

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Lohr, Hubert; Winkler, Ulf

Ermittlung von extremen Abflüssen und Bemessung für die Talsperre Malter nach dem Augusthochwasser 2002

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:
Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/103897>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Lohr, Hubert; Winkler, Ulf (2004): Ermittlung von extremen Abflüssen und Bemessung für die Talsperre Malter nach dem Augusthochwasser 2002. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Risiken bei der Bemessung und Bewirtschaftung von Fließgewässern und Stauanlagen. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 27. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 75-84.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Ermittlung von extremen Abflüssen und Bemessung für die Talsperre Malter nach dem Auguthochwasser 2002

Hubert Lohr, Ulf Winkler

Nach dem Auguthochwasser 2002 wurde es notwendig, das bestehende hydrologische Hochwassergutachten für die Sperrstelle der Talsperre Malter zu überarbeiten. Die bisherige Bemessungspraxis war zu überdenken und ein geeignetes, plausibles Verfahren in diese einzuführen. Das hier vorgestellte Verfahren koppelt die Abschätzung von Hochwasserscheitelwerten großer Jährlichkeit mit dem in der Natur vorkommenden Spektrum an Hochwasserganglinien.

1 Kurzbeschreibung der Talsperre Malter

Im Stadtgebiet von Freital entsteht nach dem Zusammenfluss der Osterzgebirgsflüsse Rote und Wilde Weißeritz die Vereinigte Weißeritz. Das Weißeritz Einzugsgebiet mit einer Gesamtfläche von 385 km² mündet in Dresden linksseitig in die Elbe. Die Talsperre Malter staut die Rote Weißeritz mit einem Einzugsgebiet von 104,6 km². In den Jahren 1908 bis 1913 wurde diese Schwergewichtstaumauer aus Bruchsteinen mit gekrümmter Achse errichtet. Die ursprüngliche Nutzung zielte im Zusammenspiel mit der Talsperre Klingenberg in der Wilden Weißeritz auf eine Niedrigwasseraufhöhung. Heute dient die Talsperre Malter vornehmlich dem Hochwasserschutz. Als Nebennutzungen fungieren die Naherholung, Fischerei, Energiegewinnung sowie ökologische Aufgaben. Die Talsperre Malter hat bezogen auf den Stauraum von 8,78 Mio. m³ einen verhältnismäßig geringen Ausbaugrad von 20%. Der Anteil des gewöhnlichen Hochwasserrückhalteraaumes am Stauraum beträgt zirka 50%. Die Hochwasserentlastungsanlage besteht aus einem 40 m breiten, festen Überfall sowie einer 12 m breiten und 3 m hohen Fischbauchklappe. Weiterhin besitzt die Talsperre einen Grundablass, eine Kraftwerksleitung und 3 sogenannte Umgehungsleitungen, die aus dem Stauraum eine zusätzliche Wasserabgabe an den Unterlauf ermöglichen.

2 Das Augusthochwasser 2002

Das Niederschlagskerngebiet des Augusthochwassers 2002 lag im Raum Altenberg/Zinnwald, praktisch im Quellgebiet der Roten Weißeritz. Die höchsten gemessenen 24-Stunden-Summen des Niederschlages betragen an der Station Zinnwald 312 mm, an der Station Wasserwerk Altenberg 354 mm und in kleinen Rasterfeldern in diesem Gebiet nach Auswertungen von Radaraufzeichnungen durch den Deutschen Wetterdienst bis nahezu 400 mm. Nach einer Untersuchung des Deutschen Wetterdienstes aus dem Jahre 1997 wurde damit die maximal mögliche Niederschlagshöhe für das Kammgebiet des Erzgebirges für eine Dauerstufe von 24 Stunden bei einer Flächengröße von bis zu 25 km² erreicht. Das Einzugsgebiet der Talsperre Malter erfuhr in der Zeit vom 11. bis 13. August 2002 einen Gebietsniederschlag in Höhe von 300 mm.

