

Hochwasser-Risikomanagement-Plan Lotzebach

Hydrologische Grundlagen für Lotzebach und Tännichtgrundbach

Auftraggeber
Planungsgesellschaft Scholz + Lewis mbH
An der Pikardie 8
01277 Dresden

Auftragnehmer
Dr. Dittrich & Partner Hydro-Consult GmbH
Glacisstraße 9a
01099 Dresden

Bearbeiter
Dr. A. Münch, Dr. A. Wahren

Endbericht

16. Januar 2019

40 Seiten, 19 Tabellen, 11 Abbildungen, 15 Anlagen

Inhaltsverzeichnis

1	Überblick	5
1.1	Anlass und Aufgabenstellung	5
1.2	Hinweise zum Bericht	5
1.3	Bearbeitungsgebiet.....	6
1.4	Vorgehen.....	6
2	Verwendete Daten	7
2.1	Raumdaten.....	7
2.2	Niederschläge.....	7
2.3	Wasserstände und Durchflüsse	7
3	Niederschlags-Abfluss-Modellierung	7
3.1	Das Niederschlags-Abfluss-Modell AKWA-M®	7
3.2	N-A-Modellierung für das Untersuchungsgebiet.....	8
3.2.1	Überblick	8
3.2.2	Aufbau des N-A-Modells	9
3.3	Aktivieren des Modells von 2006	12
3.4	Änderungen an der Modellstruktur	12
3.4.1	Neue ID-Nummer.....	12
3.4.2	Flächenkorrektur neue Lotzebachmündung	12
3.4.3	Flächenkorrektur nördlich der Bahnstrecke.....	13
3.4.4	Flächenkorrektur Cossebaude-Jahnbach.....	13
3.4.5	RRB Jahnbach.....	14
3.4.6	Regenwassereinleitung Albrechtshöhe	14
3.4.7	Abwasserpumpwerk Winkelwiesen	15
3.4.8	Lotzebachstollen	15
3.4.9	Wegleitung am Lotzebachknick	16
3.4.10	Nicht berücksichtigte Bauwerke.....	16
3.5	Modellkalibrierung	17
3.5.1	Vorfeuchte.....	17
3.5.2	Anpassung der Scheitellaufzeit	18
3.5.3	Lotzebachstollen	18
3.5.4	Wegleitung am Lotzebachknick	18
3.6	Ergebnisse der Modellüberarbeitung	18
4	Niederschläge	21
4.1	Niederschlag am 27.5.2014.....	21
4.2	Statistische Niederschläge.....	22
4.2.1	KOSTRA-Niederschläge	22
4.2.2	Niederschlag für T > 100 a	24
4.2.3	Zeitliche und räumliche Niederschlagsverteilung	25
4.2.4	Maßgebliche Niederschlagsdauer	26
4.3	Ableitung Niederschlag HQextrem.....	26
5	Nachrechnung Hochwasser 27.5.2014	29
5.1	Vorgehen.....	29
5.2	Ergebnisse	29
6	HQT-Berechnung	30
6.1	Vorgehen.....	30
6.1.1	Festlegen der Lastfälle.....	30
6.1.2	Einleitung Pumpwerk Winkelwiesen	30

6.2	Ergebnisse	31
6.2.1	Ganglinien HQ25	32
6.2.2	Ganglinien HQ100	33
6.2.3	Ganglinien HQextrem	34
6.3	Ergebnisvergleich	34
6.3.1	Hochwasserscheitel	34
6.3.2	Abflussvolumina	35
7	Simulation der Plan-Zustände	36
8	Risikobetrachtung für die N-A-Modellierung	36
9	Literatur	37

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Flächengrößen der Einzugsgebiete	6
Tabelle 2:	Charakteristika und Simulationsprozesse der Flächeneinheiten	8
Tabelle 3:	Parameter für ein Teileinzugsgebiet des Lotzebaches	10
Tabelle 4:	Parameter für eine Teilfläche im Teileinzugsgebiet 43 des Lotzebaches	11
Tabelle 5:	Eintrittszeit Hochwasserscheitel	18
Tabelle 6:	Übersicht Modellversionen	19
Tabelle 7:	Vergleich der Modellergebnisse 2006 und 2017 für ausgewählte Bezugspunkte	20
Tabelle 8:	Niederschlagssummen für das Ereignis vom 27.5.2014	21
Tabelle 9:	Maximale Intensitäten mit Dauer und zugeordnetem Wiederkehrintervall	22
Tabelle 10:	Niederschlags-Basiswerte der KOSTRA-Versionen	23
Tabelle 11:	Niederschläge P100 und P200 nach unterschiedlichen Bestimmungsmethoden	24
Tabelle 12:	Historische Niederschläge und ihre statistische Einordnung	27
Tabelle 13:	Niederschlag und simulierte Abflussscheitel an der Mündung Tännichtgrundbach	28
Tabelle 14:	Simulationsergebnisse an Kontrollpunkten für das Hochwasser 27.5.2014	29
Tabelle 15:	Einleitungsschema Pumpwerk Winkelwiesen	31
Tabelle 16:	Ergebnisse HQ25	32
Tabelle 17:	Ergebnisse HQ100	33
Tabelle 18:	Ergebnisse HQ500	34
Tabelle 19:	Abschätzung der Toleranzbereiche der simulierten Hochwasserganglinien	37

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Flächenänderung an der Lotzebachmündung	12
Abbildung 2:	Flächenkorrektur nördlich der Bahnstrecke	13
Abbildung 3:	Flächenkorrektur im Bereich des Jahnbaches (Tgb 121)	13
Abbildung 4:	RRB Jahnbach	14
Abbildung 5:	RWE Albrechtshöhe	14
Abbildung 6:	PW Winkelwiesen	15
Abbildung 7:	Lotzebachstollen	15

Abbildung 8: Überflutung der Talstraße und Lotzebachknick.	16
Abbildung 9: Lage des RRB an der Raststätte „Dresdner Tor“ (Pfeil).	17
Abbildung 10: Niederschlagsverlauf für ein 4-stündiges Ereignis (T = 100 a) nach AKWA-M®.	25
Abbildung 11: Statistische Einordnung historischer Extremniederschläge.	27

Anlagenverzeichnis

Anlage 1-1:	Einzugsgebiet Lotzebach mit Teilgebietsgliederung.
Anlage 4-1:	Vergleich der KOSTRA-Versionen.
Anlage 4-2:	KOSTRA-Tabellen für das Einzugsgebiet Lotzebach.
Anlage 4-3:	Vergleich PEN-LAWA mit extrapolierten KOSTRA-Werten.
Anlage 4-4:	Extrapolierte KOSTRA-Tabellen für das Einzugsgebiet Lotzebach.
Anlage 5-1:	Simulierte Abflussganglinien Hochwasser 27.5.2014.
Anlage 6-1:	Simulierte Abflussganglinien Hochwasser HQ25.
Anlage 6-2:	Simulierte Abflussganglinien Hochwasser HQ100.
Anlage 6-3:	Simulierte Abflussganglinien Hochwasser HQ500.
Anlage 6-4:	Simulationsergebnisse Ist-Zustand – Abflussscheitel.
Anlage 6-5-1:	Gewässerlängsschnitt Lotzebach – Abflussscheitel.
Anlage 6-5-2:	Gewässerlängsschnitt Tännichtgrundbach – Abflussscheitel.
Anlage 6-6:	Simulationsergebnisse Ist-Zustand – Abflussvolumen.
Anlage 6-7-1:	Gewässerlängsschnitt Lotzebach – Abflussvolumen.
Anlage 6-7-2:	Gewässerlängsschnitt Tännichtgrundbach – Abflussvolumen.

1 Überblick

1.1 Anlass und Aufgabenstellung

Die Landeshauptstadt Dresden lässt durch den AG für das Einzugsgebiet des Lotzebaches in Dresden-Cossebaude einen Hochwasser-Risikomanagement-Plan (HWRMP) erarbeiten.

Bereits 2006 war der AN im Rahmen der Planerstellung „Hochwasservorsorge Dresden für Gewässer II. Ordnung“ (LH DD 2012, PHD-8 2010) mit der Erarbeitung der hydrologischen und hydraulischen Bemessungsgrundlagen u.a. für die Fließgewässer Lotzebach und Tännichtgrundbach beauftragt (MÜNCH et al. 2006). Dabei wurde ein Niederschlags-Abfluss-Modell (N-A-Modell) mit dem Programmsystem AKWA-M[®] aufgebaut und für vorgegebene Bezugspunkte die Hochwasserscheitel HQ2 bis HQ100 simuliert.

Während 2006 die Wasserspiegellagen mit dem eindimensionalen Hydraulik-Modell HecRas (U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS 2002) berechnet wurden, wird durch den AG im Rahmen der HWRMP-Erstellung das zweidimensionale Modell HYDRO_AS-2D eingesetzt.

Auf Grundlage des vorhandenen N-A-Modells sind durch den AN für unterschiedliche Lastfälle weitere Hochwasserscheitel und -ganglinien zu simulieren. Das N-A-Modell ist für die vorgesehenen Untersuchungen zu prüfen, ggf. zu aktualisieren und zu ergänzen (weitere Bezugspunkte/Querschnitte, potenzielle Standorte für Hochwasserrückhaltebecken HRB).

Außerdem soll das **Hochwasser vom 27.5.2014** mit hoch aufgelösten Niederschlagsdaten nachgerechnet werden. Durch den AG wird eine parallele N-A-Simulation mit dem hydrodynamischen Modelltool HYDRO_NA-2D durchgeführt. Die Ergebnisse beider Modelle werden verglichen und bewertet, bei Bedarf werden die Modelle angepasst.

Für die **HQT-Simulationen** sind die Wiederkehrintervalle $T_1 = 500$ Jahre (HQextrem), $T_2 = 100$ a und $T_3 = 25$ a mit jeweils 9 Regendauern vorgesehen. Zu Vergleichszwecken mit den N-A-Modellergebnissen von 2006 erfolgt eine weitere Simulation mit den dort verwendeten Regendauern.

Die Simulationen werden für den **Ist-Zustand** durchgeführt. Die Simulationen für den Plan-Zustand waren optional, der AG hat diese im erforderlichen Umfang selbst aus dem Ist-Zustand ermittelt.

1.2 Hinweise zum Bericht

Sprachliche Vereinbarungen

- In Tabellen und Abbildungen werden aus Platzgründen z.T. der Lotzebach mit „Lo“ und der Tännichtgrundbach mit „Tä“ abgekürzt.
- Die Bezeichnung „rechts“ bzw. „links“ wird hier immer in Bezug auf eine flussabwärts gerichtete Blickrichtung verwendet.
- „Oberstromig“ bezieht sich auf einen gewässeraufwärts, „unterstromig“ auf einen gewässerabwärts liegenden Punkt, in Tabellen und Abbildungen z.T. abgekürzt mit „oh“ und „uh“.

Datenübergabe

Die simulierten Ganglinien sind in Auszügen diesem Bericht grafisch beigelegt. Die simulierten Werte in der Schrittweite fünf Minuten wurden für die drei Lastfälle der 9 Regendauern und alle 58 Teil- bzw. Bilanzgebiete digital dem AG als Exceldateien übergeben.

1.3 Bearbeitungsgebiet

Lotze- und Tännichtgrundbach sind linksseitige Zuflüsse der Elbe im Dresdner Westen (Dresden-Cossebaude, vgl. [Anlage 1-1](#)). Sie sind Gewässer II. Ordnung und liegen vollständig oder teilweise im Zuständigkeitsbereich der Landeshauptstadt Dresden. Der Unterlauf des Lotzebaches wurde – vermutlich bereits um 1873 mit dem Bau der Bahnstrecke Dresden-Hbf-Coswig – ab der Talstraße (Lotzebachknick) verlegt und parallel zur Bahn nach Westen geführt. Seitdem nimmt der Lotzebach kurz vor seiner Mündung in Niederwartha den Tännichtgrundbach auf. 2009/10 wurde mit dem Bau der Straßenbrücke Niederwartha und der Anbindung der B6n/S84 die Lotzebach-Mündung ca. 220 m elbabwärts verlegt. Mit diesen Änderungen ergeben sich folgende Flächen:

Tabelle 1: Flächengrößen der Einzugsgebiete.

Gewässer	Lage	Fläche [ha]	Anteil [%]
Tännichtgrundbach	bis Mündung in Lotzebach	497,24	38,8
Lotzebach	oberhalb Mündung Tännichtgrundbach	780,28	60,8
Lotzebach	unterhalb Mündung Tännichtgrundbach	1.277,52	99,6
Lotzebach	bis Mündung in Elbe	1.282,58	100

Während der Tännichtgrundbach ein relativ naturnahes bewaldetes Tal durchfließt, ist das Tal des Lotzebaches stark besiedelt und das Gewässerbett ausgebaut. Die Hochlagen beider Einzugsgebiete werden dagegen landwirtschaftlich genutzt.

Eine ausführliche Beschreibung der Einzugsgebiete und Gewässerläufe ist im Hauptbericht des HWRMP enthalten.

1.4 Vorgehen

Die Bearbeitung erfolgte in enger Abstimmung mit dem AG und dem Umweltamt der LH Dresden. Folgende Arbeitsschritte wurden ausgeführt:

- **Aktivieren des N-A-Modells 2006:** Übernahme des Projekts von 2006 in AKWA-M[®], parallel dazu Prüfen der Einzugsgebietsstruktur (GIS-Shapes) anhand aktueller Luftbilder und DTK10; Überarbeiten von Teilflächen und Teilgebieten in begrenztem Umfang, Ergänzen von Zu- und Wegleitungen (siehe Kapitel 3.3 und 3.4)
- **Nachrechnen des Hochwasserereignisses vom 27.5.2014 als Modellkalibrierung:** Vergleich mit den Ergebnissen von HYDRO_NA-2D, Modellanpassungen beider Modelle (Kapitel 5)
- **Grundlagen der HQT-Modellierung:** Absprachen und Entscheidungen zu statistischen Niederschlägen (KOSTRA-Version) und HQextrem (Kapitel 4)
- **HQT-Modellierung für drei Lastfällen:** HQextrem, HQ100 und HQ25 im Ist-Zustand

2 Verwendete Daten

2.1 Raumdaten

Durch den AG wurden aktuelle Raumdaten für das Untersuchungsgebiet bereitgestellt. Darüber hinaus lagen aus den Untersuchungen von 2006 (MÜNCH et al. 2006) und 2014 (MÜNCH et al. 2014) weitere Raumdaten vor. Verarbeitung und Visualisierung erfolgten mit Esri-ArcMap (Version 10.0).

Im Rahmen des HWRMP sollte das N-A-Modell aus den Untersuchungen von 2006 verwendet werden, insofern wird auf die dort beschriebenen Datengrundlagen verwiesen (MÜNCH et al. 2006).

2.2 Niederschläge

Siehe hierzu Kapitel 4.

2.3 Wasserstände und Durchflüsse

An den Gewässern im Untersuchungsgebiet gibt es keine Pegel, mit denen Wasserstände und Durchflüsse aufgezeichnet werden.

3 Niederschlags-Abfluss-Modellierung

3.1 Das Niederschlags-Abfluss-Modell AKWA-M®

Für die Simulation der Hochwasserganglinien und -scheitel wurde das Wasserhaushalts- und Niederschlags-Abfluss-Modell AKWA-M® (MÜNCH 2014) eingesetzt, das insbesondere für das sächsische Mittelgebirge und Hügelland entwickelt und getestet worden ist (GOLF & LUCKNER 1991, MÜNCH 1994, GOLF, LUCKNER & MÜNCH 1993, MÜLLER & MÜNCH 2002, MÜNCH et al. 2005).

AKWA-M® simuliert den Wasserhaushalt und die Hochwasserabflüsse von Einzugsgebieten und transformiert damit die differenzierten Prozesse vom Standort in die Fläche. Es enthält sowohl physikalisch begründete als auch konzeptionelle Ansätze. Die Flächeninformationen werden in AKWA-M® über das Konzept von Teilfläche-Teilgebiet-Bilanzgebiet verarbeitet (Tabelle 2). Die Teilflächen als kleinste Einheit enthalten die jeweiligen Standorteigenschaften, für die die Verdunstungs- und Abflussbildungsprozesse simuliert werden. Teilflächen werden im Präprozessing so bestimmt, dass in ihnen Flächen mit hydrologisch ähnlichem Verhalten zusammengefasst werden (Hydrotope). Teilgebiete repräsentieren geomorphologische Einheiten (z.B. Hänge, kleine Einzugsgebiete), die vor allem die Abflusskonzentration und den Abflussverlauf in den Flüssen beschreiben. Bilanzgebiete integrieren die Ergebnisse der Teilgebiete bis zu interessierenden Bilanzpunkten (z.B. Gewässerpegel, Gesamteinzugsgebiet).

Für die Landnutzung, den Boden und die Lithofaziesseinheiten werden in AKWA-M® Tabellen mit vordefinierten Parametersätzen bereitgestellt, die ein breites Spektrum möglicher Gebietscharakterista für den mitteleuropäischen Raum abdeckten. Viele Landnutzungen erhalten darüber hinaus einen Jahresgang und sind miteinander zu Mischnutzungen kombiniert.

Tabelle 2: Charakteristika und Simulationsprozesse der Flächeneinheiten.

