

Massgebende Hochwasserabflüsse am Breiti- und Sagentobelbach in Dübendorf

Beurteilung von Hochwasserschutzmassnahmen



Hochwasser vom 3. Juli 2012 am Sagentobelbach in Stettbach (Foto: Gossweiler Ingenieure AG)

Auftraggeber:
Stadt Dübendorf, Abteilung Tiefbau

Bericht: 16/212

Reinach, September 2017

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	2
1.1 Problemstellung.....	2
1.2 Vorgehen.....	4
1.3 Gebietskennwerte.....	4
1.4 Gewährsleute.....	4
2 Verwendete Daten und Unterlagen.....	5
3 Historische Hochwasser.....	7
3.1 Einleitung.....	7
3.2 Angaben zur Ausbaugeschichte.....	7
3.3 Abflusskapazitäten und Retentionsverhalten.....	7
3.4 Historische Hochwasser.....	8
3.5 Schlussfolgerungen.....	11
4 Beurteilung der Abflussreaktion des Gebiets.....	12
4.1 Einleitung.....	12
4.2 Geologie, Hydrogeologie.....	12
4.3 Böden.....	12
4.4 Abflussprozesse und Abflusstypen auf natürlichen (nicht überbauten) Flächen.....	13
4.5 Abflussreaktion der Siedlungsgebiete.....	14
4.6 Abflussreaktionskurven.....	14
5 Abflussberechnungen.....	19
5.1 Einleitung.....	19
5.2 Grundlagen und Aufbau des Modells QArea.....	19
5.3 Modellverifikation.....	21
5.4 Niederschlag-Szenarien.....	25
5.5 Abflussberechnungen (Ist-Zustand).....	26
5.6 Abflussberechnungen bei Vollausbau der Gerinne.....	26
6 Hochwasserabflüsse definierter Jährlichkeit.....	27
6.1 Einleitung.....	27
6.2 Breitibach beim BP 8.....	27
6.3 Sagentobelbach beim BP 9.....	27
6.4 Hochwasserabflüsse.....	29
6.5 Hochwasserabflüsse bei Vollausbau der Gerinne.....	29
7 Wirkung von Hochwasserschutzmassnahmen.....	30
7.1 Einleitung.....	30
7.2 Simulation von Hochwasserschutzmassnahmen am Breitibach.....	30
7.3 Schlussfolgerungen.....	31
8 Anhang.....	32

