

Ergänzende Beckenberechnungen für den Dorfbach in Horw



Die vom Dorfbach am 26. Juli 1972 überschwemmte Kantonsstrasse in Horw (Foto: Horw, 1972).

Auftraggeber:
Verkehr und Infrastruktur des Kt. Luzern (vif)
Abteilung Naturgefahren

Bericht: 17/236

Reinach, April 2018

Inhaltsverzeichnis

1	<i>Einleitung</i>	2
1.1	Problemstellung.....	2
1.2	Vorgehen.....	2
1.3	Gebietskennwerte.....	5
1.4	Verwendete Daten und Unterlagen.....	5
2	<i>Modellaufbau</i>	6
2.1	Einleitung.....	6
2.2	Grundlagen und Aufbau des Modells Qarea.....	6
3	<i>Abflussberechnungen für den Ist-Zustand</i>	9
3.1	Verifikation des Modells.....	9
3.2	Niederschlags-Szenarien.....	13
3.3	Abflussberechnungen.....	14
4	<i>Simulation der Hochwasserschutzmassnahmen</i>	15
4.1	Einleitung.....	15
4.2	Wirkung unter Berücksichtigung aller Beckenstandorte.....	15
4.3	Wirkung ohne HWRB am Oberrüti- und Finsterlochbach.....	15
4.4	Schlussfolgerungen.....	16
	<i>Anhang</i>	17

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Im Auftrag des vif (Verkehr und Infrastruktur des Kt. Luzern) erarbeitete die Scherrer AG (2016) in einer detaillierten Studie die hydrologischen Grundlagen am Dorfbach Horw und beurteilte erste vorgeschlagene Hochwasserschutzmassnahmen mit einem Niederschlag-Abfluss-Modell (NAM). In einer soeben fertiggestellten Konzeptstudie der Schubiger AG & belop gmbh (2017) wird nun ein Hochwasserschutzkonzept vorgeschlagen, das neben einem Hochwasserrückhaltebecken (HWRB) am Althofbach (BP 8 in Abb. 1.1 und Abb. 1.2) an zwei möglichen Standorten¹, der Unterteilung und Vergrösserung des HWRB Allmend (BP 6 und BP 5) auch noch zwei HWRB am Oberrütibach (BP 3 und BP 4) und eines am Finsterlochbach (BP 2) vorsieht.

In Scherrer AG (2016) wurde für die Entlastung aus dem Brändikanal (BP 1) eine vereinfachte Entlastungscharakteristik angenommen, welche ab einem Grenzwert von 4 m³/s anspringt und die zusätzlich anfallenden Wassermengen vollständig ins HWRB Allmend entlasten. Messungen im Entlastungs- und Brändikanal zeigten nun, dass die Entlastung im Ist-Zustand jedoch häufiger bzw. ab kleineren Abflüssen anspringt (Schubiger AG & belop gmbh, 2017).

Es stellt sich nun die Frage, ob die vorgeschlagenen HWRB genügen, um den Hochwasserschutz bei einem HQ₁₀₀ zu gewährleisten, resp. ob alle HWRB dazu benötigt werden. Das in der Hydrologiestudie (Scherrer AG, 2016) erstellte NAM muss zur Beurteilung dieser Fragestellungen mit diesen vorgesehenen Beckenstandorten erweitert werden. Lediglich die HWRB Allmend und Althofbach wurden in Scherrer AG (2016) berücksichtigt. Auch die Entlastung aus dem Brändikanal soll sowohl für den Ist- als auch für den bereits in Scherrer AG (2016) vorgeschlagenen Konzeptzustand (Drosselung des Brändikanals auf 1.2 m³/s) mit einer detaillierten Entlastungscharakteristik berechnet werden. Um die Effizienz der einzelnen HWRB in Kombination mit den anderen nachzuweisen, sind zahlreiche Berechnungsgänge mit dem NAM notwendig.

1.2 Vorgehen

Der vorliegende Bericht stellt die Resultate der durchgeführten Untersuchungen dar. Der Modell-aufbau wird im Kapitel 2 beschrieben. Kapitel 3 vergleicht die verschiedenen Modellrechnungen für den Ist-Zustand. In Kapitel 4 werden die in Schubiger AG & belop gmbh (2017) vorgeschlagenen Hochwasserschutzmassnahmen simuliert und beurteilt.

¹ Die beiden Standorte liegen nahe beieinander, haben nur geringfügig unterschiedliche Einzugsgebiete und entsprechen auch etwa dem in Scherrer AG (2016) verwendeten BP 4.

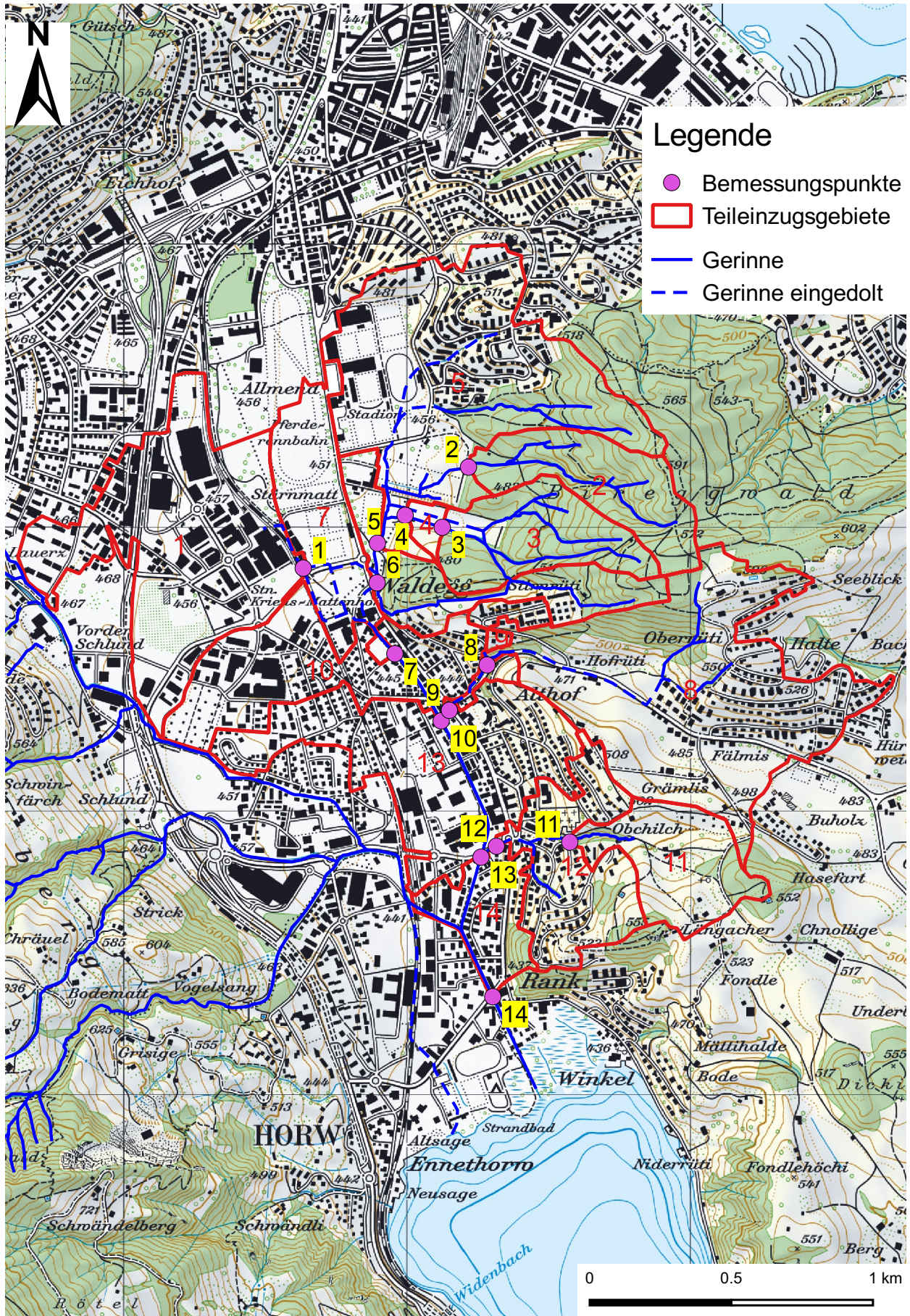


Abb. 1.1: Übersicht über das Einzugsgebiet des Horwer Dorfbachs mit den Teileinzugsgebieten und den Bemessungspunkten.

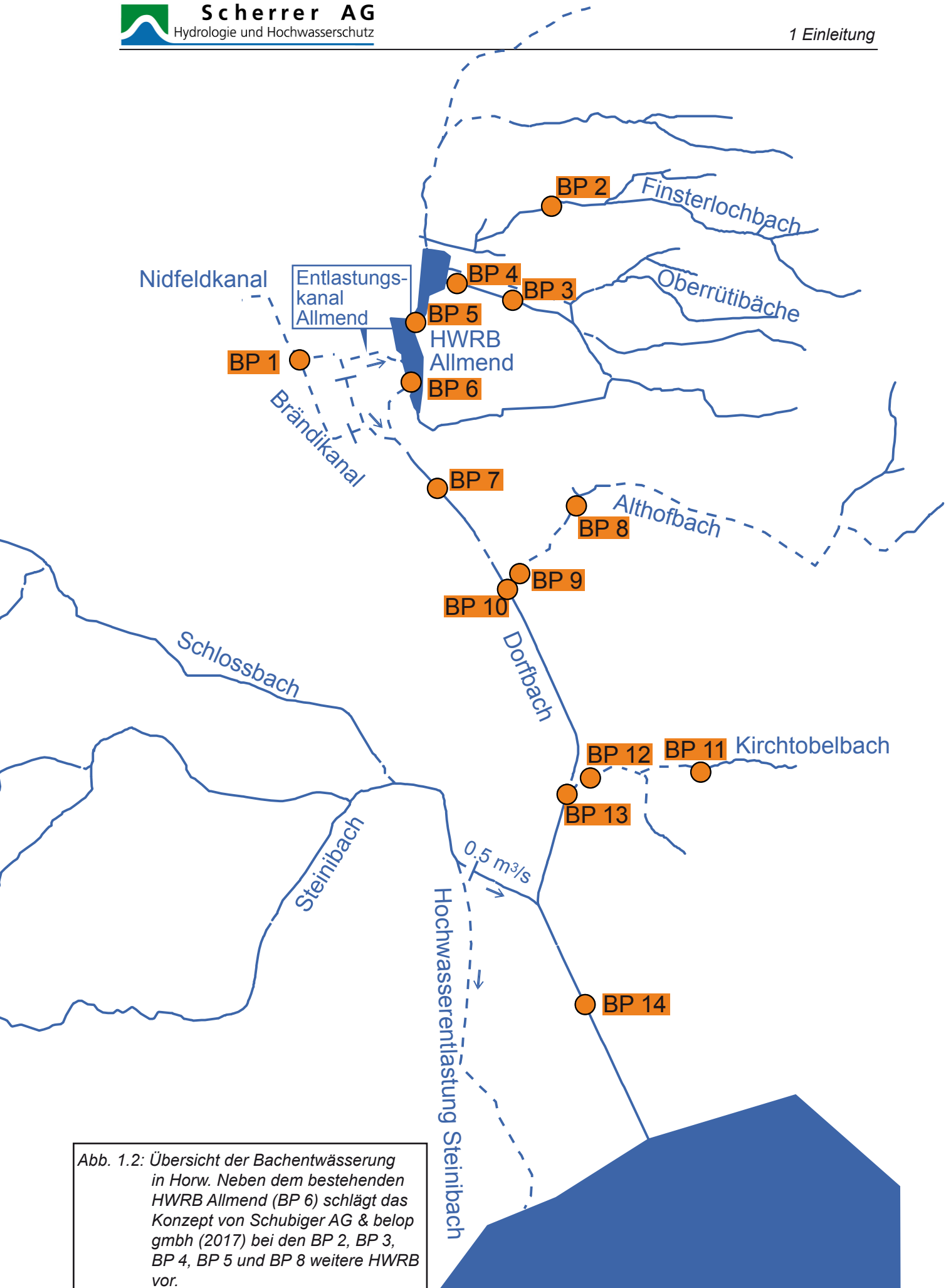


Abb. 1.2: Übersicht der Bachentwässerung in Horw. Neben dem bestehenden HWRB Allmend (BP 6) schlägt das Konzept von Schubiger AG & belop gmbh (2017) bei den BP 2, BP 3, BP 4, BP 5 und BP 8 weitere HWRB vor.