Die Auswertung der Hochwasserganglinie an der Sperrstelle der Talsperre Malter konnte mit Hilfe hydraulischer Nachrechnungen über die Hochwasserentlastungs- sowie die Grundablassanlage der Stauanlage sowie auch mittels Niederschlag-Abfluss-Modellierungen durchgeführt werden. Die Ganglinie zeigt eine bisher in Sachsen für ein Einzugsgebiet in der Größenordnung von 100 km² noch nie beobachtete Abflusspende von 2,2 m³s⁻¹km⁻². Bemerkenswert war ebenso der außergewöhnlich hohe Gebietsabfluss über die Dauer von vielen Stunden. Die Direktabflussfülle von ungefähr 24 Mio. m³ bedingte einen Abflussbeiwert von 0,76. Das Augusthochwasser 2002 übertraf das bisher gültige hydrologische Hochwassergutachten für das HQ_{10.000} aus dem Jahr 1999 sowohl nach der Scheitelhöhe als auch nach der Abflussfülle. Auch das Absperrbauwerk der Stauanlage erfuhr während des Hochwassers eine ungewöhnlich hohe Beanspruchung, da das bisher gehandhabte Höchststauziel infolge Zwangseinstau um 0,84 m überschritten wurde. Der Freibord bis zur Mauerkrone betrug 0,66 m.



Abbildung 1:
Beginn des Anspringens der Hochwasserentlastungsanlage



Abbildung 2:
Wildbettaabgabe während des Augusthochwassers 2002



Abbildung 3:
Mauer- und Seesicht nach Ablauf des Hochwassers 2002

Das Augusthochwassers 2002 wirft die Frage der Zuordnung einer Jährlichkeit für dieses Ereignis sowie die Notwendigkeit der Überarbeitung des bisher genutzten hydrologischen Gutachtens auf.

3 Probleme bei der Anwendung herkömmlicher Verfahren

3.1 Extremwertstatistik

Die alleinige Anwendung extremwertstatistischer Verfahren zur Ermittlung von Hochwassern großer Jährlichkeit bringt erhebliche, nicht hinnehmbare Unsicherheiten mit sich. Die zur Verfügung stehenden Beobachtungsreihen des Abflusses an Pegeln sind deutlich zu kurz, um beispielsweise für die Bemessung der Überflutungssicherheit von Talsperren Extrapolationen auf $HQ_{1.000}$ - oder sogar $HQ_{10.000}$ -Werte vornehmen zu können. So wird der zulässige Extrapolationsbereich im Regelfall auf das 3-fache der zur Verfügung stehenden Längereihe begrenzt. Mit den längsten verfügbaren Beobachtungsreihen im Erzgebirge wäre man so bestenfalls in der Lage HQ_{200} - bis HQ_{300} -Werte abzuschätzen. Die extremwertstatistischen Auswertungen vorliegender Beobachtungsreihen, selbst an Nachbarpegeln, sind nur bedingt vergleichbar. Einige der Beobachtungsreihen enthalten kein großes, seltenes Hochwasserereignis, andere Reihen weisen ein oder sogar mehrere solcher Ereignisse auf.

Mit der ausschließlichen Anwendung extremwertstatistischer Verfahren für Hochwasser großer Jährlichkeiten werden eine Reihe von Fragen aufgeworfen, die es gilt, mit geeigneten, plausiblen Verfahren einer guten Abschätzung zuzuführen. Sind zum Beispiel einzelne große und zugleich seltene Hochwasserereignisse an den oftmals relativ kurz beobachteten Pegeln repräsentativ und sollte eine solche Reihe vorbehaltlos ausgewertet werden? Gibt es überhaupt Reihen von Jahreshöchstwerten des Abflusses, die für ein Einzugsgebiet als repräsentativ bezeichnet werden können? Ist es vorteilhaft und plausibel, hochwasserhomogene Regionen abzugrenzen, die mittels geeigneter Verfahren geschlossen abzarbeiten sind? Es stellt sich weiterhin die Frage nach der Zulässigkeit und Plausibilität der Anpassung einer oder mehrerer mathematischer Verteilungsfunktionen an eine Reihe von Jahreshöchstwerten des Abflusses.

