innerhalb des Beobachtungszeitraumes (DVWK, 1999, S. 3).

Vor jeder statistischen Analyse von Datenmaterial sollte eine graphische Veranschaulichung der Stichprobe erwogen werden. Der optische Eindruck, der sich dabei ergibt, ermöglicht eine kritische Beurteilung sowohl des Datenmaterials in Hinblick auf Datenfehler als auch von später automatisch berechneten Ergebnisse. Wesentliche Punkte daraus sind:

✗ Unabhängigkeit

Durch die Berücksichtigung nur eines Wertes pro Jahr ist die Unabhängigkeit der Stichprobenelemente weitgehend gesichert. Eine Prüfung ist erforderlich, wenn die zu verwendeten Hochwasserereignisse zeitlich dicht zusammenlegen und durch den Jahreswechsel getrennt sind (DVWK, 1999, S. 4).

✗ Homogenität

Jede statistische Analyse setzt homogene Daten voraus, d.h., die Hochwasserabflüsse dürfen in der zugrunde liegenden Beobachtungszeit nicht durch Veränderungen im Einzugsgebiet oder am Gewässer beeinflusst sein. Inhomogenitäten machen sich durch sprunghafte oder kontinuierliche Veränderungen der Hochwasserabflüsse bemerkbar.(...) Inhomogenitäten dürfen aber nur beseitigt werden, wenn sie gesichert auf anthropogene Veränderungen des Hochwasserabflusses zurückzuführen sind (DVWK, 1999, S. 3,4).

✂ Repräsentanz

Voraussetzung jeder statistischen Analyse ist die Repräsentanz der Stichprobe - es wird unterstellt, dass der durch Messungen belegte Zeitraum repräsentativ ist für langfristiges Abflussverhalten.

Dies ist nicht gegeben, wenn die Stichprobe vorwiegend Perioden mit überdurchschnittlich großen oder unterdurchschnittlich kleinen Hochwasserereignissen umfasst. Um diesen Einfluss zu erkennen sind für einen benachbarten Pegel mit einer langen Beobachtungsreihe Vergleichsanalysen durchzuführen. Bei größeren Beobachtungszeiträumen verliert dieses Problem an Bedeutung.

Die Frage der Repräsentanz kann sich aber auch mit dem Problem der Datenhomogenität überlagern. Pegelraten, die in relativ hochwasserarmen Jahren beginnen und in hochwasserreichen Jahren enden, können einen signifikanten Trend aufweisen, der jedoch auf das unterschiedliche Niederschlagsgeschehen in diesen Zeiträumen durchzuführen ist. Da dieses Niederschlagsgeschehen aber als zufällig angesehen wird, ist in diesem Fall eine Trennereinigung der Abflüsse nicht sinnvoll (DVWK, 1999, S. 5).

✂ Ausreißer

In der Beobachtungszeitspanne können extreme große oder kleine Hochwasserabflüsse registriert worden sein. Das ist erkennbar aus der Darstellung der Zeitreihe oder der empirischen Untersuchungswahrscheinlichkeit durch ungewöhnliche Abweichungen zu den sonstigen Werten.(...)

Wird der Ausreißer durch eine Nachprüfung bestätigt, bleibt er als Element der Stichprobe erhalten. Die Dominanz dieses Wertes in der Stichprobe sollte jedoch dadurch reduziert werden, dass ihm eine andere Gewichtung zugemessen wird.

Dazu ist erforderlich, dem Ausreißer einen fiktiven Beobachtungszeitraum $n' > n$ zuzuordnen. Dies kann durch Vergleich mit Nachbarpegeln oder durch Auswertung historischer Hochwasser erfolgen (DVWK, 1999, S. 5).

✂ Historische Hochwasserereignisse

Liegen außerhalb der Zeitspanne mit Pegelaufzeichnungen historischer Hochwasserdaten vor, so sollten sie berücksichtigt werden, weil die Sicherheit der statistischen Prognose erhöht werden kann. Voraussetzungen sind, dass die Homogenität der Daten hinreichend gewährleistet ist, die historischen Wasserstandaufzeichnungen ausreichend sicher in Hochwasserabflüsse umgesetzt werden können, die historischen Hochwasserabflüsse der auszuwertenden Pegelstelle zugeordnet werden können (DVWK, 1999, S. 5).

Die Berücksichtigung von Scheitelwerte historischer Hochwasserereignisse erhöht die Aussagesicherheit der statistischen Analyse, wenn die Homogenität der Daten gesichert und eine Übertragung der Hochwasserstände in Hochwasserabflüsse an der auszuwertenden Pegelstelle hinreichend sicher ist.

Wahrscheinlichkeitsanalysen

Mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitsanalyse soll den beobachteten Hochwasserscheitelabflüsse eines bestimmten Zeitraums eine Überschreitungswahrscheinlichkeit zugeordnet und eine

Extrapolation über den Beobachtungszeitraum hinaus ermöglicht werden. Zunächst wird die Unterschreitungswahrscheinlichkeit $P(x)$ ermittelt, aus der sich die Überschreitungswahrscheinlichkeit $(1-P(x))$ und die zugehörige Wiederholungszeitspanne

$$T_n = \frac{1}{(1-P(x))} \text{ bestimmt lassen.}$$

Das ist aber nur dann eindeutig lösbar, wenn der Typ der Verteilungsfunktion und deren Parameter bekannt sind.(...)

Neben der Wahl des Typs der Verteilungsfunktion hat auch die Art der Parameterbestimmung einen entscheidenden Einfluss auf das Extrapolationsergebnis. Es besteht die Aufgabe, die unbekannten Parameter der Grundgesamtheit möglichst "optimal" aus der Stichprobe zu ermitteln. Eine Parameterschätzung wird als optimal bezeichnet, wenn sie neben anderen folgende wichtige Kriterien erfüllt:

- ✘ Die Schätzung muss erwartungstreu sein;
- ✘ Die Schätzung sollte effizient sein;
- ✘ Die Schätzung sollte robust sein (DVWK, 1999, S. 6).

Verteilungsfunktionen

Zur Beurteilung der Güte der Anpassung einer Verteilungsfunktion werden Anpassungsteste durchgeführt. Die Verteilungsfunktion $F(x)$ ist neben der Dichtefunktion $f(x)$ eine weitere Darstellungsform derselben Wahrscheinlichkeitsverteilung und wird aus der Dichtefunktion durch Integration gewonnen. Die Funktionswert $F(X)$ gibt die Wahrscheinlichkeit an, dass die Zufallsvariable X einen kleiner oder gleich x annimmt. Die am häufigsten auftretenden Verteilungen sind in Verteilungstypen klassifiziert. Die Variabilität innerhalb eines Typs wird erfasst, indem die Dichtefunktion von einem oder mehreren Parametern abhängig gemacht wird ("Parameterstatistik").

Zur Anpassung eines Verteilungstyps an eine gegebene Stichprobe werden die Parameter aus den Stichprobenwerten geschätzt (Parameterschätzung).

Die Anzahl der Parameter spielt eine wesentliche Rolle - je größer die Anzahl der Parameter ist, desto genauer passt sich die Verteilungsfunktion den gegebenen Beobachtungen an. Je nach Größe der Parameterwerte nimmt die Funktion eine unterschiedliche Form an. Aus der Möglichkeit verschiedene Parameterwerte zu kombinieren, ergibt sich eine gewisse Flexibilität bei der Beschreibung der Form und damit auch bei der Anpassung an gegebene Beobachtungen.

- ✘ 1 - Parametrische Verteilungen;
- ✘ 2- und 3 - Parametrische Verteilungen - besitzen ausreichende Flexibilität, reagieren im allgemeinen nicht überempfindlich auf extrem Große oder kleine Beobachtungswerte (sog. Ausreißer)
- ✘ Die Anwendung von mehr als dreiparametrischen Verteilungen ist nicht zu empfehlen.

Die Schätzung unbekannter Parameter eines gewählten Verteilungstyps stellt ein zentrales Problem der Parameterstatistik dar. Der Versuch wird so unternommen, die Parameter so zu bestimmen, dass die gewählte Dichtefunktion der gegebenen Stichprobe möglichst gut angepasst ist. Die Güte einer Anpassung zu definieren, existiert eine Reihe von Parameterschätzverfahren. Die gebräuchlichste Parameterschätzung ist die Momentenmethode,

die sich durch eine einfache Handhabung auszeichnet. Optimale Anpassung in dieser Methode liegt dann vor, wenn die Parameter so gewählt werden, dass die Momente von Dichtefunktion und Stichprobe übereinstimmen.

Die Parameter werden so bestimmt, dass der Mittelwert der Verteilung gleich dem Mittelwert der Stichprobe ist, die Streuung von Verteilung und Stichprobe übereinstimmen und im Falle 3 - parametrischer Verteilungen auch die Schiefen übereinstimmen. Allgemein werden so viele Momente gleich gesetzt wie die Verteilung Parameter besitzt.

In Abhängigkeit vom Wert ihrer Parameter können dreiparametrische Dichtefunktionen ihren üblicherweise glockenförmigen Verlauf verlieren und in einen exponentiellen Verlauf übergehen. Eine solche Form ist möglich, wenn die Stichprobe eine Häufung kleinerer Hochwasserabflüsse aufweist.

Ebenfalls parameterabhängig kann bei dreiparametrischen Funktionen der Definitionsbereich durch eine links- oder rechtseitige Begrenzung eingeschränkt sein. Liegen die Elemente einer Stichprobe außerhalb des Definitionsbereichs, so ist die Funktion für die statistische Analyse ungeeignet.

Im Folgenden sollen für die empfohlenen Verteilungsfunktionen nur die wichtigsten Eigenschaften in Abhängigkeit von ihren Parametern beschrieben werden. Diese Parameter werden wie in [Kluge, 1996] bezeichnet als:

a = Formparameter

c = Lageparameter

d = Maßstabsparameter (DVWK, 1999, S. 7)

Allgemeine Extremwertverteilung (GEV)

Die Allgemeine Extremwertverteilung ist eine stetige Wahrscheinlichkeitsverteilung. Sie spielt eine herausragende Rolle in der Extremwerttheorie, da sie die wesentlichen möglichen Verteilungen von Extremwerten einer Stichprobe in einer Darstellung zusammenfasst.

Extremwertverteilungen beschreiben die statistischen Eigenschaften der maximalen oder minimalen Werte, die innerhalb gleichlanger Zeitabschnitte eines Beobachtungszeitraumes auftreten. Dieses Prinzip liegt der Bildung der jährlichen Serie zugrunde (DVWK, 1999).

Die AE - Verteilung besitzt drei Parameter und ist definiert für Werte $a > -1$ und $d > 0$. Bei Werten $a > 0$ ist sie gültig von bis zu ihrem rechtseitigen Begrenzungspunkt und bei $a < 0$ vom linksseitigen Begrenzungspunkt bis $+\infty$.

Der Begrenzungspunkt hat den Wert $c + \frac{d}{a}$. Die Dichtefunktion ist geschlossen integrierbar und hat im Definitionsbereich einen glockenförmigen Verlauf (DVWK, 1999, S. 8).

$$\text{Dichtefunktion: } f(x) = \frac{1}{d} * \left(1 - a * \frac{x - c}{d}\right)^{\frac{1}{a}-1} * \exp\left(-\left(1 - a * \frac{x - c}{d}\right)^{\frac{1}{a}}\right)$$

$$\text{Verteilungsfunktion: } F(x) = \exp\left(-\left(1 - a * \frac{x - c}{d}\right)^{\frac{1}{a}}\right)$$

Gültigkeitsbereiche: $x < c + \frac{d}{a}$ für $a < 0$, $x > c + \frac{d}{a}$ für $a > 0$; $a > -1, d > 0$

Gumbel - Verteilung (Extremwertverteilung Typ 1)

Die Gumbel - Verteilung hat zwei Parameter und ist mit $a = 0$ ein Sonderfall der allgemeinen Extremwertverteilung. Sie ist definiert für Werte $d > 0$ und hat einen Gültigkeitsbereich von $-\infty$ bis $+\infty$. Ihre Dichtefunktion hat einen glockenförmigen, stets linksgipfligen Verlauf und ist geschlossen integrierbar. Ihre Anwendung sollte auf die Fälle beschränkt werden, in denen auch die Häufigkeitsdichte der Stichprobe eine linksgipflige Form hat (DVWK, 1999, S. 8).

Dichtefunktion: $z(x; a, u) = a \cdot e^{-a \cdot x - u} \cdot e^{-e^{-a \cdot x - u}}$, wobei a und u sind Parameter.

Verteilungsfunktion: $f(x; a, u) = e^{-e^{-a \cdot x - u}}$, konstanter Schiefekoeffizient $\gamma_1 = 1,1396$

Gültigkeitsbereiche: $-\infty < x < +\infty$

$$HQ_n - \text{Berechnung: } HQ_n = \frac{-\ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{n}\right)\right)}{\hat{a}} + \hat{u}$$

HQ_n ist normalverteilt mit: $\mu = HQ_n$, dem berechnetem HQ-Wert

$\sigma = s_n = \frac{s_x}{\sqrt{n}} \cdot \delta$, s - Standardabweichung der Stichprobe, N - Stichprobenumfang.

$$\delta = \sqrt{1 + 1,1396 \cdot k + 1,1 \cdot k^2},$$

$$k = \frac{HQ_n - \bar{x}}{s_x}, \bar{x} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N x_i \quad \bar{x} - \text{Mittelwert der Stichprobe}$$

$x_1, \dots, x_N$ - Stichprobe vom Umfang N gegeben

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}} - \text{Maß für die Streuung der Stichprobe um ihren Mittelwert}$$

s_x - Varianz der Stichprobe

Um das Streuverhalten der Stichprobe unabhängig von der Größe des Mittelwertes beurteilen zu können, ist mitunter die Angabe des dimensionslosen Variationskoeffizienten CV_x von Nutzen:

$$CV_x = \frac{s_x}{\bar{x}}$$

$$\text{Berechnung der Schiefe: } g_{1x} = \frac{\sqrt{N \cdot (N-1)}}{N-2} \cdot \frac{m_3}{(\sqrt{m_2})^3}$$

Parameterschätzung

Die Anforderungen an Parameterschätzungen sind:

- ✘ Konsistenz - der Parameterwert konvergiert bei wachsendem Stichprobenumfang gegen den wahren Parameterwert;

- ✘ Erwartungstreue - die Schätzvorschrift begeht keinen systematischen Fehler, Abweichungen vom tatsächlichen Wert sind zufällig. Konsistenz und Erwartungstreue sind Mindestanforderungen an Parameterschätzungen.

- ✘ Effizienz - die Streuung des Schätzwertes um den wahren Wert ist minimal.

Die Berechnung des *Mittelwertes* stellt die einfachste Möglichkeit dar, einen Anhaltspunkt über die Größenordnung des beobachteten Merkmals zu erhalten. Als arithmetisches Mittel zeigt der Mittelwert der Stichprobenwerte ihre durchschnittliche Größe an.

Die Berechnung der *Standardabweichung* ermöglicht eine relative gute Beurteilung der Aussagekraft des Mittelwertes: je geringer die Streuung der Stichprobe um den Mittelwert ist, desto informativer ist dieser.

Eine Stichprobe wird als *schief* bezeichnet, wenn ihr Mittelwert vom häufigsten Wert (Modus) abweicht. Die Schiefe ist gleich 0, wenn die Beobachtungen zu beiden Seiten des Mittelwertes gleichmäßig verteilt sind. Wenn Modus links vom Mittelwert liegt, so ist es eine positiv schiefe Stichprobe.

Die *Wölbung* (Exzess) einer statistischen Verteilung X ist definiert als normierte Form des vierten zentralen Moments $\mu_4(X)$. Sie beschreibt die „Spitzigkeit“ einer Verteilungsfunktion. Die Wölbung gibt es in verschiedenen Ausprägungen mit der Standardabweichung $\sigma(X)$ als:

- Exzess
$$\gamma_2 = \frac{\mu_4(X)}{\sigma_4(X)} - 3$$

Die Wölbung beschreibt die Abweichung des Verlaufs der gegebenen Wahrscheinlichkeitsverteilung zum Verlauf einer Normalverteilung. Verteilungen werden entsprechend ihrer Wölbung eingeteilt in:

- ✘ $\gamma_2 = 0$: normalgipflig oder mesokurtisch. Die Normalverteilung hat die Wölbung $\gamma_2 = 0$.
- ✘ $\gamma_2 > 0$: steilgipflig, supergaußförmig oder leptokurtisch. Es handelt sich hierbei um im Vergleich zur Normalverteilung spitzere Verteilungen, d.h. Verteilungen mit starken Spitzen.
- ✘ $\gamma_2 < 0$: flachgipflig, subgaußförmig oder platykurtisch. Man spricht von einer im Vergleich zur Normalverteilung abgeflachten Verteilung.