1.3 Gebietskennwerte

Diese Kennwerte beziehen sich auf die in Abbildung 1.1 aufgeführten Teil-EZG.

Tab. 1.1: Gebietskennwerte

Höchster Punkt im EZG (Bireggwald)	600 m ü. M.
Tiefster Punkt im EZG (Dorfbach Horw beim BP 14)	434 m ü. M.
EZG oberhalb BP 1: Nidfeld-/Brändikanal Ringstrasse	0.55 km ²
EZG oberhalb BP 2: geplantes HWRB Finsterlochbach	0.19 km ²
EZG oberhalb BP 3: geplantes oberes HWRB Oberrütibach	0.19 km ²
EZG oberhalb BP 4: geplantes unteres HWRB Oberrütibach	0.21 km ²
EZG oberhalb BP 5: geplantes oberes HWRB Allmend	1.03 km ²
EZG oberhalb BP 6: HWRB Allmend	1.23 km ²
EZG oberhalb BP 7: Dorfbach Horw bei Brändistrasse	1.98 km ²
EZG oberhalb BP 8: Althofbach oberhalb Eindolung	0.67 km ²
EZG oberhalb BP 9: Althofbach vor Mündung in Dorfbach Horw	0.72 km ²
EZG oberhalb BP 10: Dorfbach Horw nach Zufluss Althofbach	3.01 km ²
EZG oberhalb BP 11: Kirchtobelbach oberhalb Eindolung	0.18 km ²
EZG oberhalb BP 12: Kirchtobelbach vor Mündung in Dorfbach Horw	0.41 km ²
EZG oberhalb BP 13: Dorfbach Horw nach Zufluss Kirchtobelbach	3.86 km ²
EZG oberhalb BP 14: Dorfbach Horw bei Kantonsstrasse	3.98 km ²

1.4 Verwendete Daten und Unterlagen

- Horw (1972): Fotodokumentation betreffend dem Gewitter vom 26. Juli 1972.
- Scherrer AG (2016): Massgebende Hochwasserabflüsse am Dorfbach in Horw. Beurteilung von Hochwasserschutzmassnahmen. Auftraggeber: Verkehr und Infrastruktur des Kt. Luzern (vif), Abteilung Naturgefahren. Bericht 16/218. Reinach, November 2016.
- Schubiger AG & belop gmbh (2017): Risikoanalyse Dorfbach, Horw. Konzeptstudie. Technischer Bericht. Dezember 2017.

2 Modellaufbau

2.1 Einleitung

Das hier eingesetzte Niederschlag-Abfluss-Modell (NAM) Q_{AREA} wurde am Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft der ETH Zürich entwickelt und erfasst die bei der Hochwasserentstehung beteiligten Abflussprozesse. Dieses Modell ist ein Hilfsmittel, das erlaubt, das Abflussverhalten des EZG auf verschiedene Starkniederschläge rechnerisch zu simulieren und die Reaktion auf seltene meteorologische Bedingungen (Niederschlags-Szenarien) abzuschätzen.

2.2 Grundlagen und Aufbau des Modells Q_{AREA}

Die Abbildung 2.1 zeigt die Grundlagen des NAM Q_{AREA} . Das Modell wurde den Verhältnissen entsprechend für den Dorfbach in Horw für Scherrer AG (2016) erstellt und nun mit weiteren Teileinzugsgebieten, Beckenstandorten und einer differenzierten Betrachtung der Entlastung aus dem Brändikanal erweitert. Zusammenfassend die wichtigsten Grundlagen und Eigenschaften des Modells Q_{AREA} :

- Das NAM ist aus **Teileinzugsgebieten** aufgebaut mit Bemessungspunkten (BP, Abb. 2.1a).
- Das NAM basiert auf der Klassifizierung der **Abflussbereitschaft** der Teileinzugsgebietsflächen (Abflusstypen, Abb. 2.1b) und den dazugehörigen Abflussreaktionen (Abflussreaktionskurven, Abb. 2.1c).
- Die **Fliesszeiten** bis zum Teileinzugsgebietsausgang (Isochronen) und die Fliesszeiten in den Gerinnen wurden berücksichtigt (Abb. 2.1d).
- **Niederschläge:** Zur Simulation von Landregen aber auch kurzen Gewitterniederschlägen kann das Gebiet gleichmässig überregnet werden oder auch nur Teile davon.

Ein Schema des eingesetzten Modells ist im Anhang 1 zu finden. Der gefallene Niederschlag wird aufgeteilt in Direktabfluss und in den Boden infiltrierendes Wasser. Das infiltrierte Wasser wird im Boden gespeichert und verzögert wieder abgegeben. Die Reaktion dieser Bodenspeicher wird mit linearen Speichern modelliert. Für jeden Abflusstypen wird eine eigene Speichercharakteristik angenommen. Der Direktabfluss erfährt auf dem Weg ins Gerinne eine Verzögerung durch Retention (Oberflächenspeicher), welche ebenfalls mit einem linearen Speicher simuliert wird.

Das 2007 in Betrieb genommene HWRB Allmend (BP 6) wurde im Modell mit einer einstauabhängigen Drosselcharakteristik berücksichtigt, welche seit Inbetriebnahme wiederholt durch Verändern der Schieberstellung angepasst wurde. Die Drosselcharakteristiken wurden für verschiedene Zeiträume in Scherrer AG (2016) bestimmt (Anhang 2)². Für die geplante Erweiterung des HWRB Allmend mit einer Aufteilung in ein oberes HWRB (BP 5) und das bestehende untere HWRB (BP 6) wurden die angenommenen Drosselcharakteristiken in den Anhängen 3.1 und 3.2 dargestellt (vgl. Kap. 4)³.

2 Im Gegensatz zum ursprünglich geplanten Beckeninhalte von 24'000 m³ beträgt das Beckenvolumen beim Stauziel (449.10 m ü. M.) ca. 27'000 m³. In der Simulation wurde zusätzlich ein Überstau auf 449.40 m ü. M. mit einem Beckenvolumen von ca. 31'875 m³ berücksichtigt.

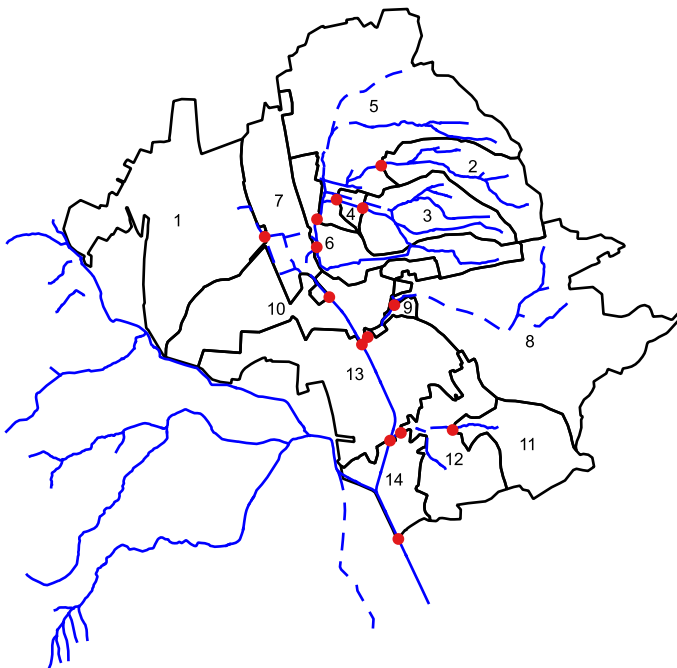
3 Wegen des oberen HWRB Allmend wird das Volumen des unteren, bestehende HWRB Allmend verkleinert. Auch bei diesem Sollzustand wurde zusätzlich ein Überstau auf 449.40 m ü. M. mit einem Beckenvolumen von ca. 17'200 m³ berücksichtigt.

Ebenfalls im Modell berücksichtigt wurde der Entlastungskanal Allmend, welcher über ein Streichwehr einen Teilabfluss des Nidfeld- resp. Brändikanals (EZG bei BP 1, Anhänge 4 + 5), ebenfalls in das HWRB Allmend führt. In Scherrer AG (2016) wurde für die Entlastung aus dem Brändikanal (BP 1) eine vereinfachte Entlastungscharakteristik angenommen, welche ab einem Grenzwert von $4 \text{ m}^3/\text{s}$ anspringt und die zusätzlich anfallenden Wassermengen vollständig ins HWRB Allmend entlasten. Messungen im Entlastungs- und Brändikanal⁴ zeigten nun, dass die Entlastung im Ist-Zustand jedoch häufiger bzw. ab kleineren Abflüssen anspringt (Schubiger AG & belop gmbh, 2017). Aufgrund dieser Erkenntnisse wurde in Anhang 3.3 für den Ist-Zustand und zwei Soll-Zustände (vgl. Kap. 4) detaillierte Entlastungscharakteristiken berechnet⁵ und im Modell berücksichtigt. Dabei zeigte sich, dass im Ist-Zustand (Öffnungshöhe Schieber = 48 cm) die Entlastung bereits bei ca. $2 \text{ m}^3/\text{s}$ anspringt und bei Volleinstau ca. $2.7 \text{ m}^3/\text{s}$ im Brändikanal weiterfliessen.

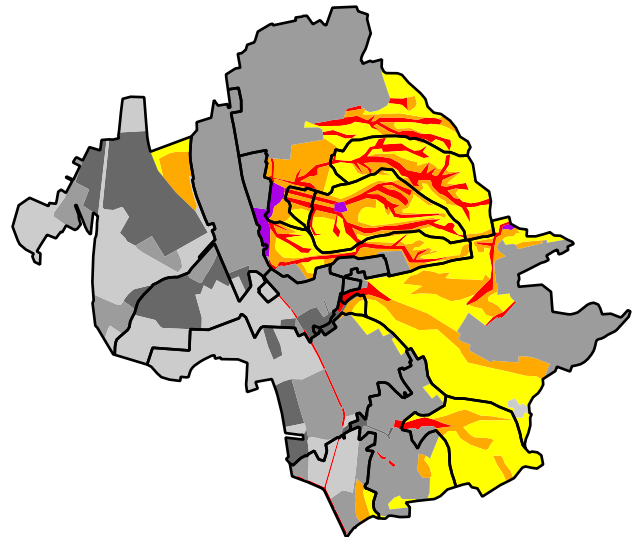
Seit dem Bau des Hochwasserentlastungstollens am Steinibach fliessen nur noch Niedrig- und Mittelwasserabflüsse des Steinibachs unter der Bahnlinie durch in den Horwer Dorfbach. Der Schieber ist heute auf einen maximalen Zufluss von $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ Richtung Dorfbach eingestellt. Der Einfachheit halber wurde im Modell ein fixer Zufluss von $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ angenommen (Abb. 1.2). Im Modell wurden weitere geplante HWRB beim Finsterlochbach (BP 2), bei den Oberrütibächen (BP 3 und BP 4) und beim Althofbach⁶ (BP 8) implementiert.