Flächeneinheit	Charakteristika	Simulationsprozesse
Teilfläche	Landnutzung, mittlere Geländehöhe, Hangneigung, Hangrichtung, Bodenprofil, Versiegelung u.a.	Klimadatenanpassung, Verdunstung, Interzeption, Infiltration, Bodenwasserbewegung, Bildung von Oberflächen- und hypodermischen Abflusskomponenten, Versickerung
Teilgebiet	Lithofaziesseinheit, Gewässernetz (Hauptfluss, Transitfluss, Speicher u.a.) sowie Summe ihrer Teilflächen	Klimadatenzuordnung, Transformation der auf den Teilflächen gebildeten Abflusskomponenten in den Gesamtabfluss (Abflusskonzentration), Wellenablauf (Abflussverlauf)
Bilanzgebiete	Summe ihrer Teilgebiete	keine

Die Modellschrittweite beträgt einen Tag und kann für die Abflussprozesse bis auf fünf Minuten verfeinert werden. Für die Wasserhaushaltssimulation werden Klimadaten im Tagesschritt für Niederschlag, Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Sonnenscheindauer bzw. Globalstrahlung sowie – je nach verwendetem Verdunstungsansatz – Windgeschwindigkeit benötigt. Für die Hochwassersimulation sind Niederschläge mit hoher zeitlicher Auflösung erforderlich (z.B. Stunden). Zur Berechnung von wahrscheinlichkeitsbezogenen Hochwassern $HQ(T)$ können die entsprechenden Niederschlagssummen $P(T)$ (sog. KOSTRA-Niederschläge nach BARTHELS et al. 1997 und 2006, MALITZ & ERTEL 2015) verwendet werden.

AKWA-M[®] ermöglicht über eine entsprechende Schnittstelle die Parameterübernahme aus einem Geographischen Informationssystem (GIS) bzw. die Rückgabe der Ergebnisse. Ein wichtiges Merkmal ist die transparente Verwaltung der Parameter und Ergebnisse. Die Ergebnisse können für alle Flächeneinheiten gespeichert bzw. einer Primärauswertung unterzogen werden.

3.2 N-A-Modellierung für das Untersuchungsgebiet

3.2.1 Überblick

2005/2006 wurde für Lotzebach/Tännichtgrundbach ein gemeinsames N-A-Modell erstellt. Dieses Modell sollte für die hydrologischen Simulationen im HWRMP weiterverwendet werden. Folgende Schritte wurden bei der Modell-Aktivierung durchgeführt:

- Übertragen des Modells Lotzebach in die aktuelle Software-Version von AKWA-M[®]
- Überprüfen der Teilflächen- und Teilgebietsgliederung im GIS und Abgleich mit dem N-A-Modell (siehe Kapitel 3.3)
- Einarbeiten von Flächenkorrekturen im GIS und im N-A-Modell, z.B. an der neuen Lotzebach-Mündung (siehe Kapitel 3.4.2 bis 3.4.4)
- Modellergänzungen durch weitere Ein- und Wegleitungen sowie Retentionsräumen im Unterlauf des Lotzebaches, um einen vergleichbaren Aufbau mit dem N-A-Modell HYDRO_NA-2D zu erhalten (siehe Kapitel 3.4.5 bis 3.4.9)
- Modellanpassungen aus der Kalibrierung anhand der HYDRO_NA-2D-Ergebnisse für das Hochwasser vom 27.5.2014 (siehe Kapitel 5)

Nach jedem Schritt wurden mit dem geänderten N-A-Modell HQT-Simulationen durchgeführt, um die jeweilige Wirkung dokumentieren zu können (siehe Kapitel 3.6).

3.2.2 Aufbau des N-A-Modells

Dieses Kapitel beschreibt das damalige Vorgehen für den Modellaufbau. Es wurde aus MÜNCH et al. (2006) übernommen und ist deshalb kursiv gedruckt.

Zum Aufbau des N-A-Modells wurden die vorliegenden und z.T. ergänzten Geodaten sowie spezielle Informationen zu Fließwegen (z.B. Regenwasserein- und -ableitungen, Regenrückhaltebecken der Bundesautobahn BAB u.a.) verwendet.

Nach Zusammenstellung der im GIS erstellten Parametertabellen erfolgte die Übernahme durch AKWA-M[®] sowie weitere Modellergänzungen. Für die N-A-Modellierung wurden zunächst zwei Szenarien aufbereitet: der Ist-Zustand und ein quasi-natürlicher Zustand. Die beiden Szenarien unterscheiden sich nur durch die Landnutzung. Im weiteren Verlauf der Untersuchungen wurden weitere Szenarien angelegt, um die Wirkung spezieller Hochwasserschutzmaßnahmen in den Einzugsgebieten (z.B. Landnutzungsänderungen, Hochwasserrückhaltebecken) beurteilen zu können.

Die Simulation erfolgte mit dem Hochwassermodul von AKWA-M[®] und einer Berechnungsschrittweite von 5 Minuten. Als Modellkomponenten gingen in die Simulation ein:

- *Niederschlagsrückhalt durch Interzeption und auf Waldflächen zusätzlich in einer Streuschicht,*
- *Infiltration bzw. Oberflächenabflussberechnung nach dem Infiltrationsmodell SMINF (DYCK & PESCHKE 1995),*
- *horizontweise Wasserspeicherung und -bewegung in der Bodenmatrix bzw. durch Makroporen incl. Berechnung von Sättigungsflächenabfluss und hypodermischem Abfluss zwischen den Horizonten und auf der Bodenbasis,*
- *Tiefenversickerung in den Untergrund (zwei Basisabflussspeicher als Einzellinearspeicher),*
- *Abflusskonzentration in den Teileinzugsgebieten mittels der geomorphologischen Impulsantwort (WACKERMANN 1981),*
- *Translation im Gewässer entsprechend der Fließzeit,*
- *Speicherrechnung für relevante Retentionsräume mit konstanter Abflussdrosselung, definiertem Speichervolumen und Überlauf.*

Der Aufbau des N-A-Modells für die Untersuchungsgebiete erforderte zunächst umfangreiche Vorarbeiten, um die flächendifferenzierten Parameter und Einzugsgebietscharakteristika abzuleiten und in AKWA-M[®] zu übertragen. Die Arbeiten wurden mit dem Geographischen Informationssystem ArcView 3.2a und der Erweiterung Spatial Analyst realisiert. Die digitalen Geländedaten lagen für die Flächen auf Dresdner Flur meist mit hoher Auflösung und Aktualität vor. Die Flächen außerhalb der Stadt mussten durch adäquate Geodaten geringerer Auflösung ergänzt werden.

3.2.2.1 Teileinzugsgebiete

Die Abgrenzung der Einzugsgebiete und ihrer Teileinzugsgebiete erfolgte auf Grundlage des digitalen Geländemodells DGM (DGM der Stadt Dresden im 1-m-Raster, Höhengenaugigkeit \pm

0,1 m bzw. anhand des ATKIS®-DGM 20-m-Raster, Höhengenaugigkeit ± 2 m) und der digitalen topografischen Karten TK 10. Die topografischen Parameter (Teilflächen, Teileinzugsgebiete) und fließgewässerspezifische Parameter (nur Teileinzugsgebiete) wurden ebenfalls auf dieser Basis bestimmt.

Die Parameter für ein Teileinzugsgebiet sind beispielhaft in Tabelle 3 enthalten. Daraus werden modellintern Gefällewerte berechnet und Fließzeiten abgeleitet (hier z.B. 0,85 h).

Tabelle 3: Parameter für ein Teileinzugsgebiet des Lotzebaches.

Teileinzugsgebietsparameter	Belegung
Einzugsgebietsname	Lotzebach
Teileinzugsgebiets-ID	43
Teileinzugsgebietsname	Brabschützer Dorfbach
Fläche [ha]	30,099
unterliegendes Teileinzugsgebiet (ID)	42
max. und min. Höhe des Teileinzugsgebietes [m HN]	266,9 / 233,6
Rechts- und Hochwert des Gebietsschwerpunkts	5403482 / 5660243
Länge des Hauptflusses [km]	0,44
Quell- und Mündungshöhe des Hauptflusses [m HN]	249,7 / 233,6
Längster Fließweg zum Hauptfluss auf der Geländeoberfläche [km]	0,163
Summe aller Fließgewässer [km]	0,50
Transitfluss (Zuflussgewässer von oberhalb)	kein
Lithofaziesseinheit (Geologie)	Löss

3.2.2.2 Teilflächen

Die Teileinzugsgebiete wurden entsprechend der Landnutzung, bodenkundlicher und morphologischer Merkmale (Geländehöhe, Hangneigung, Hangausrichtung) in Teilflächen ähnlicher hydrologischer Eigenschaften (Hydrotupe) untergliedert.

Als Grundlage für die aktuelle **Landnutzung** diente die Colorinfrarot (CIR) Biotoptypenkartierung der Stadt Dresden von 1999 und die Colorinfrarot (CIR) Biotoptypen- und Landnutzungs-kartierung der Landesanstalt für Umwelt und Geologie (LfUG) von 1992/1993 im Maßstab 1:10.000 für die außerhalb der Stadtgrenze liegenden Gebiete. Nach dem Zusammenfügen der beiden Datensätze wurde die Datei der Landnutzung um die neu versiegelten Flächen der Bundesautobahn 17 (BAB 17) erweitert. Ebenfalls erfolgte eine Digitalisierung der Straßenflächen außerhalb der Stadtgrenze von Dresden, neuer Siedlungsflächen (z.B. Kesselsdorf) sowie die Aufnahme der Regenrückhaltebecken der BAB4 und BAB17 in die Flächennutzungs-datei.

Für die Berechnung eines quasi-natürlichen Zustandes wurde für alle Nicht-Waldflächen eine Grünlandnutzung angenommen.

Als **bodenkundliche Eingangsdaten** diente die Bodenkonzeptkarte des Freistaates Sachsen (Bkkonz mit synoptischen Leitprofilen, Stand Mai 2004). Sie ermöglicht eine flächendifferenzierte und horizontweise Betrachtung der Fließ- und Speicherprozesse des Bodens innerhalb des N-A-Modells und somit eine realitätsnahe Betrachtung. Die Daten der Bkkonz wurden soweit bereinigt, dass nicht kartierte Flächen (Symbol „nk“) an Nachbarflächen je nach Relief Lage und Geologie angegliedert wurden. Gebiete mit dem Symbol „Ort“ wurden zu „Regosol aus anthropogen umgelagerten Substraten“ (Leitprofil-Aggregierungsnummer 1981 m) zusammengefasst.

Bevor die Karten der Landnutzung und der Leitbodenprofile miteinander verschnitten werden konnten, mussten fehlerhafte Teilflächen (speziell an Kartenrändern) ausgebessert, aneinander liegende Flächen gleicher Parameter zusammengefügt sowie Kleinstflächen (< 10 m²) an angrenzende Flächen angelagert werden. Nach dem Verschnitt der Flächen erfolgte die Zuweisung der morphologischen Kennwerte anhand des o.g. DGM. Die Parameter für eine Teilfläche sind beispielhaft in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Parameter für eine Teilfläche im Teileinzugsgebiet 43 des Lotzebaches.

Teilflächenparameter		Belegung
Teilflächen-ID		220
Teilflächenname		220_2_43_0468m_192
zugehöriges Teileinzugsgebiet		Brabschützer Bach (ID=43)
Fläche [ha]		0,038
mittlere Geländehöhe [m HN]		260
Ausrichtung/Azimet [Grad]		92 (Ost)
mittleres Geländegefälle [°]		3,6
Landnutzung Ist-Zustand	Wohngebiete 60 (60 % versiegelt, 40 % Grünland und Gärten)	
Landnutzung quasi-natürlich	Grünland	
Leitbodentyp	0468m (Normbraunerde 120 cm tief, schwach toniger Schluff über stark sandigem Lehm)	

3.2.2.3 Besondere Fließwege und Fließbeziehungen

Die durch die Ausweisung der Teilflächen erhaltenen Fließwege entsprechen den natürlichen Abflussbahnen innerhalb der Teileinzugsgebiete. Da die Untersuchungsgebiete z.T. sehr stark anthropogen überprägt sind, waren hier der Abfluss versiegelter Flächen und der Direktabfluss gesondert zu betrachten. Mit Hilfe der Entwässerungspläne konnten folgende Teilflächen-Fließwege im Modell berücksichtigt werden:

- Abfluss in die Kanalisation nach außerhalb des Einzugsgebietes,
- Abfluss in einen Regenwasserkanal, wenn die Einleitung in ein anderes Teileinzugsgebiet erfolgt,
- Zufluss von außerhalb des natürlichen Einzugsgebietes über einen Regenwasserkanal,
- Abfluss von Flächen inner- und außerhalb des Einzugsgebietes, die an Regenrückhaltebecken der Bundesautobahnen 4 und 17 angeschlossen sind.

3.3 Aktivieren des Modells von 2006

Das Modell von 2006 für den Lotzebach wurde zunächst in das aktuelle AKWA-M[®]-Programmsystem übernommen und getestet (als Version 1 bezeichnet). Parallel dazu wurde ein ArcGIS-Projekt erstellt und die Raumdaten, insbesondere die zugehörigen GIS-Shapes für Teilgebiete und Teilflächen von 2006, eingebunden.

Die vorliegenden Einzugsgebietsstruktur, d.h. die Anordnung der Teilgebiete, die Zuordnung der Teilflächen usw. wurde zwischen dem N-A-Modell und dem GIS-Shapes verglichen. Insbesondere wurden auch die Flächen mit Fließbeziehungen zu anderen Teilgebieten geprüft (Anschluss an RRB, Wegleitung nach außerhalb des Einzugsgebietes u.a.).

Nachfolgend wurden im ArcGIS einige Flächenkorrekturen für Teilflächen und Teilgebiete vorgenommen, die sich bei Verwendung aktueller Luftbilder bzw. der DTK10 ergaben. Die umfangreichsten sind die Einbeziehung der neuen Lotzebachmündung (siehe Kapitel 3.4.2), das Entfernen der Flächen nördlich der Bahnlinie (siehe Kapitel 3.4.3), die Korrektur im Bereich des Jahnbaches (Kapitel 3.4.4) und das Hinzufügen des RRB Jahnbach 3.4.5.

Diese Änderungen wurden in das AKWA-M[®]-Modell (Version 2) übernommen und ein erneuter Simulationslauf gestartet. Die Ergebnisse beider Modellversionen sind in Tabelle 7 enthalten.

3.4 Änderungen an der Modellstruktur

Die Änderungen werden durch Grafiken illustriert. Die alten Teilgebietsgrenzen sind darin als lila Linien dargestellt, die neuen Grenzen als rote.

Folgende Änderungen wurden vorgenommen:

3.4.1 Neue ID-Nummer

Gegenüber dem Modell 2006 wurden alle Teilgebiets-ID-Nummern um einen ganzen Hunderterbetrag erweitert, um beim AN eine eindeutige Zuordnung aller Einzugsgebiete und Hänge zwischen Kleditzschbach und Zschonerbach zu erhalten. Am Lotzebach wurden die ID-Nummern mit +100 addiert, am Tännichtgrundbach um +200. Die zweite und dritte Stelle der ID-Nummer ist aber mit der ID in MÜNCH et al. (2006) identisch, so dass jederzeit ein Bezug dazu hergestellt werden kann.

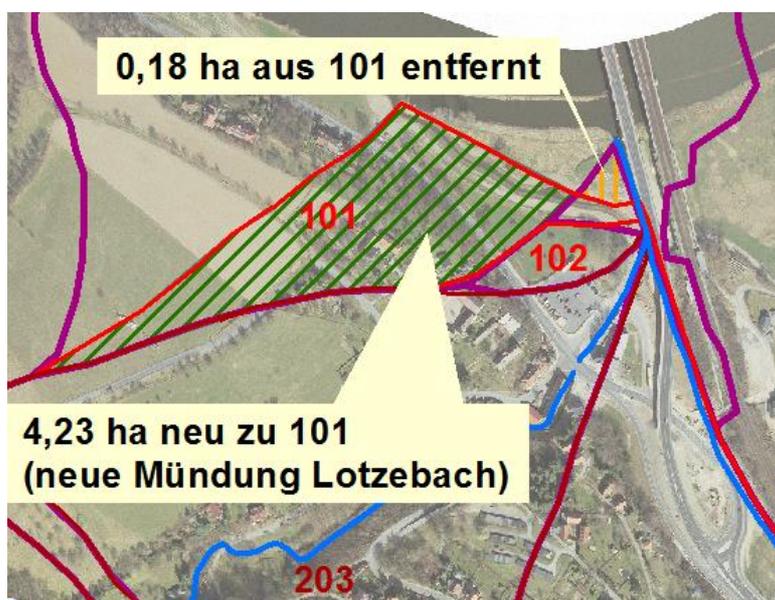


Abbildung 1: Flächenänderung an der Lotzebachmündung.

3.4.2 Flächenkorrektur neue Lotzebachmündung

Die 2009/2010 gebaute neue Lotzebachmündung wurde in das N-A-Modell aufgenommen. Dadurch vergrößert sich die Fläche um 4,05 ha (Abbildung 1).

3.4.3 Flächenkorrektur nördlich der Bahnstrecke

In MÜNCH et al. (2006) wurde der Bereich nördlich der Bahnstrecke Dresden-Coswig als zum Einzugsgebiet Lotzebach zugehörig ausgewiesen. Diese Flächen entwässern aber nach Norden und Nordwesten, ein Rücklauf in den Lotzebach ist auch durch den vorhandenen Bahndamm unwahrscheinlich. Diese Fläche von 3,93 ha wurde daher aus dem N-A-Modell herausgenommen. Der Bahndamm selbst bleibt jedoch Teil des Einzugsgebietes, da seine Entwässerungsanlagen in den Lotzebach münden.



Abbildung 2: Flächenkorrektur nördlich der Bahnstrecke.

3.4.4 Flächenkorrektur Cossebaude-Jahnbach

Die Einzugsgebietsgrenze zwischen Lotzebach (Tgb 118), Amselgrund (117) und Jahnbach (121 und 153) wurde auf Grundlage der Höhenlinien überarbeitet. Dadurch ergeben sich für die Teilgebiete 117, 118, 120, 121 und 153 leicht geänderte Flächengrößen.