Vertrauensbereiche

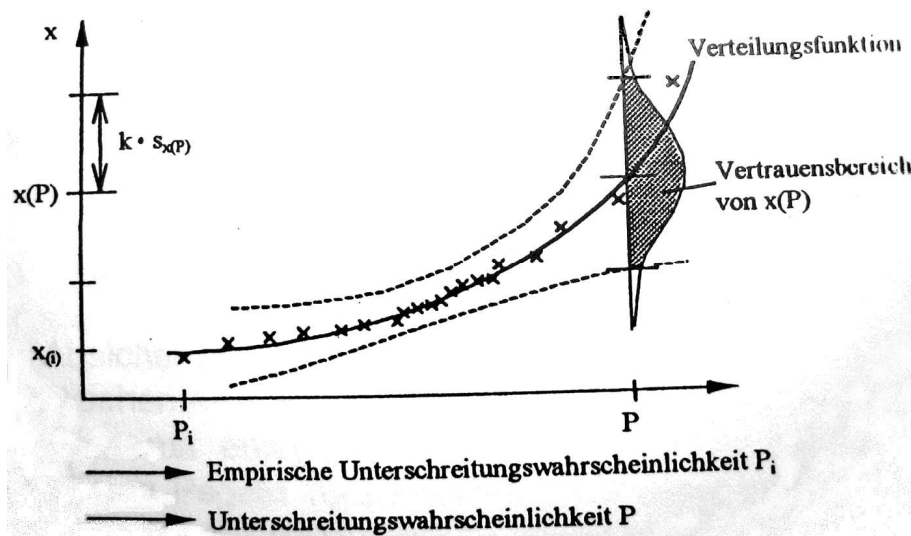


Abbildung 51: Verteilungsfunktion und Vertrauensbereiche (DVWK, 1999)

Jede statistische Aussage, die sich in der Angabe eines einzigen Wertes für Parameter oder Fraktile erschöpft, ist grundsätzlich mit Unsicherheit beschafftet. Es besteht die Möglichkeit, statt eines einzigen Wertes ein ganzes Intervall, einen sogenannten Vertrauensbereich anzugeben, das den gesuchten Wert mit gewisser Sicherheit enthält.

Dazu wird der betrachtete Wert ebenfalls als zufallsvariable behandelt. Seine Verteilung kann auf verschiedene Weise bestimmt werden.

Bei Vertrauensbereiche für Fraktile wird folgenderweise vorgegangen. Der gesuchte Wert wird als normalverteilt vorausgesetzt. Der berechnete Fraktilwert $x_\alpha \equiv t_\alpha$ wird als Mittelwert der gesuchten Verteilung interpretiert, die Streuung wird mit Hilfe des Fehlerfortpflanzungsgesetzes bestimmt:

$$\sigma = s_n = \frac{s_x}{\sqrt{N}} * \delta, \quad s_x - \text{Standardabweichung der Stichprobe,} \quad N - \text{Stichprobenumfang}$$

δ - abhängig vom Verteilungstyp und k

$$\delta = \sqrt{1 + 1,1396 * k + 1,1 * k^2}$$

$$k = \frac{H\hat{Q}_n - \bar{x}}{s_x}$$

$$\bar{x} = \frac{1}{N} * \sum_{i=1}^N x_i$$

$\bar{x}$ - Mittelwert der Stichprobe

Das α - Fraktile ist ein Schwellenwert, der vom beobachteten Merkmal mit Wahrscheinlichkeit α unterschritten wird.

Wahl des Mittelwertes - es liegt nahe, den berechneten HQ_n - Wert als Mittelwert dieser Verteilung zu wählen.

Die Standardabweichung - die Aussageunschärfe des HQ_n ist abhängig von N (mit wachsendem N , wird sie kleiner), von der Jährlichkeit n (die Unsicherheit wächst mit der Extrapolationsweite) und von der Streuung des Kollektivs (je größer die Streuung, desto größer die Unsicherheit)

OG - Obere Grenze $OG = \hat{H}Q_n + t_\alpha * s_n$

UG - Untere Grenze $UG = \hat{H}Q_n - t_\alpha * s_n$

$$\alpha = \frac{P}{100}$$

Beurteilung der Ergebnisse(Überprüfung)

Zur Absicherung und Bewertung der Ergebnisse der statistischen Analyse an einem Pegel ist möglichst ein Vergleich mit entsprechenden Ergebnissen an benachbarten Pegeln vorzunehmen, vor allem am gleichen Gewässer. Statistische Analysen von Scheitelabflüssen sollten deshalb von vornherein für alle Pegel an einem Gewässer oder in einer größeren Gebietseinheit mit ähnlichen Abflusseigenschaften durchgeführt werden. Für den Vergleich untereinander sind dieselben Beobachtungszeiträume zu verwenden. Diese Analyse ist zweckmäßig anhand der

Abflussspenden $H_{q_T} = \frac{HQ_T}{A_{E_0}}$ vorzunehmen, die mit zunehmender Einzugsgebietsgröße A_{E_0}

abnehmen. Der Zusammenhang lässt sich meist näherungsweise durch eine logarithmische Funktion darstellen. Auf dieser Weise lassen sich unplausible Ergebnisse für bestimmte Verteilungsfunktionen oder insgesamt unplausible Ergebnisse an einzelnen Pegeln erkennen. Im ersten Fall ist die Eignung dieser Verteilungsfunktion zu überdenken, im zweiten ist für alle eine nochmalige Überprüfung der Ausgangsdaten zu empfehlen (DVWK, 1999, S. 12,13).

Eine erste Beurteilung der berechneten Ergebnisse sollte über eine optische Kontrolle im Wahrscheinlichkeitsnetz erfolgen, in dem einerseits die Beobachtungswerte entsprechend ihrer scheinbaren Jährlichkeit sowie andererseits die angepasste Verteilungsfunktion gemeinsam aufgetragen sind.

A2

Obere Grenze OG 4,3

- ✂ Für katastrophale Hochwasserereignisse (4) 360 m³/s;
- ✂ Für extrem große Hochwasserereignisse (3) 280 m³/s;

Nur mit Hochwasserklassen 3 und 4. Für Scheitelebene wird 280 m³/s gewählt.

Der Wichtungsfaktor G errechnet sich wie folgt und wird zur Vereinfachungen des Verfahrens auf einen ganzzahligen Wert auf- oder abgerundet.

$$G = \frac{n_h - m_h}{n_s - m_s} + 1 = \frac{359 - 10}{63 - 3} + 1 \approx 7$$

Die resultierende erweiterte Stichprobe besteht demnach aus folgenden 433 Elementen:

7 mal HQ < minHQ _h aus Zeitreihe n _s	= 7x60 = 420
1 mal HQ > minHQ _h aus Zeitreihe n _s	= 3
1 mal HQ > minHQ _h aus Zeitreihe n _h	= 10

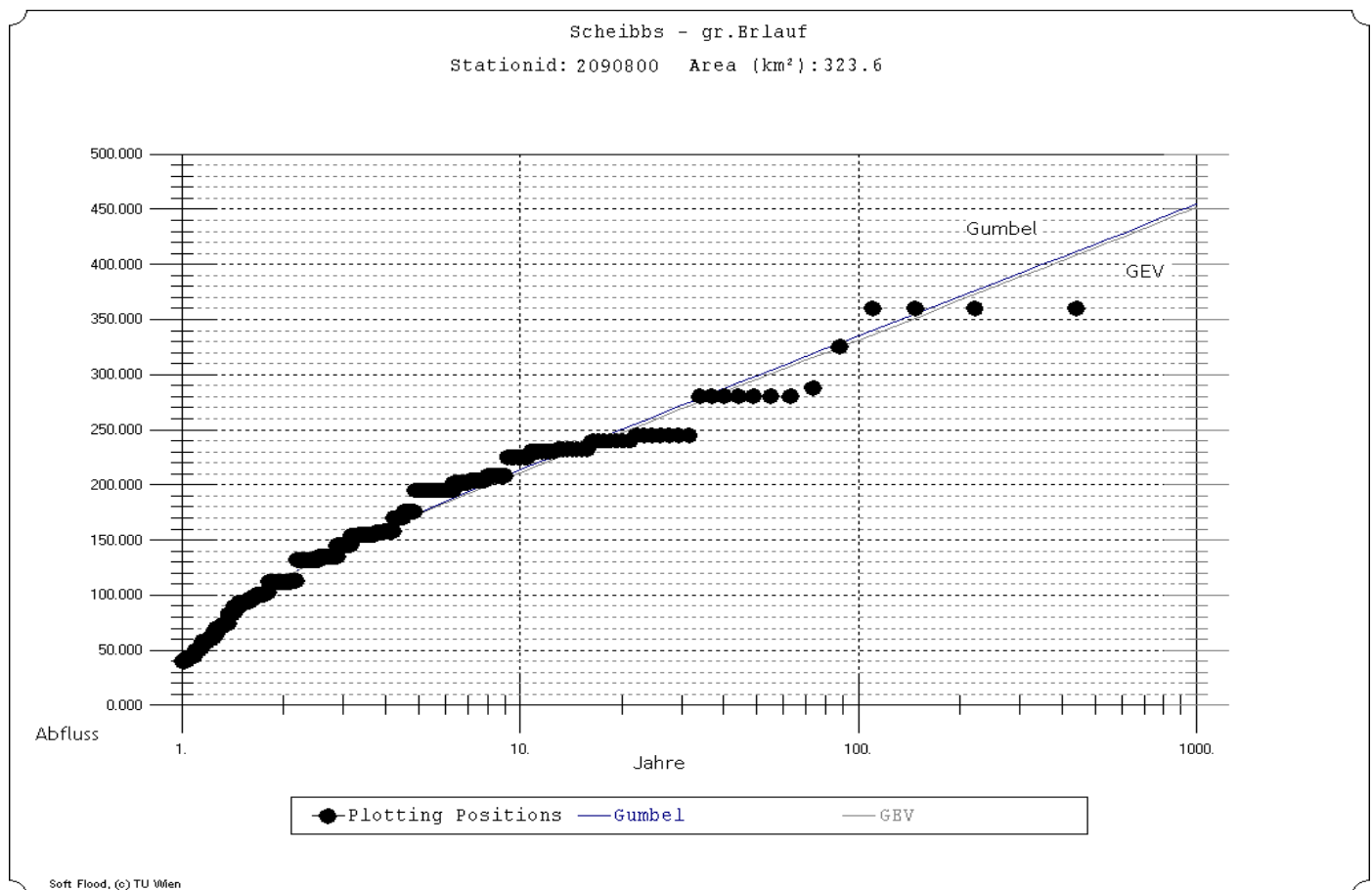


Abbildung 52: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für obere Grenze OG 4,3

Untere Grenze UG 4,3

- ✘ Für katastrophale Hochwasserereignisse (4) 280 m³/s;
- ✘ Für extrem große Hochwasserereignisse (3) 230 m³/s;

Nur mit Hochwasserklassen 3 und 4. Für Scheitelebene wird 230 m³/s gewählt.

Der Wichtungsfaktor G errechnet sich wie folgt und wird zur Vereinfachungen des Verfahrens auf einen ganzzahligen Wert auf- oder abgerundet.

$$G = \frac{n_h - m_h}{n_s - m_s} + 1 = \frac{359 - 10}{63 - 8} + 1 \approx 7$$

Die resultierende erweiterte Stichprobe besteht demnach aus folgenden 403 Elementen:

7 mal HQ < minHQ _h aus Zeitreihe n _s	= 7x55 = 385
1 mal HQ > minHQ _h aus Zeitreihe n _s	= 8
1 mal HQ > minHQ _h aus Zeitreihe n _h	= 10

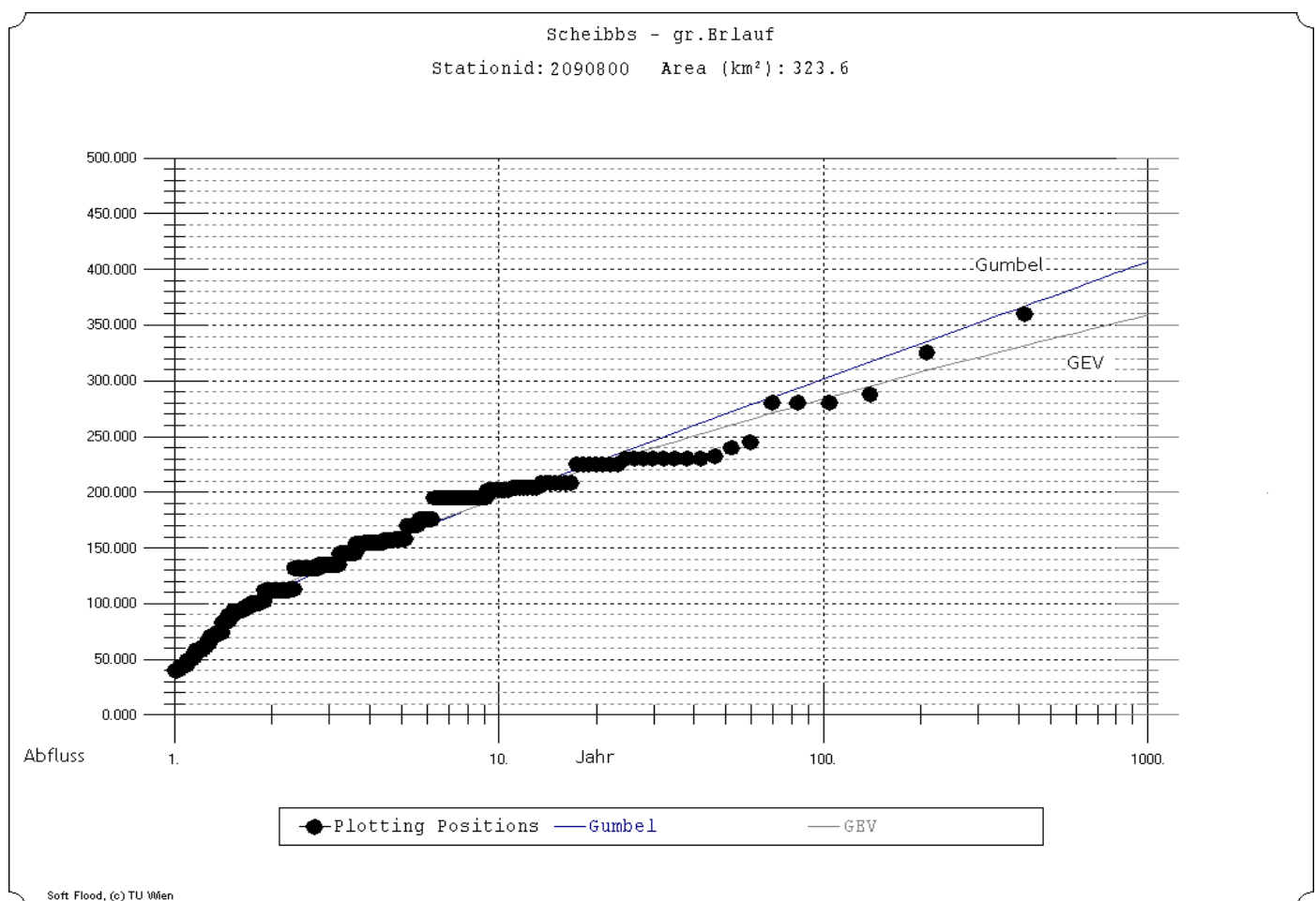


Abbildung 53: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für untere Grenze UG 4,3

Obere Grenze OG 4,3,2

- ✘ Für katastrophale Hochwasserereignisse (4) 360 m³/s;
- ✘ Für extrem große Hochwasserereignisse (3) 280 m³/s;
- ✘ Für sehr große Hochwasserereignisse (2) 230 m³/s;

Nur mit Hochwasserklassen 2, 3 und 4. Für Scheitelebene wird 230 m³/s gewählt.