- 4 Den seit September 2012 installierten Pegelmessungen im Entlastungskanal (ca. 30 m unterhalb des Streichwehrs) und im Brändikanal (ca. 50 m unterhalb des Streichwehrs) wurden von der Chestonag Automation AG in Seengen mit Normalabflussberechnungen Abflüsse zugeordnet. Während die Zuordnung der Abflüsse im Brändikanal plausibel ist, liegen die zugeordneten Abflüsse im Entlastungskanal zu hoch. Die dabei angenommenen Fliessgeschwindigkeiten basierend auf einem kstr-Wert = $85 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ können aufgrund der Kanalgeometrie nicht erreicht werden.
- 5 Unterhalb des Streichwehrs für den Entlastungskanal wird mit einer Schütze der Abfluss des Brändikanals gedrosselt. Die für das Anspringen und Überfliessen in den Entlastungskanal nötigen Abflüsse wurden abhängig von der Einstauhöhe und verschiedenen Schieberstellungen (Ist-, Sollzustände) berechnet. Den Abflüssen im Entlastungskanal wurden mit Normalabflussberechnungen basierend auf einem kstr-Wert = $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ realistische Fliessgeschwindigkeiten zugeordnet.
- 6 Beim Althofbach werden zwei verschiedene Beckenstandorte diskutiert, die aber nahe beieinander liegen und deren EZG-Grössen nahezu gleich sind. Daher wurde der Einfachheit halber nur ein Becken implementiert.

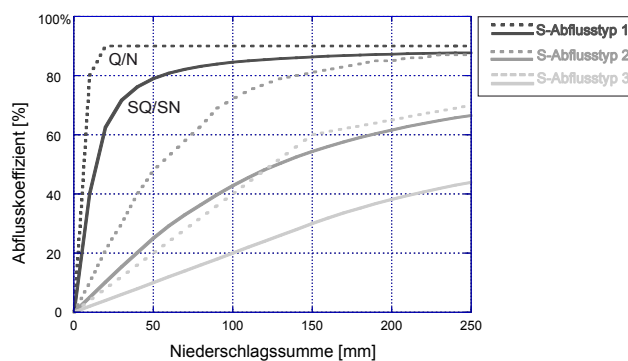
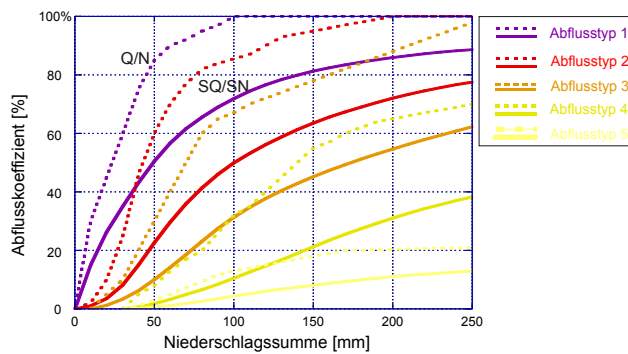
a) Teileinzugsgebiete



b) Abflusstypen



c) Abflussreaktionskurven



d) Fließzeiten (Isochronen)

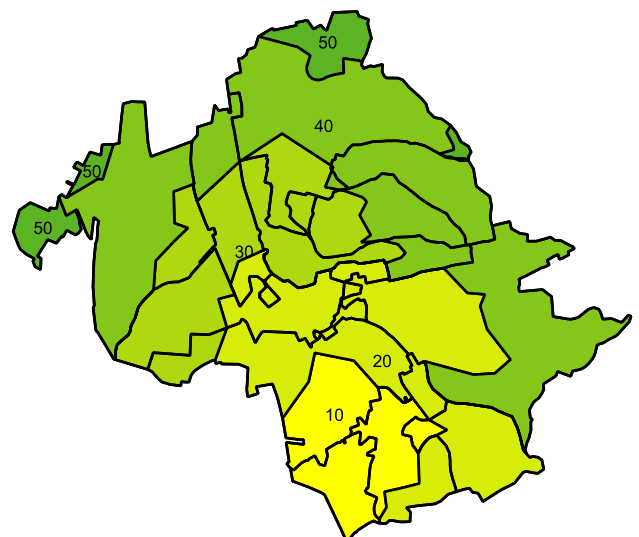


Abb. 2.1:
Die Grundlagen des Niederschlag-Abfluss-Modells QAREA:
a) Die Teileinzugsgebiete mit den Berechnungspunkten,
b) die Abflusstypen,
c) die Abflussreaktionskurven,
d) die Fließzeiten in Minuten (Isochronen).

3 Abflussberechnungen für den Ist-Zustand

3.1 Verifikation des Modells

Für die Modellverifikation wurden in Scherrer AG (2016) die Hochwasser vom 26. Juni 2009, vom 8. Juni 2012 und vom 12. Juni 2014 nachgerechnet. Die Nachrechnungen der drei Hochwasser waren plausibel, die beobachteten Abflussspitzen und Einstauvolumen konnten gut nachvollzogen werden.

Zur Überprüfung des neuen, erweiterten und mit der detaillierten Entlastungscharakteristik des Brändikanals verbesserten Modells wurden die drei Ereignisse nochmals mit den gleichen Niederschlagsinputs simuliert und in Abbildung 3.1 (26. Juni 2009), Abbildung 3.2 (8. Juni 2012) und Abbildung 3.3 (12. Juni 2014) dargestellt. Diese Nachrechnungen sind nahezu deckungsgleich mit den Simulationen im alten Modell aus Scherrer AG (2016). Die errechneten Abflussspitzen sind nur sehr wenig kleiner als in Scherrer AG (2016) und decken sich immer noch gut mit den Beobachtungen. Die mit der detaillierten Entlastungscharakteristik des Brändikanals verbesserten Annahmen wirken sich kaum aus, weil bei diesen beobachteten Ereignissen die Entlastung des Brändikanals nur wenig (26.6.2009 und 12.6.2014) oder gar nicht (8.6.2012) ansprang.

Im Vergleich zu Scherrer AG (2016) konnte beim Ereignis vom 12. Juni 2014 der simulierte Abfluss im Brändikanal unterhalb der Entlastung mit der seit September 2012 vorhandenen Abflussmessungen (vgl. Kap. 2.2) verglichen werden. Die gemessene Abflussganglinie wird im aufsteigenden Ast und mit der Abflussspitze gut nachvollzogen. Lediglich im absteigenden Ast gibt es leichte Differenzen (Abb. 3.3). Die Nachrechnungen der drei Hochwasser sind plausibel und das Modell kann daher für die nachfolgenden Simulationen eingesetzt werden.

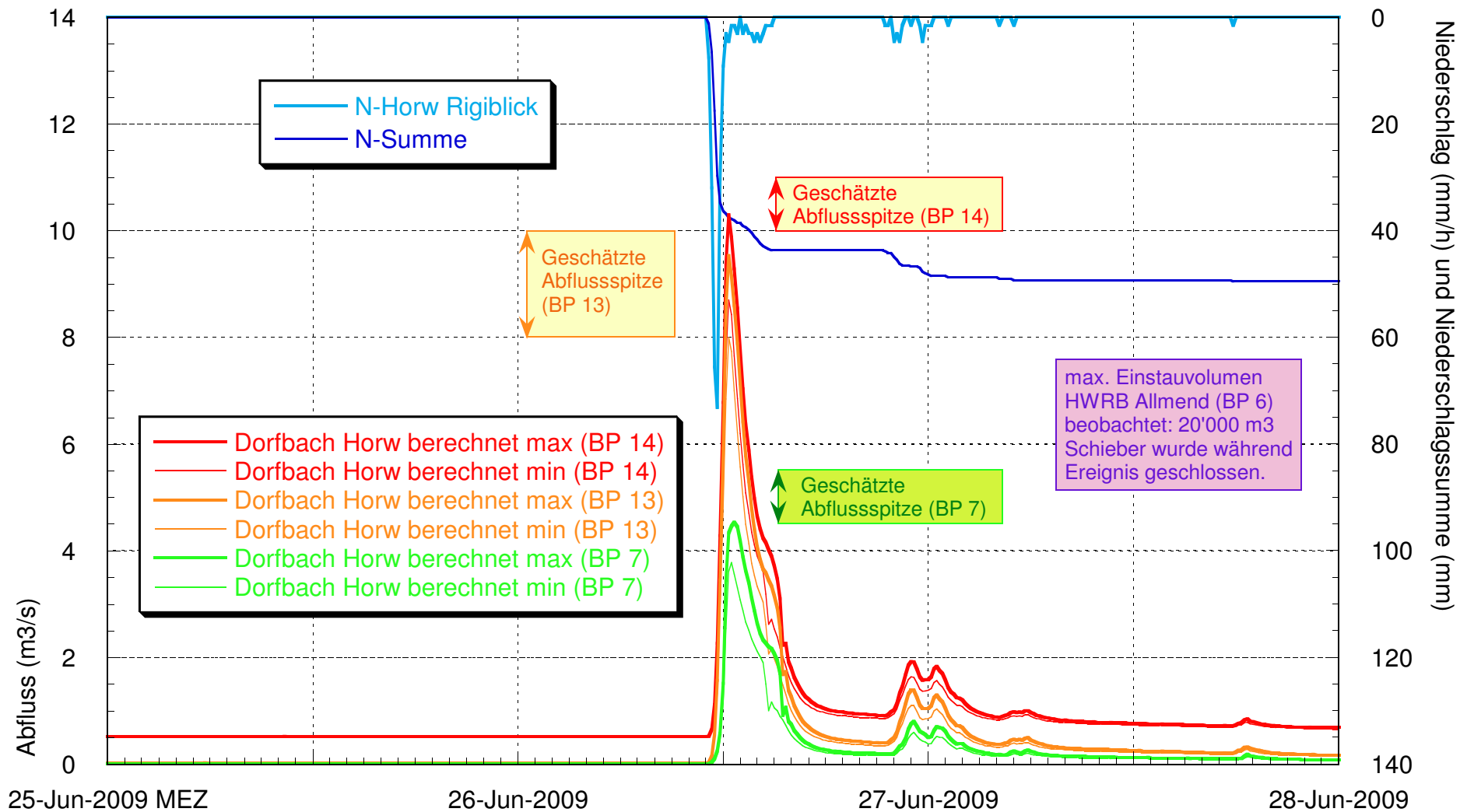


Abb. 3.1: Die mit dem Modell QArea nachgerechneten Abflüsse des Dorfbachs Horw am 26. Juni 2009 im Vergleich mit den Beobachtungen. Es wurde mit dem zeitlichen Niederschlagsverlauf der Station Horw Rigiblick und dem 2018 auf 14 BP erweiterten NAM gerechnet. Der Schieber im Brändikanal ist auf eine Höhe von 48 cm über der Sohle eingestellt, was einem Ausfluss von 2.7 m³/s bei Volleinstau entspricht.