Ein markantes Beispiel für die kurz aufgezeigten Unwägbarkeiten bei extremwertstatistischen Untersuchungen von Hochwassern mit großen Jährlichkeiten illustriert die Abb. 4. Hier wurde der Pegel Zöblitz in der Schwarzen Pockau bei Marienberg ausgewertet. Dieser Pegel mit 129,2 km² Einzugsgebietsfläche wird

seit 1937 beobachtet. Bis 1998 betrug der höchste beobachtete Abfluss 40,2 m³/s. Im Jahr 1999 ereignete sich ein Hochwasser mit 84,6 m³/s Scheitelwert und im Jahr 2002 brachte das Augusthochwasser 2002 eine Abflussspitze in Höhe von 160 m³/s. Bei alleiniger Anwendung einer extremwertstatistischen Auswertung mittels einer Verteilungsfunktion (in Sachsen wurde sich auf die Allgemeine Extremwertverteilung (AE) mit der wahrscheinlichkeitsgewichteten Momentenmethode (WGM) als Parameterschätzmethode geeinigt) würde man zu den in Abbildung 4 dargestellten Ergebnissen gelangen. Das HQ₁₀₀ steigt nach den beiden Hochwassern von 1999 und 2002 um 120%, das HQ_{1.000} sogar um 320%.

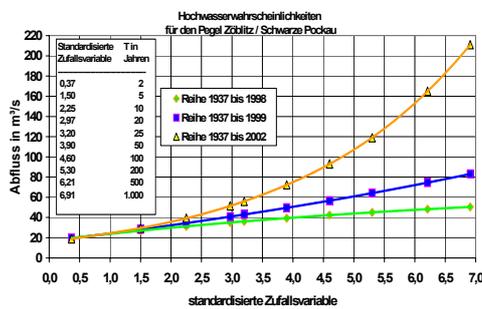


Abbildung 4:
Abhängigkeit der HQ_T-Werte
von der Beobachtungsreihenlänge

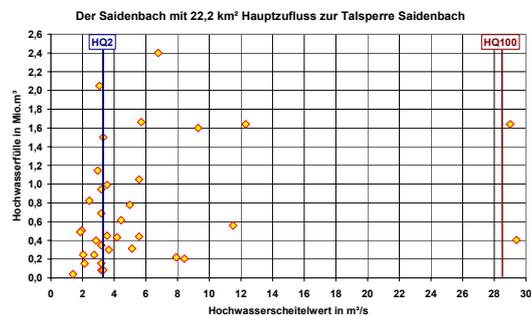


Abbildung 5:
„Zusammenhang“
zwischen
Scheitelwerten und Hochwasserfüllen

Für die Bearbeitung von Bemessungsaufgaben im Hinblick auf Stauanlagen ist neben der Abschätzung der Größe des Hochwasserscheitels auch die Form und damit Fülle der Hochwasserganglinie entscheidend. Diese Frage kann allein mit extremwertstatistischen Untersuchungen nicht befriedigend beantwortet werden. So weisen u.a. Füllen als auch Hochwasseranstiegszeiten für Hochwasserereignisse vergleichbarer Jährlichkeit sehr große Bandbreiten auf. Die Ausweisung eines mittleren Gebietsverhaltens wird so problematisch. Die in vielen Fällen beschriebene Hochwasserfüllenstatistik ist oft nicht signifikant ableitbar (vergl. Abb. 5).