Der Wichtungsfaktor G errechnet sich wie folgt und wird zur Vereinfachungen des Verfahrens auf einen ganzzahligen Wert auf- oder abgerundet.

$$G = \frac{n_h - m_h}{n_s - m_s} + 1 = \frac{359 - 13}{63 - 8} + 1 \approx 7$$

Die resultierende erweiterte Stichprobe besteht demnach aus folgenden 406 Elementen:

7 mal HQ < minHQ _h aus Zeitreihe n _s	= 7x55 = 385
1 mal HQ > minHQ _h aus Zeitreihe n _s	= 8
1 mal HQ > minHQ _h aus Zeitreihe n _h	= 13

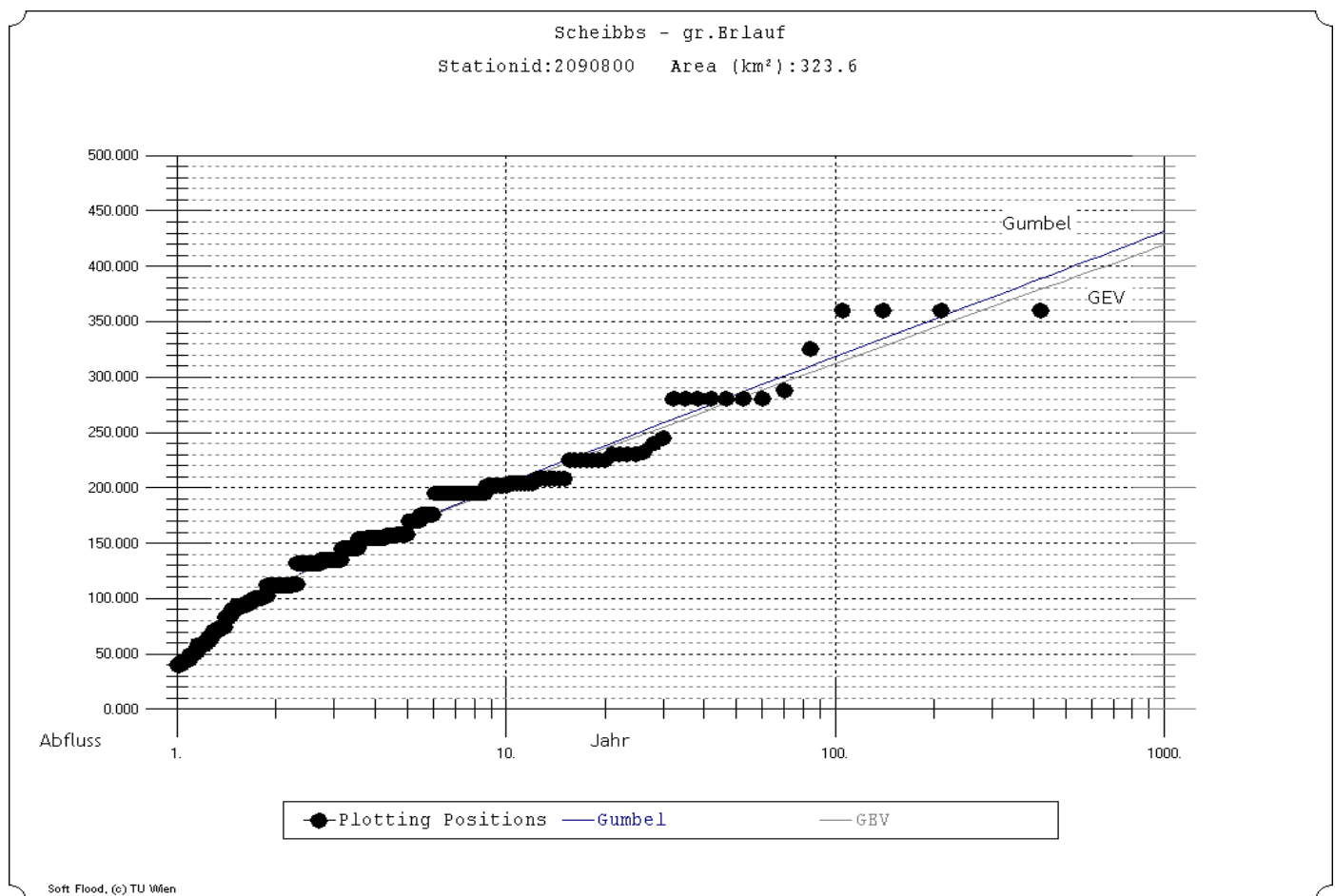


Abbildung 54: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für obere Grenze OG 4,3,2

Untere Grenze UG 4,3,2

- ✂ Für katastrophale Hochwasserereignisse (4) 280 m³/s;
- ✂ Für extrem große Hochwasserereignisse (3) 230 m³/s;
- ✂ Für sehr große Hochwasserereignisse (2) 150 m³/s;

Nur mit Hochwasserklassen 2, 3 und 4. Für Scheitelebene wird 150 m³/s gewählt.

Der Wichtungsfaktor G errechnet sich wie folgt und wird zur Vereinfachungen des Verfahrens auf einen ganzzahligen Wert auf- oder abgerundet.

$$G = \frac{n_h - m_h}{n_s - m_s} + 1 = \frac{359 - 13}{63 - 22} + 1 \approx 9$$

Die resultierende erweiterte Stichprobe besteht demnach aus folgenden 404 Elementen:

7 mal HQ < minHQ _h aus Zeitreihe n _s	= 9 × 41 = 369
1 mal HQ > minHQ _h aus Zeitreihe n _s	= 22
1 mal HQ > minHQ _h aus Zeitreihe n _h	= 13

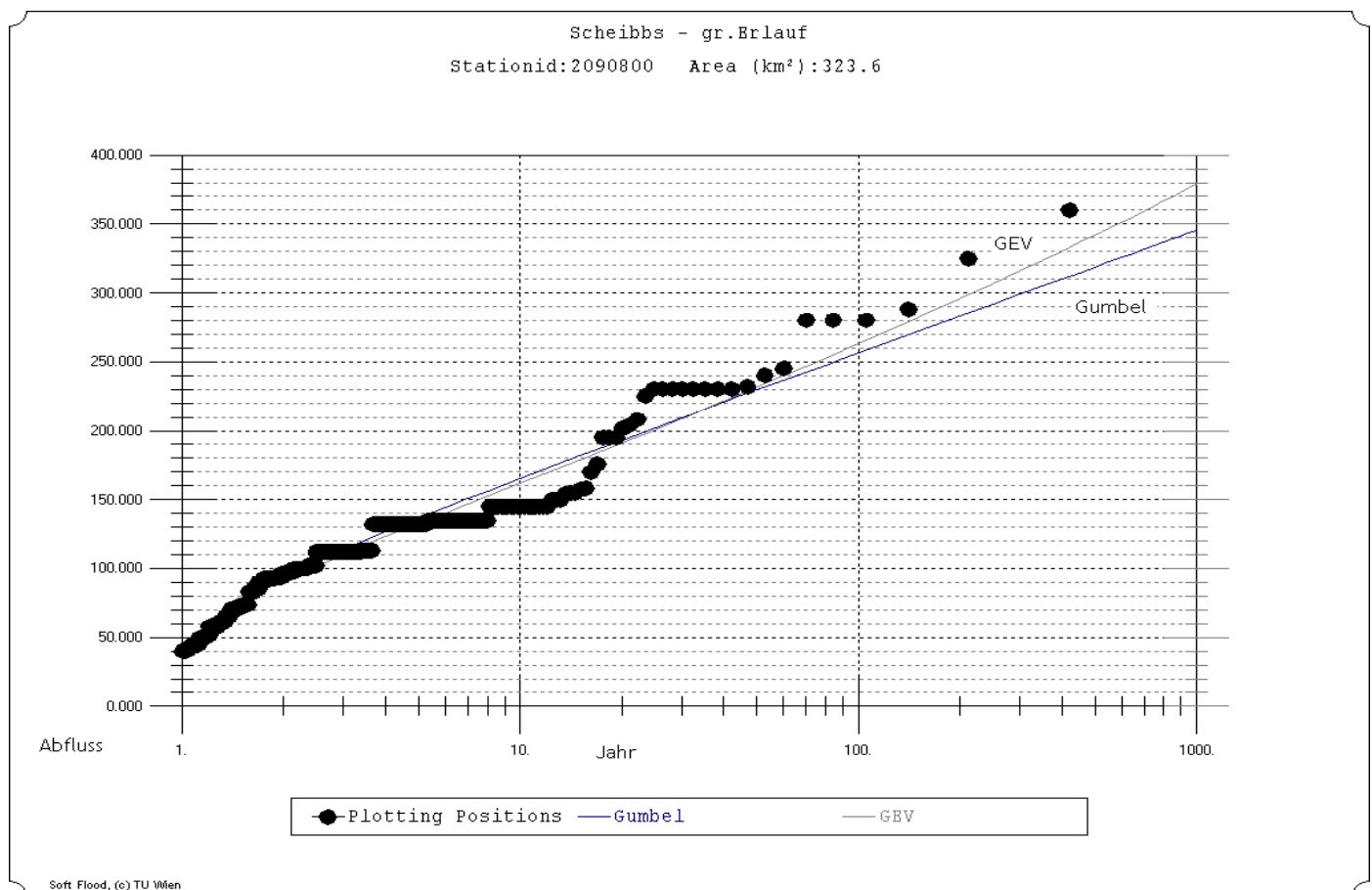


Abbildung 55: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für untere Grenze UG 4,3,2

Ohne Berücksichtigung der Zeitintervall 1897 - 1903

C

Es wird das Zeitintervall zwischen 1897 und 1903 überspringen, weil es Abflussdaten von der kontinuierlichen Reihe für 1902 fehlen und in 1897 und 1899 katastrophale Hochwasserereignisse gab.

Das ist nur eine theoretische Annahme, weil eigentlich diese Hochwasserereignisse existieren und dokumentiert sind. So kann man flachere Kurven der Verteilungsfunktionen und größere Wiederkehrintervall erwarten. Die Ergebnisse dieser Berechnungsfall benutzt man heutzutage zur Dimensionierung von Bauwerke.

Obere Grenze OG 4,3

✘ Für katastrophale Hochwasserereignisse (4) 360 m³/s;

✘ Für extrem große Hochwasserereignisse (3) 280 m³/s;

Nur mit Hochwasserklassen 3 und 4. Für Scheittelebene wird 280 m³/s gewählt.

Der Wichtungsfaktor G errechnet sich wie folgt und wird zur Vereinfachungen des Verfahrens auf einen ganzzahligen Wert auf- oder abgerundet.

$$G = \frac{n_h - m_h}{n_s - m_s} + 1 = \frac{365 - 10}{57 - 1} + 1 \approx 7$$

Die resultierende erweiterte Stichprobe besteht demnach aus folgenden 403 Elementen:

7 mal HQ < minHQ_h aus Zeitreihe n_s = 7x56 = 392

1 mal HQ > minHQ_h aus Zeitreihe n_s = 1

1 mal HQ > minHQ_h aus Zeitreihe n_h = 10

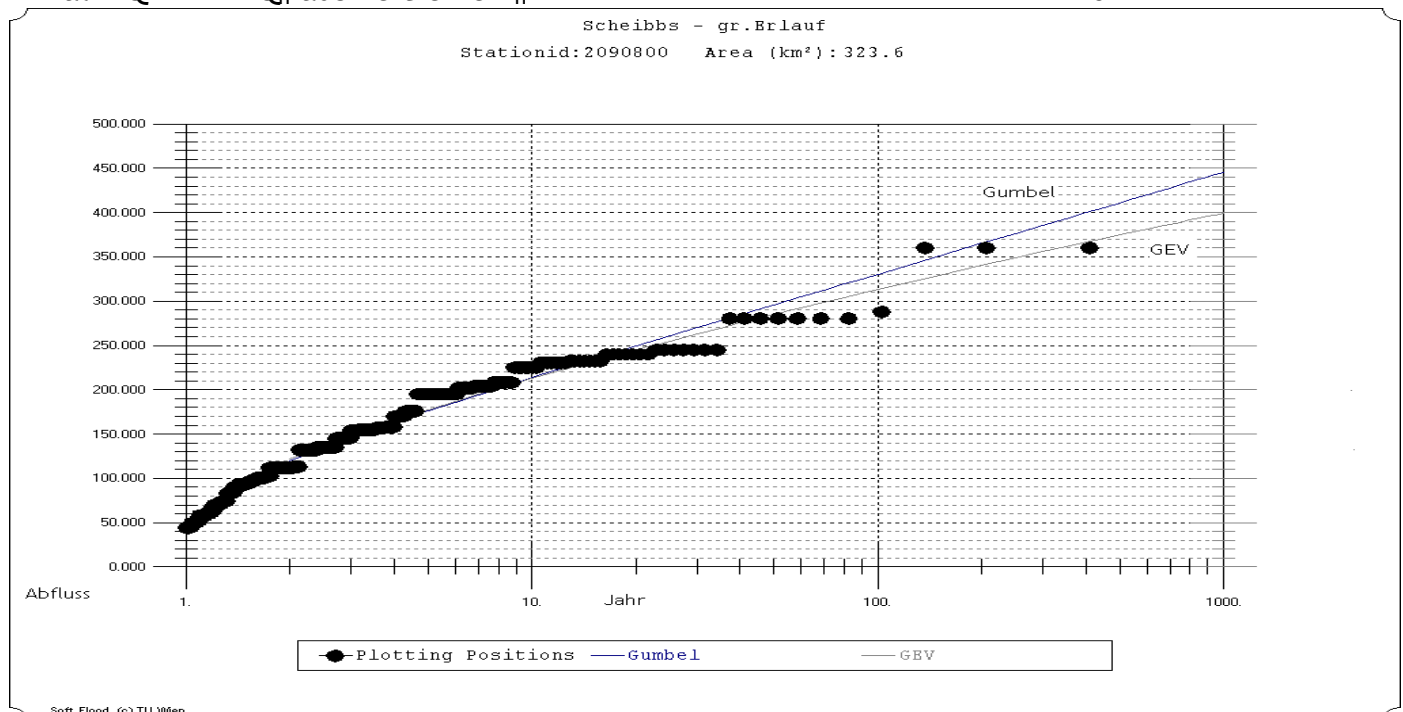


Abbildung 56: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für obere Grenze OG 4,3

Untere Grenze UG 4,3

- ✘ Für katastrophale Hochwasserereignisse (4) 280 m³/s;
- ✘ Für extrem große Hochwasserereignisse (3) 230 m³/s;

Nur mit Hochwasserklassen 3 und 4. Für Scheitelebene wird 230 m³/s gewählt.