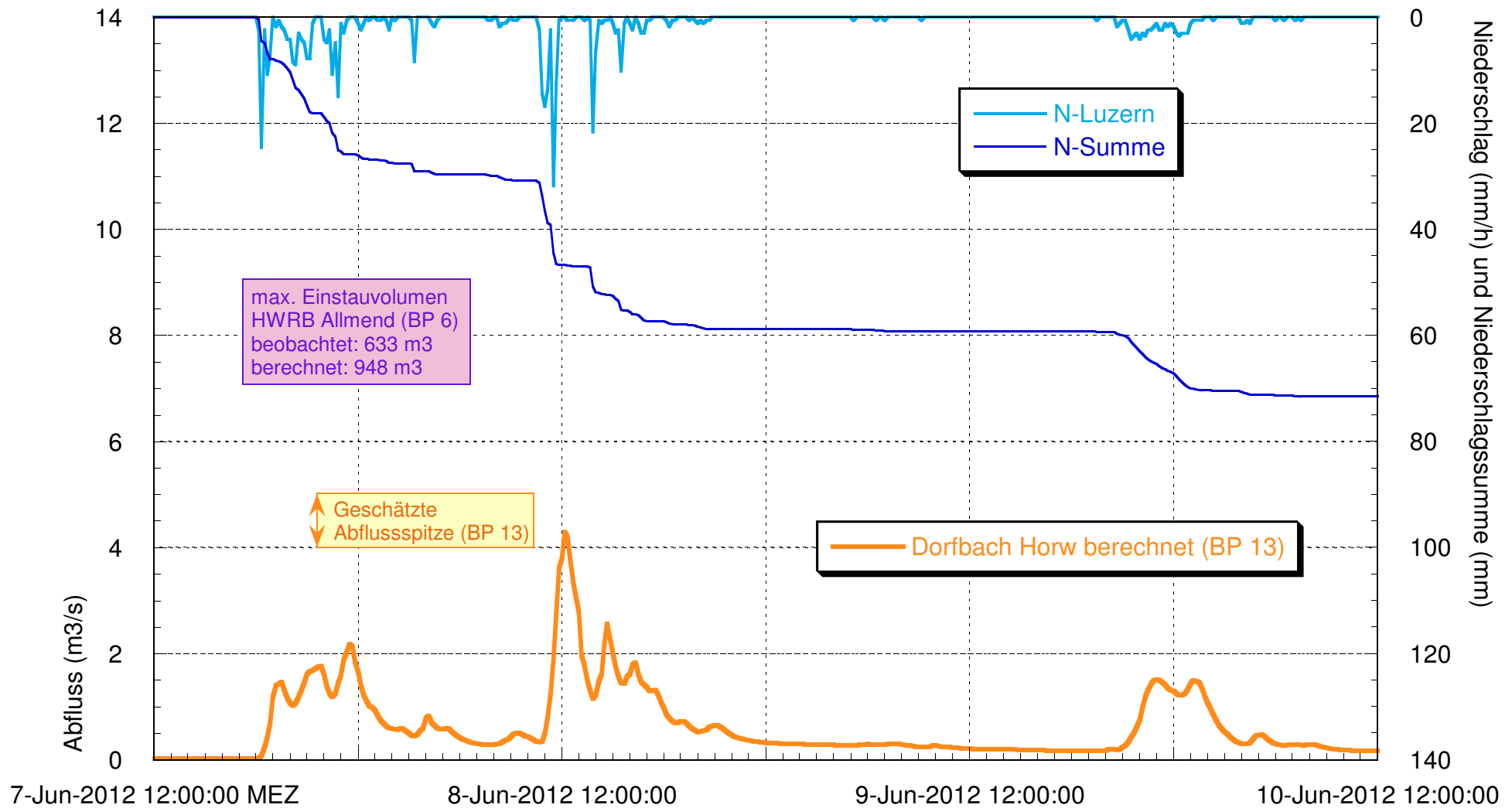


Abb. 3.2: Die mit dem Modell QArea nachgerechneten Abflüsse des Dorfbachs Horw am 8. Juni 2012 im Vergleich mit den Beobachtungen. Es wurde mit dem zeitlichen Niederschlagsverlauf der Station Luzern und dem 2018 auf 14 BP erweiterten NAM gerechnet. Der Schieber im Brändikanal ist auf eine Höhe von 48 cm über der Sohle eingestellt, was einem Ausfluss von 2.7 m³/s bei Volleinstau entspricht.

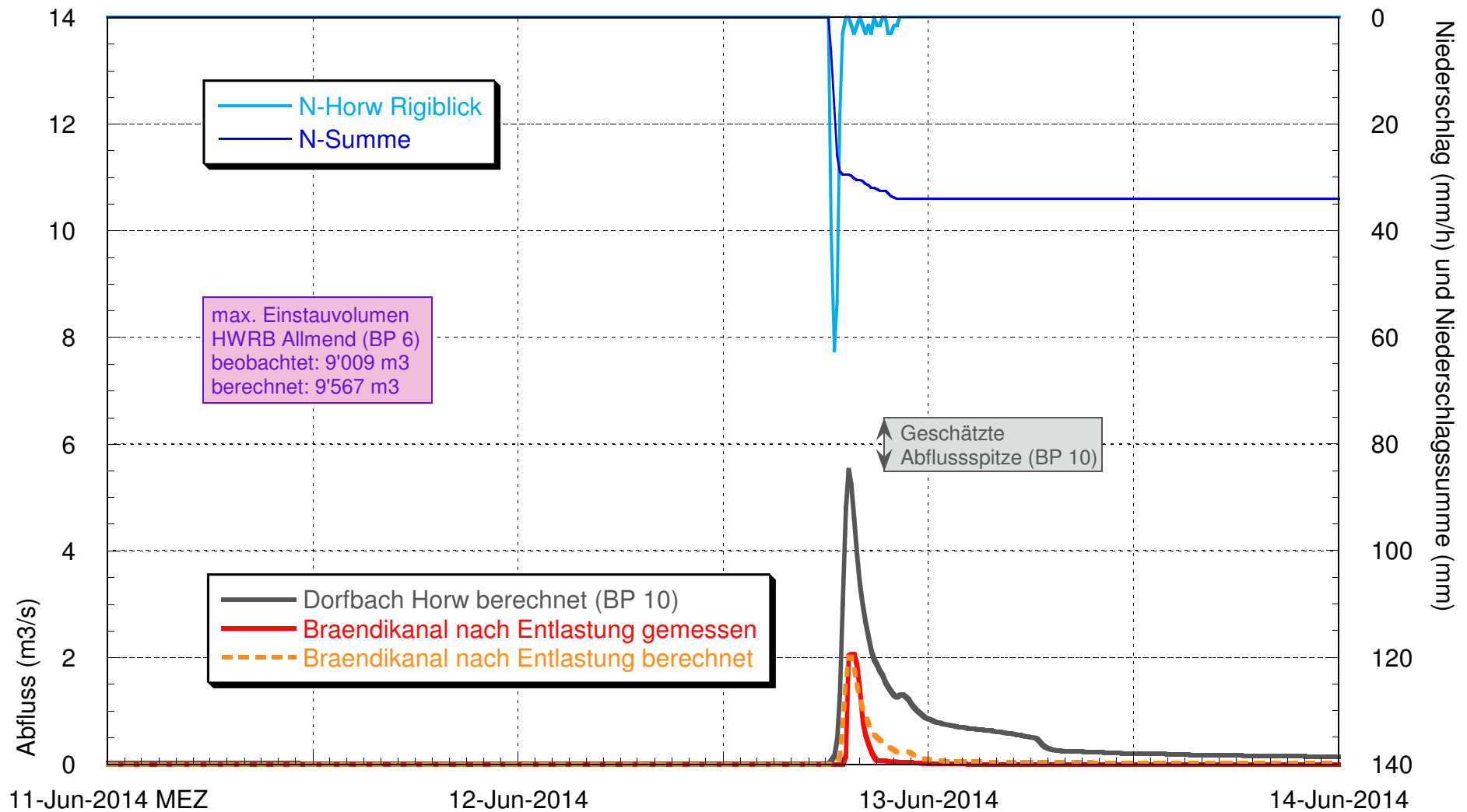


Abb. 3.3: Die mit dem Modell QArea nachgerechneten Abflüsse des Dorfbachs Horw am 12. Juni 2014 im Vergleich mit den Beobachtungen. Es wurde mit dem zeitlichen Niederschlagsverlauf der Station Horw Rigiblick und dem 2018 auf 14 BP erweiterten NAM gerechnet. Der Schieber im Brändikanal ist auf eine Höhe von 48 cm über der Sohle eingestellt, was einem Ausfluss von 2.7 m³/s bei Volleinstau entspricht.

3.2 Niederschlags-Szenarien

Für die Abflussberechnungen wurden die gleichen Niederschlagsszenarien wie in Scherrer AG (2016) verwendet. Sowohl bei den langandauernden als auch bei den kurzen Niederschlagsszenarien wurde eine gleichmässige räumliche Niederschlagsverteilung angenommen. Die in der Statistik (Luzern, 1880 - 2014) ermittelten Niederschläge von 0.5 bis 4 h wurden wie in Scherrer AG (2016) um den Faktor 1.2, 1.3 und 1.4 erhöht (Tab. 3.1).

Bei kurzen Niederschlägen bis 4 h Dauer wurde eine zeitliche Dreiecksverteilung angenommen mit der Niederschlagsspitze nach einem Drittel der Niederschlagsdauer. Für die 12 h-, 24 h- und 48 h-Niederschläge wurde eine gleichmässige zeitliche Verteilung (Blockregen) verwendet. Tabelle 3.1 zeigt die für die Modellrechnungen verwendeten Werte. Analog zu Scherrer AG (2016) wurden für die Berechnung der langen 12 h-, 24 h- und 48 h- Niederschläge mit einem Vorregen von 70 mm gerechnet⁷.

Tab. 3.1: Die für die Modellrechnungen verwendeten Niederschlagswerte (Luzern 1880 – 2014, nicht erhöhte Werte).

Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlagsdauer [h]	Wiederkehrperiode [Jahre]	Zeitliche Verteilung des Niederschlags	Niederschlagsmenge [mm]	Max. Niederschlagsintensität [mm/h]
0.5h30j_dreieck	0.5	30	Dreieck	37.6	112.9
1h30j_dreieck	1	30	Dreieck	48.5	84.9
2h30j_dreieck	2	30	Dreieck	56.1	52.6
4h30j_dreieck	4	30	Dreieck	61.8	29.9
12h30j_block	12	30	Blockregen	89.7	7.5
24h30j_block	24	30	Blockregen	102.1	4.3
48h30j_block	48	30	Blockregen	118.9	2.5
0.5h100j_dreieck	0.5	100	Dreieck	44.1	132.4
1h100j_dreieck	1	100	Dreieck	57.9	101.2
2h100j_dreieck	2	100	Dreieck	67.4	63.2
4h100j_dreieck	4	100	Dreieck	73.4	35.6
12h100j_block	12	100	Blockregen	106.3	8.9
24h100j_block	24	100	Blockregen	119.5	5.0
48h100j_block	48	100	Blockregen	138.1	2.9
0.5h300j_dreieck	0.5	300	Dreieck	50.0	150.1
1h300j_dreieck	1	300	Dreieck	66.3	116.1
2h300j_dreieck	2	300	Dreieck	77.7	72.8
4h300j_dreieck	4	300	Dreieck	84.0	40.7
12h300j_block	12	300	Blockregen	121.4	10.1
24h300j_block	24	300	Blockregen	135.3	5.6
48h300j_block	48	300	Blockregen	155.5	3.2

7 Heftige Gewitter fallen in der Regel eher auf trockene Vorbedingungen, weshalb bei den kurzen Niederschlägen bis 4 h Dauer kein Vorregen berücksichtigt wird.

3.3 Abflussberechnungen

Anhang 5.1 zeigt zu Vergleichszwecken die Resultate der Modellrechnungen für den Ist-Zustand mit dem auf 14 BP erweiterten Modell, aber mit der Annahme aus Scherrer AG (2016), dass Abflüsse im Brändikanal $> 4 \text{ m}^3/\text{s}$ in das HWRB Allmend entlasten. Fett gedruckt sind die grössten Abflüsse. Die Resultate decken sich bis auf kleine, numerisch bedingte Rundungsdifferenzen mit der entsprechenden Resultatetabelle aus Scherrer AG (2016).

Anhang 5.2 zeigt die Resultate der Modellrechnungen für den Ist-Zustand mit der verbesserten, detaillierten Entlastungscharakteristik des Brändikanals. Die Berechnungen zeigen, dass (wie auch in Anhang 5.1) Gewitterniederschläge von 1 bis 2 Stunden Dauer die grössten Abflussspitzen erzeugen und die maximalen Rückhaltevolumen beim HWRB Allmend (BP 6) beim 12-Stunden-Blockregen erreicht werden. Im Vergleich zu den Berechnungen mit den Annahmen aus Scherrer AG (2016) liegen die Abflussspitzen beim BP 14 und den HQ₃₀-Szenarien $0.75 \text{ m}^3/\text{s}$ und bei den HQ₁₀₀-Szenarien $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ tiefer. Die Extrapolation auf das HQ₁₀₀ war in Scherrer AG (2016) demnach etwas hoch und auf der "sicheren Seite" wie das Frequenzdiagramm in Anhang 6 verdeutlicht. Im Gegensatz zu den HQ₃₀- und den HQ₁₀₀-Szenarien liegen die Abflussspitzen der HQ₃₀₀-Szenarien z. T. etwas höher.

