



## HYDROLOGISCHE BEMESSUNG

# Stochastische Wettergeneratoren zur Ableitung von Extremereignissen für die hydrologische Bemessung: Möglichkeiten und Herausforderungen in der Praxis

Elena Weber<sup>1</sup>, Nicolas Dalla Valle<sup>1</sup>, Simon Seibert<sup>1</sup>, Natalie Stahl-van-Rooijen<sup>1</sup>

## 1 Kurzfassung

Für die Bemessung von Hochwasserschutzanlagen werden Extremszenarien benötigt. In der wasserwirtschaftlichen Praxis werden diese meist durch hydrologische Modellierung mit synthetischen Bemessungsregen (z. B. KOSTRA2020) erzeugt. Dabei werden vereinfachte Annahmen über die räumliche und zeitliche Verteilung des Niederschlags getroffen, was zu unrealistischen Ereignissen führen kann. Als Alternative dazu untersucht dieser Beitrag, wie mit einem stochastischen Wettergenerator (Projekt WETRAX+) erzeugte Extremszenarien mit realistischeren raum-zeitlichen Verläufen für die Simulation von Extremszenarien verwendet werden können.

Der WETRAX+ Datensatz umfasst 1732 Niederschlagsstationen (Süddeutschland, Österreich, Tschechien) mit 10.000 jährigen synthetischen Zeitreihen stündlicher Auflösung (Dauerstufen: 6h, 12h, 24h, 48h, 72h, 96h). Am Beispiel des Bemessungsfalls 2 nach DIN19700 (HQ10.000) einer Talsperre (Abbildung 1) wird das erarbeitete Verfahren vergleichend zur üblichen Methode dargestellt.

Eine besondere Herausforderung ist die von der DIN geforderte statistische Einordnung der abgeleiteten Ereignisse, welche die Wahl der Bemessungsszenarien maßgeblich beeinflusst und hier anhand bivariater Scheitel-Füllen-Copulas erfolgt.

Der Vergleich der Ergebnisse zeigt den großen Einfluss der raum-zeitlichen Niederschlagsmuster auf das verbleibende Freibord im Speicher.