Der Wichtungsfaktor G errechnet sich wie folgt und wird zur Vereinfachungen des Verfahrens auf einen ganzzahligen Wert auf- oder abgerundet.

$$G = \frac{n_h - m_h}{n_s - m_s} + 1 = \frac{365 - 10}{57 - 6} + 1 \approx 8$$

Die resultierende erweiterte Stichprobe besteht demnach aus folgenden 424 Elementen:

7 mal HQ < minHQ _h aus Zeitreihe n _s	= 8x51 = 408
1 mal HQ > minHQ _h aus Zeitreihe n _s	= 6
1 mal HQ > minHQ _h aus Zeitreihe n _h	= 10

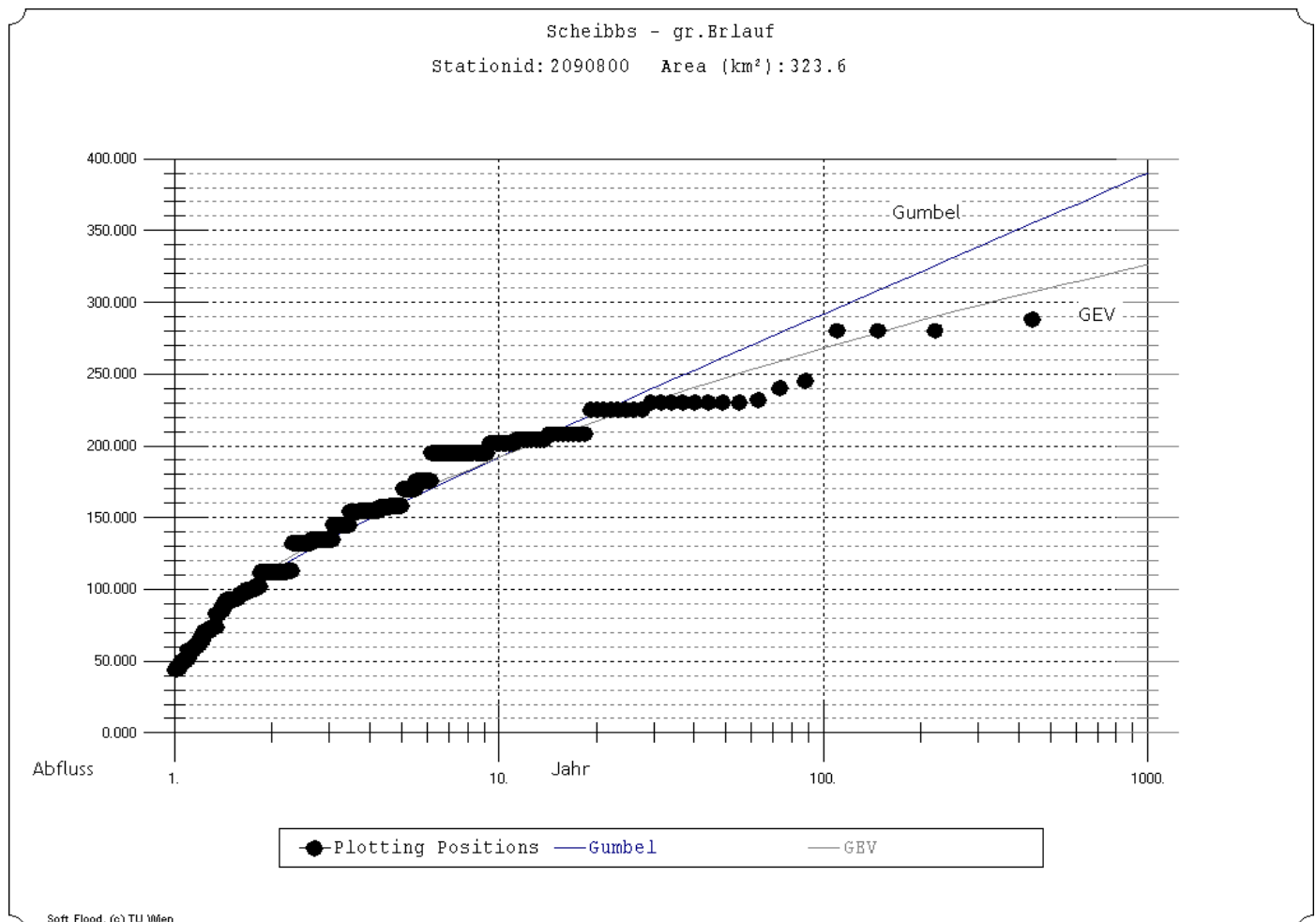


Abbildung 57: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für untere Grenze UG 4,3

Obere Grenze OG 4,3,2

- ✘ Für katastrophale Hochwasserereignisse (4) 360 m³/s;
- ✘ Für extrem große Hochwasserereignisse (3) 280 m³/s;
- ✘ Für sehr große Hochwasserereignisse (2) 230 m³/s;

Nur mit Hochwasserklassen 2, 3 und 4. Für Scheitelebene wird 230 m³/s gewählt.

Der Wichtungsfaktor G errechnet sich wie folgt und wird zur Vereinfachungen des Verfahrens auf einen ganzzahligen Wert auf- oder abgerundet.

$$G = \frac{n_h - m_h}{n_s - m_s} + 1 = \frac{365 - 13}{57 - 6} + 1 \approx 8$$

Die resultierende erweiterte Stichprobe besteht demnach aus folgenden 427 Elementen:

- | | |
|--|--------------|
| 7 mal HQ < minHQ _h aus Zeitreihe n _s | = 8x51 = 408 |
| 1 mal HQ > minHQ _h aus Zeitreihe n _s | = 6 |
| 1 mal HQ > minHQ _h aus Zeitreihe n _h | = 13 |

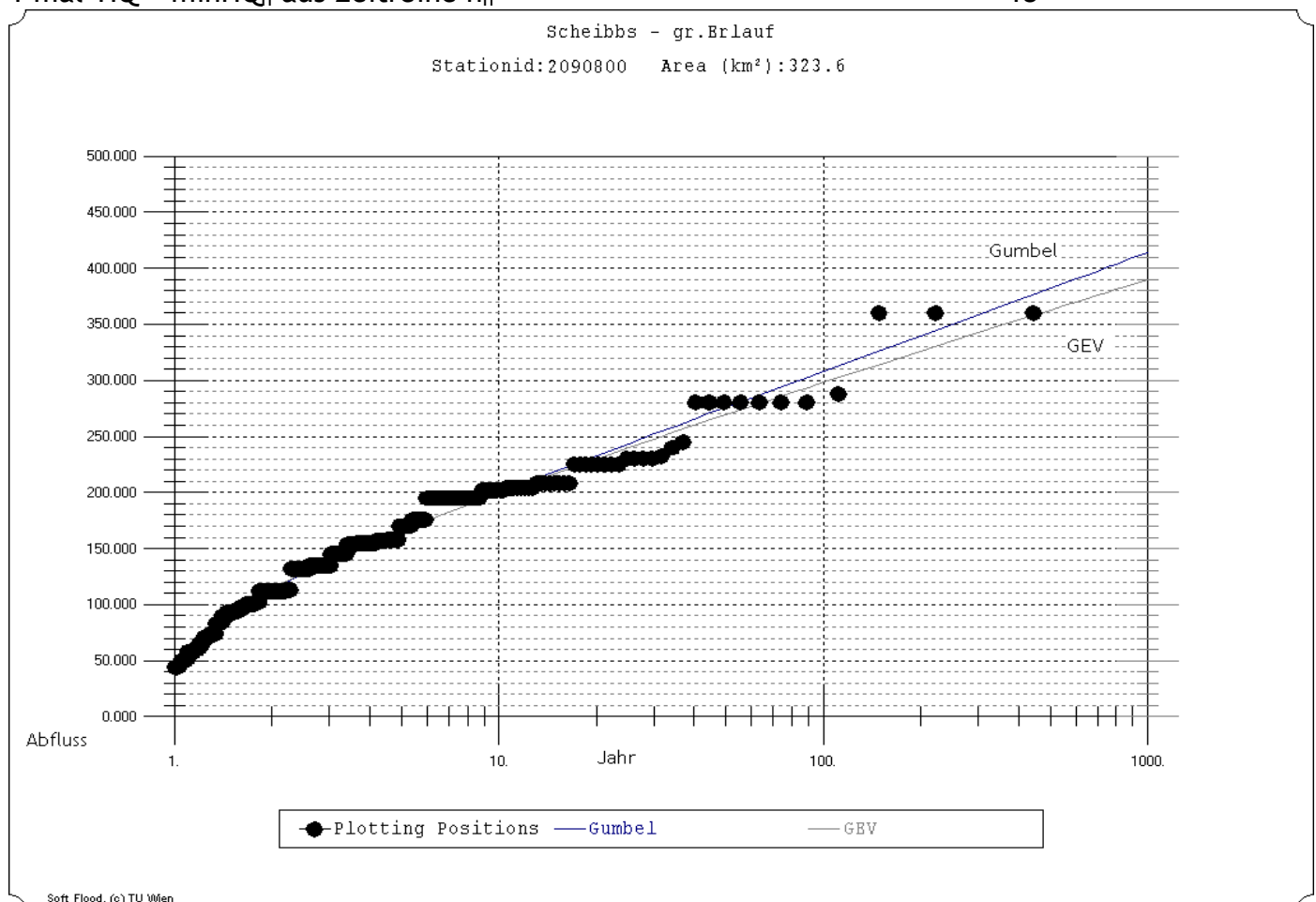


Abbildung 58: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für obere Grenze OG 4,3,2

Untere Grenze UG 4,3,2

- ✘ Für katastrophale Hochwasserereignisse (4) 280 m³/s;
- ✘ Für extrem große Hochwasserereignisse (3) 230 m³/s;
- ✘ Für sehr große Hochwasserereignisse (2) 150 m³/s;

Nur mit Hochwasserklassen 2, 3 und 4. Für Scheitelebene wird 150 m³/s gewählt.

Der Wichtungsfaktor G errechnet sich wie folgt und wird zur Vereinfachungen des Verfahrens auf einen ganzzahligen Wert auf- oder abgerundet.

$$G = \frac{n_h - m_h}{n_s - m_s} + 1 = \frac{365 - 13}{57 - 20} + 1 \approx 11$$

Die resultierende erweiterte Stichprobe besteht demnach aus folgenden 440 Elementen:

11 mal HQ < minHQ _h aus Zeitreihe n _s	= 11x37 = 407
1 mal HQ > minHQ _h aus Zeitreihe n _s	= 20
1 mal HQ > minHQ _h aus Zeitreihe n _h	= 13

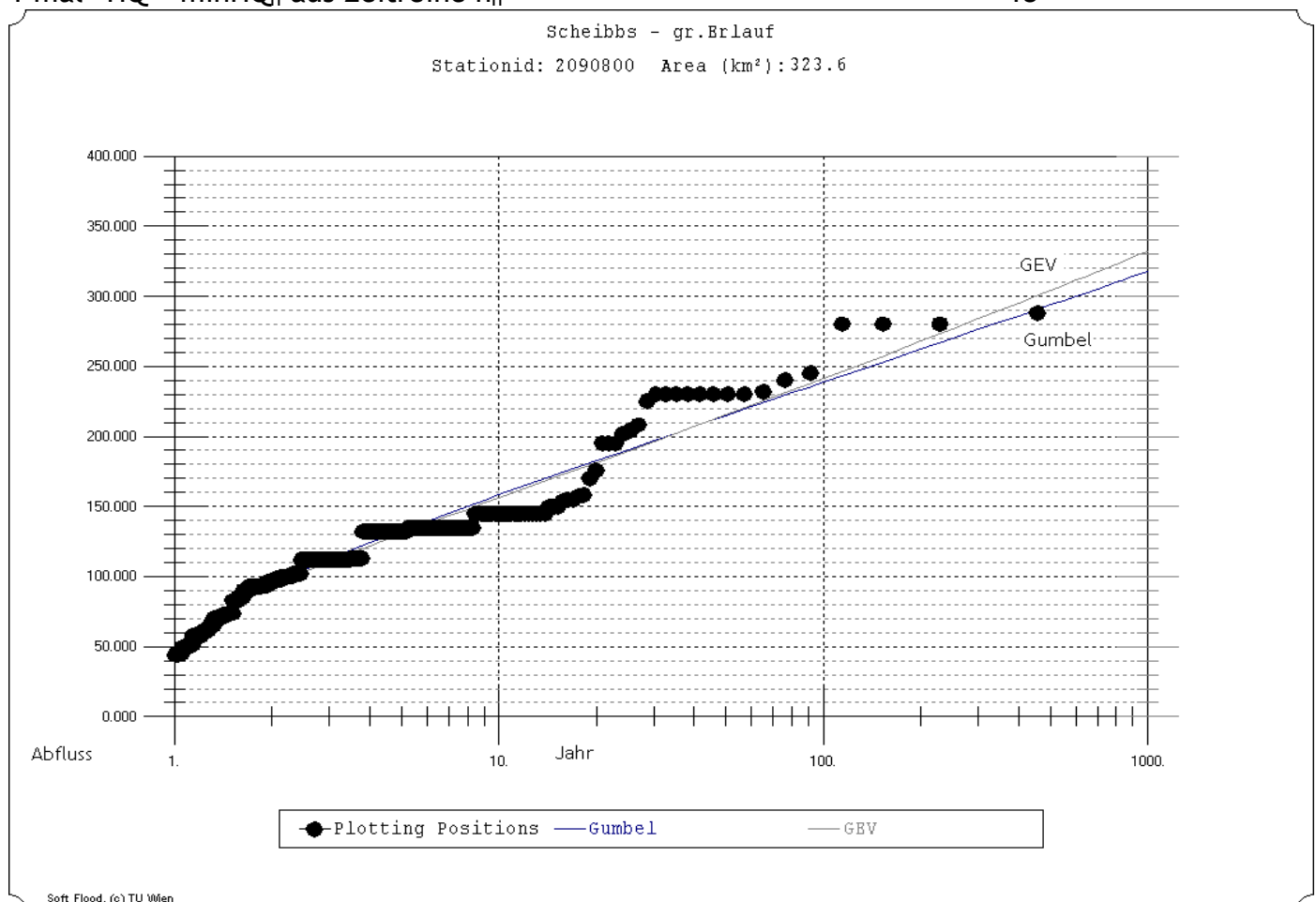


Abbildung 59: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für untere Grenze UG 4,3,2

Ohne Ereignis 1538

D

Das Hochwasserereignis in 1538 ist das erste dokumentierte Hochwasserereignis für die Stadt Scheibbs. Erst 132 Jahre später wird das nächste Hochwasserereignis erwähnt, deswegen habe ich das erste als katastrophal bezeichnet. Nachdem es sich um eine so alte Beschreibung einer Überflutung handelt, ist anzunehmen, dass dieses Hochwasser sehr bedeutend war. Wegen der Unsicherheit in der Größe dieses Ereignisses werden die Berechnungen auch ohne dieses Ereignis durchgeführt. So wird das betrachtete Zeitintervall um 132 Jahre kürzer und damit die Wichtungsfaktor - kleiner.

Obere Grenze OG 4,3

- ✘ Für katastrophale Hochwasserereignisse (4) $360 \text{ m}^3/\text{s}$;
- ✘ Für extrem große Hochwasserereignisse (3) $280 \text{ m}^3/\text{s}$;

Nur mit Hochwasserklassen 3 und 4. Für Scheitelebene wird $280 \text{ m}^3/\text{s}$ gewählt.

Der Wichtungsfaktor G errechnet sich wie folgt und wird zur Vereinfachungen des Verfahrens auf einen ganzzahligen Wert auf- oder abgerundet.

$$G = \frac{n_h - m_h}{n_s - m_s} + 1 = \frac{227 - 9}{63 - 3} + 1 \approx 5$$

Die resultierende erweiterte Stichprobe besteht demnach aus folgenden 312 Elementen:

5 mal $HQ < \min HQ_h$ aus Zeitreihe n_s	$= 5 \times 60 = 300$
1 mal $HQ > \min HQ_h$ aus Zeitreihe n_s	$= 3$
1 mal $HQ > \min HQ_h$ aus Zeitreihe n_h	$= 9$

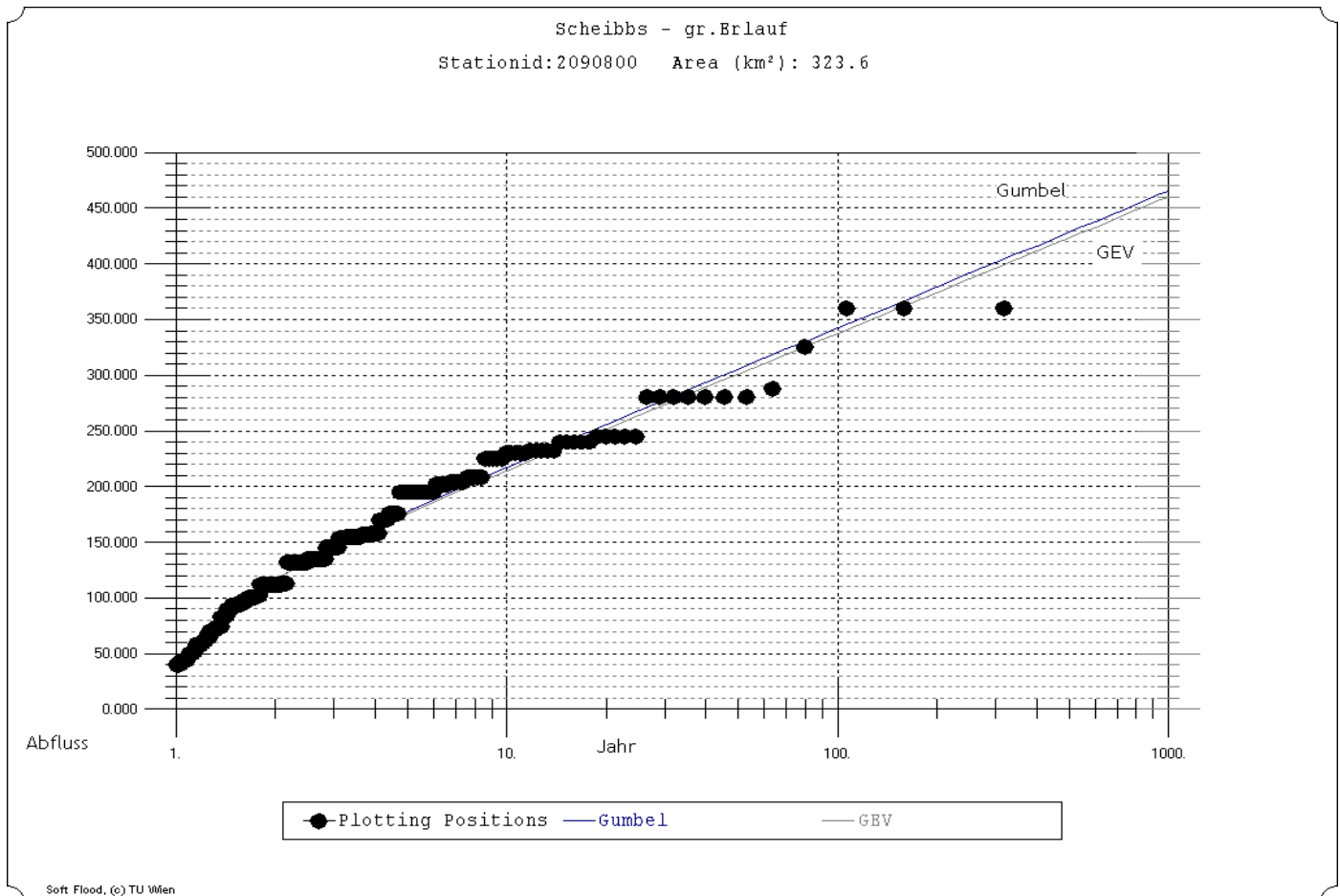


Abbildung 60: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung
und Allgemeine Extremwertverteilung für obere Grenze OG 4,3
Untere Grenze UG 4,3

- ✘ Für katastrophale Hochwasserereignisse (4) 280 m³/s;
- ✘ Für extrem große Hochwasserereignisse (3) 230 m³/s;

Nur mit Hochwasserklassen 3 und 4. Für Scheitelebene wird 230 m³/s gewählt.