4 Simulation der Hochwasserschutzmassnahmen

4.1 Einleitung

In Schubiger AG & belop gmbh (2017) wird ein Hochwasserschutzkonzept vorgeschlagen, das neben einem HWRB am Althofbach (BP 8) an zwei möglichen Standorten⁸, der Unterteilung und Vergrößerung des HWRB Allmend (BP 6) auch noch zwei HWRB am Oberrütibach (BP 3 und BP 4) und eines am Finsterlochbach (BP 2) vorsieht. Mit dem nun angepassten und verbesserten Modell soll nun die Wirksamkeit der vorgeschlagenen Massnahmen simuliert werden. In einem ersten Schritt wird die Wirkung unter Berücksichtigung aller in Schubiger AG & belop gmbh (2017) vorgeschlagener Beckenstandorte berechnet (Kap. 4.2) und im Kapitel 4.3 die Wirkung ohne die HWRB am Oberrütibach (BP 3 und BP 4) und Finsterlochbach (BP 2).

4.2 Wirkung unter Berücksichtigung aller Beckenstandorte

Um die optimale Wirkung der einzelnen HWRB in Kombination mit den anderen nachzuweisen, waren zahlreiche Berechnungsgänge mit dem NAM notwendig. Schwierig war die Optimierung der z. T. hintereinander geschalteten Becken oberhalb des HWRB Allmend. Ein weiterer Optimierungsfaktor war die Schiebereinstellung im Brändikanal, welche dessen Drosselung und Entlastung ins HWRB Allmend steuert. Eine wichtige Randbedingung war, dass das untere, bereits bestehende HWRB Allmend bei den HQ₁₀₀-Szenarien nicht überläuft.

Es zeigte sich, dass die obersten Becken am Finsterloch- und Oberrütibach sich zuerst füllen müssen. Für eine optimale Drosselwirkung müssen sie sich bei den HQ₁₀₀-Szenarien knapp füllen. Ein zu schnelles Füllen mit einer zu starken Drosselung hat zur Folge, dass Stauvolumen für Wasser verschwendet wird, das problemlos abfließen könnte.

Anhang 7.1 zeigt die Resultate der Berechnungen bei Berücksichtigung und optimaler Beschi-ckung aller Becken. Das HWRB Finsterloch (BP 2) wird auf 0.21 m³/s, die HWRB Oberrüti (BP 3 + BP 4) auf 0.24 m³/s gedrosselt. Das obere HWRB Allmend (BP 5) wird bei Volleinstau auf 1.4 m³/s gedrosselt (Öffnung 0.6 m breit und 0.55 m hoch). Der Schieber beim unteren HWRB Allmend (BP 6) ist wie im Ist-Zustand auf eine Höhe von 60 cm über der Sohle eingestellt, was einem Ausfluss von 2 m³/s bei Volleinstau entspricht. Der Schieber im Brändikanal ist auf eine Höhe von 13 cm über der Sohle eingestellt, was einem Ausfluss von 0.9 m³/s bei Volleinstau entspricht. Das HWRB Althofbach (BP 8) wird auf 1.0 m³/s gedrosselt. Im Vergleich zum Ist-Zu-stand (Anhang 5.2) liegen die Abflussspitzen beim BP 14 und den HQ₃₀-Szenarien 1.6 m³/s und bei den HQ₁₀₀-Szenarien 2.7 m³/s tiefer; die HQ₃₀₀-Szenarien liegen 2.8 m³/s tiefer.

4.3 Wirkung ohne HWRB am Oberrüti- und Finsterlochbach

Anhang 7.2 zeigt die Resultate der Berechnungen bei einem Ausbau des HWRB Allmend und ei-nem Verzicht auf die HWRB am Oberrüti- und Finsterlochbach. Das obere HWRB Allmend (BP 5) wird bei Volleinstau auf 1.8 m³/s gedrosselt (Öffnung 0.8 m breit und 0.54 m hoch). Der Schieber beim unteren HWRB Allmend (BP 6) ist wie im Ist-Zustand auf eine Höhe von 60 cm über der Sohle eingestellt, was einem Ausfluss von 2 m³/s bei Volleinstau entspricht. Der Schie-ber im Brändikanal ist auf eine Höhe von 22 cm über der Sohle eingestellt, was einem Ausfluss von 1.4 m³/s bei Volleinstau entspricht. Das HWRB Althofbach (BP 8) wird auf 1.0 m³/s gedros-

8 Die beiden Standorte liegen nahe beieinander, haben nur geringfügig unterschiedliche Einzugsgebiete und entsprechen auch etwa dem in Scherrer AG (2016) verwendeten BP 4.

selt. Im Vergleich zum Ist-Zustand (Anhang 5.2) liegen die Abflussspitzen beim BP 14 und den HQ₃₀-Szenarien 1.5 m³/s und bei den HQ₁₀₀-Szenarien 2.3 m³/s tiefer; die HQ₃₀₀-Szenarien liegen hingegen 1.5 m³/s höher.

4.4 Schlussfolgerungen

Der Vergleich der Simulationen mit (Anhang 7.1) und ohne die HWRB am Oberrüti- und Finsterlochbach (Anhang 7.2) zeigt, dass die Wirkung der HWRB am Oberrüti- und Finsterlochbach klein ist. Ein HQ₁₀₀ wird beim BP 14 lediglich um 0.4 m³/s stärker gedämpft. Es empfiehlt sich daher, das Konzept der Schubiger AG & belop gmbh (2017) ohne diese Becken weiter zu projektieren.

Die in der Simulation gegenüber dem Ist-Zustand um 1.5 m³/s höher liegende Abflussspitze eines HQ₃₀₀ beim BP 14 ist in der Realität nicht zu befürchten. Ein Hochwasser dieser Grössenordnung würde, sowohl im Ist- als auch im Sollzustand, an zahlreichen Orten ausufern und zahlreiche Muldenlagen in Horw unter Wasser setzen. Die Simulation blendet diese zusätzlichen Retentionseffekte aus.

Scherrer AG
Hydrologie und Hochwasserschutz

Dr. Simon Scherrer

Roger Frauchiger

Reinach, April 2018

Sachbearbeiter: Roger Frauchiger, Dipl. Kult. Ing. ETH Zürich

Anhang

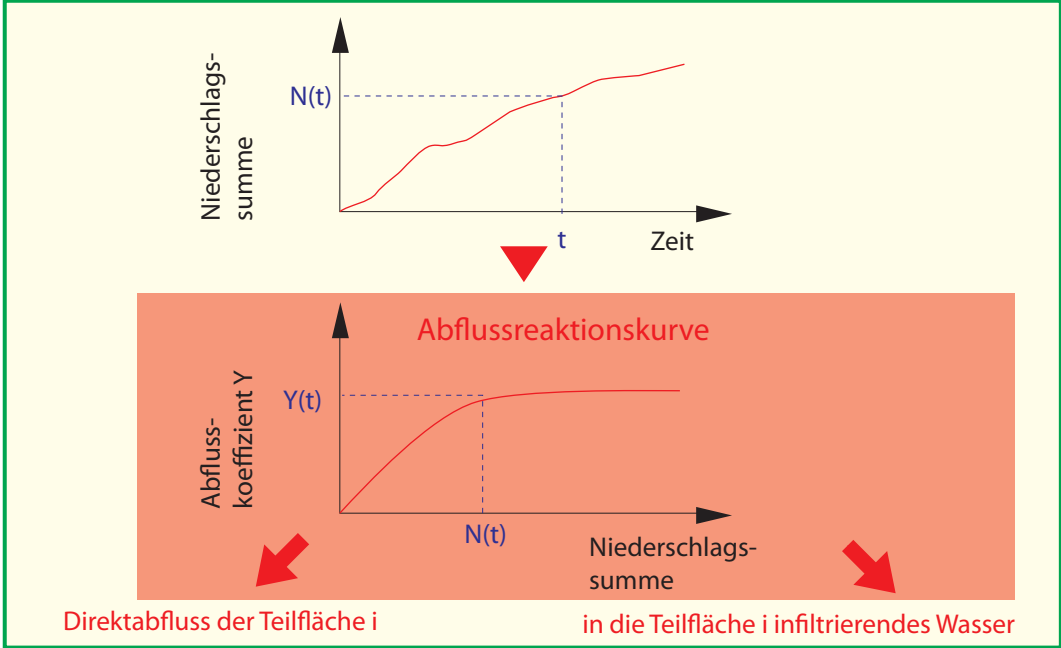
- Anhang 1: Modellaufbau
- Anhang 2: Drosselcharakteristiken HWRB Allmend
- Anhang 3: Drosselcharakteristiken HWRB Allmend und Brändikanal, Sollzustände
- Anhang 4: Übersichtsplan Nidfeld- und Brändikanal
- Anhang 5: Resultate Modellrechnungen Ist-Zustand
- Anhang 6: Frequenzdiagramm beim BP 13
- Anhang 7: Resultate Modellrechnungen Soll-Zustand

Jede Teilfläche ist charakterisiert durch

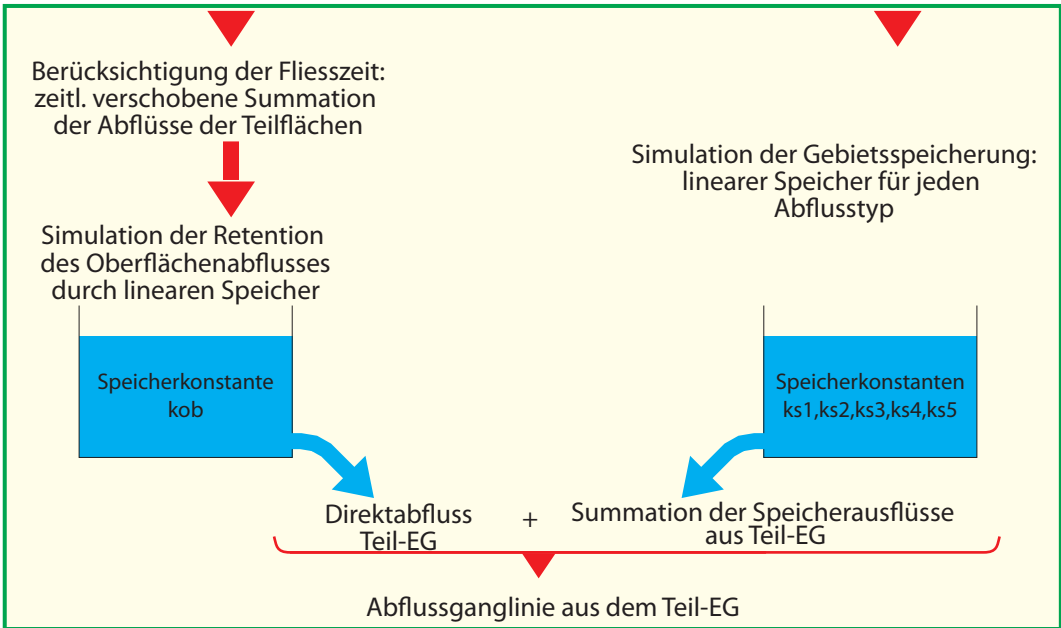
- Abflusstyp
- Niederschlagsganglinie
- Fließzeit bis zum Teil-EG-Ausfluss

dt=10 Min.

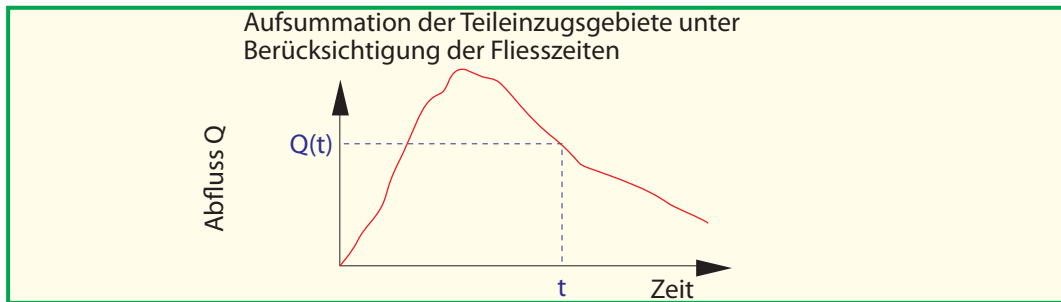
Stufe Teilfläche



Stufe Teileinzugs-gebiet



Einzugs-gebiet



Anhang 1: Schematischer Aufbau des Niederschlags-Abfluss-Modells QArea. Zentrales Element ist die Abflussreaktionskurve, die für jede Teilfläche die Beziehung zwischen Niederschlagssumme und Abflusskoeffizient beschreibt.