3.2 Niederschlag-Abfluss-Modellierungen

Die Niederschlag-Abfluss-Modellierung liefert geschlossene Hochwasserganglinien einschließlich Scheitelwert und Fülle. Aber auch die alleinige Anwendung dieses Verfahrens zur Ermittlung von Hochwassern mit großer Jährlichkeit ist mit nicht wenigen Unwägbarkeiten behaftet. So wird das Problem der statistischen Einordnung der Abflüsse auf die Niederschläge verlagert, was ebenso problematisch ist. Die Niederschlag-Abfluss-Modelle sind zu kalibrieren, um plausible Gebietsantworten auf entsprechend hohe Niederschläge zu simulie-

ren. Hierbei fehlt es nicht selten an Beobachtungen, die in den Größenordnungen der zu simulierenden Ereignisse liegen. Stets steht die Frage im Hintergrund, ob ein Niederschlagsereignis einer entsprechenden Jährlichkeit auch ein Hochwasser vergleichbarer Jährlichkeit bedingt und welchen Einfluss zum Beispiel die Vorfeuchte im Gebiet auf diesen Zusammenhang ausübt.

4 Ein Konzept zur Bemessung der Hochwassersicherheit von Stauanlagen am Beispiel der Talsperre Malter

4.1 Einführung

In der hydrologischen Bemessungspraxis für Stauanlagen (insbesondere bezüglich der Ermittlung großer, seltener Ereignisse $HQ_{1.000}$ und $HQ_{10.000}$) hat sich zur Ermittlung von Hochwasserscheitelwerten die alleinige extremwertstatistische Auswertung der oft relativ kurzen Beobachtungsreihen wie auch die ausschließliche Anwendung der Niederschlag-Abfluss-Modellierung nicht bewährt. Es ist vielmehr eine aus mehreren Verfahren kombinierte Methodik erforderlich. Im Hinblick auf die Betrachtungen zu sehr großen Jährlichkeiten scheint es erforderlich zu sein, auch das maximal mögliche Abflussereignis in die zu führenden Betrachtungen einzuschließen. Die in der Natur vorkommende, nahezu unbegrenzte Bandbreite möglicher Hochwasserereignisse zwingt zum Nachdenken über die bisherige Bemessungspraxis, die im Regelfall von einer mittleren Bemessungsganglinie für ein Hochwasser einer bestimmten Jährlichkeit ausgeht.

4.2 Die Hochwassermerkmal-Simulation

4.2.1 Prinzip der Hochwassermerkmal-Simulation

Das Konzept des vorgelegten Verfahrens basiert auf der Möglichkeit, Hochwasserganglinien mittels weniger Parameter über mathematische Funktionen darzustellen. Als Parameter werden der Scheitelwert Q_S , die Anstiegszeit vom Hochwasserbeginn bis zum Erreichen des Scheitels t_A , die Form des ansteigenden Hochwasserastes m_{an} , und die Form des absteigenden Hochwasserastes m_{ab} genutzt. Die Parameter t_A , m_{an} , und m_{ab} werden über Verteilungsfunktionen beschrieben. Diese werden wiederum aus der saisonalen Analyse von beobachteten Hochwasserereignissen abgeleitet. Für die Ermittlung der Scheitelwerte Q_S wird unter Punkt 4.2.3 ein eigenständiges Konzept beschrieben. Wird mit den Mittelwerten der Parameter t_A , m_{an} , und m_{ab} gearbeitet, so erhält man das saisonal repräsentative Verhalten des Einzugsgebietes. Da für jeden der drei Parameter je-