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

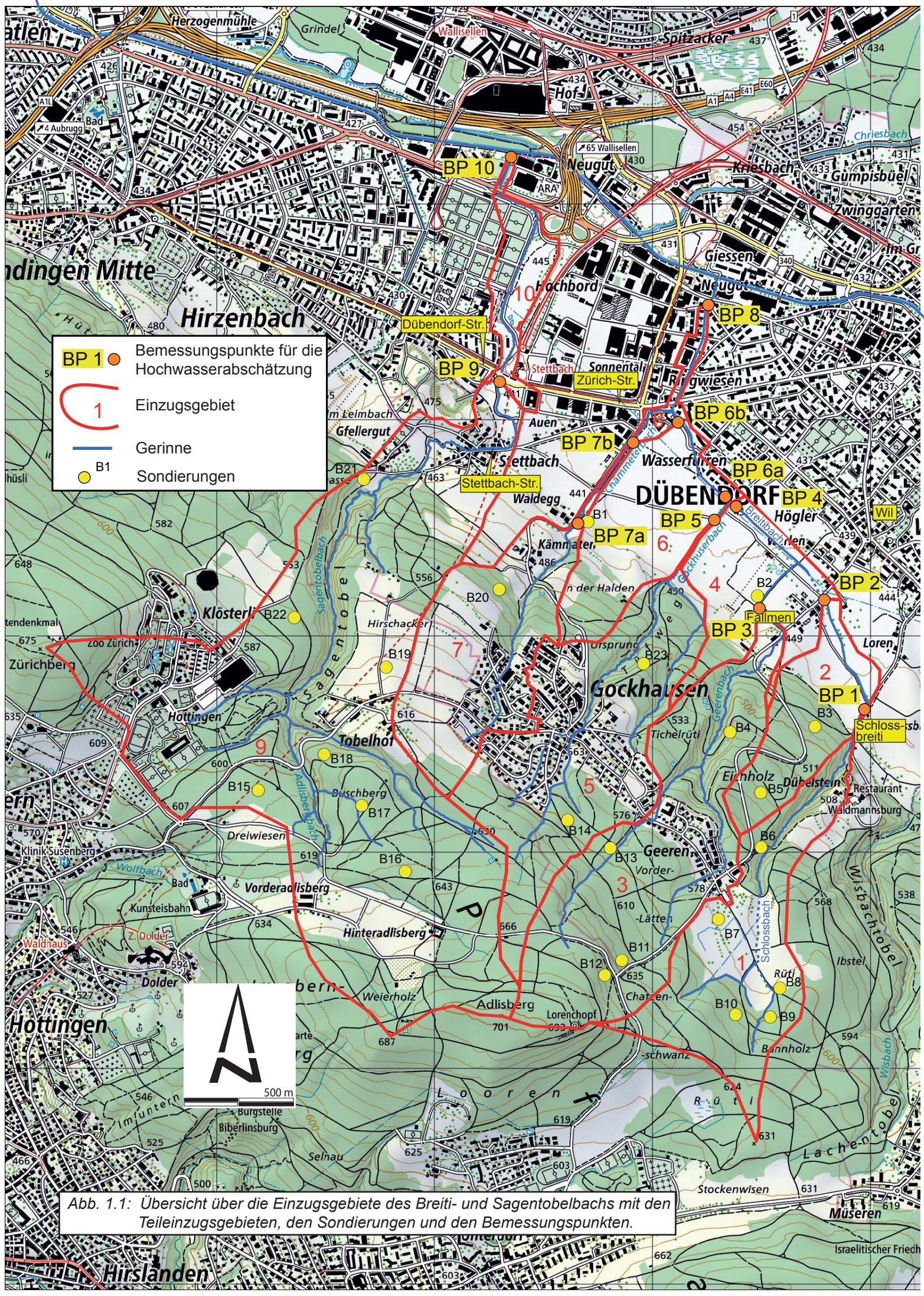
Der Breitibach entspringt auf dem Adlisberg und gelangt in verschiedenen Gewässerarmen in teilweise stark eingetieften Tobeln Richtung Dübendorf hinunter (Abb. 1.1). Am Hangfuss wird das Gelände flacher und der Breitibach fliesst dem Stadtrand von Dübendorf entlang. Dieses flache, landwirtschaftlich genutzte Gelände wurde beim Hochwasser vom 3.7.2012 schon teilweise überflutet. Im Siedlungsgebiet wird der Bach in einem gestreckten Gerinne Richtung Glatt geführt. Verschiedene Stege, Brücken und Durchlässe liegen in diesen Abschnitt. Westlich des Breitibachs fliesst der Sagentobelbach im Grenzgebiet zur Stadt Zürich in die Glatt. Oberhalb der Glattebene durchfliesst der Sagentobelbach das zu Dübendorf gehörende Stettbach, wo der Bach in der Vergangenheit (u.a. am 3.5.2013 und 3.7.2012) wiederholt ausuferte.

Für die Gefahrenkarte wurden die Abflussspitzen (HQ_{30} , HQ_{100} , HQ_{300}) dieser Bäche abgeschätzt, indem die Abflüsse von ähnlichen Gebieten (Geologie, Böden, Landnutzung und zu erwartenden Abflussprozessen) übertragen wurden (Scherrer AG, 2012). Um den Hochwasserschutz zu gewährleisten, müssten im Siedlungsraum an zahlreichen Brücken und Stegen mit z.T. aufwändigen Eingriffen die Abflusskapazität erhöht werden. Die Gossweiler Ingenieure AG soll ein Gewässerkonzept mit Schwerpunkt Sagentobelbach und Breitibach erstellen. Dabei stellt sich die Frage, ob anstelle eines Gerinneausbaus im Siedlungsraum die Abflussspitzen des Breitibachs mit Retentionsmassnahmen am Siedlungsrand gedämpft werden können. In den flachen Gebieten am Siedlungsrand findet heute natürlicherweise schon an einigen Stellen Retention statt, indem die Bäche ausufern. Mit gezielten Massnahmen (Schaffung von zusätzlichen Retentionsvolumen durch Geländeanpassungen oder eigentliche Rückhaltebecken) könnte die Wirkung dieser Rückhalteräume verbessert werden. Wie stark die Abflussspitzen im Siedlungsraum mit solchen Massnahmen gedämpft werden können, soll abgeklärt werden.