Der Wichtungsfaktor G errechnet sich wie folgt und wird zur Vereinfachungen des Verfahrens auf einen ganzzahligen Wert auf- oder abgerundet.

$$G = \frac{n_h - m_h}{n_s - m_s} + 1 = \frac{227 - 9}{63 - 8} + 1 \approx 5$$

Die resultierende erweiterte Stichprobe besteht demnach aus folgenden 292 Elementen:

5 mal HQ < minHQ _h aus Zeitreihe n _s	= 5x55 = 275
1 mal HQ > minHQ _h aus Zeitreihe n _s	= 8
1 mal HQ > minHQ _h aus Zeitreihe n _h	= 9

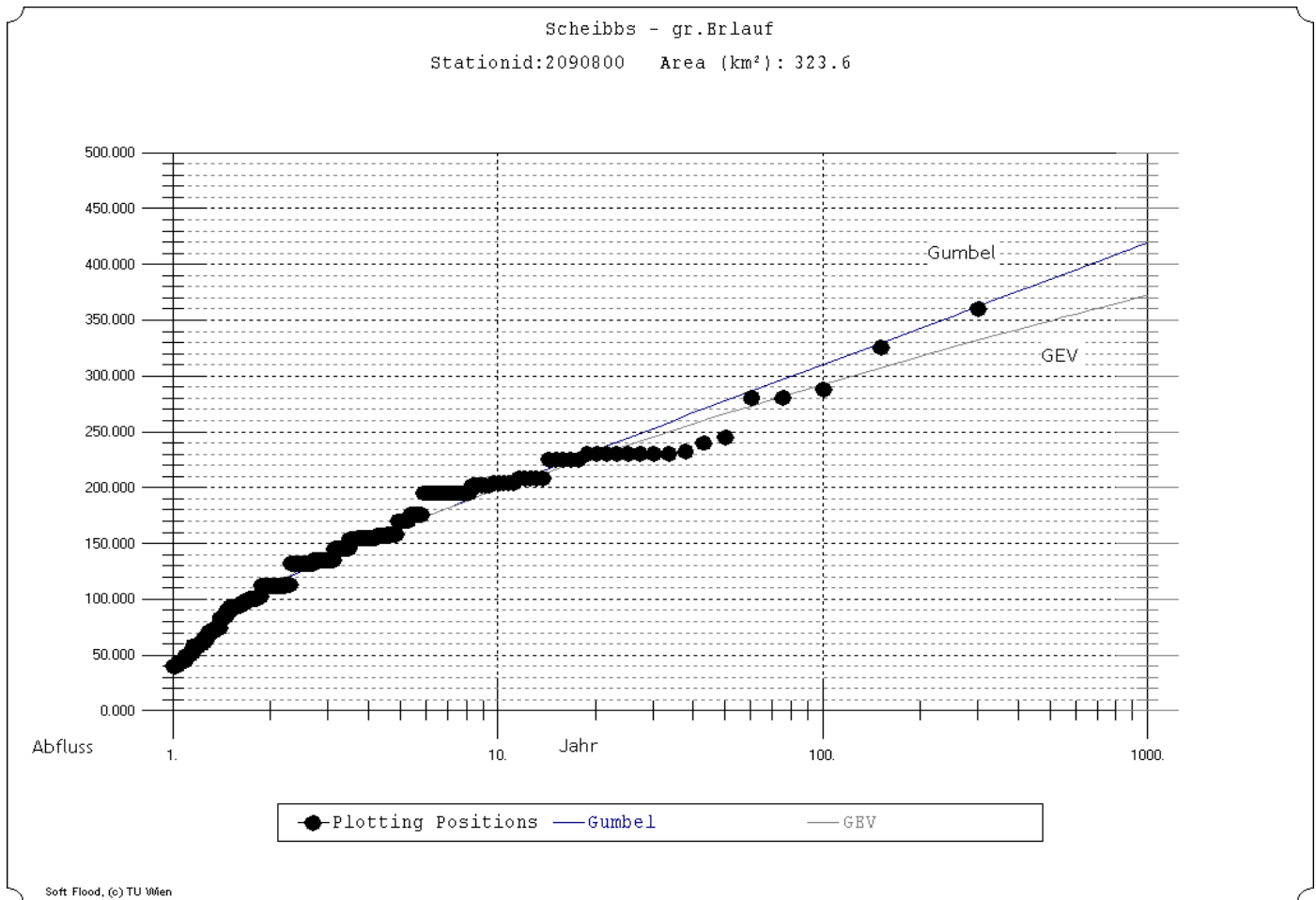


Abbildung 61: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung
 und Allgemeine Extremwertverteilung für untere Grenze UG 4,3
 Obere Grenze OG 4,3,2

- ✘ Für katastrophale Hochwasserereignisse (4) 360 m³/s;
- ✘ Für extrem große Hochwasserereignisse (3) 280 m³/s;
- ✘ Für sehr große Hochwasserereignisse (2) 230 m³/s;

Nur mit Hochwasserklassen 2, 3 und 4. Für Scheitelebene wird 230 m³/s gewählt.

Der Wichtungsfaktor G errechnet sich wie folgt und wird zur Vereinfachungen des Verfahrens auf einen ganzzahligen Wert auf- oder abgerundet.

$$G = \frac{n_h - m_h}{n_s - m_s} + 1 = \frac{227 - 12}{63 - 8} + 1 \approx 5$$

Die resultierende erweiterte Stichprobe besteht demnach aus folgenden 295 Elementen:

5 mal HQ < minHQ _h aus Zeitreihe n _s	= 5x55 = 275
1 mal HQ > minHQ _h aus Zeitreihe n _s	= 8
1 mal HQ > minHQ _h aus Zeitreihe n _h	= 12

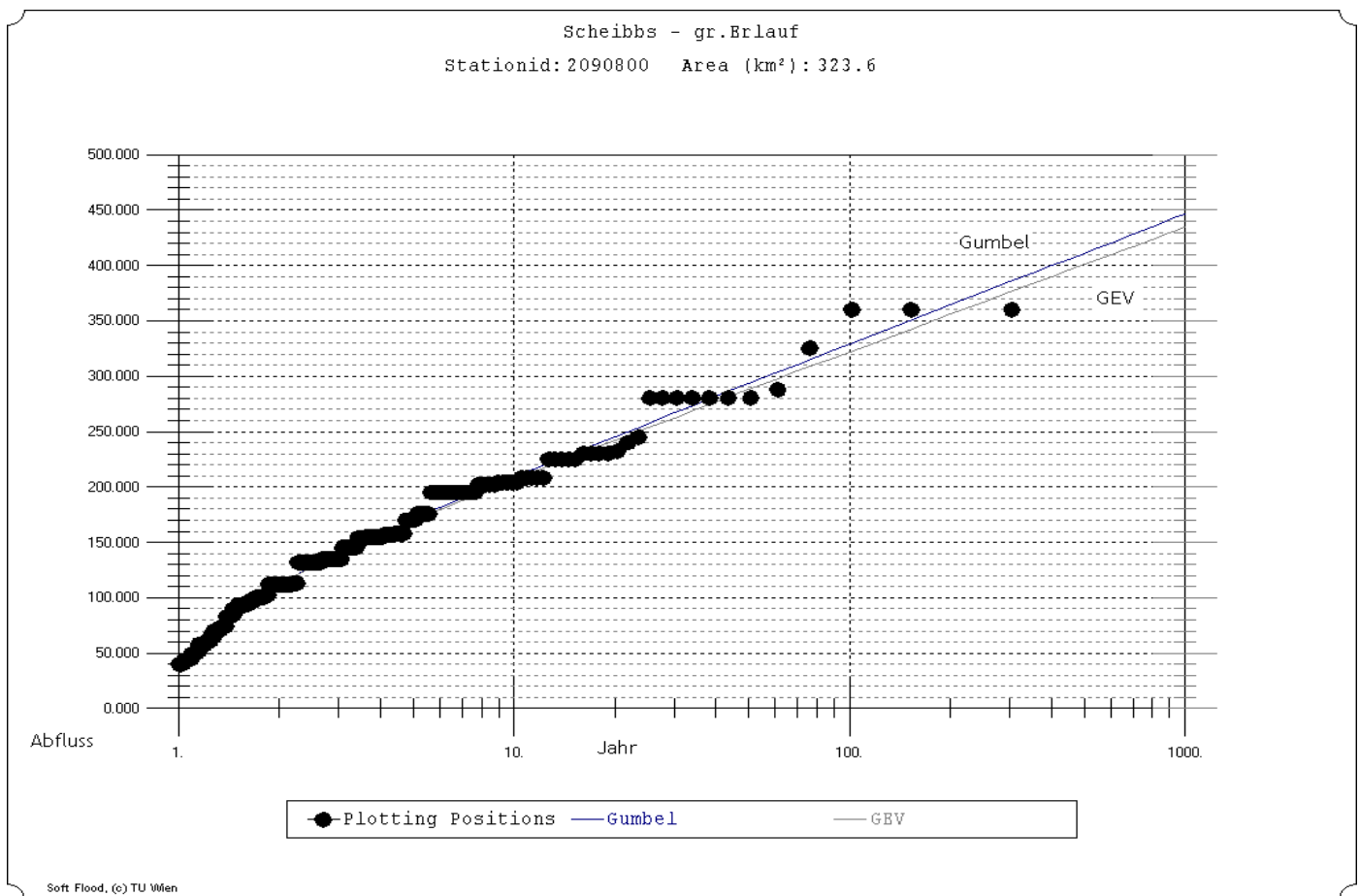


Abbildung 62: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für obere Grenze OG 4,3,2
Untere Grenze UG 4,3,2

- ✘ Für katastrophale Hochwasserereignisse (4) 280 m³/s;
- ✘ Für extrem große Hochwasserereignisse (3) 230 m³/s;
- ✘ Für sehr große Hochwasserereignisse (2) 150 m³/s;

Nur mit Hochwasserklassen 2, 3 und 4. Für Scheitelebene wird 150 m³/s gewählt.

Der Wichtungsfaktor G errechnet sich wie folgt und wird zur Vereinfachungen des Verfahrens auf einen ganzzahligen Wert auf- oder abgerundet.

$$G = \frac{n_h - m_h}{n_s - m_s} + 1 = \frac{227 - 12}{63 - 22} + 1 \approx 6$$

Die resultierende erweiterte Stichprobe besteht demnach aus folgenden 280 Elementen:

6 mal HQ < minHQ _h aus Zeitreihe n _s	= 6x41 = 246
1 mal HQ > minHQ _h aus Zeitreihe n _s	= 22
1 mal HQ > minHQ _h aus Zeitreihe n _h	= 12

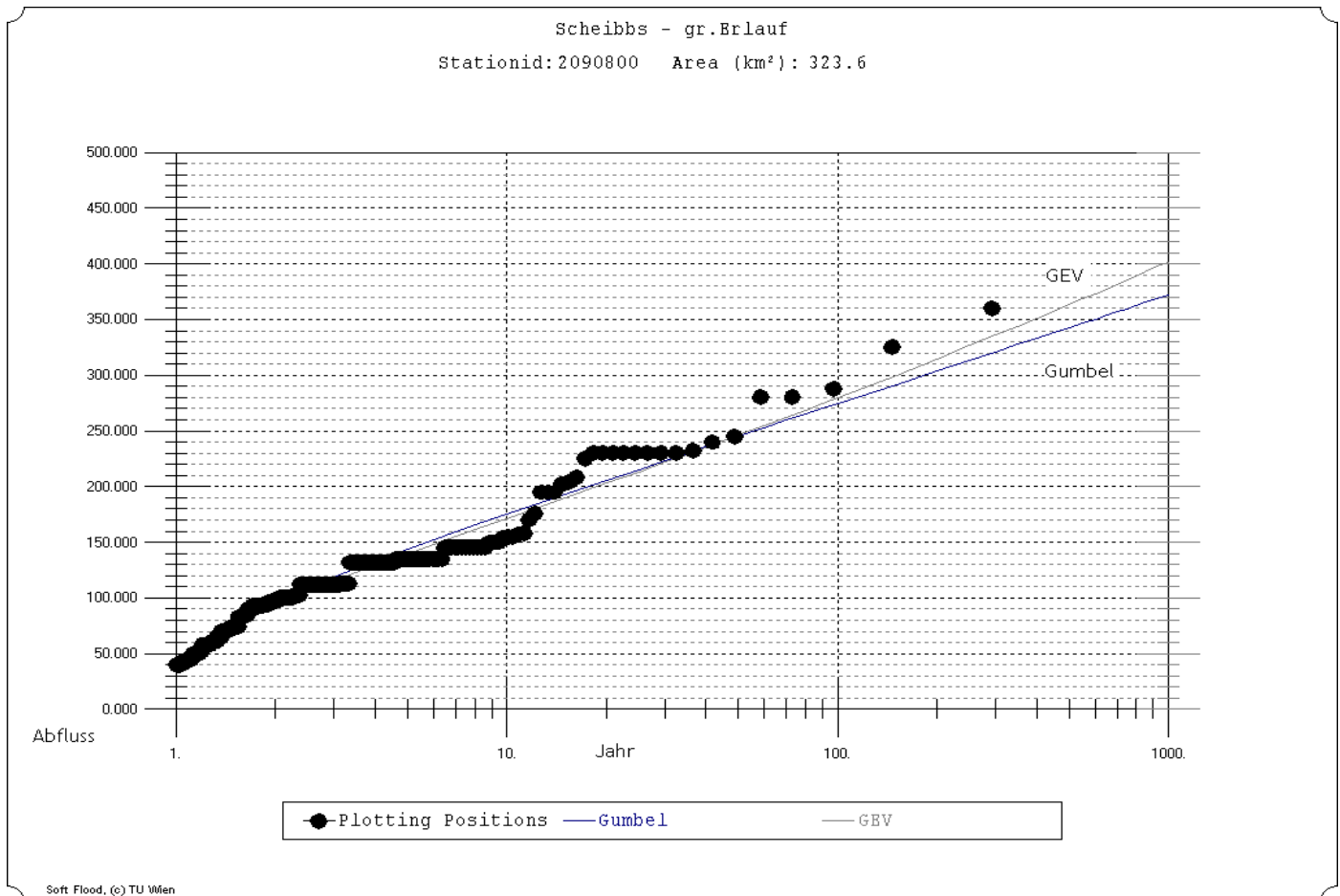


Abbildung 63: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für untere Grenze UG 4,3,2

Ohne Berücksichtigung der Zeitintervall 1897 - 1903

E

Im Kapitel 5.1.2 - Sonderfall war schon beschrieben, warum eine solche Annahme gemacht ist. So bekommt man eine Reihe ohne wesentliche Extremwerte und die Erwartungen sind für flache Verteilungsfunktionskurven und große Jährlichkeiten. Als Hochwassersicherheitsgründe ist dieses Fall zur Bemessung den Hochwasserschutzanlagen nicht gut geeignet. Außerdem sind die Berechnungen durchgeführt, damit man einen weiteren Ergebnisumfang bekommt.