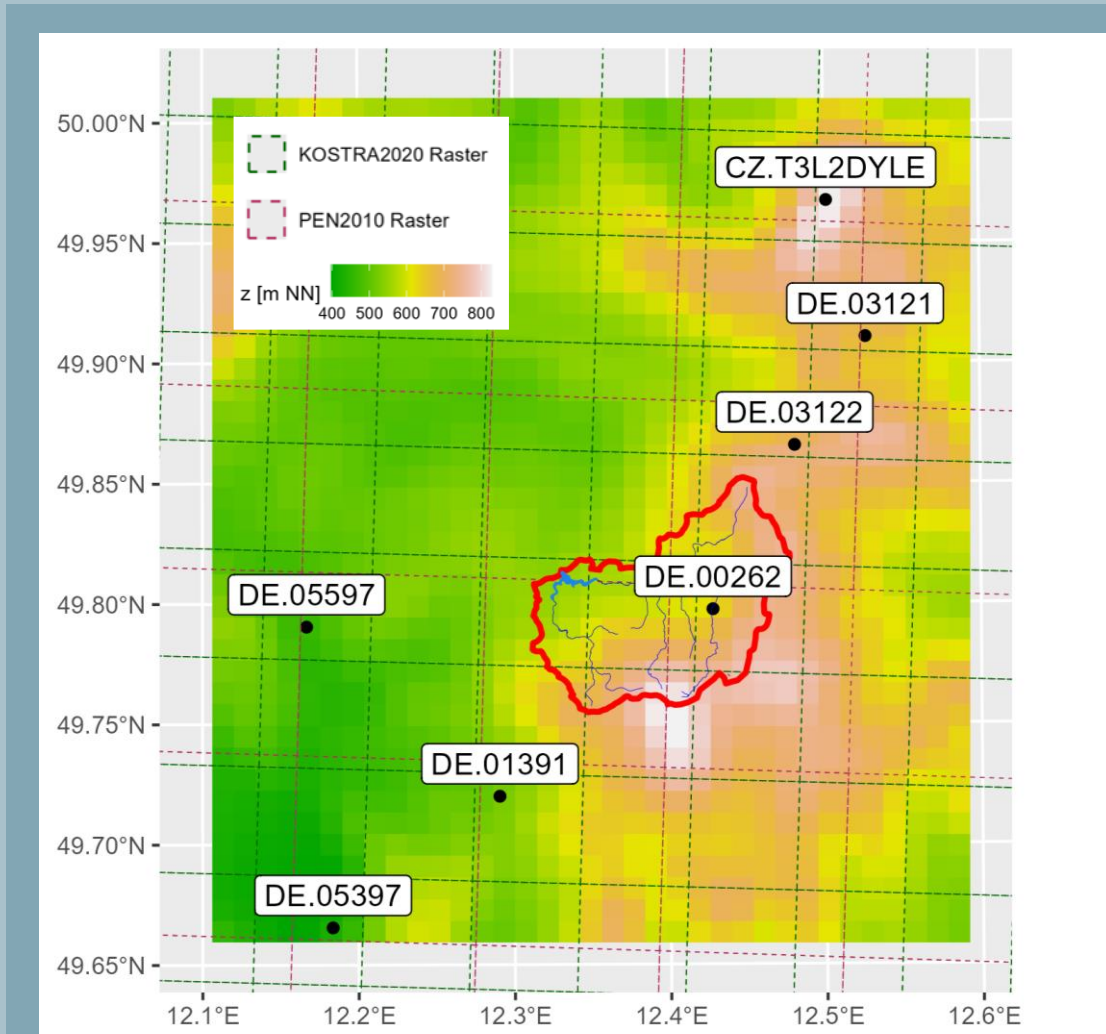


Abbildung 1: Karte des Einzugsgebiets der Talsperre (75 km²) mit Darstellung der Raster der Bemessungsniederschläge und der verwendeten Niederschlagsstationen aus WETRAX+

## 2 Vergleich der Verfahren

Vergleich beider Verfahren am Beispiel des Bemessungsfalls 2 an Speicherseen.

Links: bisheriges Verfahren

Rechts: Verfahren zur Modellierung der WETRAX+ Niederschläge

### Schritt 1: Erstellung der Niederschlagsdateien als Eingabedaten für LARSIM

- Verwendung der Bemessungsniederschläge (PEN2010 T=10.000a, Anzahl Dauerstufen bestimmt die Anzahl der möglichen Ereignisse)
- Vereinfachte zeitliche Verteilungen nach DVWK (anfangs-, mitten-, endbetont)
- Räumliche Verteilung: Gebietsniederschlag aus gerasterten Daten (8,15 km x 8,20 km) (Inverse-Distanz-Verfahren)
- Selektion der größten 10 Niederschlagsereignisse aus den Niederschlagszeitreihen der umliegenden Stationen (Abbildung 1) für alle Dauerstufen (max. 60 Ereignisse pro Station)
- Zeitliche Verteilung bereits vorhanden
- Räumliche Verteilung: Gebietsniederschlag aus Stationsdaten (Inverse-Distanz-Verfahren)

### Schritt 2: Modellierung der Abflussereignisse mit LARSIM

- NA-Modellierung mit Bemessungsniederschlag aller Dauerstufen
- NA-Modellierung aller selektierten Ereignisse und aller Dauerstufen

### Schritt 3: Bestimmung des Bemessungsfalls 2 (HQ<sub>10.000</sub>)

- Annahme: Jährlichkeit des Bemessungsniederschlags entspricht Jährlichkeit der Abflussganglinie → Auswahl 10.000-jährlicher Abflussereignisse über diese Annahme
- Annahme aufgrund der variablen raum-zeitlichen Verteilung ungenügend → Auswahl 10.000-jährlicher Abflussereignisse über Scheitel-Füllen Copula

➔ Das für den Speicher kritischste Ereignis der Auswahl wird als Bemessungsfall verwendet

## 4 Ergebnisse

### STATISTISCHE EINORDNUNG DER NIEDERSCHLAGSEREIGNISSE AUS WETRAX+:

Den 10 größten Niederschlagsereignissen pro Zeitreihe kann eine theoretische Jährlichkeit von 1.000 a bis 10.000 a zugeordnet werden.