Das Beurteilen des Zusammenwirkens von Retentionsflächen und die Einschätzung ihres Einflusses auf die Abflussspitzen sind anspruchsvolle Aufgaben. Um dies abzuklären, müssen folgende Fragen untersucht werden:

- Wie reagieren die einzelnen Seitenbäche des Breitibachs und der Sagentobelbach auf seltene Starkregen?
- Wie gross sind die Abflussspitzen (HQ_{30} , HQ_{100} , HQ_{300}) und die dabei anfallenden Abflussvolumen?
- Ab welchen Abflüssen werden die heutigen Retentionsräume aktiviert und wie stark werden die Abflussspitzen bei den heutigen Verhältnissen gedämpft?
- Wie gross ist das Dämpfungspotential bei grösseren Rückhaltevolumen?

Diese Fragen sollen mit einer detaillierten hydrologische Untersuchung unter Einsatz eines Niederschlag-Abflussmodells (NAM) beantwortet werden.



- BP 1** ● Bemessungspunkte für die Hochwasserabschätzung
- 1** (red line) Einzugsgebiet
- (blue line) Gerinne
- B1** ● Sondierungen

Abb. 1.1: Übersicht über die Einzugsgebiete des Breit- und Sagentobelbachs mit den Teileinzugsgebieten, den Sondierungen und den Bemessungspunkten.

1.2 Vorgehen

Der vorliegende Bericht stellt die Resultate der durchgeführten Untersuchungen dar. Im Kapitel 2 sind die verwendeten Daten und Unterlagen zusammengestellt. Kapitel 3 stellt die Hochwassergeschichte dar und zeigt die aus den Erkundungen der historischen Hochwasser gewonnenen Erkenntnisse. In Kapitel 4 wird das Einzugsgebiet (EZG) nach seiner Abflussbereitschaft beurteilt. Darauf aufbauend erfolgten die Berechnungen mit einem Niederschlag-Abfluss-Modell (Kap. 5). Im Kapitel 6 werden die Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit hergeleitet, indem sämtliche Resultate in einem Frequenzdiagramm zusammengefügt werden. Die Wirkung geplanter Hochwasserschutzmassnahmen wird schliesslich im Kapitel 7 aufgezeigt.

1.3 Gebietskennwerte

Diese Kennwerte beziehen sich auf die in Abbildung 1.1 aufgeführten Teileinzugsgebiete.

Tab. 1.1: Gebietskennwerte

Höchster Punkt im EZG (Adlisberg)	701 m ü. M.
Tiefster Punkt im EZG des Breitibachs (Mündung In Glatt)	429 m ü. M.
Tiefster Punkt im EZG des Sagentobelbachs (Mündung In Glatt)	425 m ü. M.
EZG oberhalb BP 1: Schlossbach	0.6 km ²
EZG oberhalb BP 2: Breitibach vor Zufluss Geerenbach	1.0 km ²
EZG oberhalb BP 3: Geerenbach	1.0 km ²
EZG oberhalb BP 4: Breitibach vor Zufluss Gockhuserbach	2.3 km ²
EZG oberhalb BP 5: Gockhuserbach	0.9 km ²
EZG oberhalb BP 6a: Breitibach nach Zufluss Gockhuserbach	3.2 km ²
EZG oberhalb BP 6b: Breitibach vor Zufluss Chämmeterbach	3.6 km ²
EZG oberhalb BP 7a: Chämmeterbach bei Waldegg	0.6 km ²
EZG oberhalb BP 7b: Chämmeterbach vor Mündung in Breitibach	0.6 km ²
EZG oberhalb BP 8: Breitibach vor Mündung in Glatt	4.3 km ²
EZG oberhalb BP 9: Sagentobelbach bei Bahnhof Stettbach	2.7 km ²
EZG oberhalb BP 10: Sagentobelbach vor Mündung in Glatt	2.9 km ²

1.4 Gewährsleute

Folgende Personen haben uns bei unseren Untersuchungen mit Informationen unterstützt:

- Matthias Klöti, Strassenmeister, Dübendorf
- Kari Oberholzer, Feuerwehrkommandant, Dübendorf
- Aurelian Schumacher, Gossweiler Ingenieure AG, Dübendorf
- Ralph Widmer, Gossweiler Ingenieure AG, Dübendorf