Obere Grenze OG 4,3

- ✘ Für katastrophale Hochwasserereignisse (4) 360 m³/s;
- ✘ Für extrem große Hochwasserereignisse (3) 280 m³/s;

Nur mit Hochwasserklassen 3 und 4. Für Scheitelebene wird 280 m³/s gewählt.

Der Wichtungsfaktor G errechnet sich wie folgt und wird zur Vereinfachungen des Verfahrens auf einen ganzzahligen Wert auf- oder abgerundet.

$$G = \frac{n_h - m_h}{n_s - m_s} + 1 = \frac{227 - 9}{57 - 1} + 1 \approx 5$$

Die resultierende erweiterte Stichprobe besteht demnach aus folgenden 290 Elementen:

5 mal $HQ < \min HQ_h$ aus Zeitreihe n_s = $5 \times 56 = 280$

1 mal $HQ > \min HQ_h$ aus Zeitreihe n_s = 1

1 mal $HQ > \min HQ_h$ aus Zeitreihe n_h = 9

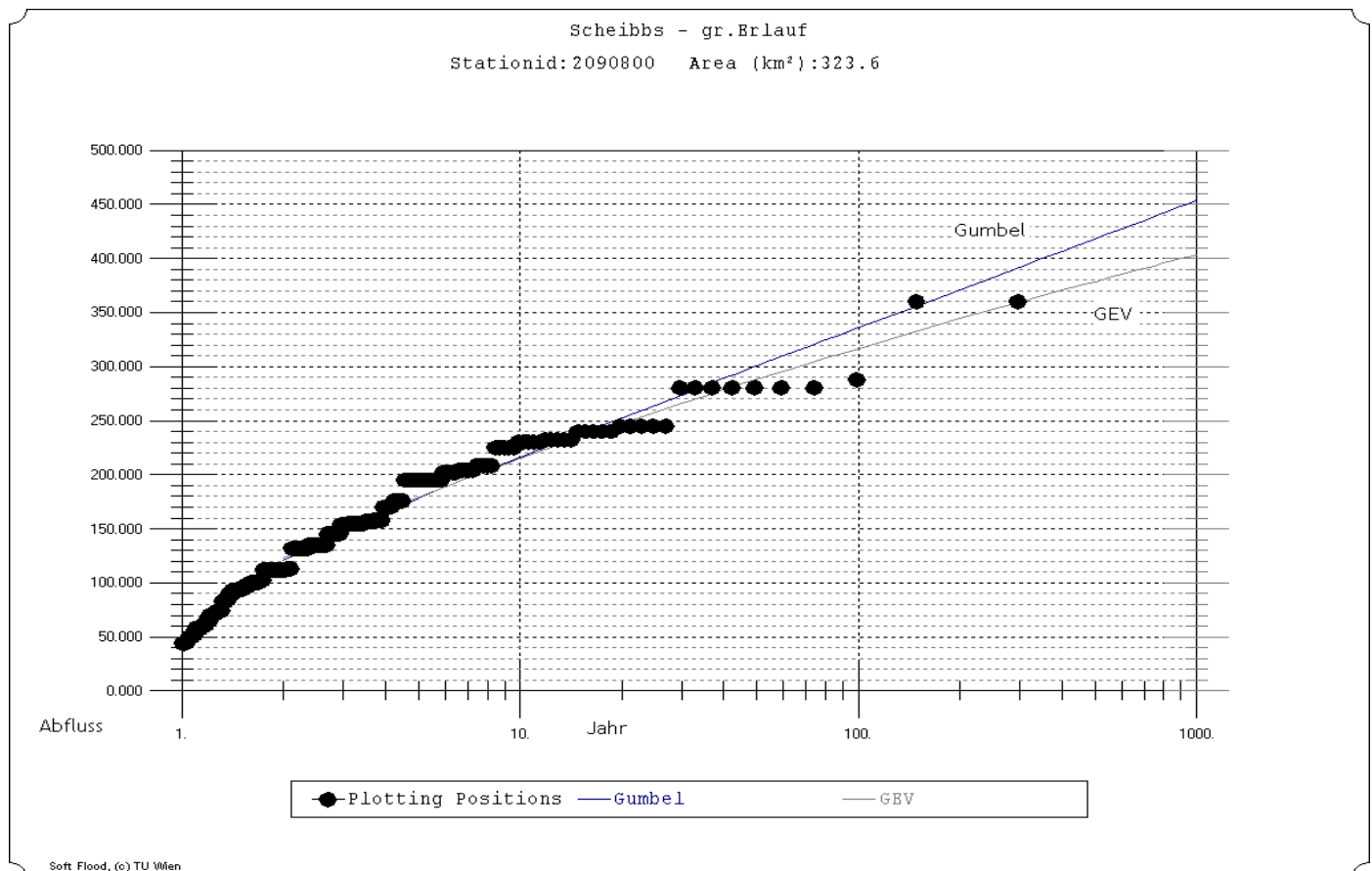


Abbildung 64: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für obere Grenze OG 4,3

Untere Grenze UG 4,3

- ✘ Für katastrophale Hochwasserereignisse (4) $280 \text{ m}^3/\text{s}$;
- ✘ Für extrem große Hochwasserereignisse (3) $230 \text{ m}^3/\text{s}$;

Nur mit Hochwasserklassen 3 und 4. Für Scheitelebene wird $230 \text{ m}^3/\text{s}$ gewählt.

Der Wichtungsfaktor G errechnet sich wie folgt und wird zur Vereinfachungen des Verfahrens auf einen ganzzahligen Wert auf- oder abgerundet.

$$G = \frac{n_h - m_h}{n_s - m_s} + 1 = \frac{227 - 9}{57 - 6} + 1 \approx 5$$

Die resultierende erweiterte Stichprobe besteht demnach aus folgenden 270 Elementen:

5 mal $HQ < \min HQ_h$ aus Zeitreihe n_s = $5 \times 51 = 255$

1 mal $HQ > \min HQ_h$ aus Zeitreihe n_s = 6

1 mal $HQ > \min HQ_h$ aus Zeitreihe n_h = 9

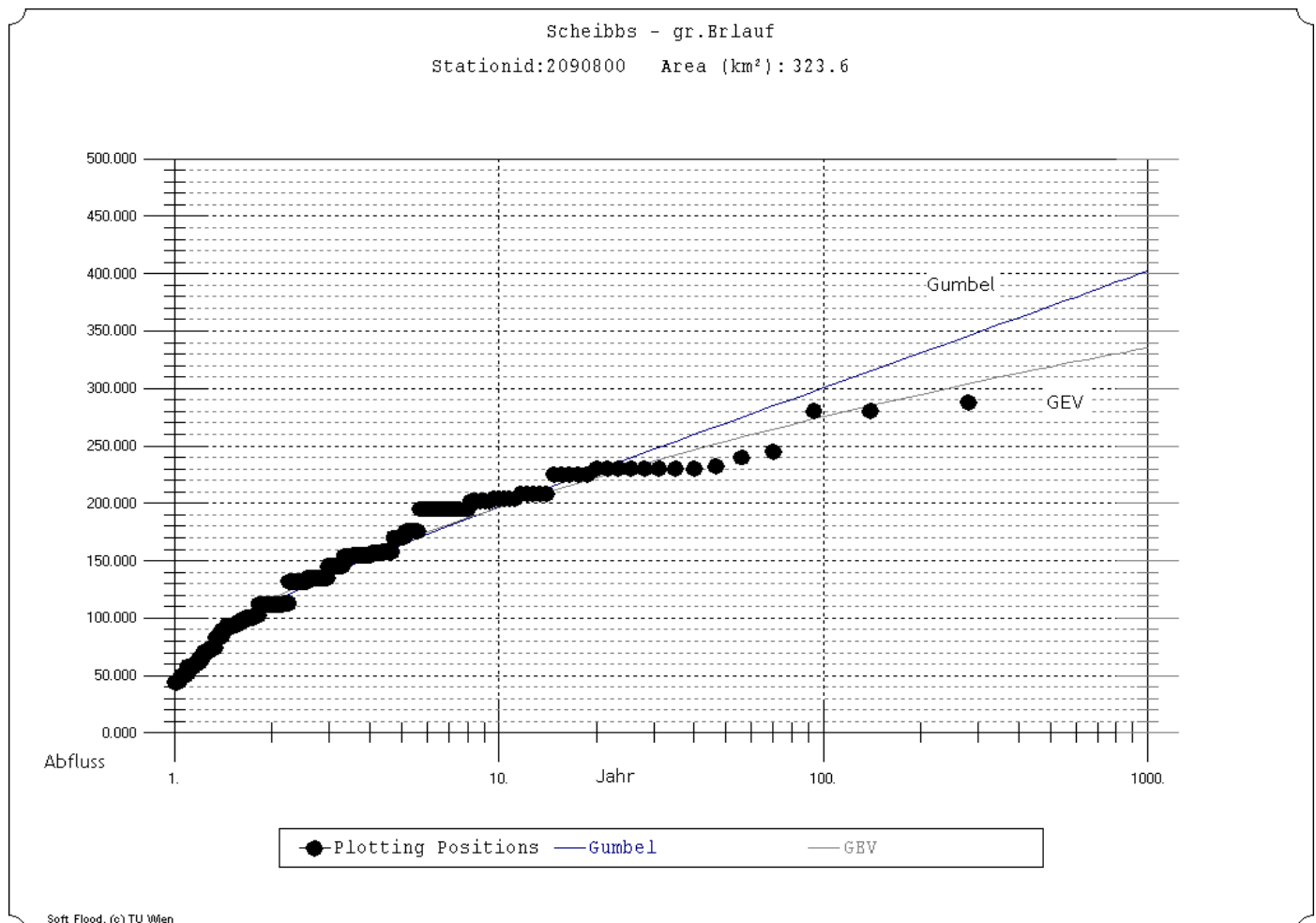


Abbildung 65: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung
 und Allgemeine Extremwertverteilung für untere Grenze UG 4,3
 Obere Grenze OG 4,3,2

- ✘ Für katastrophale Hochwasserereignisse (4) $360 \text{ m}^3/\text{s}$;
- ✘ Für extrem große Hochwasserereignisse (3) $280 \text{ m}^3/\text{s}$;
- ✘ Für sehr große Hochwasserereignisse (2) $230 \text{ m}^3/\text{s}$;

Nur mit Hochwasserklassen 2, 3 und 4. Für Scheitelebene wird $230 \text{ m}^3/\text{s}$ gewählt.

Der Wichtungsfaktor G errechnet sich wie folgt und wird zur Vereinfachungen des Verfahrens auf einen ganzzahligen Wert auf- oder abgerundet.

$$G = \frac{n_h - m_h}{n_s - m_s} + 1 = \frac{227 - 12}{57 - 6} + 1 \approx 5$$

Die resultierende erweiterte Stichprobe besteht demnach aus folgenden 273 Elementen:

5 mal $HQ < \min HQ_h$ aus Zeitreihe n_s = $5 \times 51 = 255$

1 mal $HQ > \min HQ_h$ aus Zeitreihe n_s = 6

1 mal $HQ > \min HQ_h$ aus Zeitreihe n_h = 12

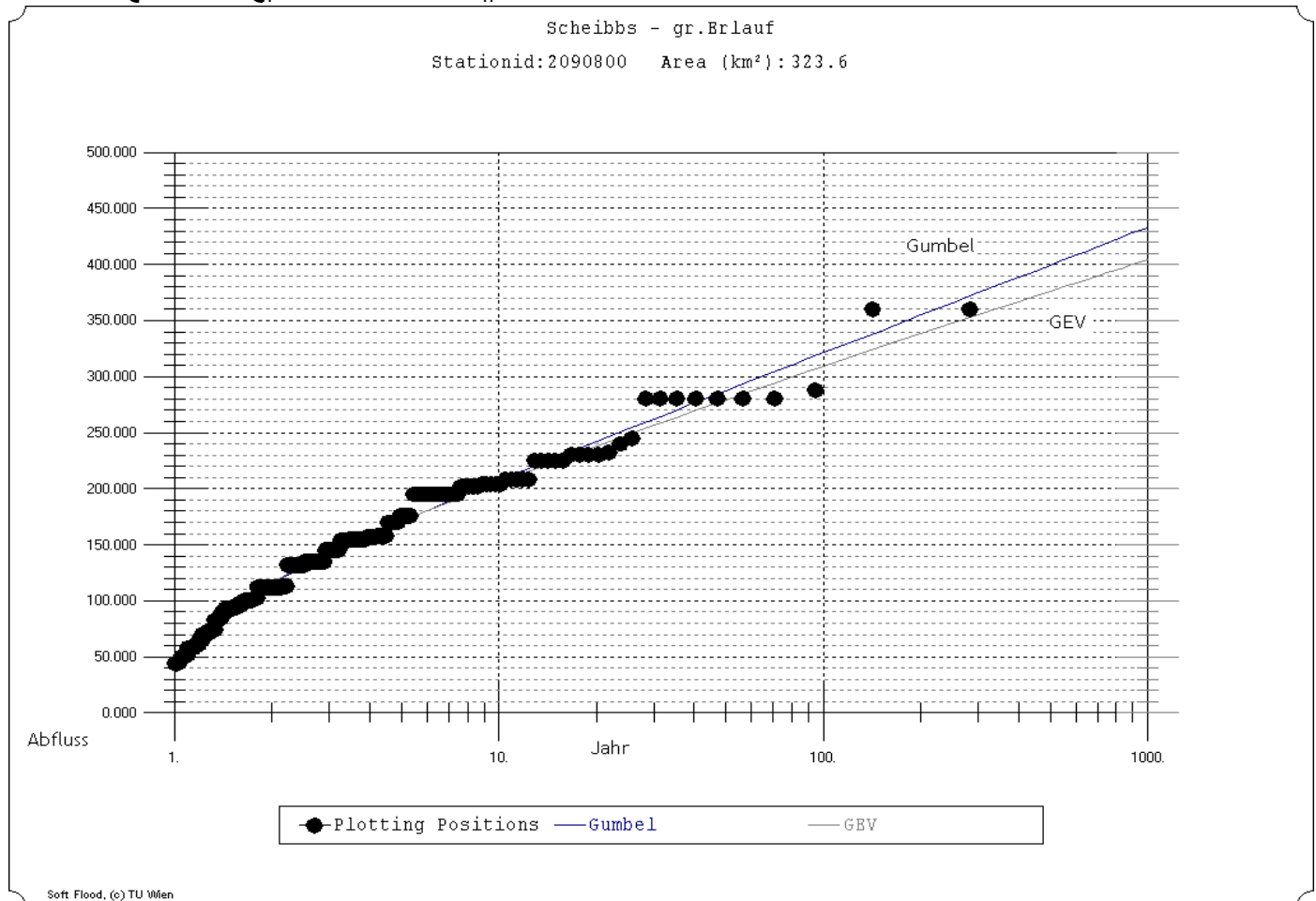


Abbildung 66: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für obere Grenze OG 4,3,2

Untere Grenze UG 4,3,2

- ✘ Für katastrophale Hochwasserereignisse (4) 280 m³/s;
- ✘ Für extrem große Hochwasserereignisse (3) 230 m³/s;
- ✘ Für sehr große Hochwasserereignisse (2) 150 m³/s;

Nur mit Hochwasserklassen 2, 3 und 4. Für Scheitelebene wird $150 \text{ m}^3/\text{s}$ gewählt.