weils eine Verteilungsfunktion vorliegt, wird es durch Ziehen von gleichverteilten Zufallszahlen, die auf die bekannten Verteilungen zugreifen, möglich, beliebig viele neue Hochwasserwellen zu generieren (vergl. Abb. 6). Wird der Vorgang der Hochwasserwellengenerierung ausreichend oft durchgeführt, so wird sichergestellt, dass das Spektrum der möglichen Hochwasserereignisse bis hin zu Extremereignissen für das untersuchte Einzugsgebiet abgedeckt wird. Im Anschluss an die Hochwassergangliniengenerierung wird der Stauanlagenbetrieb unter Beachtung der speicherwirtschaftlichen Randbedingungen für alle gezogenen Hochwasserwellen simuliert. Nach Auswertung der so erhaltenen Einstauhöhen wird es möglich, den Wasserständen in der Stauanlage sowie auch den Hochwasserganglinien des Stauanlagenzuflusses Eintrittswahrscheinlichkeiten zuzuordnen. Auf Grund der Vielzahl der so ausgewerteten Ereignisse kann ein breites Band möglicher Hochwasser abgedeckt werden. Schließlich ist auch die Entwicklung von umfassenden Regeln für einen Hochwassersteuerplan ableitbar.

4.2.2 Parameterermittlung

Aus den beobachteten Abflussganglinien werden alle Hochwasserwellen mit Scheitelwerten, die den doppelten Mittelwasserabfluss (2 MQ) übersteigen zur Auswertung genutzt. Die Parameterermittlung erfolgt jahreszeitlich getrennt. Für jede einzelne Welle werden jetzt die Parameter getrennt ermittelt. Durch Variation der Parameter wird versucht, die beobachtete Welle und die berechnete Welle möglichst deckungsgleich zu erhalten. Für die Beschreibung des ansteigenden Hochwasserastes wird die Gleichung nach /Dyck, 1980/ verwendet. Für den absteigenden Hochwasserast wird ein hyperbolischer Verlauf nach /Leichtfuß, 1999/ angesetzt.

Sind alle Wellen ausgewertet, so existiert für jedes beobachtete Hochwasserereignis je ein Wert für t_A , m_{an} , und m_{ab} . Für jeden der drei Parameter wird aus allen Werten der beobachteten Wellen eine Verteilungsfunktion erstellt, wobei sich die Pearson III – Verteilung in den meisten Fällen als geeignet erwiesen hat.

4.2.3 Ermittlung des Hochwasserscheitels

Die Ermittlung wurde in Form eines aus der Extremwertstatistik und der Niederschlag-Abfluss-Modellierung kombinierten Verfahrens vollzogen. Der Hauptzufluss zur Talsperre Malter wird am Pegel Dippoldiswalde 1+3/Rote Weißeritz erfasst. Der Pegel besitzt eine Beobachtungsreihe von 1915/2003 mit 15 Fehl-jahren. In einem ersten Schritt wurde den 74 Jahreshöchstwerten des Abflusses am Pegel Dippoldiswalde 1+3 eine Verteilungsfunktion (AE, WGM) angepasst

und die Werte für $(HQ_{1 < T < 2})$, HQ_2 , HQ_5 , HQ_{10} , HQ_{20} , HQ_{25} , HQ_{50} und HQ_{100} geschätzt. Diese Vorgehensweise scheint bei einer Reihenlänge von 74 Jahren praktikabel zu sein. Aus einer Niederschlag-Abfluss-Modellierung für das Pegel Einzugsgebiet lag weiter auch der Scheitelwert des maximal möglichen Hochwassers vor. Als Eingangsgröße für den Niederschlag wurden die Werte aus einer Ausarbeitung des Deutschen Wetterdienstes zum maximal möglichen Niederschlag (MGN) aus dem Jahre 1997 genutzt. Der so abgeschätzte Wert des maximal möglichen Hochwassers ($HQ_{max.}$) bildet den oberen Grenzwert der Abflüsse am Pegel Dippoldiswalde. In einem nachfolgenden Schritt war den ermittelten HQ_n -Werten mit $1 < n \leq 100$ eine Verteilungsfunktion bestmöglich anzupassen, die den oberen Grenzwert $HQ_{max.}$ besitzt. Hierbei hat sich nach zahlreichen Beispielrechnungen für verschiedenste Pegel und Verteilungen die Johnson-Verteilung mit oberem Grenzwert als die am besten geeignete Funktion erwiesen. Die abschließende Umrechnung vom Pegel Dippoldiswalde 1+3 auf die Sperrstelle der Talsperre Malter wurde auf Grund der vergleichbaren Größenordnung der Einzugsgebiete ausschließlich flächenanteilig vorgenommen. Das Vorgehen sowie die Ergebnisse zur Scheitelermittlung sind in der Abbildung 7 zusammengefasst.