2 Verwendete Daten und Unterlagen

- Anzeiger von Uster, diverse Ausgaben.
- Der Landbote, diverse Ausgaben.
- FAL, Eidg. Forschungsanstalt für landwirtschaftliche Pflanzenbau (1988): Bodenkarte Zürich, Massstab 1: 25'000.
- Feuerwehr Dübendorf – Wangen-Brüttisellen (2016): Einsatzberichte auf Webseite: <http://www.lo-dur-zh.ch/duebendorf>.
- Gossweiler Ingenieure AG (2012): HQ-Konzept Breitibach, Situation 1 : 2'000, erstellt 1.6.2011, revidiert 7.6.2012.
- Gossweiler Ingenieure AG (2015a): Planungsstudie Sagentobelbach, Stadtweg bis Mündung Glatt, Situationsanalyse Hochwasser Stand September 2015, Situation 1 : 2'500, LP 1 : 1'000/100, QP 1 : 100, 25.9.2015
- Gossweiler Ingenieure AG (2015b): Sanierung und Unterhalt Schloss- und Breitibach, Ist-Zustand, Situation 1 : 500, LP 1 : 1'000/100, QP 1 : 100, 16.10.2015.
- Gossweiler Ingenieure AG (2015c): Hochwasserschutz-Konzept Breitibach, Situation 1 : 2'000, QP 1 : 100, 24.11.2015.
- Hantke R. und Mitarbeiter (1967): Geologische Karte des Kantons Zürich und seiner Nachbargebiete 1:50'000.
- Heimatbuch Dübendorf, diverse Ausgaben.
- Jäckli H., Kempf Th. (1972): Hydrogeologische Karte der Schweiz 1 : 100'000. Blatt Bözberg - Beromünster. Hrsg. Schweiz. Geotechnische Kommission.
- Kt. Zürich, Baudirektion, ARV, Abt. GIS-Zentrum, 2000: Bodenkarte, Gewässerkarte und Übersichtspläne des Kantons Zürich.
- Landolt E. (1876): Die Wasserverheerungen vom 10.-15. Juni 1876. Schweizerische Zeitschrift für das Forstwesen, Jahrgang 1876: 161-168.
- Lanz-Stauffer H. und Rommel C. (1936): Elementarschäden und Versicherung. Studie des Rückversicherungsverbandes kantonal-schweizerischer Feuerversicherungsanstalten zur Förderung der Elementarschadenversicherung, Band 2. Selbstverlag des Rückversicherungsverbandes. Bern.
- MeteoSchweiz: Niederschlagsdaten verschiedener Starkregenereignisse. Witterungsberichte und Annalen, diverse Jahre.
- Meyer W. (1898): Ortsbeschreibung und Geschichte der Gemeinde Dübendorf, von Dr. Wilhelm Meyer. Zürich, 1898.
- Naef F., Scherrer S., Zurbrugg C. (1999): Grosse Hochwasser – unterschiedliche Reaktion von Einzugsgebieten auf Starkregen. Hydrologischer Atlas der Schweiz, Blatt 5.7.
- Naef F., Scherrer S., Frauchiger R. (2004): Wie beeinflusst die Siedlungsentwicklung von Zürich-Nord die Hochwasser der Glatt? Wasser Energie Luft, 96, 11/12, 331-338.
- Röthlisberger G. (1991): Chronik der Unwetterschäden in der Schweiz. Berichte WSL, Berichtnummer 330.
- Scherrer AG (2004): Bestimmungsschlüssel zur Identifikation von hochwasserrelevanten Flächen. Im Auftrag des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz.
- Scherrer AG (2012): Revision der Gefahrenkarte Dübendorf - Überprüfung der hydrologischen Grundlagen. Auftraggeber: AWEL Kt. ZH, Abt. Wasserbau, Sekt. Planung. Bericht KA93/12.
- Scherrer S. (1997): Abflussbildung bei Starkniederschlägen – Identifikation von Abflussprozessen mittels künstlicher Niederschläge. In: Mitteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich, Nr. 147.

- Swisstopo, Bundesamt für Landestopographie (2016): Geocover (Geologische Karten)
<https://map.geo.admin.ch>
- U.S. Army Corps of Engineers (2010): Hydrologic Engineering Center, River Analysis System (HEC-RAS), Version 4.1.0.
- Vogel F. (1845): Die alten Chroniken oder Denkwürdigkeiten der Stadt und Landschaft Zürich, von den ältesten Zeiten bis 1820, neu bearbeitet von Friedrich Vogel. Zürich, 1845.
- Weikinn C., Börngen M., Tetzlaff G. (2000): Quellentexte zur Witterungsgeschichte Europas von der Zeitwende bis zum Jahre 1850, Quellensammlung zur Hydrographie und Meteorologie, Band 1, Teil 5 (1751-1800), Berlin, Stuttgart; Gebrüder Bornträger.
- WSL, Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (2016): Ereignisdokumentation Hochwasserschäden in den Gemeinden Dübendorf und Zürich (1972-2014).