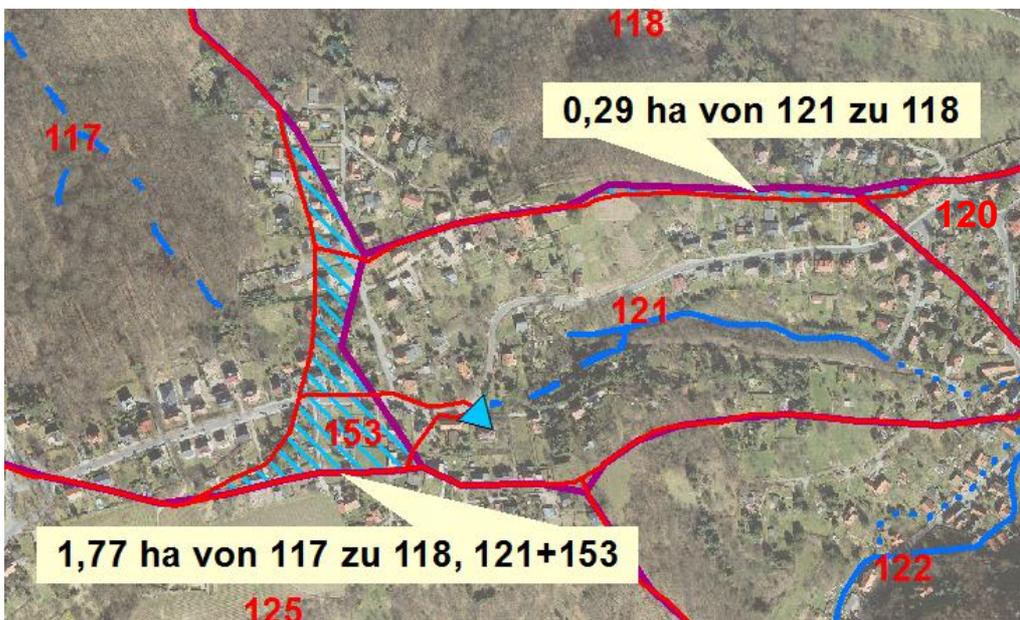


Abbildung 3: Flächenkorrektur im Bereich des Jahnbaues (Tgb 121).

3.4.5 RRB Jahnbach

Im Einzugsgebiet Jahnbach (Tgb 121) wurde in den vergangenen Jahren ein unterirdisches RRB gebaut, das die Oberflächenabflüsse, insbesondere die Straßenentwässerung von Weinbergstraße und Parkweg aufnimmt und gedrosselt in das Tal des Jahnbaches abgibt. Lt. Angaben der Stadtentwässerung Dresden hat das RRB ein Volumen von 145 m³ und einen Drosselabfluss von 20 l/s (pers. Mitteilung Herr Seiler 17.3.2017). In das N-A-Modell wurde das RRB Jahnbach mit diesen Parametern implementiert. Dazu musste ein neues Teilgebiet erzeugt werden (Tgb 153).

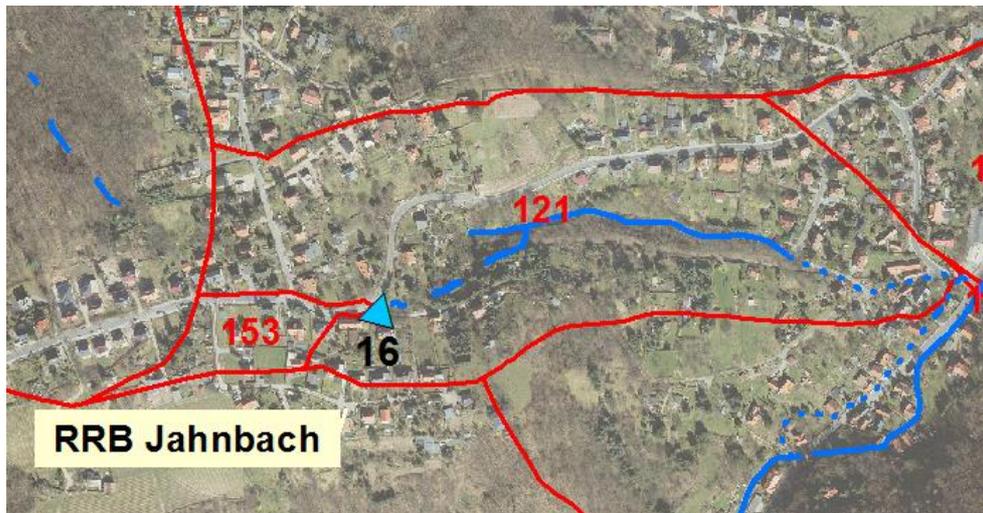


Abbildung 4:
RRB Jahnbach.

3.4.6 Regenwassereinleitung Albrechtshöhe

Im N-A-Modell von 2006 wurde die Regenwassereinleitung Albrechtshöhe (RWE) nicht berücksichtigt. Diese nimmt die von der Albrechtshöhe über die Eichbergstraße fließenden Oberflächenabflüsse auf und leitet sie direkt in den Lotzebach (Tgb 512, siehe Pfeil, zwischen Talstraße 11 und 13). Lt. Angaben der Stadtentwässerung Dresden besteht die RWE seit 1960, es sind 1.600 m² Fläche angeschlossen (pers. Mitteilung Herr Seiler 17.3.2017). Bei einem Durchmesser von 380 mm und einem Gefälle von 29,8 ‰ wurde die hydraulische Kapazität mit maximal 340 l/s abgeschätzt (pers. Mitteilung Frau Surke 23.3.2017).

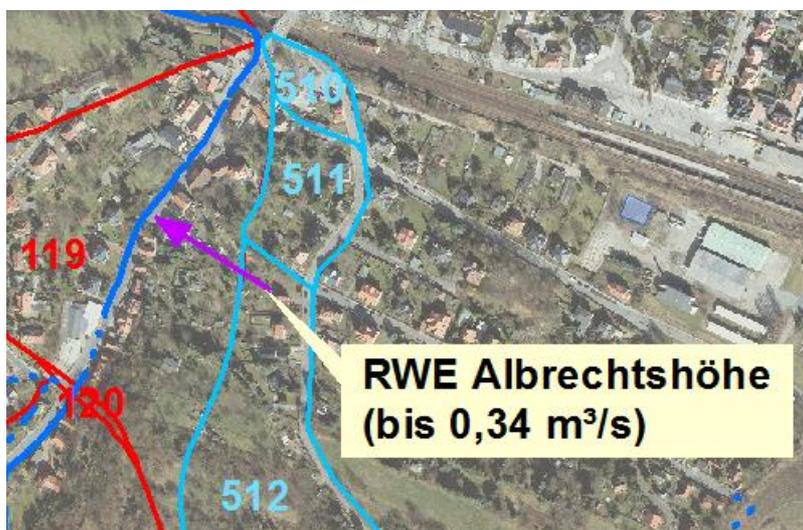


Abbildung 5: RWE Albrechtshöhe.

3.4.7 Abwasserpumpwerk Winkelwiesen

Über das Pumpwerk Winkelwiesen (PW) wird Schmutzwasser in Richtung Kläranlage Kaditz gepumpt. Bei Überlastung des Systems besteht die Möglichkeit, das Schmutzwasser in den Lotzebach abzuschlagen. Lt. Angaben der Stadtentwässerung Dresden können als Grundlast 400 l/s und als Maximallast bis zu 2.000 l/s eingeleitet werden (pers. Mitteilung Herr Seiler 17.3.2017).

Im N-A-Modell wird das PW Winkelwiesen als eine Zuleitung von außerhalb berücksichtigt und ist an das Teilgebiet 148 gekoppelt. Die Zuleitungsmenge kann als Zeitreihe definiert werden und wurde für die zu simulierenden Lastfälle einzeln festgelegt (siehe Kapitel 6.1.2).



Abbildung 6:
PW Winkelwiesen.

3.4.8 Lotzebachstollen

Entlang des Speicherbeckens Niederwartha ist der Lotzebach auf ca. 650 m verbaut (Tonnen-gewölbe, Düker zum Unterqueren der Triebwasserleitungen des Pumpspeicherwerkes). Nach den Berechnungen von S+L mit HYDRO_NA-2D begrenzt dieses Bauwerk den Lotzebachabfluss auf 8,8 bis 9,0 m³/s.

Im N-A-Modell wird diese Drosselung mit einem Retentionsraum in Teilgebiet 118 verknüpft, der sich direkt oberhalb des Stollen-Einlaufs zwischen Bahndamm und Hang befindet. Der Retentionsraum wird über eine Speicher-Inhaltes-Linie abgebildet und beträgt ca. 25.000 m³. Auf diese Weise werden sehr große Abflüsse retardiert, kleinere Hochwasser passieren den Stollen unverändert.



Abbildung 7: Lotzebachstollen.

3.4.9 Wegleitung am Lotzebachknick

Im Bereich der Talstraße oberhalb des Lotzebachknicks existieren mehrere hydraulische Schwachstellen, die die Abflusskapazität des Lotzebachgerinnes einschränken, wodurch es zu beidseitigen Überflutungen kommt. Während das Wasser linksseitig spätestens unterhalb des Lotzebachknicks wieder ins Gewässer zurückfließt, gelangt rechtsseitig nur ein Teil wieder zurück ins Gewässer. Der Rest fließt über die Talstraße zur Eichbergstraße und ins Bahngelände. Außerdem können hohe Abflüsse direkt unterhalb des Knicks auf die Bahngleise übertreten.

Um mit dem N-A-Modell diese Effekte im Ist-Zustand nachbilden zu können, wurde in Teilgebiet 119 eine Regel für die Wegleitung einer begrenzten Menge aus dem Lotzebach definiert. Diese wurde anhand der Ergebnisse von HYDRO_NA-2D kalibriert.



Abbildung 8: Überflutung der Talstraße und Lotzebachknick.

3.4.10 Nicht berücksichtigte Bauwerke

Während der Ortsbegehung am 20.3.2017 wurde an der Autobahnraststätte „Dresdner Tor“ (Fahrtrichtung West) nordwestlich der Aral-Tankstelle ein kleines RRB gefunden. Es liegt im Quellgebiet des Tännichtgrundbaches in Teilgebiet 253. Das RRB hat einen Durchmesser von ca. 15 bis 20 m und war mit Wasser teilgefüllt, bis zur Überlaufschwelle konnte eine freie Staulamelle von ca. 2 m abgeschätzt werden.

Das RRB ist eingezäunt, ein Hinweisschild über den Betreiber konnte nicht gefunden werden. Da auch beim Umweltamt der LH Dresden keine Informationen zu finden waren, wurde mit Frau Döring vereinbart, dieses RRB aufgrund der geringen Größe und sehr entfernten Lage nicht mit in das N-A-Modell aufzunehmen (eMail vom 23.3.2017).



Abbildung 9: Lage des RRB an der Raststätte „Dresdner Tor“ (Pfeil).

3.5 Modellkalibrierung

Eine direkte Modellkalibrierung konnte aufgrund fehlender Durchflussdaten an den Gewässern nicht erfolgen. Gegenüber 2006 lag aber mit HYDRO_NA-2D ein weiteres N-A-Modell vor, dessen Ergebnisse für das Hochwasser 27.5.2014 herangezogen werden konnten. Die Stärken von HYDRO_NA-2D liegen vor allem in der engmaschigen Abbildung der Gelände- und Gewässergeometrie, so dass die Fließprozesse auf der Geländeoberfläche realistischer wiedergegeben werden können als bei AKWA-M[®].

Für je vier Kontrollquerschnitte (Bezugspunkte) am Lotzebach und am Tännichtgrundbach wurden daher bei der Kalibrierung die Abflussganglinien gegenübergestellt.

3.5.1 Vorfeuchte

Die Vorfeuchte bzw. die genaue Belegung der Modell-Anfangsspeicher ist in einem N-A-Modell für die Abflusentstehung in eine wichtige Randbedingung.

HYDRO_NA-2D berechnet diese Startwerte u.a. über das Verfahren nach ZAISS (1989).

In AKWA-M[®] wurde eine pauschale Anfangsspeicherbelegung mit einer wurzeltiefen-spezifischen Anpassung verwendet. Für die Abflussbildung sind vor allem die Füllstände der Bodenspeicher (Bodenhorizonte) von Bedeutung. Eine Wasserbewegung entsteht, wenn die Speicherfüllung ASB die nutzbare Feldkapazität nFK überschreitet. Der Anfangswert wird im Modell in Prozent der nFK vorgegeben. Durch die wurzeltiefen-spezifischen Anpassung wird dieser Startwert nur für die Bodenhorizonte gesetzt, die durch die Wurzeln auch ausgeschöpft werden können, sonst ist $ASB = nFK$. Die Wurzeltiefen sind abhängig von der Vegetation und ihrer jahreszeitlichen Entwicklung (z.B. Ackerpflanzen). Insofern werden die Bodenansfangsspeicher für das Einzugsgebiet des Lotzebaches sehr differenziert belegt.

Aus der Variation des Prozentwertes der nFK wurden für 80 % die besten Übereinstimmungen mit den HYDRO_NA-2D-Ganglinien erhalten. Dies entspricht einer mittleren Vorfeuchte.

Auch wenn es am 23./24. bei mehreren kurzen Starkniederschlägen Summen von 20 bis 30 mm gab, so waren die sieben Tage vor dem 27.5.2014 sommerlich warm mit guten Bedingungen für die Vegetationsentwicklung und Verdunstung. Insofern war es vor dem 27.5. weder sehr nass, aber auch nicht zu trocken.

3.5.2 Anpassung der Scheitellaufzeit

Die Gegenüberstellung der Ergebnis-Ganglinien beider Modelle zeigte im ersten Simulationslauf für den Lotzebach eine recht treffende Nachbildung des Scheiteleintritts. Am Tännichtgrundbach dagegen trat der AKWA-M[®]-Scheitel um etwa 2 bis 3 Stunden verzögert auf.

Tabelle 5: Eintrittszeit Hochwasserscheitel.

BP	Lage	beobachtet*	HYDRO_HA-2D	AKWA-M [®] 1. Simulation	AKWA-M [®] Laufzeitkalib.
115	Lotzebach oh Mdg. Tä	k.A.	16:25	16:00	15:35-17:50
119	Lotzebachknick	15:30-16:15	15:15	15:30	15:25
126	uh Mdg. Hässiger Bach	15:15-15:45	15:05	15:15	15:15
145	uh. Mdg. Rennersdorfer B.	k.A.	14:55	15:50	15:05
203	Mdg. Tännichtgrundbach	14:45-15:30	15:25-15:50	17:15	16:05
210	uh. Mdg. Trassengraben	k.A.	15:25-15:45	17:00	15:50
213	uh. Mdg. Galgenbergbach	k.A.	15:15	16:05	15:35
214	uh. Mdg. Unkersdorfer B.	k.A.	15:05	16:00	15:30

* aus MÜNCH et al. (2014); k.A. keine Angabe

Die Scheitellaufzeit im Tännichtgrundbach wurde daraufhin durch Verringern der Gewässer-
rauhigkeit verkürzt. Trotzdem verbleiben noch Unterschiede zwischen beiden Modellen.

3.5.3 Lotzebachstollen

Siehe hierzu Kapitel 3.4.8.

3.5.4 Wegleitung am Lotzebachknick

Siehe hierzu auch Kapitel 3.4.9.

Nach den hydraulischen Untersuchungen in MÜNCH et al. (2006) beginnt die Ausuferung am Bauwerk BW13 ab 6,5...7,0 m³/s. Mit einem Grenzdurchfluss von 7,0 m³/s und einem Anteil der Wegleitung von 35 % der den Grenzdurchfluss überschreitenden Differenzmenge wurden im Vergleich mit den HYDRO_NA-2D-Ergebnissen die besten Resultate erzielt.

Bei dem am Tgb 119 simulierten Abflussscheitel (27.5.2014) von 12 m³/s verbleiben bzw. sammeln sich demnach rd. 10,3 m³/s im Gewässer, während rund 1,7 m³/s aus dem Einzugsgebiet wegfließen. Dies scheint eine plausible Größenordnung zu sein.

3.6 Ergebnisse der Modellüberarbeitung

Die schrittweise Modellüberarbeitung hat zu den in Tabelle 6 aufgelisteten Modellversionen geführt. Die Versionen 2 bis 4 sind dabei Zwischenversionen. Um den Einfluss der

Modelländerungen zu zeigen, wurde mit jeder Version HQT-Simulationen durchgeführt. Diese erfolgte identisch zu 2006 mit einem maßgeblichen Niederschlag, der sich aus der Laufzeit bis zum jeweiligen Bezugspunkt ableitet (siehe hierzu Kapitel 4.2.4).

Die Niederschlagsmenge als Modellinput ändert sich in Version 4 durch die verkürzte Laufzeit im Tännichtgrundbach und ab Version 5 durch die Verwendung der KOSTRA-Daten 2010 (siehe hierzu Kapitel 4.2.1). Außerdem wurde aus Gründen der Vergleichbarkeit die Einleitung aus dem Pumpwerk Winkelwiesen erst bei Version 5-2 hinzugenommen.

Tabelle 6: Übersicht Modellversionen.

Version	Bemerkung, Änderung	Fläche	P-Dauer Lo Tä	KOSTRA- Version
		ha	h	
1	Werte aus MÜNCH et al. (2006)	1.282,704	4,50 4,42	1997+15%
2	wie 2006, aber Flächenkorrekturen Mündung, nördlich Bahn und Jahnbach	1.282,577	4,50 4,42	1997+15%
3	wie 2, zusätzlich RRB Jahnbach, RWE Albrechtshöhe, Wegleitung Knick, PW Winkelwiesen*, Retention Stollen	1.282,577	4,50 4,42	1997+15%
4	wie 3, aber Kalibrierung mit HYDRO_NA-2D und Laufzeitverkürzung*	1.282,577	4,00 2,17	1997+15%
5-1	kalibrierte Version 4, Einleitung PW = 0	1.282,577	4,00 2,17	2010
5-2	kalibrierte Version 4, Einleitung PW > 0	1.282,577	4,00 2,17	2010

* Einleitung PW Winkelwiesen mit 0 angesetzt.

Die Ergebnisse der Vergleichssimulationen sind in Tabelle 7 für ausgewählte Bezugspunkte BP die Hochwasserscheitel für HQ1, HQ10 und HQ100 eingetragen.