Der Vergleich mit den Bemessungsniederschlägen (KOSTRA2020, PEN2010) zeigt, dass sich die WETRAX+ Daten in einem ähnlichen Bereich bewegen (Abbildung 2).

Werden die interpolierten Gebietsniederschläge betrachtet (Abbildung 2), fallen die Ereignisse des Wettergenerators gleicher Jährlichkeit tendenziell etwas geringer aus. Eine Flächenabminderung der Bemessungsniederschläge (Verwon, 2008) erklärt nur einen kleinen Teil dieses Effekts.

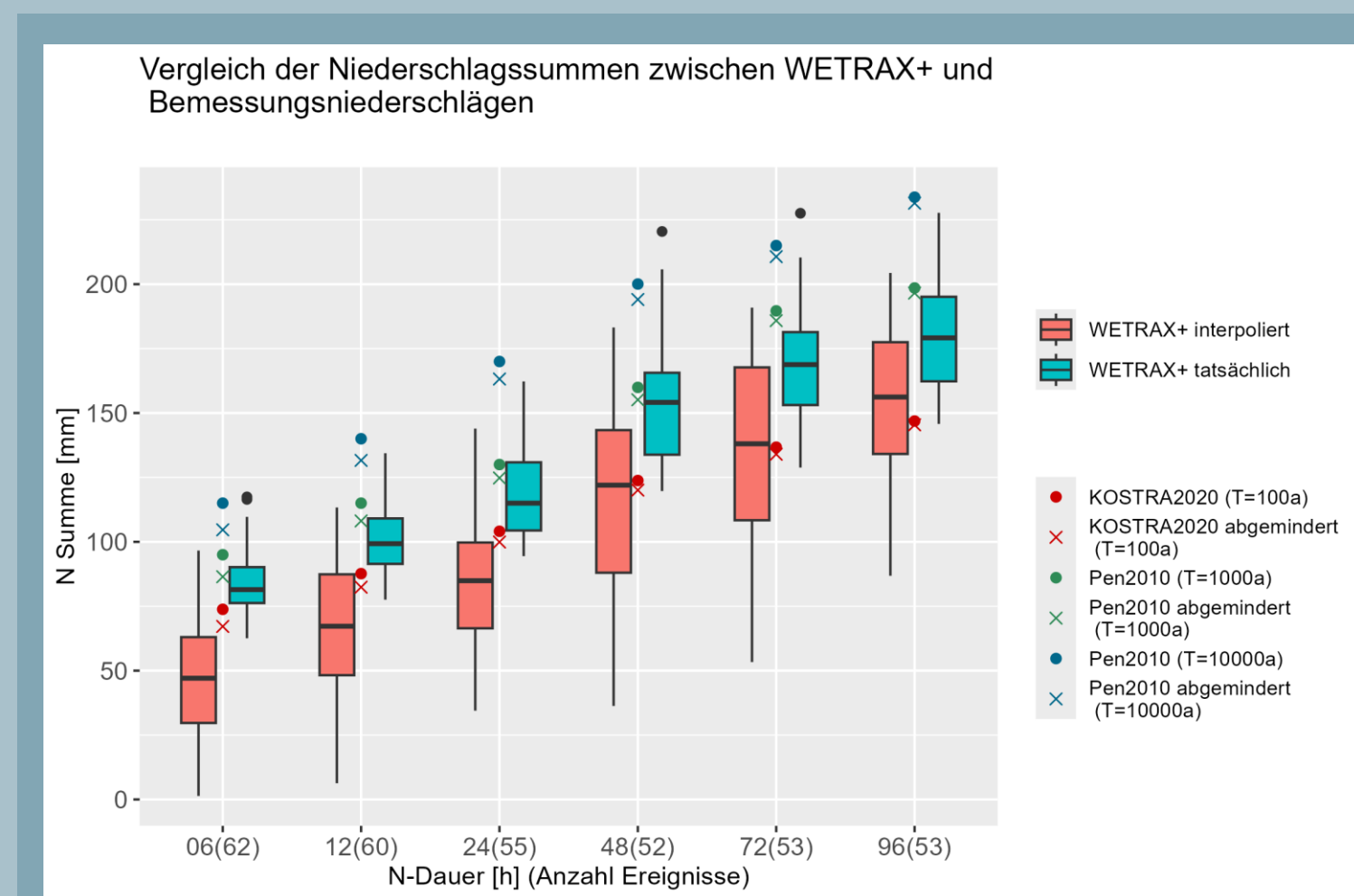


Abbildung 2: Vergleich der Gebietsniederschlagssumme für das EZG zwischen WETRAX+ Ereignissen und Bemessungsniederschlägen für alle Dauerstufen des WETRAX+ Datensatzes (die in Klammern angegebene Anzahl Ereignisse ergibt sich aus dem Weglassen von doppelten Ereignissen, die sich durch die Auswahl der größten Ereignisse pro Station ergeben).

### STATISTISCHE AUSWAHL DER ABFLUSSEREIGNISSE ÜBER COPULAS:

Die für den Bemessungsfall relevanten Abflussereignisse werden über Isolinien aus Scatterplots der Scheitel-Füllen Beziehung bestimmt (Abbildung 3).

Diese werden auf Grundlage bivariater Copulas erstellt, welche mithilfe von Beobachtungsdaten parametrisiert werden. Die auf Basis der Scatterplots ausgewählten Ereignisse weisen höhere Scheitel aber ein etwas geringeres Volumen auf als nach dem üblichen Vorgehen erzeugte Bemessungsereignisse.

Der Bemessungsfall nach WETRAX+ ist für den Speicher weniger kritisch als der bisherige Bemessungsfall (Abbildung 4). Das liegt sowohl an dem etwas geringeren Volumen aber auch an den günstigeren zeitlichen Verteilungen der Ganglinie (die kurzzeitigen Rückgänge der Zuflüsse ermöglichen dem Speicher ein besseres Bewältigen der Wassermengen)