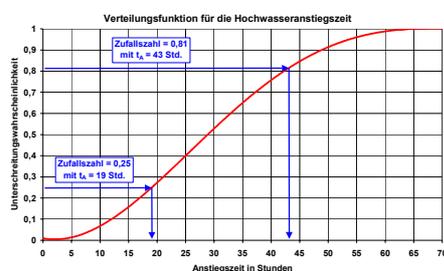


Abbildung 6:
 Ermittlung der Hochwasseranstiegszeit

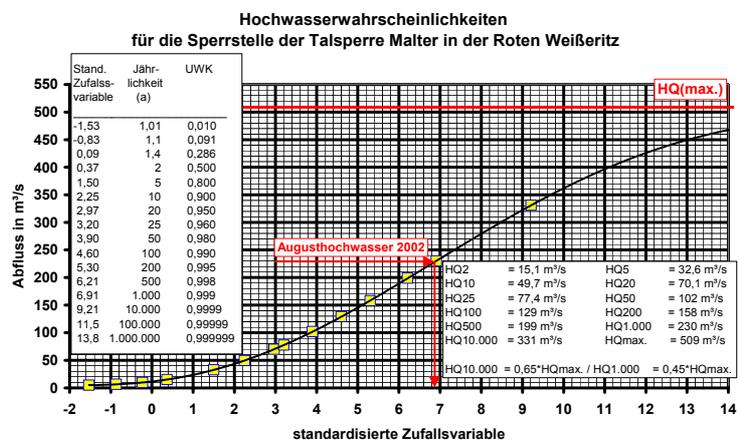


Abbildung 7:
 Konzept zur Ermittlung der Hochwasserscheitelwerte Q_s an der Sperrstelle der Talsperre Malter

Die hier genutzte Johnson-Verteilung wird genutzt, um mittels gezogener, gleichverteilter Zufallszahlen im Bereich zwischen 0 und 1, die praktisch als Unterschreitungswahrscheinlichkeit auslegbar sind, Scheitelwerte Q_s zu ziehen.

Grundsätzlich wird der Vorteil des hier vorgeschlagenen Verfahrens zur Scheitelermittlung großer, seltener Hochwasser in der Kopplung der statistisch plausibel abschätzbaren Scheitelwerte bis hin zum HQ_{100} und der Berücksichtigung des oberen Grenzwertes $HQ_{max.}$ (mit $HQ_n \leq HQ_{max.}$) gesehen. Derart abgeschätz-

te Werte für große, seltene Hochwasserereignisse liegen in plausiblen Größenordnungen.

Das vorgestellte Konzept erbringt für die Sperrstelle der Talsperre Malter die Verhältnisse $HQ_{1.000} = 0,45 \cdot HQ_{\max.}$ (1) sowie $HQ_{10.000} = 0,65 \cdot HQ_{\max.}$ (2). Diese Verhältnisse sind auch für weitere, langjährig beobachtete Pegel, die auch das Augusthochwasser 2002 enthalten, ermittelt worden (Dohna/Müglitz und Ammeldorf/Wilde Weißeritz). Letztlich stellen die angegebenen Gleichungen (1) und (2) eine Konvention dar, die auf die vermeintlich bestehende Relation $HQ_{\max.} > HQ_{10.000}$ reflektiert. Es bestehen auch weiterhin gravierende Unsicherheiten hinsichtlich der Größe der Differenz $(HQ_{\max.} - BHQ_2) = (HQ_{\max.} - HQ_{10.000}) \geq 0$, zumal ein $HQ_{\max.}$ -Wert nur eine mehr oder weniger gute Abschätzung der wirklichen, natürlichen Verhältnisse sein kann. Im Hinblick auf die bestehenden hydrologischen Unsicherheiten insbesondere bei der Bemessung der Anlagensicherheit bei Extremhochwasser (Bemessungsfall 2 mittels $HQ_{10.000}$) ist es notwendig, für das abgeschätzte $HQ_{\max.}$ – Ereignis Retentionsberechnungen durchzuführen, um das Verhalten der Stauanlage auch bei diesem Ereignis einschätzen zu können. Mit diesem Wissen kann Vorsorge in Form von Notfallplänen und ggf. baulichen Maßnahmen getroffen werden.