- Beim aktivierten und mit den Flächenkorrekturen versehenen Modell (**Version 2**) liegende Abweichungen der HQT-Scheitel bei HQ1: $<\pm 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$, HQ10: $<\pm 0,08 \text{ m}^3/\text{s}$, HQ100: $<\pm 0,20 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Das Einbeziehen weiterer Änderungen nach **Version 3** lässt sich durch die Abweichungen im Abflussscheitel am Ort der Änderung und unterhalb nachvollziehen. Oberhalb des Lotzebachknicks und im Tännichtgrundbach ändern sich die Werte nicht.
- In **Version 4** wird die aus der Kalibrierung resultierende Überarbeitung der Laufzeit verwendet, was sich bei diesem Vorgehen unmittelbar auf die Niederschlagsdauer auswirkt. Am Tännichtgrundbach halbiert sich so die Laufzeit von 4,42 auf 2,17 Stunden, weshalb die kürzeren Dauern höhere Niederschlagsintensitäten hervorrufen, was letztlich zu mehr Abfluss und zu höheren Scheiteln führt. An der Mündung des Tännichtgrundbaches sind es bei HQ1 ca. 36 %, bei HQ10 ca. 40 % und bei HQ100 rund 68 %. Dagegen sind die Änderungen im Lotzebach nur gering, weil die Laufzeit nur geringfügig angepasst werden musste.
- **Version 5** ist die für die HQT-Berechnungen abgeleitete Modellversion: das kalibrierte Modell wird mit dem vereinbarten Niederschlag aus KOSTRA-2010 beaufschlagt. Da die Niederschläge KOSTRA-2010 meist kleiner als KOSTRA-1997+15% sind (siehe Kapitel 4.2), ergeben sich kleinere Abflussscheitel gegenüber allen anderen Versionen und den Werten aus MÜNCH et al. (2006).

- Die Einleitung vom Pumpwerk Winkelwiesen lässt sich an den Bezugspunkten 101 und 115 erkennen, sonst sind die Ergebnisse der **Versionen 5-1 und 5-2** identisch. Bei HQ10 ist der Scheitel um 0,4 m³/s entsprechend des Einleitungsschemas größer (siehe Kapitel 6.1.2). Bei HQ100 ist der Unterschied nur 0,6 m³/s statt 2,0 m³/s, weil der Abfluss durch den Lotzebachstollen gedämpft wird.

Tabelle 7: Vergleich der Modellergebnisse 2006 und 2017 für ausgewählte Bezugspunkte.

BP	Name Bezugspunkt	V	Fläche	P-Dauer	HQ1	HQ10	HQ100
			ha	h	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
101	Mündung Lotzebach	1	1.282,704	4,50	2,48	6,08	16,9
		2			2,47	6,01	17,0
		3			2,54	6,10	17,5
		4	1.282,577	4,00	2,73	6,63	19,2
		5-1			2,39	5,41	17,4
		5-2			2,39	5,62	17,9
115	Lotzebach oh Mdg. Tännichtgrundbach	1	784,894	4,00	2,16	4,53	11,2
		2	780,284		2,16	4,48	11,1
		3			2,23	4,61	10,5
		4		4,00	2,20	4,36	10,4
		5-1	1,93		3,84	9,59	
		5-2	1,93		4,24	10,2	
119	Lotzebachknick	1	674,364	3,58	1,69	3,68	9,85
		2	675,077		1,71	3,66	9,73
		3			1,79	3,80	10,1
		4		3,50	1,78	3,65	8,99
		5-1	1,57		3,18	8,45	
		5-2	1,57		3,18	8,45	
126	Lotzebach uh Mdg. Hässiger Bach	1	530,915	3,25	1,14	2,42	6,66
		2	530,032		1,15	2,42	6,56
		3			1,15	2,42	6,56
		4		3,25	1,12	2,30	6,60
		5-1	1,00		2,02	6,27	
		5-2	1,00		2,02	6,27	
142	Lotzebach uh Mdg. Rennersdorfer Dorfbach	1	153,0288	3,08	0,455	0,994	3,35
		2	153,027		0,468	1,02	3,36
		3			0,468	1,02	3,36
		4		3,08	0,431	0,975	3,47
		5-1	0,388		0,847	3,37	
		5-2	0,388		0,847	3,37	
203	Mdg. Tännichtgrundbach	1	497,237	4,42	0,396	2,56	7,69
		2	497,242		0,398	2,52	7,73
		3			0,398	2,52	7,73
		4		2,17	0,542	3,59	12,9
		5-1	0,476		2,42	11,3	
		5-2	0,476		2,42	11,3	
207	Tännichtgrundbach uh Mdg. Weistropper Hanggraben	1	459,377	4,25	0,303	2,41	7,38
		2	459,382		0,308	2,38	7,43
		3			0,308	2,38	7,43
		4		2,00	0,383	3,40	12,7
		5-1	0,338		2,29	11,1	
		5-2	0,338		2,29	11,1	

BP	Name Bezugspunkt	V	Fläche	P-Dauer	HQ1	HQ10	HQ100
			ha	h	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
214	Tännichtgrundbach uh Mdg. Unkersdorfer Bach	1	176,878	2,58	0,191	0,892	3,51
		2			0,183	0,887	3,52
		3			0,183	0,887	3,52
		4	176,873	1,58	0,209	1,70	5,34
		5-1			0,185	1,27	4,86
		5-2			0,185	1,27	4,86

V=Modellversion: 1: Werte aus MÜNCH et al. (2006), 2, 3, 4 und 5: aktiviertes Modell 2017 (siehe Tabelle 6).

4 Niederschläge

4.1 Niederschlag am 27.5.2014

Die Niederschläge für den 27.5.2014 wurden für das N-A-Modell AKWA-M[®] durch den AG aus einer Radardatenaufbereitung für jedes der 60 Teilgebiete im 5-Minuten-Schritt zur Verfügung gestellt (ITWH 2014). Somit lag eine hoch aufgelöste und zum Modell HYDRO_NA-2D vergleichbare Überregnung vor.

Die Niederschlagszelle überregnete das Untersuchungsgebiet von 12:55 bis 19:40 in rund 6 h 45 min, wobei von 13:50 bis 15:35 die höchsten Intensitäten auftraten (1 h 45 min). Die Summen für das Gesamtereignis und ihre Zuordnung zum Wiederkehrintervall T (ermittelt anhand KOSTRA-2010, Raster 65/54) sind in Tabelle 8 enthalten.

Tabelle 8: Niederschlagssummen für das Ereignis vom 27.5.2014.

Einzugsgebiet		Dauer	Summe [mm]		Wiederkehrintervall [a]	
			Min	Max	Min	Max
Lotzebach	nördliches	6 h 45 min	24	45	ca. 1	ca. 4
	südliches		78	91	ca. 45	ca. 100
Tännichtgrundbach	nördliches		50	64	ca. 6	ca. 18
	südliches		81	99	ca. 50	ca. 200

Die Niederschlagssummen waren mit 90 bis 100 mm im südlichen Einzugsgebiet deutlich höher als im nördlichen. Im Einzugsgebiet des Tännichtgrundbaches fiel außerdem mehr Niederschlag als im Lotzebach. Das Zentrum der Zelle befand sich östlich von Hühndorf (Teilgebiete 213, 256 und 253). Dieser maximalen Menge kann ein Wiederkehrintervall von ca. 200 a zugeordnet werden.

Die synthetischen Zeitreihen wurden statistisch weiter ausgewertet. Dazu wurden die höchsten Summen je Dauerstufe und ihr Wiederkehrintervall T ermittelt. Für Werte mit T > 100 a konnte die Zuordnung nur geschätzt werden.

Tabelle 9: Maximale Intensitäten mit Dauer und zugeordnetem Wiederkehrintervall.

Dauerstufe	5 min	15 min	30 min	45 min	60 min	90 min	2 h	3 h	4 h	6 h	9 h
Menge [mm]	13,5	30,5	42,8	54,8	63,5	78,1	91,1	94,3	95,1	99,1	99,2
Wiederkehrintervall T [a]	25	100	160	300	400	800	1700	700	380	220	90
ermittelt in Tgb	147	253	253	253	253	213	213	213	213	213	213

Es zeigt sich, dass für Dauern von ein bis vier Stunden die Mengen deutlich über einem T = 200 a lagen.

4.2 Statistische Niederschläge

4.2.1 KOSTRA-Niederschläge

Für die Berechnung von wahrscheinlichkeitsbezogenen Hochwasserwellen $HQ(T)$ werden i.d.R. Starkniederschläge verwendet, die ebenfalls eine Wahrscheinlichkeit aufweisen. Das Wiederkehrintervall T gibt dabei an, wie häufig ein bestimmtes Ereignis in einem Zeitraum eintritt. Weiter wird angenommen, dass ein Niederschlag mit einem bestimmten Wiederkehrintervall $P(T)$ zu einem Hochwasserereignis $HQ(T)$ mit demselben T führt (DVWK 1999).

Der Deutsche Wetterdienst hat dazu Starkniederschläge in ganz Deutschland ausgewertet und bzgl. ihrer Häufigkeit, Intensität und Dauer D untersucht. Daraus entstanden Niederschlags-Dauer-Häufigkeits-Beziehungen $P(T,D)$, die für T von 0,5 bis 100 Jahren und Dauern von 5 Minuten bis 72 Stunden im sog. KOSTRA-Atlas zusammengefasst sind. Inzwischen gibt es die dritte Version:

KOSTRA-1997	Zeitreihe 1951-1980 (30a)	BARTHELS et al. (1997)
KOSTRA-2000	Zeitreihe 1951-2000 (50a)	BARTHELS et al. (2006)
KOSTRA-2010	Zeitreihe 1951-2010 (60a)	MALITZ & ERTEL (2015)

Die Niederschlags-Dauer-Häufigkeits-Beziehungen sind im KOSTRA-Atlas über semi- und doppeltlogarithmische Funktionen generalisiert worden, so dass je Raster lediglich 12 Basis- oder Grundwerte verwaltet werden, wodurch für jedes beliebige T und jede beliebige Dauer D die zugehörige Niederschlagssumme $P(T,D)$ durch Interpolation berechnet werden kann. Die Basiswerte liegen für $T=1a$ und $T=100a$ mit den Dauern 15 min, 60 min, 12, 24, 48 und 72 Stunden (ab KOSTRA-2010 gibt es nur noch 8 Basiswerte, 24 und 48 Stunden sind entfallen). In AKWA-M[®] sind diese Funktionen implementiert.

In MÜNCH et al. (2006) wurden die KOSTRA-1997-Niederschläge durch das Umweltamt Dresden für das Raster Dresden-Zentrum-Südwest bereitgestellt (Zeile 54, Spalte 66) und mit einem Sicherheitszuschlag von 15 Prozent beaufschlagt. Die zugehörigen Basiswerte sind in Tabelle 10 enthalten. Die Verwendung erfolgte für das gesamte Lotzebach-Einzugsgebiet.

Tatsächlich lässt sich das Lotzebach-Einzugsgebiet im Norden dem Raster 53/65 und im Süden dem Raster 54/65 zuordnen. Die Rastergrenze verläuft etwa auf der Linie nördlich Hühndorf – Speicherbecken Oberwartha – Alt-Leuteritz. Im überarbeiteten N-A-Modell erfolgte eine entsprechende Zuordnung der Teilgebiete.

Die nachfolgende Tabelle 10 zeigt, dass sich die Basiswerte benachbarter Raster innerhalb der KOSTRA-Version kaum unterscheiden. Nach Süden zu macht sich der orografische Einfluss im Übergang vom Elbtal zum Mittelgebirgsvorland leicht bemerkbar (einzelne Basiswerte in Raster 54/65 sind größer als 53/65).

Gegenüber KOSTRA-1997 sind die Basiswerte für KOSTRA-2000 und KOSTRA-2010 für „T = 1 a“ kaum geändert. Für „T = 100 a“ erhöhen sich die Basiswerte für KOSTRA-2010 mit zunehmender Dauern gegenüber KOSTRA-1997, wogegen sie für KOSTRA-2000 geringer werden.

Tabelle 10: Niederschlags-Basiswerte (in mm) der KOSTRA-Versionen.

KOSTRA	Raster (Name)	T = 1 a				T = 100 a			
		15 min	1 h	12 h	72 h	15 min	1 h	12 h	72
1997	53/65 (Coswig-Radebeul)	10,3	16,5	32	45	29	48	85	155
	54/65 (Kesselsdorf-Freital)	10,3	16,5	36	55	29	48	95	155
	54/66 (DD-Zentrum-SW)	10,3	16,5	36	55	29	48	95	155
	54/66 + 15%	12	18,8	40,4	62,3	34,8	56	104,6	189,9
2000	53/65 (Coswig-Radebeul)	10,3	16,5	32	45	29	48	75	130
	54/65 (Kesselsdorf-Freital)	10,3	16,5	36	55	29	48	85	155
	54/66 (DD-Zentrum-SW)	10,3	16,5	32	55	29	48	85	155
2010	53/65 (Coswig-Radebeul)	10,3	16,5	34	52,5	27	52,5	95	190
	54/65 (Kesselsdorf-Fr.)	10,3	16,5	34	57,5	30	52,5	110	190
	54/66 (DD-Zentrum-SW)	10,3	16,5	30	52,5	30	52,5	110	220

fett: in MÜNCH et al. (2006) und im HWRMP 2017 verwendete Raster.

In [Anlage 4-1](#) wurden die KOSTRA-Versionen anhand von 10 ausgewählten Dauern grafisch für die Raster 53/65 und 54/65 verglichen. Für beide Raster kann festgestellt werden,

- dass KOSTRA-2000 überwiegend kleinere Werte liefert als KOSTRA-1997 und daher nicht verwendet werden sollte,
- dass KOSTRA-2010 überwiegend größere Werte berechnet als KOSTRA-1997, nur bei der kurzen Dauer „15 min“ und „T=0,5 a“ ist es umgekehrt,
- dass die 2006 verwendeten Werte mit dem Zuschlag von 15 % (KOSTRA-1997+15%) meist größer sind als KOSTRA-2010. Erst bei Dauern ab 4 Stunden und etwa ab „T=20a“ wird KOSTRA-2010 gleich oder etwas größer als die KOSTRA-1997+15%.

Die Gegenüberstellung in den Grafiken zeigt, dass der 2006 verfolgte Ansatz nicht im Widerspruch zu den neueren KOSTRA-Forschungen steht und so weiter verwendet werden könnte. Da bei KOSTRA-2010 der umfangreichere Datenbestand analysiert wurde, im HWRMP aber insbesondere die seltenen Ereignisse untersucht werden sollen – d.h. der Bereich, wo teilweise KOSTRA-2010 größer KOSTRA-1997+15% ist – wurde mit dem AG und dem Umweltamt Dresden vereinbart, im Rahmen des HWRMP KOSTRA-2010 zu verwenden.

Eine Übersicht über die verwendeten Kostra-2010-Werte der Raster 53/65 und 54/65 enthält [Anlage 4-2](#).

4.2.2 Niederschlag für $T > 100$ a

Für die Ableitung des HQextrem werden Niederschläge für Wiederkehrintervalle größer 100 Jahre benötigt. Konkret geht es um eine Möglichkeit, den Niederschlag für $T = 200$ a (kurz P200) zu bestimmen.

- Die erste Möglichkeit besteht darin, die KOSTRA-Funktionen für die **Extrapolation** zu verwenden. Da KOSTRA für $T = 100$ a mit Stützstellen belegt ist, ist eine Extrapolation in einem begrenzten Bereich noch oben (etwa bis $T = 500$ a) möglich. Bei größeren T nehmen die Unsicherheiten aufgrund fehlender Stützstellen zu. In AKWA-M[®] ist diese Option bis $T = 10.000$ a implementiert.
- Die zweite Möglichkeit bietet die Verwendung „Praxisrelevanter Extremwerte des Niederschlags“ (**PEN-LAWA 2005**). In diesem Projekt wurden sehr seltene Niederschläge ausgewertet und analog zu KOSTRA in Rasterform für Deutschland aufbereitet. Der Schwerpunkt lag in der Bereitstellung von Niederschlägen im Bereich $T = 1.000$ bis 10.000 a. Unter Verwendung der KOSTRA-Werte für $T = 100$ a wurde der Bereich bis $T = 1.000$ a ebenfalls durch Interpolationsfunktionen untersetzt. Als Grundlage diente der Datensatz KOSTRA-2000, eine Aktualisierung auf Grundlage von KOSTRA-2010 gibt es bisher nicht.

In Tabelle 11 sind beispielhaft für das Raster 54/66 „Dresden-Zentrum-Südwest“ die Niederschläge P100 und P200 für vier Dauern gegenübergestellt. Für die Raster 53/65 und 54/65 lagen die PEN-LAWA-Werte nicht vor, was hier jedoch unerheblich ist, da die PEN-LAWA-Daten keine Verwendung finden können.

Tabelle 11: Niederschläge P100 und P200 (in mm) nach unterschiedlichen Bestimmungsmethoden.

Methode	T = 100 a				T = 200 a			
	15 min	1 h	12 h	72 h	15 min	1 h	12 h	72
KOSTRA-1997 (P200 extrapol.)	29	48	95	155	31,8	52,7	103,9	170,1
KOSTRA-2000 (P200 extrapol.)	29	48	85	155	31,8	52,7	93	170,1
PEN-LAWA	29,9	44,5	91	152,3	32,9	49,4	102,6	173,8
KOSTRA-2010 (P200 extrapol.)	30	52,5	110	220	33	57,9	122	245,2

Grund ist die Datenbasis KOSTRA-2000, die im Untersuchungsgebiet kleinere Niederschläge liefert als die der anderen KOSTRA-Versionen. Insofern fallen die P200 von PEN-LAWA auch kleiner aus. Wie [Anlage 4.3](#) zeigt, trifft diese Aussage für gesamten Bereich $T > 100$ a zu (hier dargestellt bis $T = 2.000$ a).