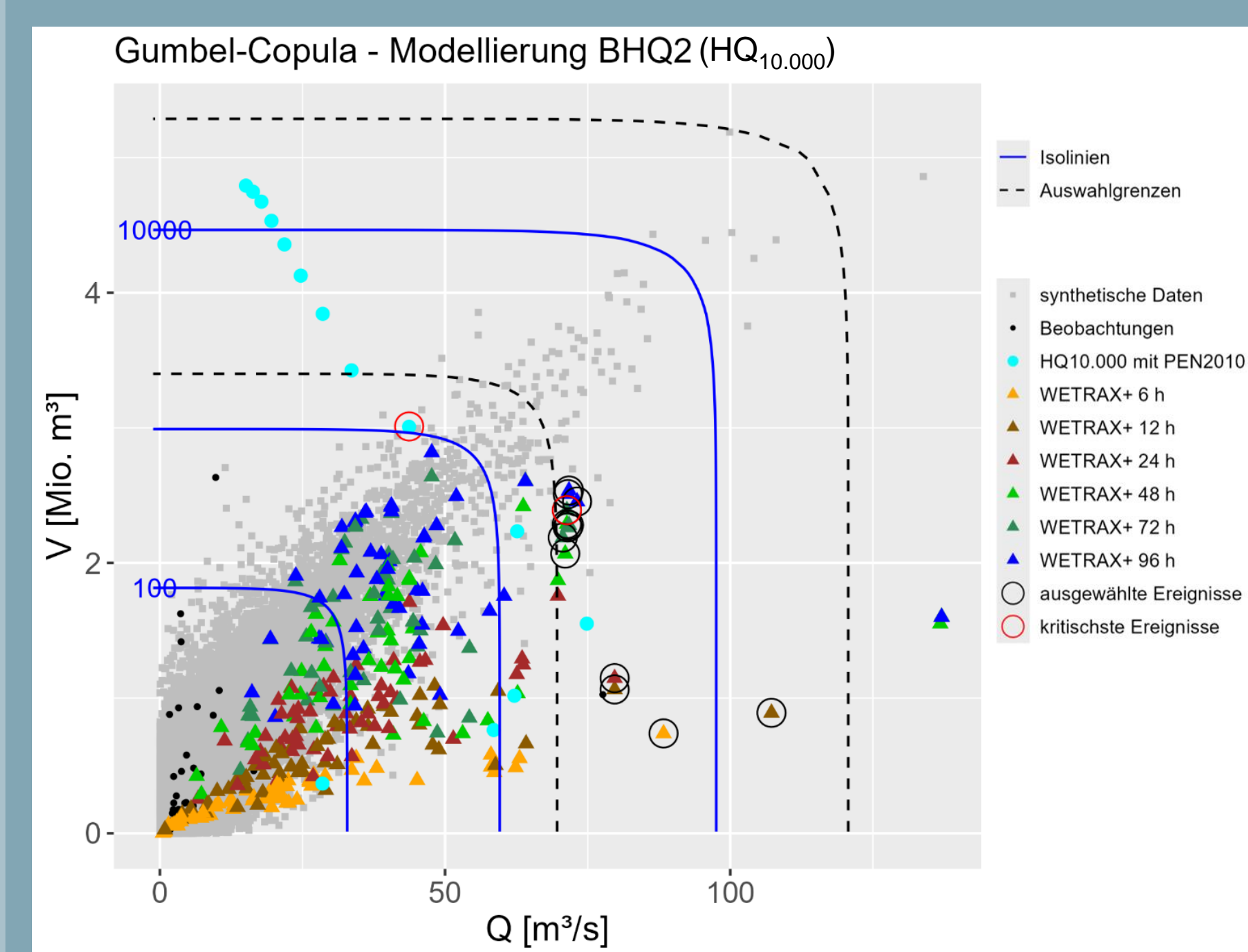