Höhe [m ü. M.]	Volumen [m ³]	Abfluss [m ³ /s] 11.7.2008 – 15.6.2010	Abfluss [m ³ /s] 16.6.2010 – Juni 2012?	Abfluss [m ³ /s] am 12.6.2014	Abfluss [m ³ /s] seit 27.6.2014	
		59 / 105	59 / 105	59 / 105	59 / 105	Auslassbreite [cm]
		105	80	30	60	Öffnungshöhe Schieber [cm]
446.37	0	0.00	0.00	0.00	0.00	
447.00	561	1.33	1.33	0.33	1.08	
447.20	1512	1.50	1.34	0.39	1.09	
447.40	3050	1.62	1.48	0.44	1.12	
447.60	5095	2.15	1.70	0.49	1.26	
447.80	7460	2.44	1.89	0.53	1.39	
448.00	10042	2.69	2.07	0.57	1.51	
448.20	12779	2.93	2.23	0.61	1.62	
448.40	15665	3.14	2.38	0.64	1.72	
448.60	18700	3.35	2.52	0.68	1.82	
448.80	21889	3.54	2.66	0.71	1.91	
449.00	25217	3.72	2.79	0.74	2.00	
449.10	26929	3.81	2.85	0.76	2.04	
449.40	31875	4.06	3.03	0.80	2.16	

Anhang 2: *Beziehung zwischen Einstauhöhe, Einstauvolumen und Abfluss (Drosselcharakteristik) in Abhängigkeit verschiedener Schiebereinstellungen am HWRB Allmend.*

Höhe [m ü. M.]	Volumen [m³]	Abfluss [m³/s]	Abfluss [m³/s]	Auslassbreite [cm]
		60	80	
		55	54	Öffnungshöhe Schieber [cm]
446.86	0	0.00	0.00	
447.50	1500	0.48	0.54	
448.50	8500	1.02	1.34	
449.10	14047	1.23	1.61	
449.56	18300	1.37	1.79	

Anhang 3.1: Beziehung zwischen Einstauhöhe, Einstauvolumen und Abfluss (Drosselcharakteristik) in Abhängigkeit verschiedener Schiebereinstellungen am geplanten oberen HWRB Allmend.

Höhe [m ü. M.]	Volumen [m³]	Abfluss [m³/s]	Auslassbreite [cm]
		59 / 105	
		60	Öffnungshöhe Schieber [cm]
446.37	0	0.00	
447.00	561	1.24	
448.00	6600	1.51	
449.10	14700	2.04	
449.40	17200	2.16	

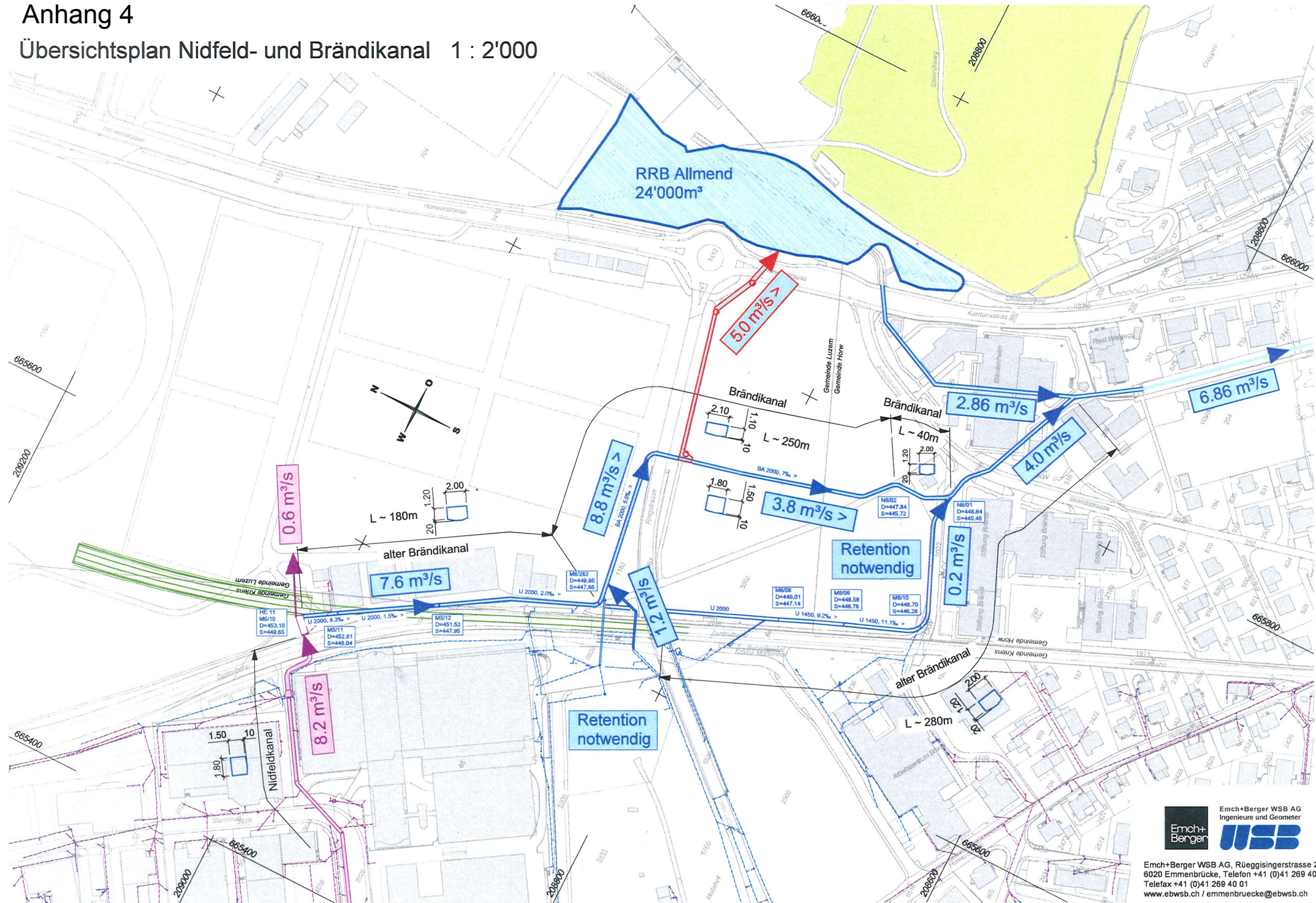
Anhang 3.2: Beziehung zwischen Einstauhöhe, Einstauvolumen und Abfluss (Drosselcharakteristik) in Abhängigkeit verschiedener Schiebereinstellungen am bestehenden (durch das geplante obere Becken verkleinerten) unteren HWRB Allmend.

Wasserstand vor Schütze	Öffnungshöhe Schieber 48 cm (Ist)			Öffnungshöhe Schieber 22 cm			Öffnungshöhe Schieber 13 cm		
	Abfluss Nidfeldkanal total [m³/s]	Abfluss alter und neuer Brändikanal [m³/s]	Entlastung Brändikanal [m³/s]	Abfluss Nidfeldkanal total [m³/s]	Abfluss alter und neuer Brändikanal [m³/s]	Entlastung Brändikanal [m³/s]	Abfluss Nidfeldkanal total [m³/s]	Abfluss alter und neuer Brändikanal [m³/s]	Entlastung Brändikanal [m³/s]
446.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
447.83	1.87	1.87	0.00	1.02	1.02	0.00	0.69	0.69	0.00
447.93	1.99	1.96	0.03	1.09	1.06	0.03	0.75	0.72	0.03
448.03	2.22	2.05	0.18	1.27	1.09	0.18	0.92	0.74	0.18
448.13	2.52	2.13	0.40	1.53	1.13	0.40	1.16	0.76	0.40
448.23	2.87	2.21	0.66	1.83	1.16	0.66	1.44	0.78	0.66
448.33	3.24	2.28	0.96	2.16	1.20	0.96	1.76	0.80	0.96
448.43	3.64	2.35	1.29	2.52	1.23	1.29	2.10	0.82	1.29
448.53	4.06	2.42	1.63	2.89	1.26	1.63	2.47	0.83	1.63
448.63	4.49	2.49	2.00	3.29	1.29	2.00	2.85	0.85	2.00
448.73	4.93	2.56	2.37	3.69	1.32	2.37	3.24	0.87	2.37
448.83	5.38	2.62	2.76	4.11	1.35	2.76	3.65	0.89	2.76
448.93	5.84	2.68	3.16	4.53	1.37	3.16	4.06	0.90	3.16
449.03	6.20	2.74	3.46	6.20	1.40	4.91	6.20	0.92	5.29

Anhang 3.3: Beziehung zwischen Wasserstand vor der Schütze (Schieber) und den Abflüssen im Brändikanal und deren Entlastung ins HWRB Allmend.

Anhang 4

Übersichtsplan Nidfeld- und Brändikanal 1 : 2'000

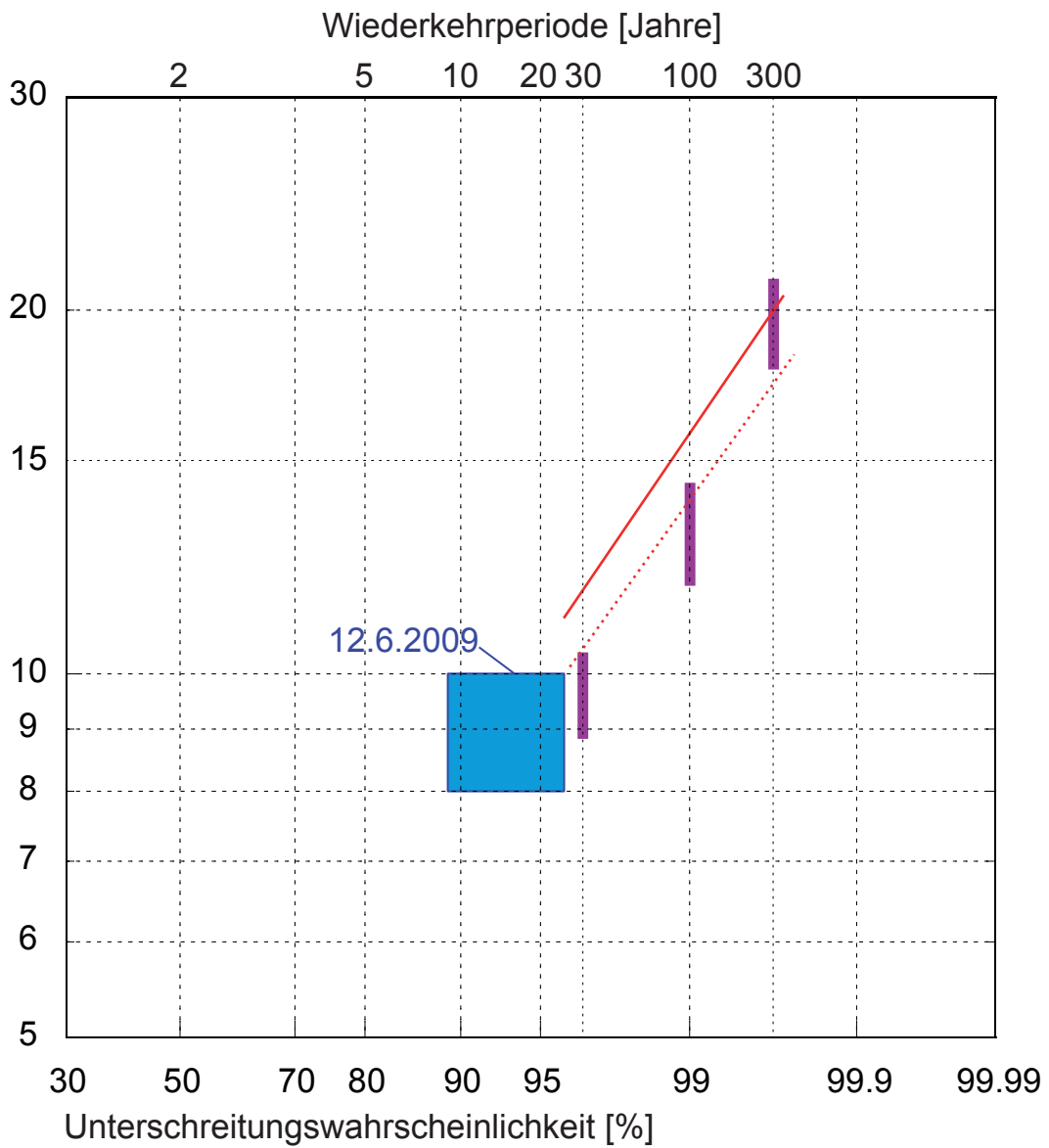


Anhang 5.1: Die Resultate der Berechnungen mit dem NAM QAREA für den Ist-Zustand mit den Annahmen aus Scherrer AG (2016). Der Schieber beim HWRB Allmend (BP 6) ist auf eine Höhe von 60 cm über der Sohle eingestellt, was einem Ausfluss von 2 m³/s bei Volleinstau entspricht. Die Entlastung des Brändikanals in das HWRB Allmend wird mit einer groben Charakteristik berücksichtigt: Abflüsse im Brändikanal > 4 m³/s entlasten in das HWRB Allmend.