4.2.4 Erzeugen von Hochwasserganglinien

Aus den Verteilungsfunktionen für die Form des ansteigenden und absteigenden Hochwasserastes, der Hochwasseranstiegszeit und des Hochwasserscheitels wird jeweils ein Wert mit Hilfe einer gleichverteilten Zufallszahl unabhängig voneinander gezogen (vergl. Abb.6). Mit Hilfe der bekannten Gleichungen für die einzelnen Parameter läßt sich eine vollständige Hochwasserganglinie berechnen. Die Zahl der zu erzeugenden Hochwasserganglinien sollte abhängig von der Jährlichkeit T des Bemessungsereignisses sein und $10 \cdot T$ betragen. So werden für die Bearbeitung der Stauanlagensicherheit mittels Extremhochwasser ($HQ_{10.000}$) 100.000 Hochwasserwellen empfohlen.

4.2.5 Plausibilitätsprüfungen

Plausibilitätsprüfungen sind bei der Ermittlung von Extremhochwassern unverzichtbar. So bieten sich zur Prüfung folgende Mittel an:

- Auftragen der Scheitel-Füllen-Beziehung sowie der Anstiegszeit-Scheitel-Beziehungen beobachteter Ereignisse und Vergleich mit den berechneten Ganglinien

- Rückrechnung der erzeugten Ganglinien auf den Niederschlag und Vergleich mit beobachteten Starkniederschlägen, KOSTRA- und MGN-Werten
- Vergleich beobachteter Ereignisse mit den berechneten Wellen
- Vergleich der erzielten Ergebnisse mit weiteren bekannten Verfahren zur Ermittlung von Extremhochwassern (so zum Beispiel Durchführung von Auswertungen nach dem Verfahren von Kleeberg und Schumann, dem Schweizer Sicherheitskonzept und bekannten Hüllkurven nach Dyck)

4.2.6 Anwendung

Bei wasserwirtschaftlichen Systemen, wie der Talsperre Malter, die nur aus einem Stauanlagenzulauf bestehen, beschränkt sich die Ermittlung der Parameter auf einen Pegel. Abhängigkeiten zu Nachbarpegeln gibt es nicht. Wird das Absperrbauwerk mit den generierten Hochwasserwellen belastet und wird der sich jeweils ergebende Wasserstand in der Talsperre registriert und statistisch ausgewertet, so ergibt sich eine Verteilungsfunktion, die den Beckenwasserstand mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit belegt (vergl. Abb. 8). Zum Beispiel können 100.000 Realisierungen einer Hochwasserwelle vorgenommen und die entstehenden 100.000 Beckenwasserstände absteigend der Größe nach geordnet werden. Dann gibt der an 10. Stelle stehende Beckenwasserstand die Grenze zum $HQ_{10.000}$ an. Der an 100. Stelle stehende Wert kennzeichnet die Grenze zum $HQ_{1.000}$ und der an 1000. Stelle stehende Beckenwasserstand die Grenze zum HQ_{100} . Damit kann nicht nur für die Beckenwasserstände eine statistische Einordnung vorgenommen werden, vielmehr wird auch eine statistische Einordnung der generierten 100.000 Hochwasserwellen möglich.