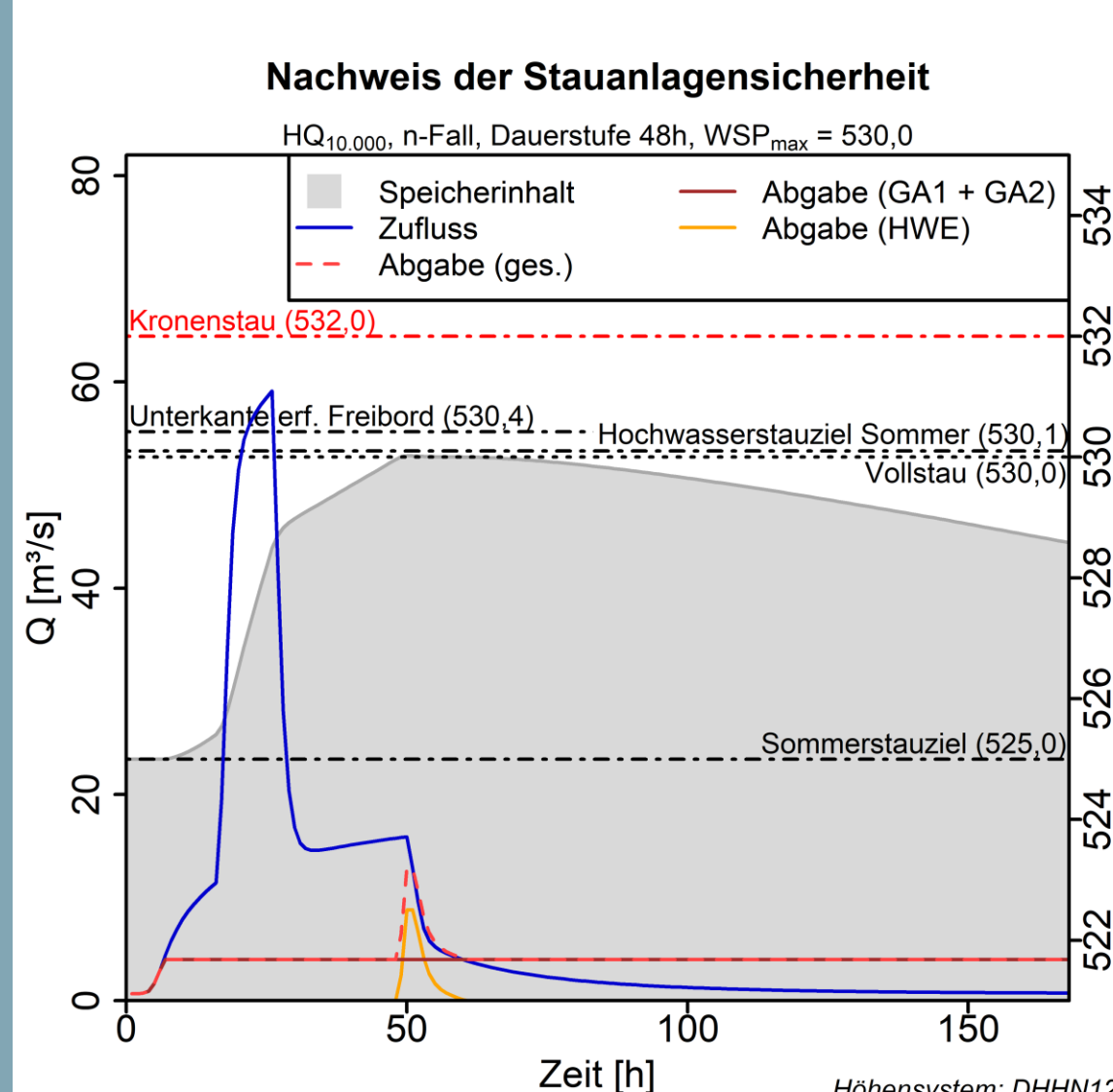