Folgt man dem Vorgehen in Kapitel 4.2, für die hydrologischen Berechnungen KOSTRA-2010 zu verwenden, so muss das auch für die Ermittlung von P für $T > 100$ a gelten, d.h. es muss auf das Extrapolationsverfahren zurückgegriffen werden. Wie die Grafiken der für die Simulation relevanten Niederschlagsdauern in [Anlage 4.3](#) zeigen, verlaufen die extrapolierten Werte für KOSTRA-2010 relativ parallel zu den PEN-LAWA-Werten, so dass ihre Verwendung auch methodisch gerechtfertigt ist.

Eine Übersicht über die extrapolierten Kostra-2010-Werte der Raster 53/65 und 54/65 enthält [Anlage 4-4](#).

4.2.3 Zeitliche und räumliche Niederschlagsverteilung

Die KOSTRA- und PEN-LAWA-Niederschläge $P(T,D)$ stellen immer einen Summenwert dar, der in einem bestimmten Zeitraum fällt (Dauer D). Im N-A-Modell müssen die Summen deshalb auf die einzelnen Simulationsintervalle aufgeteilt werden. Dieses beträgt in allen Untersuchungen 5 Minuten.

Die einfachste Aufteilung ist der Blockregen, bei dem die Niederschlagssumme auf alle Intervalle gleich aufgeteilt wird. In der Realität schwanken jedoch die Intensitäten innerhalb eines Niederschlagsereignisses, so dass bei einem Blockregen die resultierenden Abflüsse meist unterschätzt werden.

Die Aufteilung folgt hier der DVWK-Empfehlung (1982 und 1999) mit einem Maximum im zweiten Viertel und 70% des Niederschlages nach der Hälfte der Zeit. In AKWA-M[®] ist das als eine anfangsbetonte Dreiecksganglinie realisiert. Abbildung 10 zeigt das beispielhaft für einen Niederschlag $P(T,D) = P(100 \text{ a}, 4 \text{ h}) = 79,2 \text{ mm}$.

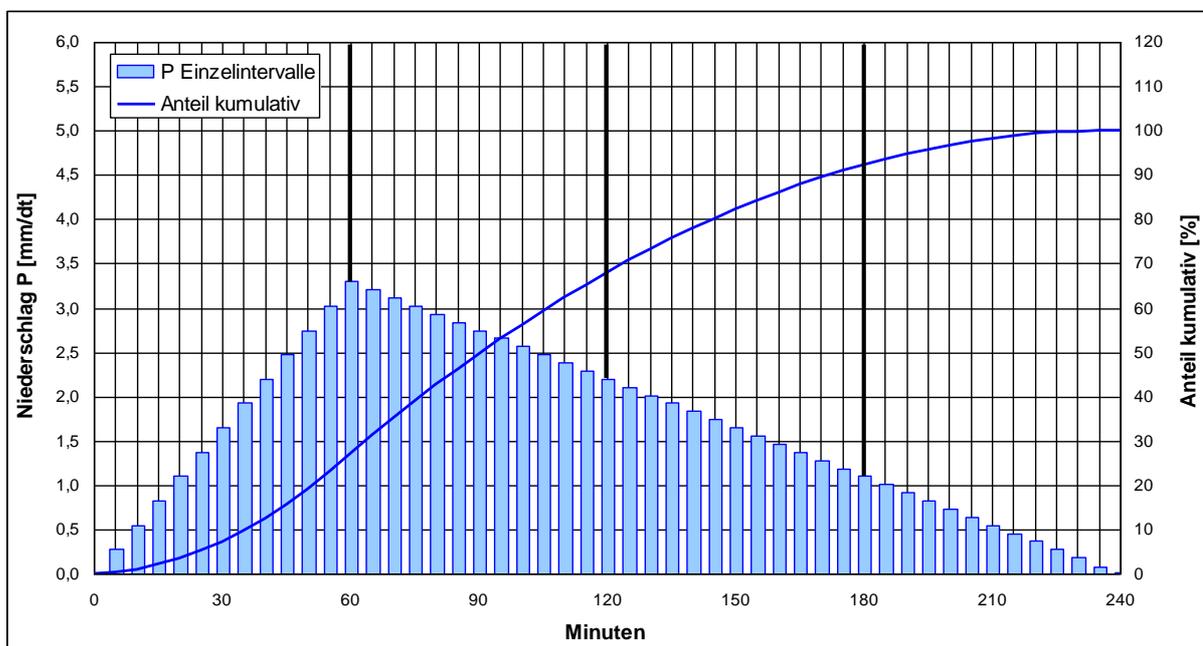


Abbildung 10: Niederschlagsverlauf für ein 4-stündiges Ereignis ($T = 100 \text{ a}$) nach AKWA-M[®].

In DVWK (1999) wird für Einzugsgebiete über 10 km^2 eine Abminderung beim Übergang vom Punkt- zum Flächenniederschlag empfohlen. Diese wurde aufgrund der in diesem Rahmen liegenden Flächengrößen von $7,80 \text{ km}^2$ (Lotzebach) und $4,97 \text{ km}^2$ (Tännichtgrundbach) nicht vorgenommen.

Im Gegensatz zur Simulation des Hochwasser vom 27.5.2014, wo räumlich verteilte Niederschläge aus den Radardaten rekonstruiert werden konnten, wurde für die HQT-Simulationen von einer gleichartigen Überregnung (räumlich, zeitlich und mengenmäßig) für das Untersuchungsgebiet ausgegangen.

Damit wurden die statischen Niederschläge analog zu den Simulationen von 2006 (MÜNCH et al. 2006) verwendet, so dass hier eine Vergleichbarkeit gegeben ist.

4.2.4 Maßgebliche Niederschlagsdauer

In den Simulationen von 2006 sowie denen der Modellüberarbeitung 2017 (siehe Kapitel 3.6) wurde die maßgebliche oder auch kritische Niederschlagsdauer DP_{krit} mit Hilfe der längsten Fließzeit (Konzentrationszeit TC) bestimmt (DVWK 1999). Bei dieser Methodik wird davon ausgegangen, dass der Abflussscheitel dann maximal wird, wenn der abflusswirksame Niederschlag des am weitesten entfernten Punktes den Bezugspunkt erreicht. D.h. es muss mindestens so lange regnen, bis dies der Fall ist. Auf diese Weise entfallen parallele Simulationsläufe, bei denen die Dauer D variiert wird, um daraus das Abflussmaximum bzw. die zugehörige maßgebliche Niederschlagsdauer DP_{krit} zu finden.

Für die im HWRMP geplante N-A-Modellierung waren jedoch parallele Simulationsläufe mit Variation der Dauer vorgesehen.

In AKWA-M[®] wird der Fließweg eines jeden Teilgebietes aus dem längsten Fließweg bis zum Beginn des Hauptflusses (Landoberflächenabfluss) und der Länge des Hauptflusses (Abfluss im Gewässer) bestimmt und über Geländehöhen und Rauigkeiten (vgl. Tabelle 4) die Fließzeiten errechnet. Die Fließzeit bis zu einem Bezugspunkt ergibt sich modellintern über eine Maximumsuchfunktion, die alle oberhalb liegenden Teilgebiete berücksichtigt. Talwärts nehmen so die Laufzeiten bzw. maßgeblichen Niederschlagsdauern zu. Je nach gewähltem Vorgehen lässt sich die maßgebliche Niederschlagsdauer in AKWA-M[®] als Konstante setzen, aus der Fließzeit ableiten oder über einen Optimierungsalgorithmus berechnen.

4.3 Ableitung Niederschlag HQextrem

Für die Ableitung eines Niederschlages, das im Rahmen des HWRMP zu einem HQextrem führt, wurden die Niederschläge der Extremereignisse von 1958, 2002 und 2014 ausgewertet. Anhand des Rasters 54/65 (KOSTRA-2010) erfolgte ihre statistische Einordnung nach Niederschlagssumme und -dauer. Die Ergebnisse sind in Tabelle 12 und Abbildung 11 enthalten.

- Beim Ereignis vom **5.7.1958** wurde in Dresden-Gohlis ein Niederschlag von 117,6 mm gemessen. Angaben zur Dauer konnten nicht gefunden werden. Bezieht man diese Menge auf 24 h, resultiert daraus ein Wiederkehrintervall T von ca. 35 a. Es ist jedoch anzunehmen, dass die Dauer kürzer gewesen sein wird, woraus ein T bis zu 100 a und mehr vermutet werden kann.
- Beim Ereignis vom **11. bis 13.8.2002** sind an den verfügbaren, aber etwas entfernter liegenden Messstationen HB Obergorbitz und Aachener Straße in 49 h 242 und 176 mm gemessen worden. Dies entspricht einem T von mehr als 400 a (was aufgrund der fehlenden Belegung der T-Werte unsicher ist) bzw. rund 100 a.
- Für das Ereignis am **27.5.2014** lassen sich für den Gesamtzeitraum von rund 8 h für die **Stationen** HB Obergorbitz und TB Cossebaude ein T von 15 a bzw. kleiner 1 a abschätzen. Betrachtet man lediglich den Zeitraum mit den größten Intensitäten (ca. 13 bis 16 Uhr), ergeben sich T von 35 und 1 a.
- In einer weiteren Auswertung für den **27.5.2014** wurde die **synthetische Schauerzelle** betrachtet. Im oberen Einzugsgebiet des Lotzebaches konnten T von 45 bis 100 a zugeordnet werden, im oberen Einzugsgebiet des Tännichtgrundbaches sogar von 50 bis 200 a. In den unteren Einzugsgebieten waren die T deutlich kleiner als 20 a.

Tabelle 12: Historische Niederschläge und ihre statistische Einordnung.

Datum Beginn	Datum Ende	Dauer [h]	Station	P-Summe [mm]	Einordnung T [a]	Bemerkung/Quelle	
5.7.1958	6.7.1958	24	Dresden-Gohlis	117,6	35...150	Surke, DWD	
11.8.2002 18:00	13.8.2002 19:00	49	HB Obergorbitz	242	> 400	MÜNCH et al. (2006)	
			Aachener Straße	176	ca. 100		
27.5.2014 12:00	27.5.2014 20:00	8	HB Obergorbitz	67,7	ca. 15	MÜNCH et al. (2014)	
			TB Cossebaude	23,9	< 1 a		
27.5.2014 13:00	27.5.2014 16:00	3	HB Obergorbitz	58,6	ca. 35		
			TB Cossebaude	20,9	ca. 1		
27.5.2014 12:55	27.5.2014 19:45	6,83	oberes EZG Lo	Min	78	ca. 45	Auswertung synthetischer Datenreihen aus Radardaten (Lit.)
				Max	91	ca. 100	
			unteres EZG Lo	Min	24	ca. 1	
				Max	45	ca. 4	
			oberes EZG Tä	Min	81	ca. 50	
				Max	99	ca. 200	
			unteres EZG Tä	Min	50	ca. 6	
				Max	64	ca. 18	

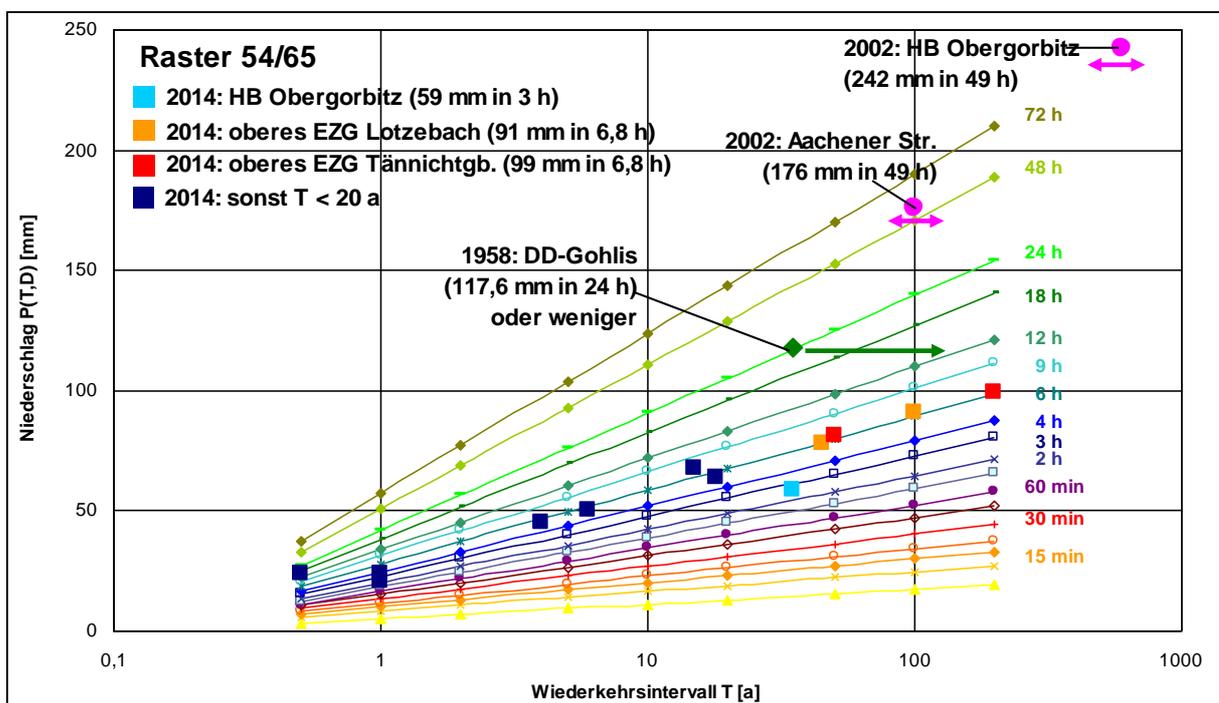


Abbildung 11: Statistische Einordnung historischer Extremniederschläge.

Bei der Ableitung eines Niederschlages für HQextrem fällt zuerst das Ereignis von **2002** auf, für das sehr große Summen und Wiederkehrintervalle erreicht wurden. Dies allerdings in einem sehr langen Zeitraum, während die Laufzeiten von Lotze- und Tännichtgrundbach zwischen 2 und 4 h liegen. D.h. es sind eher die Niederschlagsereignisse kürzerer Dauer, die zu

maximalen Abflussscheiteln führen. Außerdem ist nicht bekannt, welche Mengen tatsächlich im Einzugsgebiet des Lotzebaches gefallen sind.

Beim Ereignis von **1958** ist in unmittelbarer Nähe zum Untersuchungsgebiet ein sehr hoher Niederschlag gemessen worden. Allerdings gibt es sonst keine Informationen, so dass auch dieses Ereignis nicht für die Ableitung von HQextrem genutzt werden kann.

Für das Ereignis **2014** ist dagegen weit mehr bekannt. Auffallend ist vor allem die große Streuung der Mengen und der Unterschied zwischen den oberen und unteren Lagen. Die Niederschlagsverteilung ist allerdings abhängig von der Zugbahn der Schauerzelle und kann auch ganz anders ausfallen. So belegt das Ereignis von 1958, dass auch im unteren Einzugsgebiet sehr große Mengen fallen können.

Angesichts der Tatsache, dass die Niederschläge 2014 ein T von 100 a lokal erreicht und übertroffen haben, scheint es nicht geboten, sich nur an P100 zu orientieren.

Bei den ersten **Proberechnungen** für HQextrem mit einem **flächendeckenden Niederschlag P200** fiel auf, dass bei diesem Vorgehen am Tännichtgrundbach die Scheitel HQ200 kleiner waren als beim Hochwasser vom 27.5.2014. Am Lotzebach dagegen lagen die HQ200-Scheitel meist über den Scheiteln von 2014.

Grundsätzlich muss dazu festgestellt werden, dass die bei der HQT-Simulation verwendete standardisierte Niederschlagsaufteilung (hier Dreiecksverlauf mit dem Maximum zu Beginn des zweiten Viertels) andere Niederschlagsintensitäten hervorruft als dies bei einem realen Niederschlagsereignis – so auch 2014 – der Fall ist. Folglich ergeben sich auch andere Abflussganglinien.

Außerdem ergab sich aus den Testläufen, dass die Niederschlagsdauer D, die zu maximalen Scheiteln führt, zwischen 60 und 90 min liegt. Der Niederschlag P200, der mit einer Dauer D = 6 h etwa der Dauer von 2014 entspricht, beträgt 98,8 mm, während für D = 60 min nur eine Summe von 57,9 mm zur Verfügung steht. Die führt wiederum zu geringeren Abflussmengen.

Wie Tabelle 9 zeigt, lagen 2014 die Niederschlagssummen für kürzere Zeitintervalle lokal deutlich über T = 200 a (Einordnung nach extrapolierten KOSTRA-2010-Werten, Raster 54/65).

Aus diesem Grund muss für HQextrem ein noch selteneres Ereignis gewählt werden. Weitere Proberechnungen haben ergeben, dass für T von 400 und 500 Jahren Scheitel erreicht werden, die etwa dem von 2014 entsprechen.

Aufgrund des nicht allzu großen Einzugsgebietes und der zukünftig möglichen Zunahme von Starkniederschlägen (SMUL 2008, 2015) wird daher empfohlen, zur Berechnung von HQextrem einen **flächendeckenden Niederschlag P500** zu verwenden.

Tabelle 13: Niederschlag und simulierte Abflussscheitel an der Mündung Tännichtgrundbach.