Der Wichtungsfaktor G errechnet sich wie folgt und wird zur Vereinfachungen des Verfahrens auf einen ganzzahligen Wert auf- oder abgerundet.

$$G = \frac{n_h - m_h}{n_s - m_s} + 1 = \frac{227 - 12}{57 - 20} + 1 \approx 7$$

Die resultierende erweiterte Stichprobe besteht demnach aus folgenden 291 Elementen:

7 mal $HQ < \min HQ_h$ aus Zeitreihe n_s	$= 7 \times 37 = 259$
1 mal $HQ > \min HQ_h$ aus Zeitreihe n_s	$= 20$
1 mal $HQ > \min HQ_h$ aus Zeitreihe n_h	$= 12$

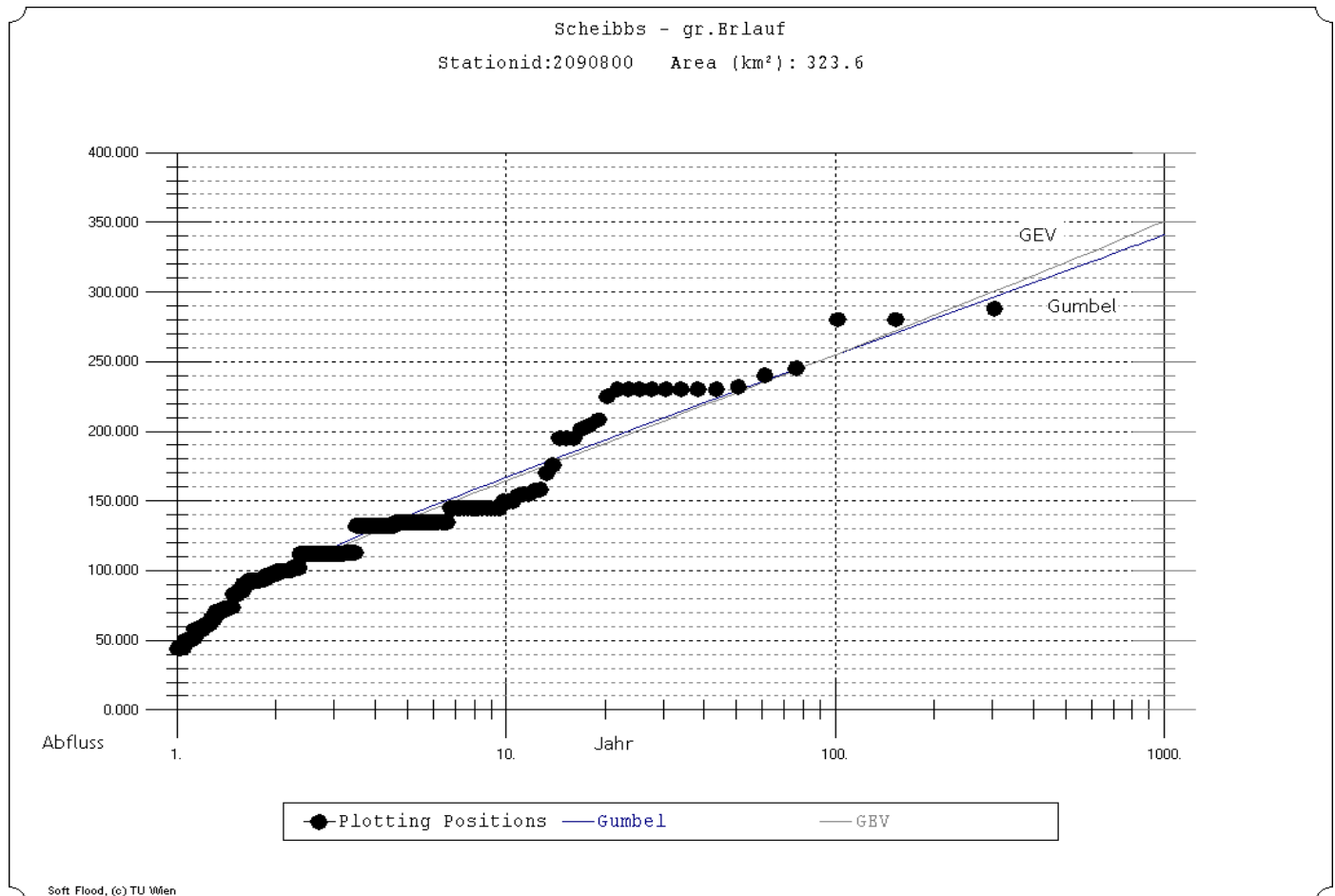


Abbildung 67: n - jährliches Hochwasser in Bezug auf Gumbel Verteilung und Allgemeine Extremwertverteilung für untere Grenze UG 4,3,2

A3

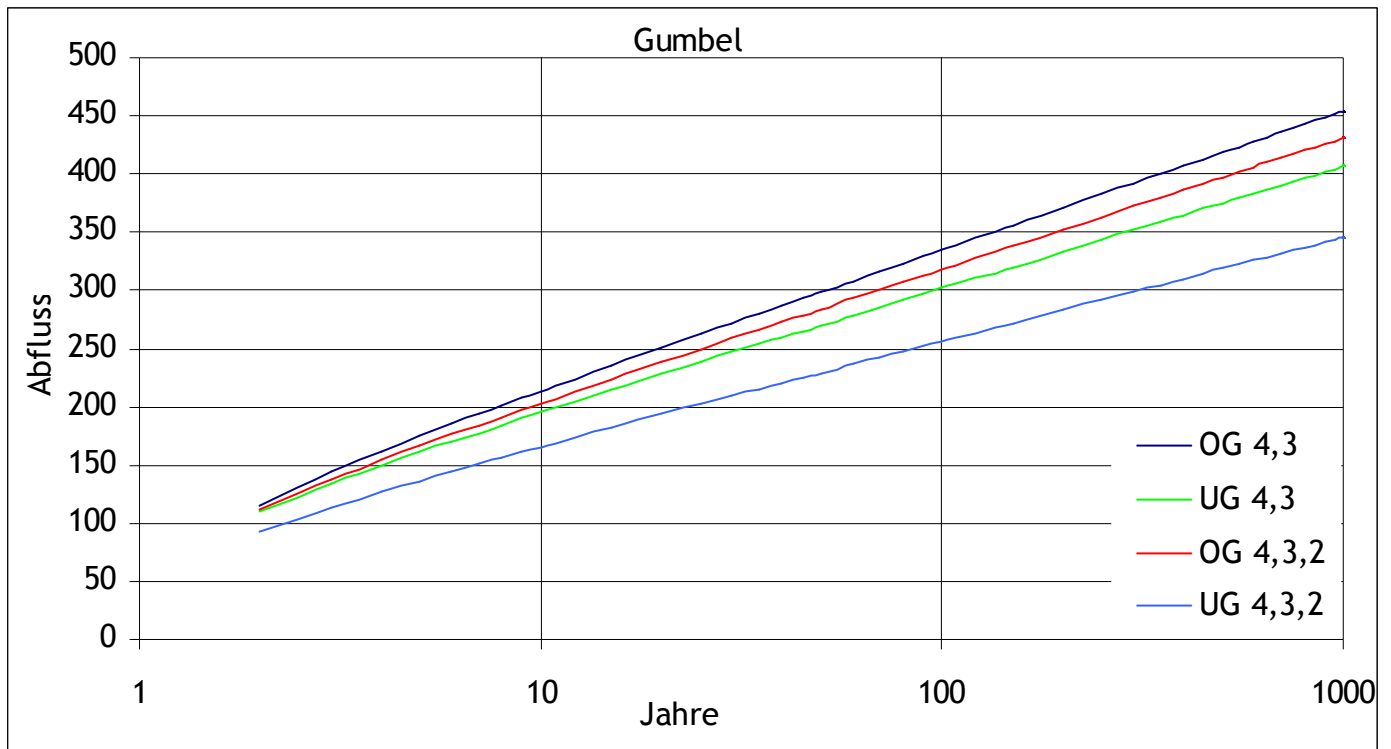


Abbildung 68: Vergleich der Resultate bei Gumbel - Verteilung (1538 - 1960)

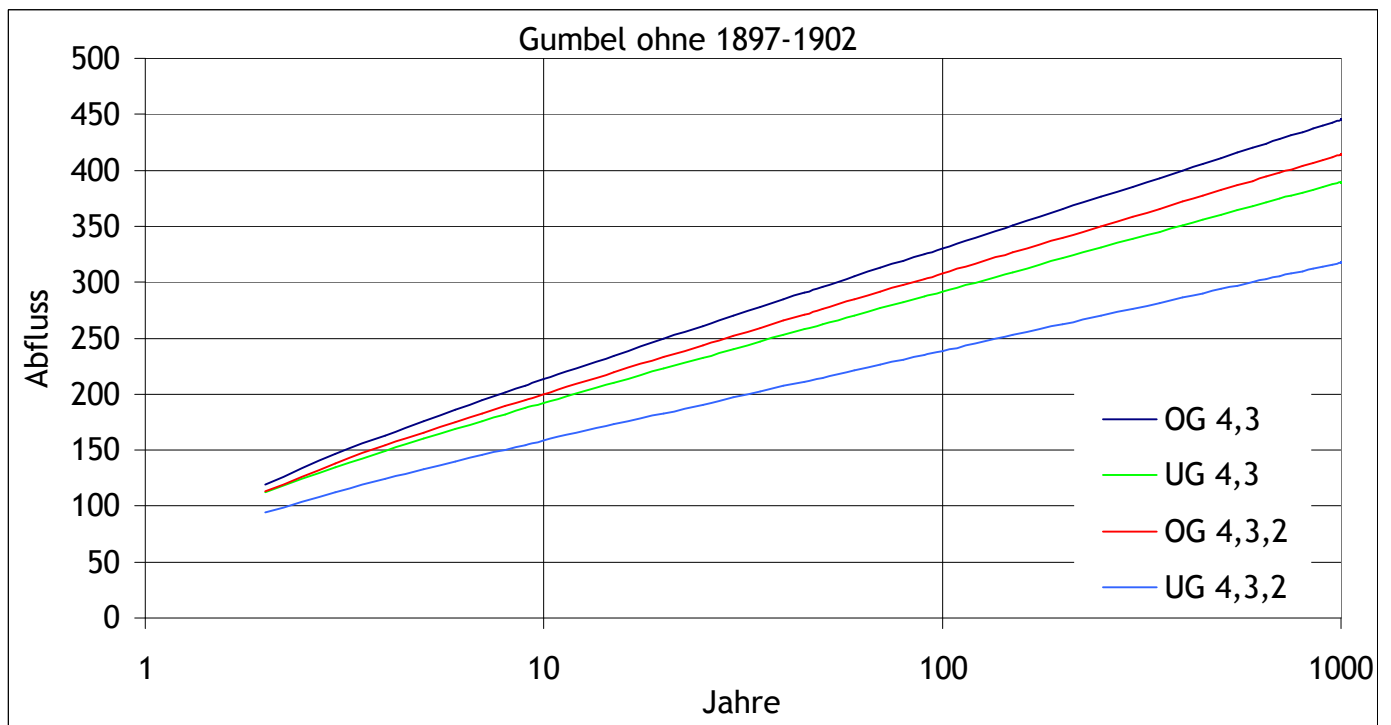


Abbildung 69: Vergleich der Resultate bei Gumbel - Verteilung (1538 - 1960, ohne 1897 - 1903)

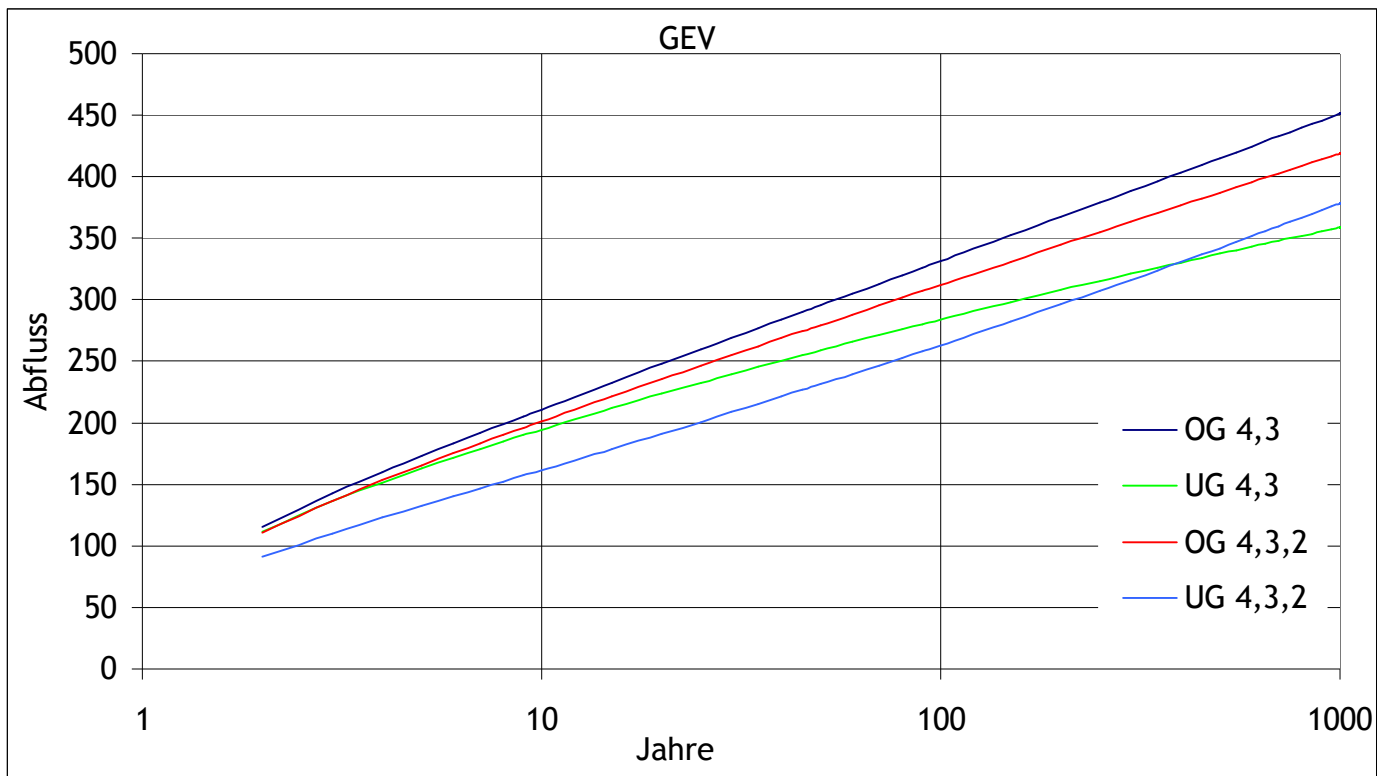


Abbildung 70: Vergleich der Resultate bei GEV - Verteilung (1538 - 1960)