Abbildung 3: Scatterplots der Scheitel-Füllen Beziehung mit Isolinien aus dem Gumbel Copula-Modell zur Einordnung der Jährlichkeit der Abflussereignisse aus WETRAX+ Niederschlägen und Bemessungsniederschlägen (PEN2010). Für den Bemessungsfall 2 relevante Ereignisse des Wettergenerators sind schwarz eingekreist. Die jeweils für den Speicher kritischsten Ereignisse beider Verfahren sind rot markiert.

a) Bemessungsniederschlag (PEN2010 T = 10.000a)



b) WETRAX+ Ereignis (HQ10.000 nach Gumbel Copula)

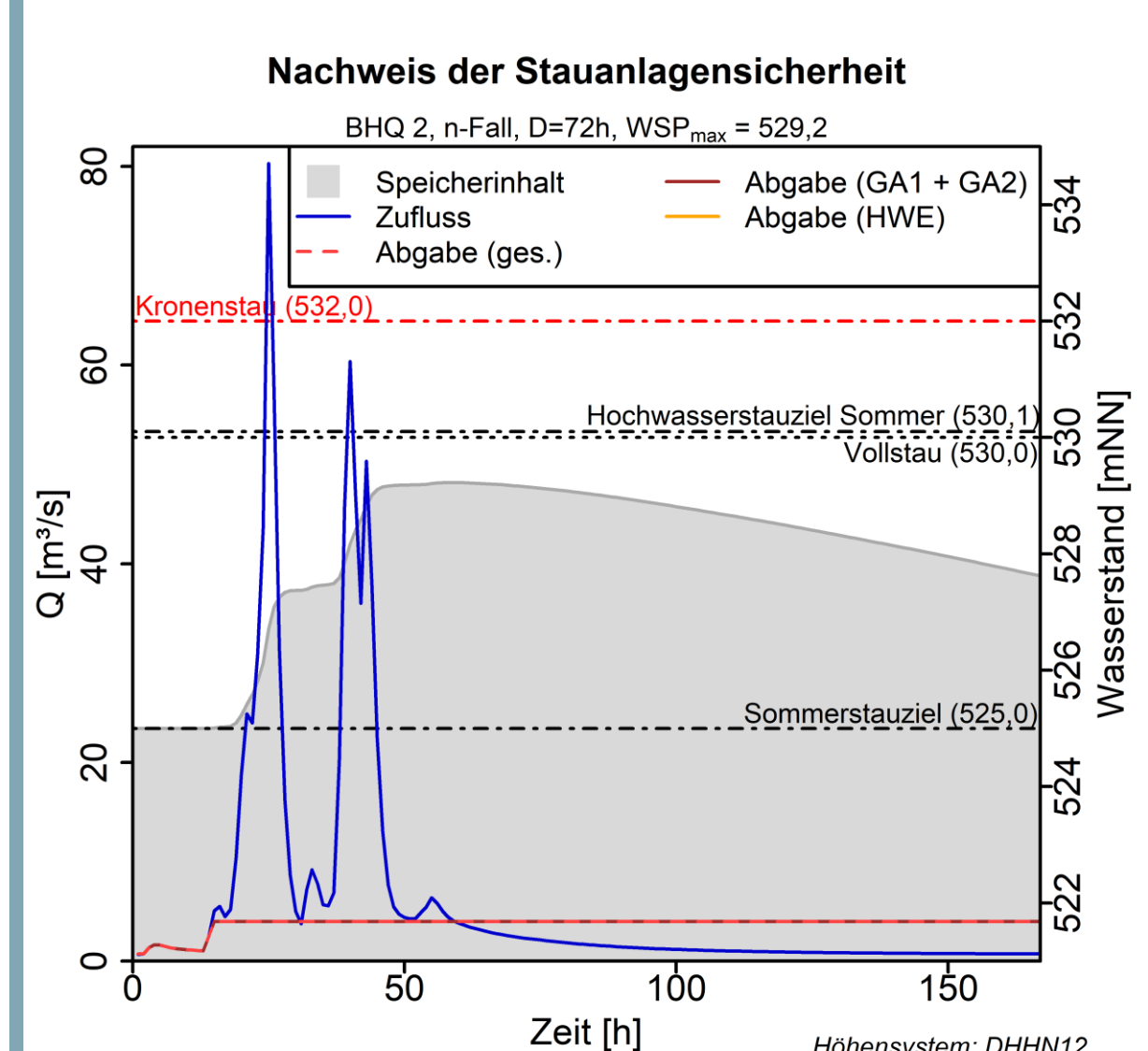


Abbildung 4: Darstellung der verschiedenen Varianten des Bemessungsfalls 2 nach DIN 19700 (HQ<sub>10.000</sub>) für den untersuchten Speicher: a) mit Bemessungsniederschlag nach PEN2010, b) mit kritischstem WETRAX+ Ereignis nach Gumbel Copula.

## 5 Diskussion

- Die Jährlichkeit der interpolierten Gebietsniederschläge entspricht nicht zwangsläufig der Jährlichkeit des zugehörigen maximalen Stationsniederschlags. Die Zuordnung einer Jährlichkeit zum Niederschlagsereignis ist somit schwierig.