Dauer D	Niederschlag P(T,D) [mm]					Scheitel HQ(T) [m³/s]				
	100 a	200 a	300 a	400 a	500 a	100 a	200 a	300 a	400 a	500 a
60 min	52,5	57,9	61,1	63,3	65,1	13,38	16,21	18,13	19,51	20,55
75 min	55,7	61,4	64,8	67,2	69,0	12,90	16,33	18,20	19,51	20,52
90 min	58,5	64,5	68,0	70,5	72,4	12,78	15,66	17,44	18,93	20,14
27.5.2014	50-99 mm					AKWA-M®			19,76	
						HYDRO_NA-2D			20,85	

5 Nachrechnung Hochwasser 27.5.2014

5.1 Vorgehen

Die Nachrechnung des Hochwassers vom 27.5.2014 erfolgte parallel mit beiden N-A-Modellen HYDRO_NA-2D und AKWA-M[®]. Sie diente gleichzeitig der Modellkalibrierung, wobei wechselseitig die Ergebnisinganglinien für acht Kontrollquerschnitte ausgetauscht wurden. Während der Kalibrierung wurden Änderungen an beiden Modellen vorgenommen. Das Vorgehen ist ausführlich in Kapitel 3.2.4 des Hauptberichtes beschrieben. Ziel der Kalibrierung war, beide Modelle umfänglich dem Ist-Zustand des Einzugsgebietes anzupassen und zu ergänzen. Ziel war nicht, die Ganglinie an den acht Kontrollpunkten deckungsgleich nachzubilden.

Die während der Kalibrierung vorgenommenen Änderungen von AKWA-M[®] sind in Kapitel 3.6 beschrieben. Die wichtigste Anpassung ist dabei die Laufzeitverkürzung im Tännichtgrundbach.

5.2 Ergebnisse

Die durch die Kalibrierung erzielten Ergebnisse sind ausführlich in Kapitel 3.2.4 des Hauptberichtes beschrieben, daher soll hier nur kurz darauf eingegangen werden.

Die Ergebnisse der Simulation sind für die acht Kontrollpunkte in Tabelle 14 und grafisch in [Anlage 5-1](#) enthalten. In diese Grafiken sind jeweils der erste und letzte Simulationslauf dargestellt, um die erzielten Fortschritte der Kalibrierung zu dokumentieren.

Tabelle 14: Simulationsergebnisse an Kontrollpunkten für das Hochwasser 27.5.2014.

BP	Bezugs-/Kontrollpunkt	Scheitel			Scheiteleintritt			F ₁₀₀
		HYDRO_NA-2D	AKWA-M [®]	Differenz	HYDRO_NA-2D	AKWA-M [®]	Differenz	
		m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s			min	%
Lotzebach								
101	Mündung in Elbe		29,38					
115	oh Mdg. Tännichtgrundbach	9,65	9,68*	0,03	16:25	15:35	(-50)	86
119	Lotzebachknick	10,35	10,34	-0,01	15:15	15:25	10	105
126	uh Mdg. Hässiger Bach	8,07	9,46	1,39	15:05	15:15	10	142
145	uh Mdg. Rennersdorfer Dorfbach	4,35	3,65	-0,70	14:55	15:05	10	156
Tännichtgrundbach								
203	Mündung in Lotzebach	20,85*	19,76	-1,09	15:50	16:05	15	257
210	uh Mdg. Trassengraben	18,76*	18,89	0,13	15:30	15:50	20	266
213	uh Mdg. Pfarrgrund	12,86	12,62	-0,24	15:15	15:35	20	244
214	uh Mdg. Unkersdorfer Bach	9,12	8,52	-0,60	15:05	15:30	25	243

* langgestreckter Scheitel; F₁₀₀: prozentuale Unterschiede zum Scheitel HQ100 aus MÜNCH et al. (2006)

Im Vergleich zu AKWA-M[®] liefert das Modell HYDRO_NA-2D sehr schnell reagierende und damit steile Ganglinien, die auch schnell wieder abfallen. Durch das implementierte SCS-Verfahren wird über landnutzungsspezifische Abflussbeiwerte der Effektivniederschlag berechnet.

Bei AKWA-M[®] werden die Prozesse von Versickerung, Speicherung und Abflussbildung differenzierter abgebildet. Dabei haben Landnutzung und Bodenhorizonte mit ihrer Speicherausfüllung eine zentrale Bedeutung bei der Abflussbildung auf, im und unter dem Boden. Durch die Einbeziehung mehrerer Abflusskomponenten wird auch das Nachlaufen der Abflüsse besser beschrieben, so dass sich gegenüber HYDRO_NA-2D Ganglinie mit etwas größerer Fülle ergeben.

Am Bilanzpunkt 115 ist die Ganglinie bereits durch den Lotzebachstollen und -düker gelaufen und damit abgeflacht. Dieses Bauwerk drosselt die Ganglinie auf 8 bis 9 m³/s, wobei der oberhalb liegende Abschnitt zwischen Hang und Bahndamm als Retentionsraum wirkt. Aufgrund der größeren Fülle der AKWA-M[®]-Ganglinie erfolgt die Drosselung über einen längeren Zeitraum als bei HYDRO_NA-2D.

Mit dieser Simulation wird deutlich, dass die Niederschläge vom 27.5.2014 zu einer sehr großen Abflussschwelle geführt haben. In der letzten Spalte von Tabelle 14 ist angegeben, um wie viel Prozent sich der AKWA-M[®]-Scheitel vom HQ100-Scheitel aus den Untersuchungen von 2006 unterscheiden (MÜNCH et al. 2006). Für den Lotzebach entspricht das im Unterlauf etwa dem HQ100, im Oberlauf ist es etwa das 1,5-Fache. Im Tännichtgrundbach wird durchgängig etwa das 2,5-Fache erreicht.

6 HQT-Berechnung

6.1 Vorgehen

6.1.1 Festlegen der Lastfälle

In Abstimmung mit dem AG und dem Umweltamt der LH Dresden wurden drei Lastfälle festgelegt:

- HQ25 als häufiges Ereignis
- HQ100 als seltenes Ereignis
- HQ500 als sehr seltenes Ereignis HQextrem (siehe Kapitel 4.3)

Die HQT-Simulationen sollten außerdem für zehn Niederschlagsdauern ausgeführt werden. Testrechnungen mit AKWA-M[®] ergaben, dass die maximalen Scheitel bei Dauern zwischen 60 und 90 Minuten eintreten. Aufgrund dieser schnellen Reaktionszeit im Lotze- und Tännichtgrundbach wurden vorwiegend kurze Dauern gewählt: 45, 60, 75, 90, 105 Minuten sowie 2, 2,5, 3, 4 und 6 Stunden.

6.1.2 Einleitung Pumpwerk Winkelwiesen

Der Einsatz des Pumpwerkes Winkelwiesen zur Entlastung der Mischwasser-Kanalisation richtet sich nach Intensität, Verteilung und Dauer des Niederschlages bzw. der sich vor Ort sammelnden Mischwassermenge. Für die Einleitung stehen zwei Pumpen zur Verfügung, mit der die Grundlast von 0,4 m³/s und die Maximallast von 2,0 m³/s wechselseitig gefördert werden kann.

Da die HQT-Simulationen für unterschiedliche Wiederkehrintervalle T als auch unterschiedliche Niederschlagsdauern D auszuführen war, mussten dafür jeweils die Einleitmengen

definiert werden. Dies erfolgte in Abstimmung mit dem AG nach den Angaben der Stadtentwässerung Dresden GmbH (pers. Mitteilung Herr Seiler 17.3.2017):

- Grundlast: 15 Minuten nach Regenbeginn, Dauer ca. 6,5 h am 27.5.2014
- Maximallast: 1 Stunde nach Regenmaximum, Dauer 30 Minuten am 27.5.2014

Für das Spektrum der Wiederkehrintervalle T wurde festgelegt, dass bis $T \leq 2$ a keine Einleitung erfolgt. Für $T = 5$ bis 20 a wird nur die Grundlast eingeleitet, ab $T \geq 25$ a sowohl Grundlast als auch Maximallast. Daraus wurde das folgende Einleitungsschema entwickelt:

Tabelle 15: Einleitungsschema Pumpwerk Winkelwiesen.

Wiederkehrintervall T [a]	5	10	20	25	50	100	200	300	400	500
Beginn Grundlast	15 min nach Regenbeginn									
Dauer Grundlast [h]	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
Beginn Maximallast	keine			1 h nach Regenmaximum, d.h. bei D = 45 min: 1:10 = 70 min nach Regenbeginn; D = 1 h: 1:15; D = 1,5 h: 1:25; D = 2 h: 1:35; D = 3 h: 1:45; D = 6 h: 2:30						
Dauer Maximallast [min]	0			15	20	25	30	35	40	45

Für die einzelnen Lastfälle wurden Dateien mit den Einleitungsganglinien erstellt.

6.2 Ergebnisse

Die HQT-Simulationen für die drei Lastfälle und zehn Dauern wurden mit der Modellversion 5-2 (siehe Tabelle 6) für Lotze- und Tännichtgrundbach ausgeführt. Die Ergebnisse wurden in Form von Abflussganglinien als Excel-Datei an den AG übergeben, und zwar

- als Abfluss des jeweiligen Teilgebietes QGES für alle Teilgebiete und
- als kumulierter Gesamtabfluss QSUM für alle Bilanzgebiete.

Somit sind auch die Scheitel in Größe und Zeitpunkt bekannt. Die Ergebnisse werden für die drei Lastfälle hier für die Bilanzpunkte (BP) 101 (Gesamteinzugsgebiet), 115 (Lotzebach oberhalb Mündung Tännichtgrundbach) und 203 (Mündung Tännichtgrundbach) zusammengestellt. Außerdem sind die Ganglinien für diese und drei weitere Bilanzpunkte in den [Anlagen 6-1](#), [6-2](#) und [6-3](#) grafisch dargestellt.

Die in diesen Tabellen aufgeführten Abflusssummen und Abflussbeiwerte beziehen sich auf den Simulationszeitraum von drei Tagen. Für die Bezugspunkte 101 und 115 sind in den Summen auch die Einleitungen vom Pumpwerk Winkelwiesen und der RWE Albrechtshöhe enthalten.

Für alle Lastfälle ist festzustellen, dass

- der maximale Scheitel fast immer für $D = 60$ Minuten erreicht wird,
- für diese Dauer meist auch der maximale Abflussbeiwert erreicht wird,
- mit wachsender Niederschlagsdauer die Niederschlagssumme als auch der Gesamtabfluss zunimmt,
- mit wachsender Niederschlagsdauer auch der Scheitel später eintritt.

6.2.1 Ganglinien HQ25

Der maximale Scheitel wird für D = 60 Minuten nach 90-100 Minuten an der Lotzebachmündung mit 17,6 m³/s und am Tännichtgrundbach mit 7,58 m³/s erreicht. Der Abflussbeiwert liegt zwischen 34 und 37 %, d.h. bei HQ25 kommt etwa ein Drittel des Niederschlages zum Abfluss.

Tabelle 16: Ergebnisse HQ25.

BP	P-Dauer D	h min	0,75 45	1 60	1,25 75	1,5 90	1,75 105	2 120	2,5 150	3 180	4 240	6 360
101	P-Summe	mm	37,3	41,7	44,3	46,5	48,5	50,3	53,5	56,2	60,8	68,0
115			37,4	41,7	44,3	46,6	48,6	50,4	53,6	56,4	61,0	68,3
203			37,3	41,7	44,2	46,4	48,4	50,2	53,3	56,0	60,5	67,5
101	Scheitel	m ³ /s	16,1	17,6	17,3	16,9	16,7	16,3	15,0	13,0	9,87	8,65
115			10,0	10,2	10,2	10,2	10,2	10,1	9,87	8,74	7,18	5,64
203			6,39	7,58	7,14	6,70	6,51	6,08	5,10	4,28	4,16	4,30
101	Scheitel- eintritt nach P- Beginn	min	95	100	105	110	115	120	135	140	155	335
115			100	100	105	110	115	120	135	140	155	185
203			80	90	95	105	110	120	135	155	260	345
101	Gesamt- abfluss	Tm ³	166,2	188,0	193,5	198,8	204,9	213,9	227,8	239,2	256,9	283,0
115			98,9	109,8	113,0	115,8	119,1	124,0	131,6	137,6	147,4	164,2
203			66,1	77,4	79,7	82,1	84,8	88,9	95,2	100,5	108,3	117,6
101	Abfluss- beiwert	%	34,7	35,2	34,1	33,3	32,9	33,1	33,2	33,2	32,9	32,5
115			33,9	33,8	32,7	31,9	31,4	31,5	31,5	31,3	30,9	30,8
203			36,0	37,3	36,2	35,6	35,3	35,6	35,9	36,1	36,0	35,1

BP - Bilanzpunkt

Beginn und Ende der Einleitung Pumpwerk Winkelwiesen sind für die Bilanzpunkte 101 und 115 insbesondere für die längeren Dauern visuell gut erkennbar ([Anlage 6-1](#)). Bei kürzeren Dauern bzw. höheren Scheiteln führt die Retention von Lotzebachstollen und -düker zu einer Glättung. Die Maximallast der Einleitung trifft bei kurzen Dauern etwa mit dem Scheitel des Lotzebaches zusammen, bei längeren Dauern liegt diese zeitlich vor dem Scheitel.

6.2.2 Ganglinien HQ100

Der maximale Scheitel wird für D = 60 Minuten nach 85-90 Minuten an der Lotzebachmündung mit 24,6 m³/s und am Tännichtgrundbach mit 13,4 m³/s erreicht. Der Abflussbeiwert liegt zwischen 37 und 48 %, d.h. bei HQ100 kommt weniger als die Hälfte des Niederschlages zum Abfluss.

Tabelle 17: Ergebnisse HQ100.

BP	P-Dauer D	h min	0,75 45	1 60	1,25 75	1,5 90	1,75 105	2 120	2,5 150	3 180	4 240	6 360
101	P-Summe	mm	46,7	52,5	55,8	58,6	61,1	63,3	67,2	70,6	76,4	85,3
115			46,8	52,5	55,8	58,6	61,2	63,4	67,4	70,9	76,7	85,7
203			46,6	52,5	55,7	58,5	60,9	63,1	66,9	70,3	75,9	84,6
101	Scheitel	m ³ /s	22,8	24,6	24,1	23,8	23,1	22,9	21,4	20,2	18,0	14,4
115			10,9	11,1	11,1	11,0	10,9	10,8	10,6	10,5	10,2	8,29
203			11,8	13,4	12,9	12,8	12,1	12,0	10,7	9,66	7,72	7,06
101	Scheitel- eintritt nach P- Beginn	min	80	85	95	100	110	115	130	145	180	320
115			80	85	90	100	105	110	130	140	165	195
203			80	90	95	105	110	120	135	150	185	330
101	Gesamt- abfluss	Tm ³	243,2	279,3	289,0	297,8	313,2	326,2	348,1	366,3	393,5	431,6
115			135,5	152,7	157,6	162,4	170,3	176,9	189,0	199,0	214,7	238,1
203			106,7	125,5	130,1	134,2	141,6	147,9	157,7	165,8	177,1	191,7
101	Abfluss- beiwert	%	40,6	41,5	40,4	39,7	40,0	40,2	40,4	40,4	40,2	39,5
115			37,1	37,3	36,2	35,5	35,7	35,7	35,9	36,0	35,9	35,6
203			46,0	48,1	47,0	46,2	46,8	47,2	47,4	47,5	46,9	45,6

Beginn und Ende der Einleitung Pumpwerk Winkelwiesen sind für die Bilanzpunkte 101 und 115 nur noch für die längeren Dauern visuell gut erkennbar ([Anlage 6-2](#)). Das große Abflussvolumen wird von Lotzebachstollen und -düker über einen Zeitraum von ca. zwei bis drei Stunden retardiert.

6.2.3 Ganglinien HQextrem

Der maximale Scheitel wird für D = 60 Minuten nach 80-85 Minuten an der Lotzebachmündung mit 32,9 m³/s und am Tännichtgrundbach mit 20,6 m³/s erreicht. Der Abflussbeiwert liegt zwischen 41 und 57 %, d.h. bei HQ500 kommt rund die Hälfte des Niederschlages zum Abfluss.

Tabelle 18: Ergebnisse HQ500.

BP	P-Dauer D	h min	0,75 45	1 60	1,25 75	1,5 90	1,75 105	2 120	2,5 150	3 180	4 240	6 360
101	P-Summe	mm	57,7	65,1	69,1	72,5	75,6	78,4	83,2	87,4	94,4	105,3
115			57,7	65,1	69,1	72,6	75,7	78,5	83,5	87,7	94,9	106,0
203			57,5	65,1	69,0	72,4	75,4	78,1	82,8	86,9	93,8	104,4
101	Scheitel	m ³ /s	29,4	32,9	32,7	32,2	31,8	30,8	29,3	27,9	25,0	20,9
115			11,7	12,2	12,1	11,9	11,8	11,7	11,4	11,2	10,8	10,3
203			17,6	20,6	20,5	20,1	19,8	19,0	17,8	16,6	14,1	10,5
101	Scheitel- eintritt nach P- Beginn	min	80	85	95	100	110	115	130	145	175	245
115			75	80	85	95	100	110	125	140	165	210
203			80	85	95	105	110	120	135	145	175	255
101	Gesamt- abfluss	Tm ³	334,7	392,5	405,0	424,8	444,9	463,8	491,5	515,9	553,7	610,1
115			181,1	207,3	213,7	223,0	233,1	242,6	256,7	269,5	290,8	325,4
203			152,2	183,4	189,5	199,8	209,8	219,2	232,6	244,1	260,5	282,1
101	Abfluss- beiwert	%	45,3	47,0	45,7	45,7	45,9	46,2	46,1	46,0	45,7	45,2
115			40,2	40,8	39,6	39,3	39,4	39,6	39,4	39,4	39,3	38,9
203			53,2	56,7	55,2	55,5	56,0	56,5	56,5	56,5	55,9	54,3

Beginn und Ende der Einleitung Pumpwerk Winkelwiesen sind für die Bilanzpunkte 101 und 115 kaum noch visuell erkennbar ([Anlage 6-3](#)). Das große Abflussvolumen wird von Lotzebachstollen und -düker über einen Zeitraum von ca. vier bis sechs Stunden retardiert.