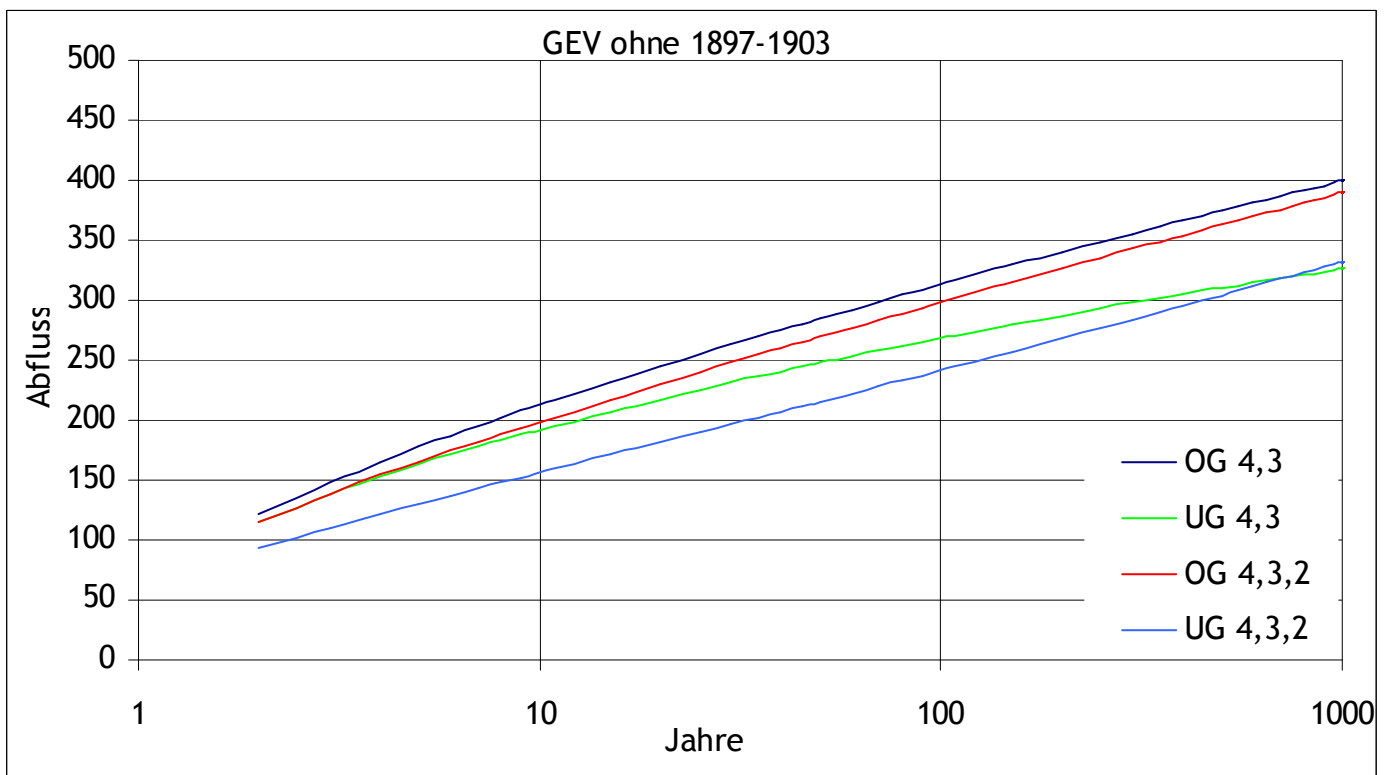


Abbildung 71: Vergleich der Resultate bei GEV - Verteilung (1538 - 1960, ohne 1897 - 1903)

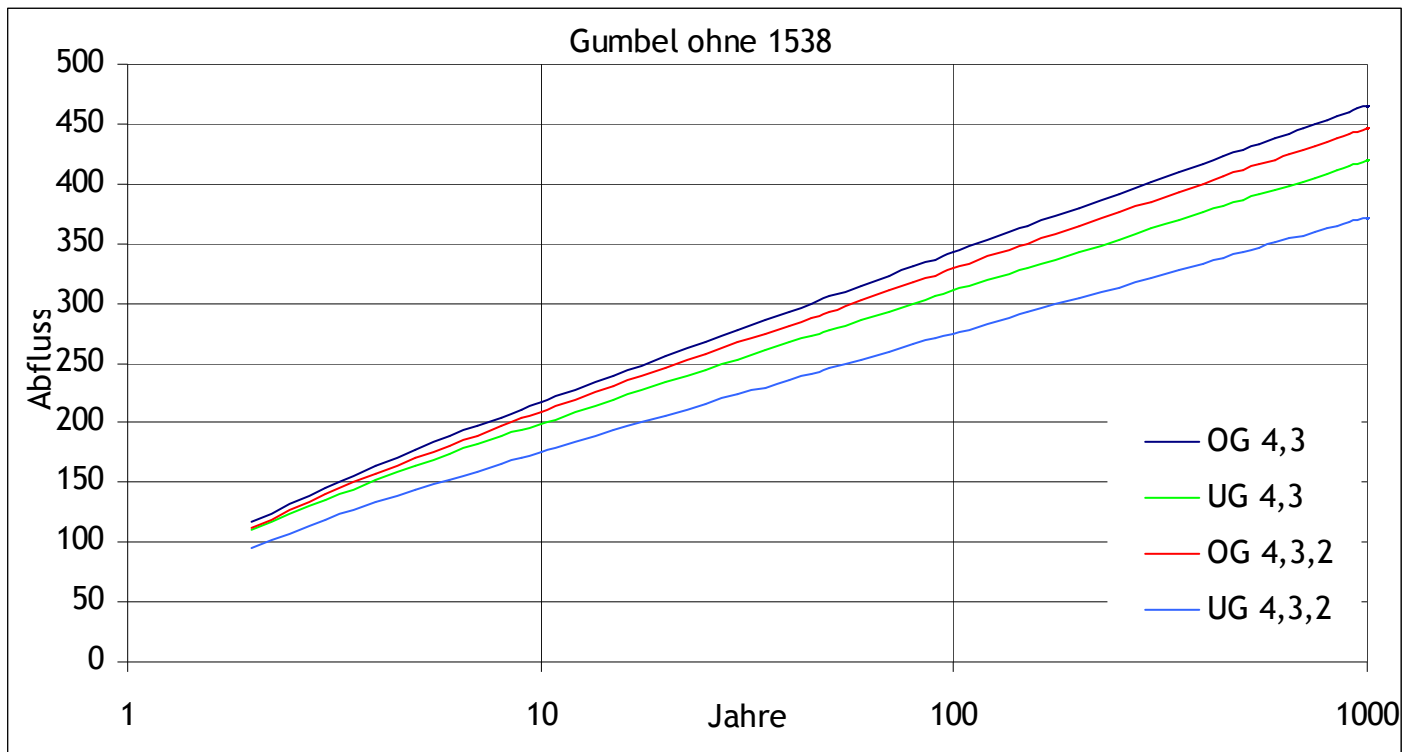


Abbildung 72: Vergleich der Resultate bei Gumbel - Verteilung (1670 - 1960)

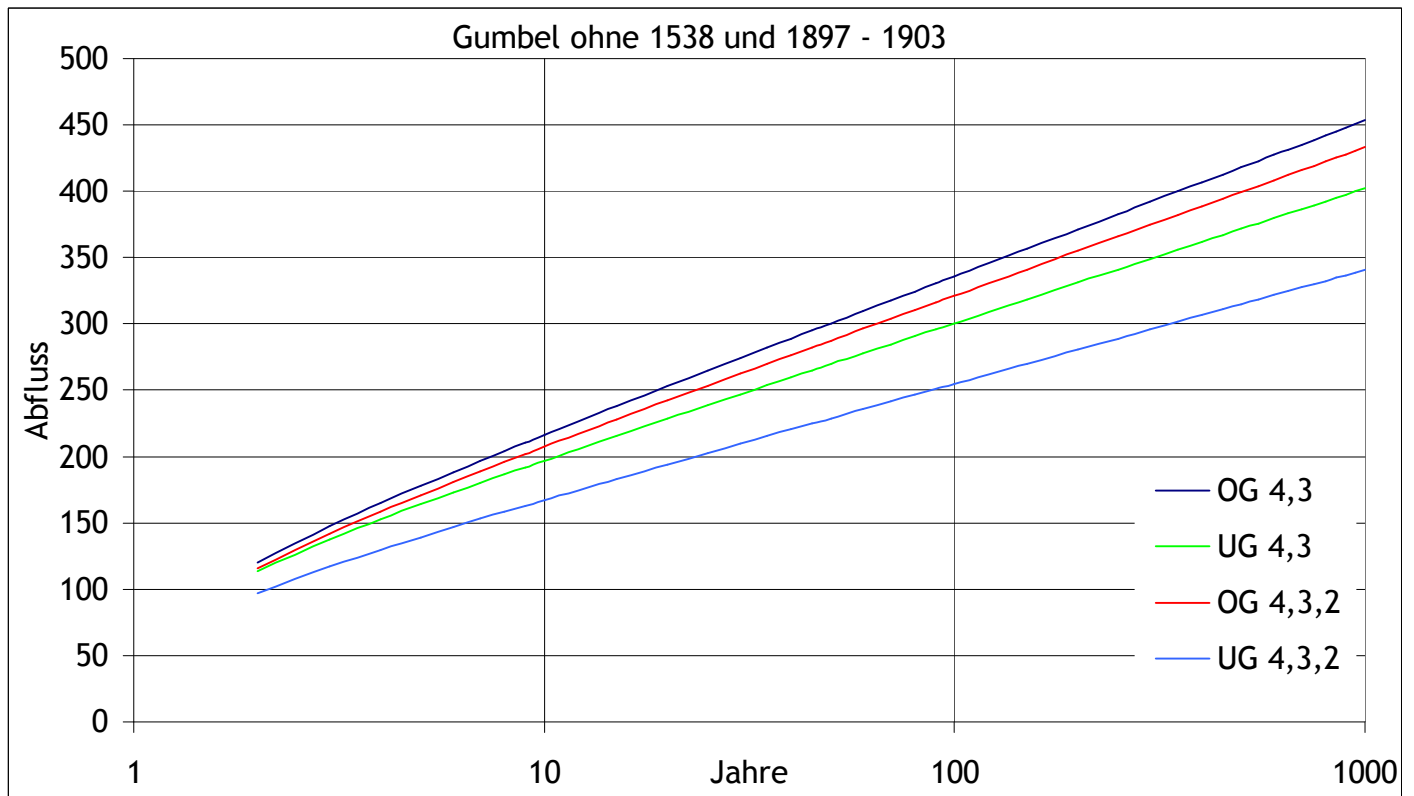


Abbildung 73: Vergleich der Resultate bei Gumbel - Verteilung (1670 - 1960, ohne 1897 - 1903)

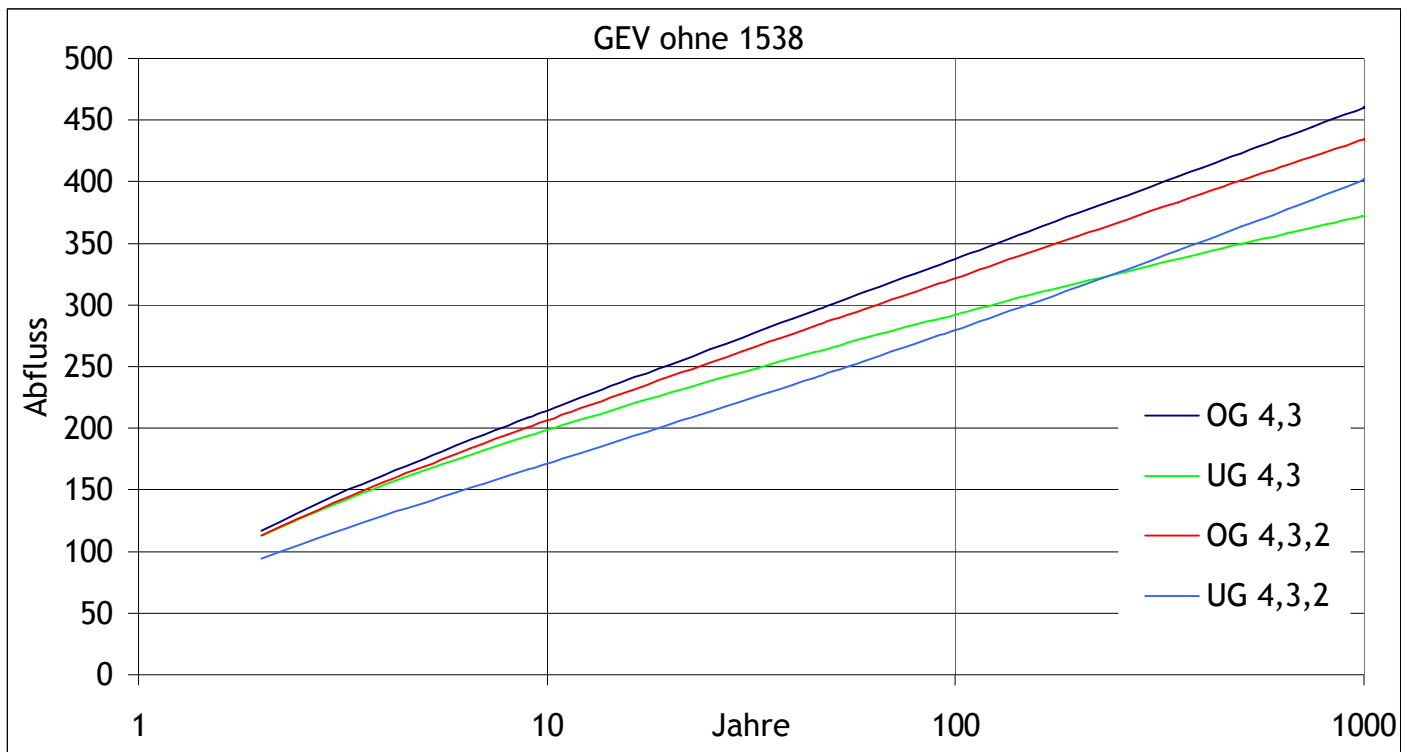


Abbildung 74: Vergleich der Resultate bei GEV - Verteilung (1670 - 1960)

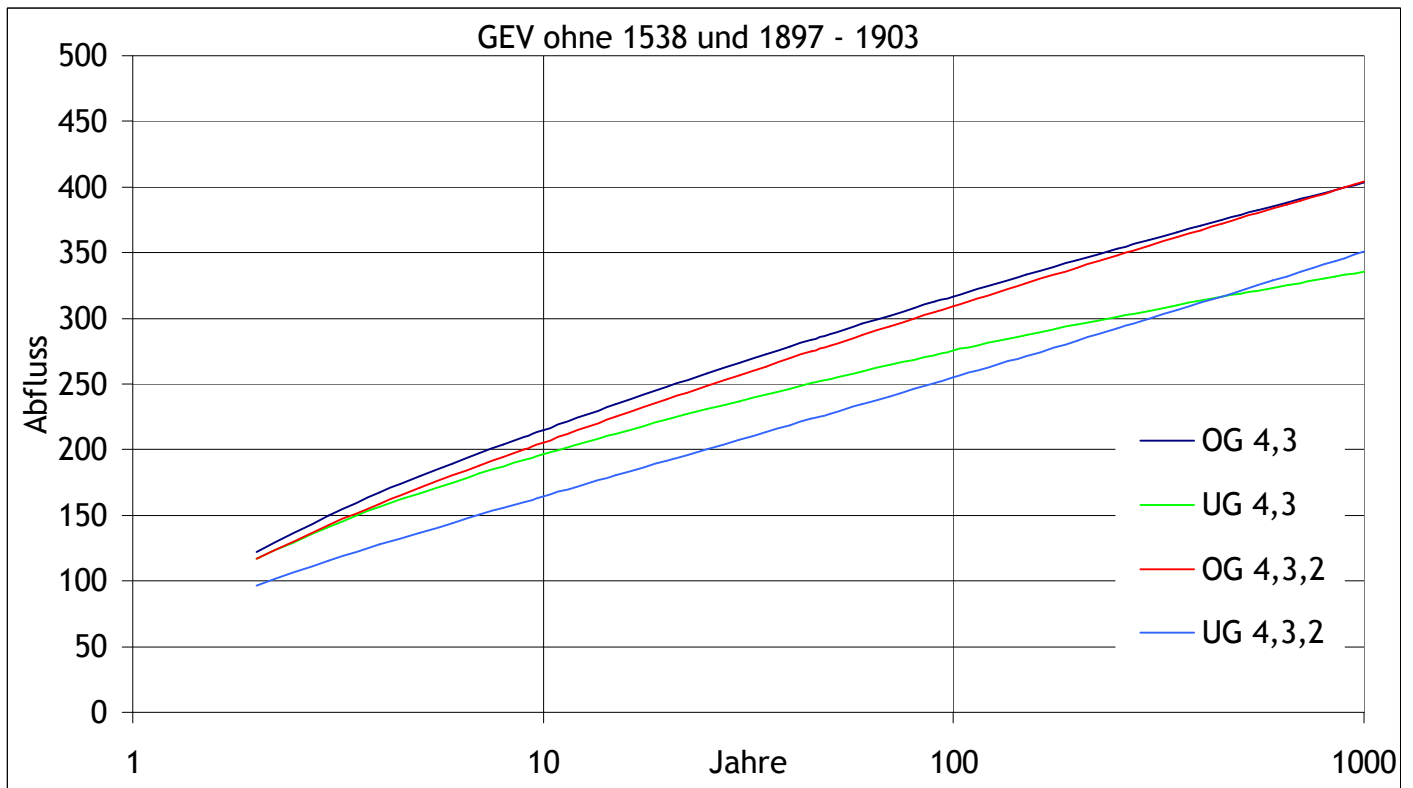


Abbildung 75: Vergleich der Resultate bei GEV - Verteilung (1670 - 1960, ohne 1897 - 1903)