Wiederkehrperiode [Jahre]	Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlags-szenario	Abflussspitzen [m³/s] bei den Berechnungspunkten														Rückhaltvolumen [m³]					
			BP 1	BP 2	BP 3	BP 4	BP 5	BP 6	BP 7	BP 8	BP 9	BP 10	BP 11	BP 12	BP 13	BP 14	BP 2	BP 3	BP 4	BP 5	BP 6	BP 8
30	0.5h30j_dreieck	Gewitter	2.78	0.30	0.32	0.35	2.62	1.25	4.64	1.34	1.48	7.32	0.16	0.94	9.28	9.99	0	0	0	0	4910	0
	1h30j_dreieck	Gewitter	3.09	0.40	0.45	0.50	3.35	1.44	5.18	1.72	1.90	8.59	0.24	1.16	11.14	11.93	0	0	0	0	8540	0
	2h30j_dreieck	Gewitter	2.70	0.39	0.44	0.49	3.16	1.53	4.82	1.68	1.87	8.05	0.24	1.11	10.62	11.44	0	0	0	0	10567	0
	4h30j_dreieck	Gewitter	1.99	0.31	0.35	0.39	2.48	1.54	3.92	1.34	1.49	6.43	0.20	0.86	8.48	9.24	0	0	0	0	10811	0
	12h30j_block	gleichmässig	0.94	0.29	0.30	0.33	1.74	1.70	3.03	1.06	1.15	4.71	0.24	0.66	6.10	6.79	0	0	0	0	15217	0
	24h30j_block	gleichmässig	0.56	0.17	0.18	0.20	1.05	1.16	1.96	0.65	0.70	2.98	0.15	0.40	3.83	4.45	0	0	0	0	3634	0
	48h30j_block	gleichmässig	0.34	0.11	0.11	0.12	0.64	0.75	1.25	0.40	0.43	1.87	0.09	0.24	2.39	2.97	0	0	0	0	392	0
100	0.5h100j_dreieck	Gewitter	3.77	0.55	0.58	0.64	4.27	1.52	6.04	2.18	2.38	10.06	0.32	1.48	12.99	13.83	0	0	0	0	10317	0
	1h100j_dreieck	Gewitter	4.28	0.74	0.80	0.89	5.49	1.78	6.76	2.84	3.10	11.99	0.46	1.87	15.90	16.86	0	0	0	0	17377	0
	2h100j_dreieck	Gewitter	3.78	0.69	0.78	0.87	5.15	1.89	6.59	2.77	3.06	11.59	0.45	1.77	15.55	16.55	0	0	0	0	21331	0
	4h100j_dreieck	Gewitter	2.74	0.53	0.59	0.66	3.89	1.91	5.26	2.14	2.36	9.04	0.35	1.34	12.12	13.02	0	0	0	0	22039	0
	12h100j_block	gleichmässig	1.12	0.35	0.37	0.41	2.12	1.96	3.54	1.30	1.40	5.57	0.30	0.80	7.26	8.00	0	0	0	0	23611	0
	24h100j_block	gleichmässig	0.66	0.21	0.22	0.24	1.26	1.41	2.36	0.78	0.84	3.57	0.18	0.48	4.59	5.23	0	0	0	0	7832	0
	48h100j_block	gleichmässig	0.41	0.13	0.13	0.15	0.76	0.89	1.47	0.47	0.51	2.21	0.11	0.29	2.83	3.42	0	0	0	0	465	0
300	0.5h300j_dreieck	Gewitter	4.85	0.86	0.90	1.01	6.22	1.79	6.82	3.19	3.46	12.70	0.53	2.13	16.78	17.76	0	0	0	0	17882	0
	1h300j_dreieck	Gewitter	5.65	1.14	1.24	1.38	8.06	2.13	7.54	4.22	4.59	14.95	0.76	2.74	20.50	21.66	0	0	0	0	30598	0
	2h300j_dreieck	Gewitter	5.01	1.07	1.18	1.32	7.55	5.50	9.57	4.14	4.56	14.77	0.75	2.62	20.42	21.65	0	0	0	0	31875	0
	4h300j_dreieck	Gewitter	3.58	0.79	0.87	0.97	5.57	4.63	7.88	3.13	3.42	12.05	0.56	1.94	16.36	17.43	0	0	0	0	31875	0
	12h300j_block	gleichmässig	1.29	0.42	0.43	0.48	2.47	2.66	4.41	1.52	1.64	6.40	0.36	0.94	8.32	9.09	0	0	0	0	31875	0
	24h300j_block	gleichmässig	0.76	0.24	0.25	0.28	1.44	1.60	2.68	0.89	0.96	4.07	0.21	0.55	5.23	5.89	0	0	0	0	12219	0
	48h300j_block	gleichmässig	0.46	0.14	0.15	0.17	0.86	1.02	1.67	0.54	0.58	2.51	0.13	0.33	3.21	3.81	0	0	0	0	528	0

Anhang 5.2: Die Resultate der Berechnungen mit dem NAM Q_{AREA} für den **Ist-Zustand**. Der Schieber beim HWRB Allmend (BP 6) ist auf eine Höhe von 60 cm über der Sohle eingestellt, was einem Ausfluss von 2 m³/s bei Volleinstau entspricht. Die Entlastung des Brändikanals in das HWRB Allmend wird mit einer detaillierten Charakteristik berücksichtigt: Der Schieber im Brändikanal ist auf eine Höhe von 48 cm über der Sohle eingestellt, was einem Ausfluss von 2.7 m³/s bei Volleinstau entspricht.

Wiederkehrperiode [Jahre]	Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlags-szenario	Abflussspitzen [m ³ /s] bei den Berechnungspunkten														Rückhaltvolumen [m ³]					
			BP 1	BP 2	BP 3	BP 4	BP 5	BP 6	BP 7	BP 8	BP 9	BP 10	BP 11	BP 12	BP 13	BP 14	BP 2	BP 3	BP 4	BP 5	BP 6	BP 8
30	0.5h30j_dreieck	Gewitter	2.78	0.30	0.32	0.35	2.62	1.29	4.06	1.34	1.48	6.91	0.16	0.94	8.86	9.57	0	0	0	0	5555	0
	1h30j_dreieck	Gewitter	3.09	0.40	0.45	0.50	3.35	1.50	4.38	1.72	1.90	7.84	0.24	1.16	10.39	11.18	0	0	0	0	9901	0
	2h30j_dreieck	Gewitter	2.70	0.39	0.44	0.49	3.16	1.58	4.36	1.68	1.87	7.55	0.24	1.11	10.12	10.94	0	0	0	0	11739	0
	4h30j_dreieck	Gewitter	1.99	0.31	0.35	0.39	2.48	1.54	3.91	1.34	1.49	6.41	0.20	0.86	8.45	9.22	0	0	0	0	10860	0
	12h30j_block	gleichmässig	0.94	0.29	0.30	0.33	1.74	1.70	3.03	1.06	1.15	4.71	0.24	0.66	6.10	6.79	0	0	0	0	15217	0
	24h30j_block	gleichmässig	0.56	0.17	0.18	0.20	1.05	1.16	1.96	0.65	0.70	2.98	0.15	0.40	3.83	4.45	0	0	0	0	3634	0
	48h30j_block	gleichmässig	0.34	0.11	0.11	0.12	0.64	0.75	1.25	0.40	0.43	1.87	0.09	0.24	2.39	2.97	0	0	0	0	392	0
100	0.5h100j_dreieck	Gewitter	3.77	0.55	0.58	0.64	4.27	1.60	4.69	2.18	2.38	8.92	0.32	1.48	11.86	12.69	0	0	0	0	12379	0
	1h100j_dreieck	Gewitter	4.28	0.74	0.80	0.89	5.49	1.89	5.30	2.84	3.10	10.46	0.46	1.87	14.37	15.33	0	0	0	0	21054	0
	2h100j_dreieck	Gewitter	3.78	0.69	0.78	0.87	5.15	2.01	5.31	2.77	3.06	10.27	0.45	1.77	14.22	15.23	0	0	0	0	25683	0
	4h100j_dreieck	Gewitter	2.74	0.53	0.59	0.66	3.89	1.97	4.84	2.14	2.36	8.57	0.35	1.34	11.62	12.53	0	0	0	0	24198	0
	12h100j_block	gleichmässig	1.12	0.35	0.37	0.41	2.12	1.96	3.54	1.30	1.40	5.57	0.30	0.80	7.26	8.00	0	0	0	0	23611	0
	24h100j_block	gleichmässig	0.66	0.21	0.22	0.24	1.26	1.41	2.36	0.78	0.84	3.57	0.18	0.48	4.59	5.23	0	0	0	0	7832	0
	48h100j_block	gleichmässig	0.41	0.13	0.13	0.15	0.76	0.89	1.47	0.47	0.51	2.21	0.11	0.29	2.83	3.42	0	0	0	0	465	0
300	0.5h300j_dreieck	Gewitter	4.85	0.86	0.90	1.01	6.22	1.89	5.42	3.19	3.46	11.18	0.53	2.13	15.26	16.24	0	0	0	0	21275	0
	1h300j_dreieck	Gewitter	5.65	1.14	1.24	1.38	8.06	4.89	8.07	4.22	4.59	13.63	0.76	2.74	19.19	20.35	0	0	0	0	31875	0
	2h300j_dreieck	Gewitter	5.01	1.07	1.18	1.32	7.55	8.04	12.04	4.14	4.56	17.63	0.75	2.62	21.18	22.10	0	0	0	0	31875	0
	4h300j_dreieck	Gewitter	3.58	0.79	0.87	0.97	5.57	6.44	9.93	3.13	3.42	14.52	0.56	1.94	17.91	18.84	0	0	0	0	31875	0
	12h300j_block	gleichmässig	1.29	0.42	0.43	0.48	2.47	2.66	4.41	1.52	1.64	6.40	0.36	0.94	8.32	9.09	0	0	0	0	31875	0
	24h300j_block	gleichmässig	0.76	0.24	0.25	0.28	1.44	1.60	2.68	0.89	0.96	4.07	0.21	0.55	5.23	5.89	0	0	0	0	12219	0
	48h300j_block	gleichmässig	0.46	0.14	0.15	0.17	0.86	1.02	1.67	0.54	0.58	2.51	0.13	0.33	3.21	3.81	0	0	0	0	528	0



Anhang 6: *Frequenzdiagramm des Dorfbachs Horw beim BP 13 (3.9 km²).
 Eingetragen ist das abgeschätzte Hochwasser des Jahres 2009 (blau).
 Die Resultate der Berechnungen mit Modellregen für den Ist-Zustand (Anhang 5.2)
 sind violett dargestellt. Die rote resp. rot gepunkteten Linien markieren die in
 Scherrer AG (2016) vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit.*

Anhang 7.1: Die Resultate der Berechnungen mit dem NAM QA_{REA} bei Berücksichtigung aller Becken. Das HWRB Finsterloch (BP 2) wird auf 0.21 m³/s, die HWRB Oberrüti (BP 3 + BP 4) auf 0.24 m³/s gedrosselt. Das obere HWRB Allmend (BP 5) wird bei Volleinstau auf 1.4 m³/s gedrosselt (Öffnung 0.6 m breit und 0.55 m hoch). Der Schieber beim unteren HWRB Allmend (BP 6) ist auf eine Höhe von 60 cm über der Sohle eingestellt, was einem Ausfluss von 2 m³/s bei Volleinstau entspricht. Die Entlastung des Brändikanals in das HWRB Allmend wird mit einer detaillierten Charakteristik berücksichtigt: Der Schieber im Brändikanal ist auf eine Höhe von 13 cm über der Sohle eingestellt, was einem Ausfluss von 0.9 m³/s bei Volleinstau entspricht. Das HWRB Althofbach (BP 8) wird auf 1.0 m³/s gedrosselt.