6.3 Ergebnisvergleich

6.3.1 Hochwasserscheitel

Die **Hochwasserscheitel** der HQT-Simulationen sind für **alle Bilanzpunkte** tabellarisch in [Anlage 6-4](#) sowie als Gewässerlängsschnitt in den [Anlagen 6-5-1](#) und [6-5-2](#) dargestellt. Hinzugenommen wurde der Lastfall T = 200 a sowie die Werte vom Hochwasser am 27.5.2014. Die Scheitel sind jeweils das Maximum der Variation der Dauer D, die überwiegend für eine Dauer D = 60 Minuten eintrat. Für einige Bilanzpunkte wurde das Maximum auch bei einer Dauer von 45, 75, 90 und 105 Minuten ermittelt, wobei die Abweichung zu dem 60-Minuten-Wert nur wenige Liter beträgt.

Für eine bessere Vergleichbarkeit sind in den Anlagen auch die Ergebnisse von 2006 (MÜNCH et al. 2006) enthalten. Für die Interpretation ist zu beachten, dass die verwendete Niederschlagsdauer 2006 aus der Laufzeit abgeleitet wurde. Da diese gegenüber der Simulation 2017 länger ist, wurden 2006 auch geringere Scheitel simuliert.

6.3.1.1 Lotzebach

Im Vergleich zu 2006 sind die Scheitel im Lotzebach bei HQ25 zwischen 19 und 52 %, bei HQ100 zwischen 18 und 40 % größer. An der Mündung beträgt die Abweichung aufgrund einer ungünstigeren Überlagerung mit dem Scheitel aus dem Tännichtgrund 84 bzw. 46 %.

Zu beachten ist, dass unterhalb von Bilanzpunkt 120 (Lotzebach uh. Mündung Jahnbach) die Abflusswerte verändert sind (Wegleitungen entlang der Talstraße und am Lotzebachknick, Einleitung Pumpwerk Winkelwiesen, Abflussdrosselung am Lotzebachstollen und Düker auf weniger als 10 m³/s). Die Gesamtabflüsse (ohne Wegleitung) müssten in diesem Abschnitt größer als die Werte am Bilanzpunkt 120 sein.

Die Scheitel des Hochwassers 2014 entsprechen im Oberlauf etwa dem HQ200, sie verringern sich im Mittellauf auf etwa HQ100 und sind im Unterlauf kleiner als HQ100. Dies ist angesichts der Niederschlagsverteilung sehr plausibel (hohe Mengen im obereren, relativ niedrige im unteren Einzugsgebiet, siehe Kapitel 4.1).

6.3.1.2 Tännichtgrundbach

Im Tännichtgrundbach sind die Unterschiede zu 2006 aufgrund der vorgenommenen Laufzeitverkürzung noch größer als im Lotzebach: für HQ25 zwischen 29 und 76 % und für HQ100 zwischen 20 und 74 %. An der Mündung beträgt das HQ100 von 2006 etwa dem HQ25 von 2017.

Die Scheitel des Hochwassers 2014 liegen im Ober- und Mittellauf noch über dem HQ500, was auf die extremen Mengen (z.T. $T > 500$ a), aber auch auf die ungünstigere Verteilung der Niederschläge zurückzuführen ist (vgl. Tabelle 9). Im Unterlauf werden Scheitel gleich und kleiner HQ500 erreicht.

6.3.2 Abflussvolumina

Die **Abflussvolumina** der HQT-Simulationen sind für **alle Bilanzpunkte** tabellarisch in [Anlage 6-6](#) sowie als Gewässerlängsschnitt in den [Anlagen 6-7-1](#) und [6-7-2](#) dargestellt. Hinzugenommen wurde der Lastfall $T = 200$ a sowie die Werte vom Hochwasser am 27.5.2014. Die Volumina sind über drei Tage aufsummiert.

Da die Niederschlagssummen mit der Dauer zunehmen, ergeben sich die maximalen Volumina jeweils für die längste hier simulierte Dauerstufe $D = 6$ Stunden. Um vergleichbare Aussagen mit den Ergebnissen von 2006 zu erzielen, wurde deshalb für die Darstellung aus den zehn Dauern diejenige verwendet, die der Laufzeit am nächsten kommt. Im Gegensatz dazu wurde 2006 die verwendete Niederschlagsdauer gleich der tatsächlichen Laufzeit gesetzt, wodurch sich auch ungerade Dauern ergeben.

6.3.2.1 Lotzebach

Im Vergleich zu 2006 sind die Volumina im Lotzebach meist geringer – bei HQ25 bis zu 17 %, bei HQ100 bis zu 8 %. Verursacht wird dies – bei sonst ähnlicher Modellkonfiguration – durch die geringeren Niederschlagssummen von KOSTRA-2010 gegenüber KOSTRA-1997+15 % (siehe Kapitel 4.2.1).

Unterhalb von Bilanzpunkt 120 (Lotzebach uh. Mündung Jahnbach) sind die Abflusssummen aufgrund von Wegleitungen entlang der Talstraße und am Lotzebachknick reduziert. Unterhalb Bilanzpunkt 119 nehmen die Volumina wegen der Einleitung am Pumpwerk Winkelwiesen zu und übertreffen die Ergebnisse von 2006.

Die Volumina des Hochwassers 2014 entsprechen im Oberlauf etwa dem HQ200, sie verringern sich im Mittellauf auf etwa HQ100 und sind im Unterlauf etwa als HQ50 einzuordnen. Dies ist angesichts der Niederschlagsverteilung plausibel (hohe Mengen im obereren, relativ niedrige im unteren Einzugsgebiet, siehe Kapitel 4.1).

6.3.2.2 Tännichtgrundbach

Im Tännichtgrundbach sind die Volumina von 2017 niedriger als 2006. Die Unterschiede sind gleichmäßig über den gesamten Längsschnitt verteilt und betragen für HQ25 zwischen -23 und -30 % und für HQ100 zwischen -21 und -26 %. Neben den niedrigeren KOSTRA-2010-Werten sorgt insbesondere auch die vorgenommene Laufzeitverkürzung für einen noch niedrigeren Niederschlagsinput.

Die Abflusssumme für das Hochwasser 2014 liegt über das gesamte Gewässer noch über HQ500, was auf die extremen Mengen (z.T. $T > 500$ a), aber auch auf die ungünstigere Verteilung der Niederschläge zurückzuführen ist (vgl. Tabelle 9).

7 Simulation der Plan-Zustände

Der AG hat die Abflüsse für Plan-Zustände aus den hydrologischen Simulationen des Ist-Zustandes selbst ermittelt.

8 Risikobetrachtung für die N-A-Modellierung

Bei der N-A-Modellierung treten eine Reihe von Unsicherheiten auf, die trotz größter Sorgfalt beim Aufbau des N-A-Modells und beim Ableiten der Daten und Parameter zu einer Toleranzbreite im Ergebnis führen. Als Ergebnis wird hier eine Hochwasserganglinie verstanden, die sich an einem Bezugspunkt für einen bestimmten Lastfall berechnet und gekennzeichnet ist

- durch einen Abflussscheitel QS zum Zeitpunkt t_S
- und durch ein Abflussvolumen QV zu jedem beliebigen Zeitpunkt t_i sowie über das Gesamtergebnis t_{ges} .

Der Abflussscheitel ist eine Momentaufnahme eines einzelnen Simulationsschritts und reagiert deshalb auf Modellunsicherheiten sensibler hinsichtlich Menge und Zeitpunkt als das Abflussvolumen. So kann das Volumen über ein Gesamtereignis relativ ähnliche Werte haben, obwohl die Ganglinienverläufe oder Scheitel voneinander abweichen. Wird für ein gemessenes Hochwasser der Scheitel gut getroffen, so lässt sich dieser Modellwert auch für die Wasserspiegel-lagenberechnung verwenden. Wird dagegen die Fülle der Hochwasserganglinie unterschätzt, führt dies z.B. zu einer Unterdimensionierung eines an diesem Punkt geplanten Hochwasserrückhaltebeckens.

Die Verwendung statistischer Niederschlagssummen (KOSTRA, PEN-LAWA) birgt eine erste Unsicherheit, die aus den Messreihen, dem statistischen Auswerteverfahren und dem verwendeten Regionalisierungsansatz resultieren (siehe Kapitel 4.2). Die KOSTRA-Autoren (BARTHELIS et al. 1997) geben bei Wiederkehrintervallen von $1 \text{ a} \leq T \leq 5 \text{ a}$ einen Toleranzbetrag von $\pm 10 \%$, bei $5 \text{ a} < T \leq 50 \text{ a}$ von $\pm 15 \%$ und bei $50 \text{ a} < T \leq 100 \text{ a}$ von $\pm 20 \%$ an. Bei den hier verwendeten Lastfällen von $T = 25 \text{ a}$, $T = 100 \text{ a}$ und $T = 500 \text{ a}$ sind also Toleranzbereiche von etwa $\pm 15 \%$, $\pm 20 \%$ und $\pm 25 \%$ möglich.

Weitere Unsicherheiten ergeben sich

- ... aus der Zuordnung der KOSTRA- und PEN-LAWA-Raster. Im Fall des Lotzebaches sind es zwei Raster, die das Einzugsgebiet abdecken und eine Hoch- sowie eine Tieflage abbilden, die dann gewichtet auf die Teilgebiete des AKWA-M[®]-Modells übertragen werden.
- ... aus der Aufteilung der KOSTRA- und PEN-LAWA-Niederschlagssummen auf einzelne Simulationsintervalle. Die gewählte anfangsbetonte Dreiecksganglinie (siehe Kapitel 4.2.3) generiert in der Spitze sehr hohe Intensitäten, was das Risiko einer Abflussunterschätzung mindert.
- ... aus der Annahme einer kompletten Überregnung des Einzugsgebiets. Dieses ist in der Realität mitunter nicht gegeben. Diese Annahme erhöht deshalb die Sicherheit der Modellaussage.
- ... aus dem Aufbau und Anordnung der Teilflächen und Teilgebiete, ihrer Eigenschaften (Landnutzung, Böden, Hydrogeologie, Anfangsspeicherfüllung) und deren Parametrisierung und Modellierung, woraus sich die Hochwasserabflüsse berechnen.
- ... aus der Lage und Anordnung der Teilgebiete, woraus sich Fließbeziehungen und -zeiten ergeben, die zu einer Überlagerung der einzelnen Hochwasserwellen zu einer Gesamtwellen führen. Je länger der Fließweg ist, desto stärker können sich Fließzeiteffekte auswirken und Überlagerungen verstärken oder abmildern.

Aus den Überlegungen wurde abgeschätzt, in welcher Größenordnung sich die Unsicherheiten des Eingangssignals sowie des Modells selbst auf die simulierten Hochwasserganglinien auswirken können (siehe Tabelle 19).

Tabelle 19: Abschätzung der Toleranzbereiche der simulierten Hochwasserganglinien.

	Modellebene	Lastfall		
		T = 25 a	T = 100 a	T = 500 a
In	KOSTRA- und PEN-LAWA-Niederschlagssummen	±15 %	±20 %	±25 %
Out	Hochwasserscheitel	±30 %	±40 %	±50 %
Out	Hochwasservolumen	±20 %	±25 %	±30 %

Die verbleibenden Unsicherheiten des Modells nach Menge und Zeit wirken sich auf die Folgeschritte eines HWRMP aus (z.B. hydraulische Modellierung der Überflutung, Bemessung von Maßnahmen, Vorsorge, Restrisikobewertung usw.) und stellen einen Teil des Restrisikos dar.

9 Literatur

- BARTHEL, H., G. MALITZ, S. ASMUS, F. M. ALBRECHT, B. DIETZER, T. GÜNTHER & H. ERTEL (1997): Starkniederschlagshöhen für Deutschland – Kostra. Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main.
- BARTHEL, H., B. DIETZER, G. MALITZ, F. M. ALBRECHT & J. GUTTENBERGER (2006): Kostra-DWD-2000 – Starkniederschlagshöhen für Deutschland (1951-2000), Fortschreibungsbericht. Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main.

- DVWK (1982): Arbeitsanleitung zur Anwendung von Niederschlags-Abfluss-Modellen in kleinen Einzugsgebieten. Teil 1. Analyse. Regeln zur Wasserwirtschaft 112. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK), Kommissionsvertrieb, Hamburg und Berlin.
- DVWK (1989): Arbeitsanleitung zur Anwendung von Niederschlags-Abfluss-Modellen in kleinen Einzugsgebieten. Teil 2: Synthese. Regeln zur Wasserwirtschaft 113. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK), Kommissionsvertrieb, Hamburg und Berlin.
- DVWK (1999): Hochwasserabflüsse, Teil I: Einsatz von Niederschlags-Abfluss-Modellen zur Ermittlung von Hochwasserabflüssen. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK), Kommissionsvertrieb, Bonn.
- DYCK, S. & G. PESCHKE (1995): Grundlagen der Hydrologie. 3. Auflage, Verlag für Bauwesen Berlin.
- GOLF, W. & K. LUCKNER (1991): AKWA – ein Modell zur Berechnung aktueller Wasserhaushaltsbilanzen kleiner Einzugsgebiete im Erzgebirge. Acta Hydrophysica 32 (1), 5-20.
- GOLF, W., K. LUCKNER & A. MÜNCH (1993): Berechnung der Waldverdunstung im Wasserhaushaltsmodell AKWA. Meteorologische Zeitschrift 2 (3), 99-107.
- IHU (2004): Hydrologisches Kurzgutachten Lotzebach. Gesellschaft für Ingenieur-, Hydro- und Umweltgeologie mbH, NL Dresden.
- ITWH (2014): Starkregenauswertung im Stadtgebiet Dresden auf Grundlage von Radarinformationen. Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH, Hannover. Im Auftrag des Umweltamtes der Landeshauptstadt Dresden.
- KLiWES (2015): Auswirkungen der prognostizierten Klimaänderungen auf den Wasser- und Stoffhaushalt in den Einzugsgebieten der sächsischen Gewässer. Forschungsprojekt KLiWES. Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und Geologie, Dresden. <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/8214.htm>.
- LAWA (2005): Leitlinie zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen. KVR-Leitlinie, Version 2.0/2003, 7., überarbeitete Auflage, Berlin.
- LH DD (2012): Plan Hochwasservorsorge Dresden. Internetportal der Landeshauptstadt Dresden, Themen: Stadtentwicklung und Umwelt. <http://www.dresden.de/de/08/03/massnahmen.php>.
- MALITZ, G. & H. ERTEL (2015): Kostra-DWD-2010. Starkniederschlagshöhen für Deutschland (Bezugszeitraum 1951-2010). Abschlussbericht. Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main.
- MÜNCH, A. (1994): Wasserhaushaltsberechnungen für Mittelgebirgseinzugsgebiete unter Berücksichtigung einer sich ändernden Landnutzung. Diss., TU Dresden, Fak. f. Forst-, Geo- u. Hydrowissenschaften.
- MÜLLER, G. & A. MÜNCH (1997): Wasserhaushaltsmodellierung in Einzugsgebieten des Fest- und Lockergesteins mit dem Modell AKWA-M. Tagungsband „Modellierung in der Hydrologie“, Dresden, S. 191-200.

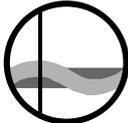
- MÜLLER, G. & A. MÜNCH (2002): Landnutzungsänderung und Wasserbilanz – Modellierung des Wasserhaushaltes mit dem Modell AKWA-M. Wiener Mitteilungen Wasser-Abwasser-Gewässer, Band 164, S. 7-17.
- MÜNCH, A. (2014): Wasserhaushalts- und Niederschlags-Abfluss-Modell AKWA-M®, Programmdokumentation Version 4.8. Dr. Dittrich & Partner Hydro-Consult GmbH, Dresden.
- MÜNCH, A., I. DITTRICH, S. GOLDACKER & A. WAHREN (2005): Hochwasserminderung und Wasserhaushaltsänderung durch Aufforstung und Waldumbau in den Einzugsgebieten des Osterzgebirges. Dr. Dittrich & Partner Hydro-Consult GmbH im Auftrag der Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen.
- MÜNCH, A., K. KEßLER, S. GOLDACKER, M. BIEGEL & I. DITTRICH (2006): Hydrologische und hydraulische Bemessungsgrundlagen für die Gewässersysteme Kleditschgrundbach, Tännichtgrundbach, Lotzebach, Tummelsbach und Zschonerbach. Dr. Dittrich & Partner Hydro-Consult GmbH, Bannewitz. Im Auftrag des Umweltamtes der Landeshauptstadt Dresden.
- MÜNCH, A., K. KEßLER & I. DITTRICH (2007): Hydrologische und hydraulische Bemessungsgrundlagen für den Lotzebach. Ergänzung: HRB Brabschütz mit Drosselabfluss 600 l/s. Dr. Dittrich & Partner Hydro-Consult GmbH, Bannewitz. Im Auftrag des Umweltamtes der Landeshauptstadt Dresden.
- MÜNCH, A.; GERNER, A.; DITTRICH, R. & A. WAHREN (2014): Ereignisanalyse zum Hochwasser am 27.5.2014 im Lotzebach und Tännichtgrundbach. Dr. Dittrich & Partner Hydro-Consult GmbH, Bannewitz. Im Auftrag des Umweltamtes der Landeshauptstadt Dresden.
- PEN-LAWA (2005): Praxisrelevante Extremwerte des Niederschlags (PEN) in Deutschland. Institut der Wasserwirtschaft der Leibniz Universität im Auftrag der LAWA. Hrsg. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). Software/Vertrieb: itwh Hannover. Enthalten in: Verworn, H.-R. & U. Kummer (2003/2006).
- PHD-8 (2010): Plan Hochwasservorsorge Dresden. Betrachtungsgebiet 8 – Oberwartha, Rennersdorf. Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt. http://www.dresden.de/media/pdf/umwelt/PHD_2011_BG8.pdf.
- SMUL (2008): Sachsen im Klimawandel – Eine Analyse. Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Dresden.
- SMUL (2014): KliWES – Klimawandel und Wasserhaushalt in Sachsen. Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Schriftenreihe Heft 32, Dresden.
- SMUL (2015): Analyse der Klimaentwicklung in Sachsen. Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Schriftenreihe Heft 3, Dresden.
- U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS (2002): HEC-RAS River Analysis System, User Manual Version 3.2.
- VATTENFALL (2005): Schreiben zum Betrieb des Oberen Speicherbeckens im Pumpspeicherkraftwerk Niederwartha vom 15.8.2005. Vattenfall Europe Generation AG & Co. KG.
- WACKERMANN, R. (1981): Eine Einheitsganglinie aus charakteristischen Systemwerten ohne Niederschlags-Abfluss-Messungen. Wasser und Boden, 1, S. 23-28.