Die 10 höchsten Beckenwasserstände sind durch 10 extrem große, seltene Hochwasserganglinien hervorgerufen worden. Diese 10 „ $HQ_{10.000}$ -Ganglinien“ werden sich mehr oder weniger stark in den Parametern Scheitel, Anstiegszeit und Fülle (Anstiegs- und Abstiegsform) unterscheiden, führen aber letztlich im Ergebnis der statistischen Auswertungen zur Ermittlung des Beckenwasserstandes mit der Jährlichkeit von $T = 10.000$ Jahren.

Das hier dargestellte Verfahren berücksichtigt somit die in der Natur vorkommende große Bandbreite an Hochwasserereignissen und beschränkt sich nicht nur auf wenige, das mittlere Verhalten wiedergebende Bemessungsganglinien.

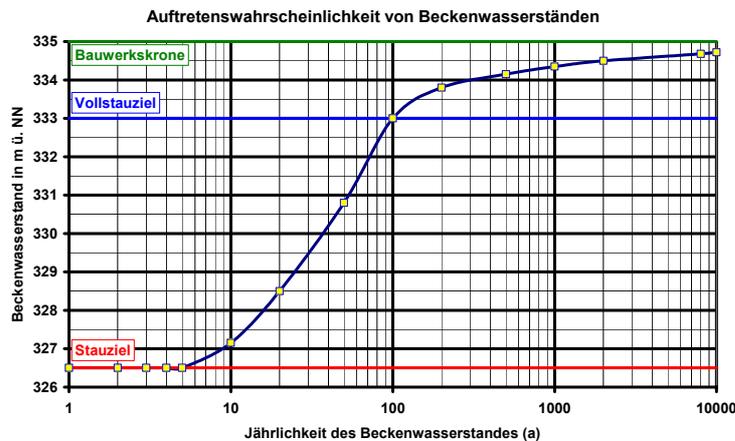


Abbildung 8:
Nach 100.000 Realisierungen erhaltene Auftretenswahrscheinlichkeiten für den Beckenwasserstand

Die am Beispiel der Talsperre Malter durchgeführten Untersuchungen für ein „einfaches“ wasserwirtschaftliches System eines Einzelspeichers sind beliebig auf größere wasserwirtschaftliche Systeme erweiterbar. Hierbei sind ggf. auftretende Abhängigkeiten zwischen einzelnen Pegelmessstellen zu beachten.

5 Literatur

DVWK-Mitteilungen 29/1997:

Maximierte Gebietsniederschlagshöhen für Deutschland. Deutscher Wetterdienst. Kommissionsvertrieb Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn 1997.

Dyck, S. (1980): Angewandte Hydrologie. Teil 1 und 2. VEB Verlag für Bauwesen. Berlin.

Leichtfuß, A. / Lohr, H. (1999): Die stochistisch-deterministische Generierung extremer Abflusszustände. In: Bemessungsabflüsse für kleine Einzugsgebiete. Universität Kaiserslautern; FG Wasserbau und Wasserwirtschaft; Tagungsband zum Kolloquium am 4./5. März 1999.

Autoren:

Dr.-Ing. Hubert Lohr

Dipl.-Hydrologe Ulf Winkler

Sydro Consult GbR
Systemhydrologie/Wasserwirtschaft
Mathildenplatz 8
D – 64283 Darmstadt

Landestalsperrenverwaltung
des Freistaates Sachsen
Bahnhofstr. 14
D – 01796 Pirna

Tel.: ++49 – 6151 – 367367
Fax: ++49 – 6151 – 367348
E-Mail: h.lohr@sydro.de

Tel.: ++49 – 3501 – 796375
Fax: ++49 – 3501 – 796101
E-Mail: Ulf.Winkler@ltv.smul.sachsen.de