Wiederkehrperiode [Jahre]	Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlags-szenario	Abflussspitzen [m ³ /s] bei den Berechnungspunkten														Rückhaltvolumen [m ³]					
			BP 1	BP 2	BP 3	BP 4	BP 5	BP 6	BP 7	BP 8	BP 9	BP 10	BP 11	BP 12	BP 13	BP 14	BP 2	BP 3	BP 4	BP 5	BP 6	BP 8
30	0.5h30j_dreieck	Gewitter	2.78	0.21	0.24	0.24	0.83	1.38	2.89	1.00	1.17	5.43	0.16	0.94	7.38	8.10	94	104	93	6037	3722	426
	1h30j_dreieck	Gewitter	3.09	0.21	0.24	0.24	1.03	1.50	3.15	1.00	1.24	5.98	0.24	1.16	8.76	9.61	371	422	212	8800	6484	1563
	2h30j_dreieck	Gewitter	2.70	0.21	0.24	0.24	1.09	1.58	3.13	1.00	1.21	5.73	0.24	1.11	8.40	9.24	524	591	278	10454	7706	2074
	4h30j_dreieck	Gewitter	1.99	0.21	0.24	0.24	1.13	1.53	2.91	1.00	1.16	5.08	0.20	0.86	7.16	7.93	429	462	312	11393	6915	1412
	12h30j_block	gleichmässig	0.94	0.21	0.28	0.24	1.32	1.54	2.65	1.00	1.09	4.27	0.24	0.66	5.66	6.36	1084	700	911	16701	7037	296
	24h30j_block	gleichmässig	0.56	0.17	0.18	0.20	1.02	1.21	2.01	0.65	0.70	3.03	0.15	0.40	3.88	4.51	0	0	0	8437	546	0
	48h30j_block	gleichmässig	0.34	0.11	0.11	0.12	0.63	0.75	1.24	0.40	0.43	1.86	0.09	0.24	2.39	2.96	0	0	0	3442	338	0
100	0.5h100j_dreieck	Gewitter	3.77	0.21	0.24	0.24	1.06	1.59	3.38	1.00	1.30	6.57	0.32	1.48	9.51	10.34	657	688	280	9538	7787	2309
	1h100j_dreieck	Gewitter	4.28	0.21	0.71	0.24	1.22	1.89	3.76	1.00	1.35	7.32	0.46	1.87	11.59	12.64	1474	700	1348	13788	12338	5466
	2h100j_dreieck	Gewitter	3.78	0.21	0.78	0.24	1.32	2.04	3.82	1.00	1.31	7.05	0.45	1.77	11.14	12.18	1948	700	1990	16689	14693	7305
	4h100j_dreieck	Gewitter	2.74	0.21	0.59	0.24	1.36	2.01	3.55	1.00	1.23	6.08	0.35	1.34	9.17	10.08	1945	700	2029	17971	14207	7031
	12h100j_block	gleichmässig	1.12	0.21	0.37	0.24	1.81	2.03	3.22	1.00	1.10	4.94	0.30	0.80	6.62	7.36	2957	700	3193	18300	14530	4574
	24h100j_block	gleichmässig	0.66	0.21	0.22	0.24	1.17	1.32	2.27	0.78	0.84	3.48	0.18	0.48	4.50	5.14	0	0	1	12379	2347	0
	48h100j_block	gleichmässig	0.41	0.13	0.13	0.15	0.75	0.89	1.47	0.47	0.51	2.20	0.11	0.29	2.82	3.41	0	0	0	4991	402	0
300	0.5h300j_dreieck	Gewitter	4.85	0.21	0.74	0.24	1.21	1.88	3.87	1.00	1.40	7.72	0.53	2.13	11.80	12.77	1575	700	1454	13431	12302	5512
	1h300j_dreieck	Gewitter	5.65	0.25	1.24	0.25	2.46	4.02	5.51	3.07	3.32	9.31	0.76	2.74	14.92	16.22	3000	700	3300	18300	17200	7500
	2h300j_dreieck	Gewitter	5.01	0.68	1.18	0.76	5.01	8.67	10.86	3.89	4.22	15.55	0.75	2.62	18.50	19.35	3000	700	3300	18300	17200	7500
	4h300j_dreieck	Gewitter	3.58	0.64	0.87	0.75	4.41	7.07	9.16	3.08	3.36	13.75	0.56	1.94	17.13	18.06	3000	700	3300	18300	17200	7500
	12h300j_block	gleichmässig	1.29	0.42	0.43	0.48	2.47	3.45	4.77	1.52	1.64	7.14	0.36	0.94	9.10	9.88	3000	700	3300	18300	17200	7500
	24h300j_block	gleichmässig	0.76	0.21	0.24	0.24	1.29	1.48	2.52	0.89	0.96	3.91	0.21	0.55	5.07	5.73	652	109	793	15799	5833	0
	48h300j_block	gleichmässig	0.46	0.14	0.15	0.17	0.85	1.01	1.66	0.54	0.58	2.50	0.13	0.33	3.20	3.80	0	0	0	6313	457	0

Anhang 7.2: Die Resultate der Berechnungen mit dem NAM Q_{AREA} bei einem Ausbau des HWRB Allmend. Das obere HWRB Allmend (BP 5) wird bei Volleinstau auf $1.8 \text{ m}^3/\text{s}$ gedrosselt (Öffnung 0.8 m breit und 0.54 m hoch). Der Schieber beim unteren HWRB Allmend (BP 6) ist auf eine Höhe von 60 cm über der Sohle eingestellt, was einem Ausfluss von $2 \text{ m}^3/\text{s}$ bei Volleinstau entspricht. Die Entlastung des Brändikanals in das HWRB Allmend wird mit einer detaillierten Charakteristik berücksichtigt: Der Schieber im Brändikanal ist auf eine Höhe von 22 cm über der Sohle eingestellt, was einem Ausfluss von $1.4 \text{ m}^3/\text{s}$ bei Volleinstau entspricht. Das HWRB Althofbach (BP 8) wird auf $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ gedrosselt.

Wiederkehrperiode [Jahre]	Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlags-szenario	Abflussspitzen [m^3/s] bei den Berechnungspunkten														Rückhaltvolumen [m^3]					
			BP 1	BP 2	BP 3	BP 4	BP 5	BP 6	BP 7	BP 8	BP 9	BP 10	BP 11	BP 12	BP 13	BP 14	BP 2	BP 3	BP 4	BP 5	BP 6	BP 8
30	0.5h30j_dreieck	Gewitter	2.78	0.30	0.32	0.35	0.99	1.35	3.29	1.00	1.17	5.60	0.16	0.94	7.37	8.09	0	0	0	5394	2967	426
	1h30j_dreieck	Gewitter	3.09	0.40	0.45	0.50	1.31	1.48	3.55	1.00	1.24	6.38	0.24	1.16	8.93	9.72	0	0	0	8201	5834	1563
	2h30j_dreieck	Gewitter	2.70	0.39	0.44	0.49	1.41	1.54	3.50	1.00	1.21	6.11	0.24	1.11	8.78	9.63	0	0	0	9930	7071	2074
	4h30j_dreieck	Gewitter	1.99	0.31	0.35	0.39	1.43	1.50	3.22	1.00	1.16	5.41	0.20	0.86	7.49	8.26	0	0	0	10301	6297	1412
	12h30j_block	gleichmässig	0.94	0.29	0.30	0.33	1.53	1.61	2.90	1.00	1.09	4.52	0.24	0.66	5.91	6.61	0	0	0	12502	8076	296
	24h30j_block	gleichmässig	0.56	0.17	0.18	0.20	1.03	1.22	2.03	0.65	0.70	3.05	0.15	0.40	3.90	4.52	0	0	0	5786	553	0
	48h30j_block	gleichmässig	0.34	0.11	0.11	0.12	0.63	0.75	1.24	0.40	0.43	1.86	0.09	0.24	2.39	2.96	0	0	0	2310	339	0
100	0.5h100j_dreieck	Gewitter	3.77	0.55	0.58	0.64	1.38	1.55	3.79	1.00	1.30	6.99	0.32	1.48	9.92	10.76	0	0	0	9359	7244	2309
	1h100j_dreieck	Gewitter	4.28	0.74	0.80	0.89	1.64	1.87	4.19	1.00	1.35	7.75	0.46	1.87	12.00	13.05	0	0	0	14859	12062	5466
	2h100j_dreieck	Gewitter	3.78	0.69	0.78	0.87	1.89	2.03	4.19	1.00	1.31	7.45	0.45	1.77	11.54	12.58	0	0	0	18300	14588	7305
	4h100j_dreieck	Gewitter	2.74	0.53	0.59	0.66	2.49	2.03	3.88	1.00	1.23	6.44	0.35	1.34	9.53	10.45	0	0	0	18300	14611	7031
	12h100j_block	gleichmässig	1.12	0.35	0.37	0.41	1.81	1.90	3.39	1.00	1.10	5.13	0.30	0.80	6.81	7.55	0	0	0	18300	12537	4574
	24h100j_block	gleichmässig	0.66	0.21	0.22	0.24	1.23	1.37	2.32	0.78	0.84	3.53	0.18	0.48	4.55	5.19	0	0	0	7548	3545	0
	48h100j_block	gleichmässig	0.41	0.13	0.13	0.15	0.75	0.89	1.47	0.47	0.51	2.21	0.11	0.29	2.83	3.42	0	0	0	3355	403	0
300	0.5h300j_dreieck	Gewitter	4.85	0.86	0.90	1.01	1.64	1.87	4.32	1.00	1.40	8.17	0.53	2.13	12.25	13.22	0	0	0	14753	12120	5512
	1h300j_dreieck	Gewitter	5.65	1.14	1.24	1.38	5.03	6.37	8.61	3.07	3.32	12.04	0.76	2.74	15.37	16.67	0	0	0	18300	17200	7500
	2h300j_dreieck	Gewitter	5.01	1.07	1.18	1.32	6.67	10.67	13.57	3.89	4.22	19.16	0.75	2.62	22.71	23.63	0	0	0	18300	17200	7500
	4h300j_dreieck	Gewitter	3.58	0.79	0.87	0.97	5.36	8.21	10.82	3.08	3.36	15.71	0.56	1.94	19.41	20.39	0	0	0	18300	17200	7500
	12h300j_block	gleichmässig	1.29	0.42	0.43	0.48	2.47	3.13	4.77	1.52	1.64	7.14	0.36	0.94	9.10	9.88	0	0	0	18300	17200	7500
	24h300j_block	gleichmässig	0.76	0.24	0.25	0.28	1.39	1.57	2.64	0.89	0.96	4.03	0.21	0.55	5.19	5.86	0	0	0	9510	7471	0
	48h300j_block	gleichmässig	0.46	0.14	0.15	0.17	0.85	1.01	1.66	0.54	0.58	2.50	0.13	0.33	3.20	3.80	0	0	0	4248	458	0