ZAISS, H. (1989): Simulation ereignisspezifischer Einflüsse des Niederschlag-Abfluss-Prozesses von Hochwasserereignissen kleiner Einzugsgebiete mit Niederschlag-Abfluss-Modellen. Technische Berichte über Ingenieurhydrologie und Hydraulik, Institut für Wasserbau - Technische Hochschule Darmstadt [Hrsg.].



Dr. Wahren
Geschäftsführer

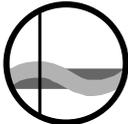
Dr. Dittrich & Partner
Glacisstraße 9a
D – 01099 Dresden
info@hydro-consult.de; www.hydro-consult.de



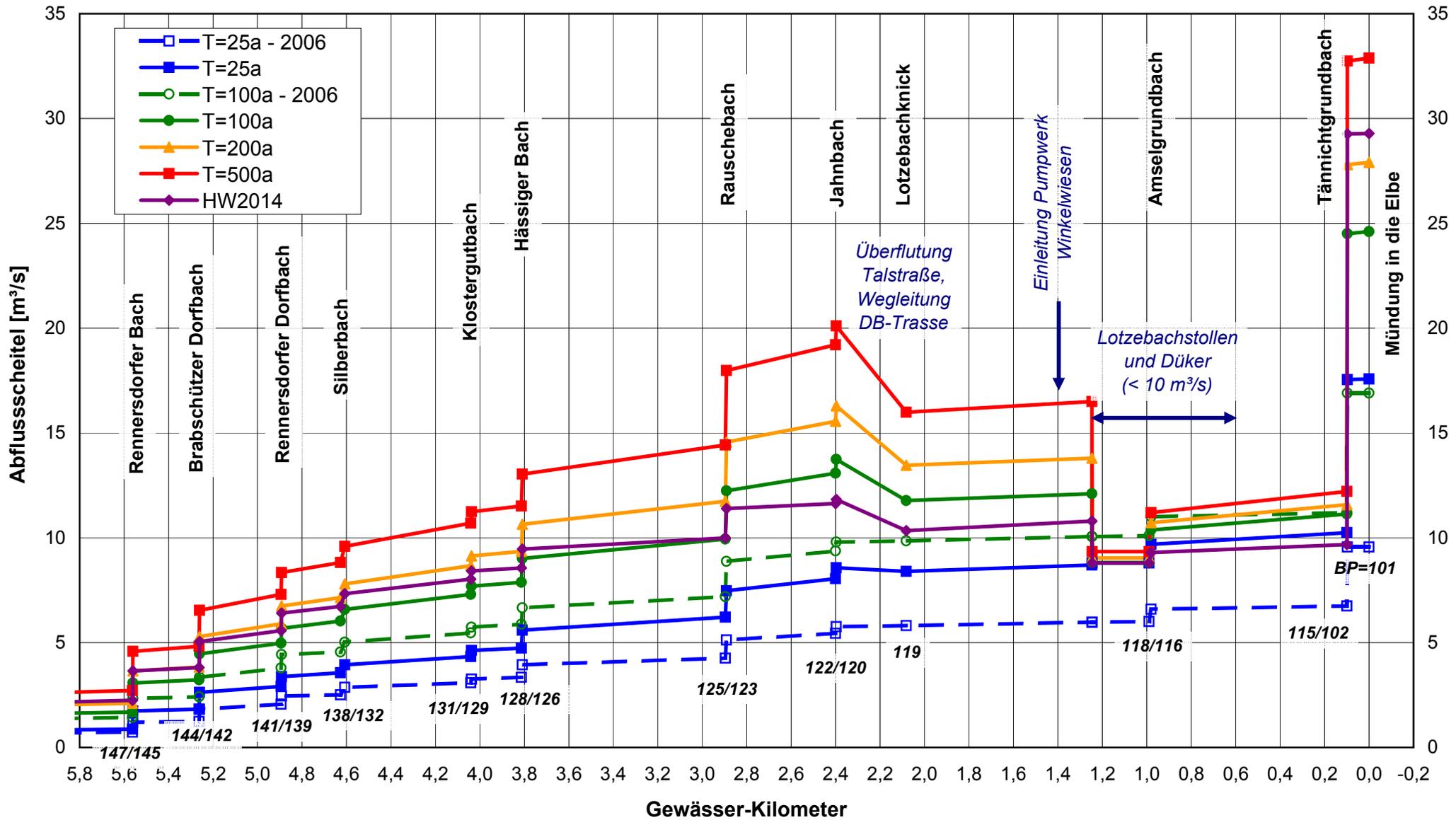
Hydro-Consult GmbH
Tel.: 0351 / 401 47 93
Fax: 0351 / 401 47 96

16.1.2019

Dr. Dittrich & Partner
Glacisstraße 9a
D – 01099 Dresden
info@hydro-consult.de; www.hydro-consult.de



Hydro-Consult GmbH
Tel.: 0351 / 401 47 93
Fax: 0351 / 401 47 96



Anlage 6-5-1
 Gewässerlängsschnitt Lotzebach - Abflussscheitel.

			Hochwasserscheitel HQ(T) - Ergebnisse 2006 - P-Dauer = Laufzeit							AKWA-M®-Simulationen 2017 - P-Dauer = ±1 h											
BzP-ID	Name Teileinzugsgebiet	Station	Fläche	Laufzeit	T=10a	T=20a	T=25a	T=50a	T=100a	Fläche	Laufzeit	MQ	T=25a	Diff. zu 2006	T=100a	Diff. zu 2006	T=200a	T=500a	HW2014		
		km	ha	h	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	ha	h	m³/s	m³/s	m³/s	%	m³/s	m³/s	%	m³/s	m³/s	m³/s
Lotzebach																					
101	Mündung in die Elbe (neu)	0,000	1282,705	4,500	6,080	8,600	9,560	12,900	16,900	1282,577	3,989	0,097	17,577	8,017	83,9	24,603	7,703	45,6	27,909	32,882	29,285
102	uh Mdg. Tännichtgrundbach	0,098	1282,351	4,500	6,080	8,600	9,560	12,900	16,900	1278,258	3,971	0,097	17,545	7,985	83,5	24,508	7,608	45,0	27,796	32,736	29,264
115	oh Mdg. Tännichtgrundbach	0,100	784,894	4,000	4,530	6,130	6,750	8,880	11,200	780,284	3,969	0,059	10,239	3,489	51,7	11,130	-0,070	-0,6	11,580	12,213	9,676
116	Lotzebach uh Mdg. Amselgrundb	0,980	753,310	3,750	4,270	5,960	6,590	8,740	11,000	748,700	3,758	0,057	9,694	3,104	47,1	10,374	-0,626	-5,7	10,725	11,204	9,299
118	oh Mdg. Amselgrundbach	0,990	705,944	3,750	3,860	5,420	6,010	7,980	10,100	703,087	3,756	0,053	8,800	2,790	46,4	8,823	-1,277	-12,6	9,033	9,338	8,800
119	Lotzebachknick Talstraße	2,082	674,364	3,580	3,680	5,240	5,810	7,740	9,850	675,077	3,499	0,051	8,397	2,587	44,5	11,781	1,931	19,6	13,463	15,988	10,338
120	uh Mdg. Jahnbach	2,397	668,161	3,500	3,590	5,180	5,760	7,680	9,800	668,453	3,447	0,051	8,571	2,811	48,8	13,742	3,942	40,2	16,295	20,108	11,834
122	oh Mdg. Jahnbach	2,400	654,887	3,500	3,330	4,860	5,440	7,310	9,370	653,997	3,446	0,050	8,054	2,614	48,1	13,081	3,711	39,6	15,561	19,205	11,637
123	uh Mdg. Rauschbach	2,890	633,775	3,420	3,090	4,580	5,130	6,950	8,880	632,887	3,380	0,048	7,472	2,342	45,7	12,237	3,357	37,8	14,564	17,976	11,392
125	oh Mdg. Rauschbach	2,895	571,659	3,420	2,680	3,830	4,260	5,670	7,190	570,776	3,379	0,043	6,209	1,949	45,7	9,941	2,751	38,3	11,742	14,422	9,989
126	uh Mdg. Hässiger Bach	3,809	530,915	3,250	2,420	3,520	3,940	5,240	6,660	530,032	3,273	0,040	5,594	1,654	42,0	9,017	2,357	35,4	10,645	13,035	9,463
128	oh Mdg. Hässiger Bach	3,813	505,820	3,250	1,960	2,970	3,350	4,570	5,880	504,938	3,270	0,038	4,739	1,389	41,5	7,879	1,999	34,0	9,354	11,518	8,555
129	uh Mdg. Klostersgutbach	4,037	501,762	3,250	1,920	2,900	3,260	4,470	5,740	500,882	3,245	0,038	4,626	1,366	41,9	7,695	1,955	34,1	9,132	11,242	8,424
131	oh Mdg. Klostersgutbach	4,040	491,885	3,250	1,800	2,730	3,080	4,250	5,460	490,968	3,241	0,037	4,330	1,250	40,6	7,296	1,836	33,6	8,671	10,699	8,028
132	uh Mdg. Silberbach	4,607	470,437	3,170	1,690	2,550	2,870	3,920	5,020	469,030	3,154	0,036	3,943	1,073	37,4	6,585	1,565	31,2	7,799	9,593	7,330
138	oh Mdg. Silberbach	4,627	191,660	3,170	1,420	2,210	2,510	3,510	4,550	191,659	3,153	0,015	3,568	1,058	42,2	6,028	1,478	32,5	7,153	8,826	6,728
139	uh Mdg. Rennersdorfer Dorfbach	4,892	185,692	3,080	1,390	2,180	2,460	3,450	4,430	185,693	3,124	0,014	3,373	0,913	37,1	5,685	1,255	28,3	6,741	8,345	6,414
141	oh Mdg. Rennersdorfer Dorfbach	4,894	165,353	3,080	1,130	1,810	2,060	2,930	3,790	165,352	3,124	0,013	2,912	0,852	41,3	4,971	1,181	31,2	5,903	7,301	5,576
142	uh Mdg. Brabschützer Dorfbach	5,261	153,029	3,080	0,994	1,600	1,810	2,590	3,350	153,027	3,059	0,012	2,627	0,817	45,1	4,468	1,118	33,4	5,295	6,545	5,056
144	oh Mdg. Brabschützer Dorfbach	5,263	122,780	3,080	0,643	1,080	1,240	1,780	2,410	122,779	3,058	0,009	1,828	0,588	47,4	3,231	0,821	34,1	3,838	4,821	3,817
145	uh Mdg. Rennersdorfer Bach	5,560	119,416	2,920	0,622	1,050	1,200	1,730	2,340	119,416	2,994	0,009	1,742	0,542	45,1	3,071	0,731	31,2	3,645	4,584	3,645
147	oh Mdg. Rennersdorfer Bach	5,562	85,079	2,920	0,345	0,628	0,729	1,070	1,430	85,078	2,992	0,006	0,870	0,141	19,3	1,688	0,258	18,1	2,112	2,717	2,246
Zuflüsse Lotzebach																					
117	Amselgrundbach		47,307	0,830	0,899	1,220	1,320	1,640	1,960	45,554	0,823	0,003	1,039	-0,281	-21,3	1,603	-0,357	-18,2	1,971	2,402	0,528
148	Einleitung Pumpwerk Winkelwiesen									0,364	0,434	0,000	2,000			2,000			2,000	2,000	2,000
512	Albrechtshöhe unten									7,639	1,139	0,001	0,340			0,340			0,340	0,340	0,258
121	Jahnbach		13,199	0,580	0,469	0,541	0,565	0,637	0,712	14,381	0,627	0,001	0,566	0,001	0,1	0,770	0,058	8,1	0,875	1,029	0,296
153	RRB Jahnbach									1,079	0,417	0,000	0,077			0,112			0,136	0,153	0,020
124	Rauschbach		62,095	1,170	0,878	1,300	1,540	2,060	2,560	62,090	1,136	0,005	1,263	-0,277	-18,0	2,304	-0,256	-10,0	2,832	3,572	1,429
127	Hässiger Bach		24,670	0,830	0,784	0,933	0,982	1,140	1,310	24,670	0,833	0,002	0,896	-0,086	-8,7	1,193	-0,117	-8,9	1,352	1,589	1,001
130	Klostersgutbach		9,693	0,580	0,351	0,421	0,443	0,513	0,589	9,730	0,608	0,001	0,394	-0,049	-11,1	0,533	-0,056	-9,4	0,603	0,710	0,548
133	Silberbach		278,242	2,330	0,318	0,436	0,474	0,590	0,706	277,347	2,302	0,021	0,556	0,082	17,3	0,893	0,187	26,5	1,051	1,262	0,956
134	Staubecken Oberwartha		269,341	2,250	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	268,788	2,254	0,020	0,150	0,000	0,0	0,150	0,000	0,0	0,150	0,150	0,150
135	Vorsperre Oberwartha		183,368	2,080	2,480	3,850	4,280	5,590	7,170	183,316	2,025	0,014	5,557	1,277	29,8	8,985	1,815	25,3	10,548	12,858	11,385
137	Unkersdorfer Feldbach		62,421	1,920	0,405	0,727	0,832	1,240	1,610	62,423	1,944	0,005	0,772	-0,060	-7,2	1,515	-0,095	-5,9	1,868	2,419	2,069
136	Unkersdorfer Silberbach		87,993	1,580	1,790	2,710	2,980	3,820	4,870	87,995	1,692	0,007	3,014	0,034	1,1	5,053	0,183	3,7	5,995	7,366	6,538
140	Rennersdorfer Dorfbach		20,224	1,580	0,360	0,473	0,509	0,646	0,778	20,226	1,554	0,002	0,467	-0,042	-8,2	0,722	-0,056	-7,1	0,850	1,040	0,834
146	Rennersdorfer Bach		33,804	1,830	0,295	0,461	0,538	0,728	0,916	33,805	1,825	0,003	0,474	-0,064	-11,9	0,852	-0,064	-7,0	1,052	1,337	1,052
143	Brabschützer Dorfbach		30,099	0,830	0,678	0,865	0,973	1,190	1,430	30,099	0,851	0,002	0,796	-0,177	-18,2	1,230	-0,200	-14,0	1,449	1,753	1,240
Tännichtgrundbach																					
203	Mdg in Lotzebach	0,000	497,237	4,420	2,560	3,840	4,310	5,900	7,690	497,242	2,156	0,038	7,583	3,273	75,9	13,376	5,686	73,9	16,331	20,566	19,760
204	uh Mdg. Weistropper Graben	0,680	476,687	4,250	2,450	3,710	4,170	5,720	7,460	476,690	2,066	0,036	7,187	3,017	72,3	12,819	5,359	71,8	15,643	19,756	19,533
206	oh Mdg. Weistropper Graben	0,690	465,739	4,250	2,430	3,670	4,120	5,650	7,360	465,744	2,058	0,035	7,079	2,959	71,8	12,646	5,286	71,8	15,416	19,513	19,420
207	uh Mdg. Weistropper Hanggrabe	0,980	459,377	4,250	2,410	3,660	4,120	5,650	7,380	459,383	2,008	0,035	6,992	2,872	69,7	12,504	5,124	69,4	15,250	19,344	19,356
209	oh Mdg. Weistropper Hanggrabe	0,990	445,881	4,250	2,360	3,580	4,020	5,520	7,200	445,886	2,005	0,034	6,810	2,790	69,4	12,173	4,973	69,1	14,890	18,847	19,149
210	uh Mdg. Trassengraben	1,499	422,695	4,080	2,290	3,510	3,960	5,460	7,110	422,701	1,928	0,032	6,488	2,528	63,9	11,603	4,493	63,2	14,241	17,960	18,886
211	uh Mdg. Laubwaldbach	2,496	349,240	3,500	1,990	3,200	3,630	5,070	6,630	349,244	1,801	0,027	5,492	1,862	51,3	9,808	3,178	47,9	12,051	15,147	16,889
212	uh Mdg Bach vom Eichenberg	2,874	313,697	3,250	1,700	2,850	3,260	4,610	6,070	313,696	1,742	0,024	4,800	1,540	47,2	8,594	2,524	41,6	10,605	13,331	15,020
213	uh Mdg. Bach vom Galgenberg	3,292	266,401	2,920	1,360	2,370	2,730	3,920	5,170	266,396	1,657	0,020	3,950	1,220	44,7	7,011	1,841	35,6	8,711	10,942	12,622
256	Wirtschaftsweg	3,888	215,686	2,830	0,975	1,790	2,100	3,060	4,130	215,678	1,617	0,016	3,310	1,210	57,6	5,772	1,642	39,8	7,201	9,028	10,285
214	uh Mdg. Unkersdorfer Hanggrabe	4,463	176,878	2,580	0,892	1,600	1,840	2,670	3,510	176,873	1,573	0,013	2,800	0,960	52,2	4,850	1,340	38,2	6,044	7,555	8,516
253	Weistropper Weg	4,551	103,134	2,580	0,539	0,953	1,100	1,580	2,070	103,239	1,561	0,008	1,416	0,316	28,8	2,491	0,421	20,3	3,121	3,915	4,573
Zuflüsse Tännichtgrundbach																					
205	Weistropper Graben		9,636	0,830	0,359	0,516	0,571	0,723	0,903	9,635	0,864	0,001	0,472	-0,099	-17,3	0,759	-0,144	-15,9	0,934	1,137	0,527
208	Weistropper Hanggraben		13,457	1,420	0,255	0,431	0,481	0,641	0,807	13,458	1,449	0,001	0,402	-0,079	-16,4	0,					