- Die Jährlichkeit der WETRAX+ Abflussereignisse wird deshalb nicht mehr über die Jährlichkeit des Niederschlagsereignisses bestimmt. Eine Möglichkeit der statistischen Einordnung ist die hier betrachtete Untersuchung des Scheitel-Füllen-Verhältnisses in den Copula-Modellen. Demnach beträgt die Jährlichkeit der WETRAX+ Ereignisse bis zu 10.000a.

- Das Scheitel-Füllen Verhältnis der bisherigen Bemessungsganglinien weicht ab gewissen Dauerstufen (hier ca. 72 h) deutlich von dem der WETRAX+ Abflussereignisse ab. Dieses Verhalten wurde auch in vielen weiteren Untersuchungen beobachtet. Der detailliertere Informationsgehalt der WETRAX+ Daten zu raum-zeitlichen Niederschlagsmustern unterstützt die Vermutung, dass mit den vereinfachten zeitlichen Niederschlagsverteilungen vor allem bei hohen Dauerstufen unrealistisch hohe Volumina modelliert werden.
- Dieser Beitrag soll eine erste Möglichkeit der Anwendung von statistisch generierten Zeitreihen für hydrologische Bemessungsaufgaben darstellen und zur Diskussion dieser und weiterer Verwendungen in der Wasserwirtschaft anregen.