3 Historische Hochwasser

3.1 Einleitung

Abflussmessungen liegen am Breiti- und Sagentobelbach keine vor. Durch die Untersuchung historischer Hochwasser lassen sich Hinweise über Häufigkeit, Grösse und Verlauf von Hochwasserereignissen zusammentragen. Mit Informationen aus Zeitungen, Archiven, Fotos und verbürgten Angaben konnte ein Beobachtungszeitraum von ca. 300 Jahren erschlossen werden. Dadurch können Abflussspitzen historischer Hochwasser abgeschätzt und statistisch besser eingeordnet werden.

3.2 Angaben zur Ausbaugeschichte

3.2.1 Überblick

Die nachfolgenden Angaben zur Ausbaugeschichte sind unvollständig. Sie dienen dazu, vergangene Hochwasserereignisse in Bezug zum damaligen Ausbaugrad zu stellen und damit besser vergleichen und einordnen zu können. Viele Angaben stammen aus dem Heimatbuch Dübendorf (2001) und von Ralph Widmer. Wichtige Hinweise lieferten auch alte Landkarten.

3.2.2 Breitibach

Der Breitibach hat sein heutiges EZG erst seit 1952. Vorher floss der Geerenbach nach dem Zufluss des Schlossbachs als Kirch- oder Wilerbach durch Wil (Abb. 1.1) in einem eigenen Gerinne Richtung Glatt. Der ursprüngliche Breitibach umfasste das EZG des Gockhuser- und Chämmerbachs. 1952 wurde zwischen Fallmen und Gockhuserbach ein neues Gerinne gegraben und der Geerenbach ans EZG des Breitibachs angeschlossen. In den Jahren 1998/1999 wurde der Geerenbach im Gebiet Fallmen nach Westen in ein neues Bett verlegt.

3.2.3 Sagentobelbach

Der Sagentobelbach hat sich oberhalb Stettbach und in Stettbach in der Vergangenheit kaum verändert. Entlang der Stettbachstrasse erfolgte 2000 – 2001 eine Profilvergrösserung. Unterhalb floss der Sagentobelbach bis Anfang der 1970er-Jahre in gerader Linie Richtung Glatt. Durch den Bau der Autobahn in den 1970er-Jahren, der S-Bahn in den 1980er-Jahren und den Umbau des Bahnhofs Stettbach (2008 – 2010) wurde der Unterlauf in Etappen nach Westen verlegt.

3.3 Abflusskapazitäten und Retentionsverhalten

3.3.1 Überblick

Zur Einordnung vergangener Hochwasser ist es wichtig, die Abflusskapazität der Gerinne zu kennen. In den relevanten Abschnitten des Breitibachs und seiner Zuflüsse sowie des Sagentobelbachs wurden die Kapazitäten mit Hilfe des 1-D Programms HEC-RAS (U.S. Army Corps of Engineers, 2010) abgeschätzt. Dazu wurden die Geometrien aus Gossweiler Ingenieure AG (2015a-c) verwendet und mit zusätzlichen Vermessungen ergänzt.

3.3.2 Breitibach und Zuflüsse

Die Zuflüsse des Breitibachs fliessen aus steilen Tobeln in die Glattebene, wo es zu einem abrupten Gefällswechsel kommt. Der Schlossbach weist unter Annahme eines Rauheitswerts

von $k_{str} = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ zwischen Schlossbreiti und Fallmen stellenweise noch eine Abflusskapazität von knapp $2 \text{ m}^3/\text{s}$ auf. Beim Gockhauserbach sind es ebenfalls maximal $2 \text{ m}^3/\text{s}$ ($k_{str} = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) unter der Annahme, dass Geschiebe und Holz die Kapazität während eines Hochwasserereignisses nicht noch weiter einschränken. Geerenbach und Chämmeterbach wurden nicht näher untersucht. Im Überlastfall ufern der Schloss-, Geeren-, Gockhuser- und Chämmeterbach auf die Wege und Felder aus, wobei das Wasser über grössere oder kleinere Umwege weiter unten wieder in den Breitibach fliesst (fliessende Retention) oder in kleinen Mulden liegen bleibt (stehende Retention). Beim Schlossbach kann das Wasser in der Schlossbreiti rechtsufrig auch das EZG verlassen.

Der Breitibach weist zwischen Geeren- und Gockhuserbach eine Kapazität von ca. $7 \text{ m}^3/\text{s}$ ($k_{str} = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) auf. Im Überlastfall würde das Wasser linksufrig in Fliessrichtung weiterfliessen (fliessende Retention) und rechtsufrig gemäss Angaben von Gossweiler Ingenieure AG (2012) Richtung Siedlungsgebiet und Glatt aus dem EZG wegfliessen. Zwischen Gockhuser- und Chämmeterbach liegt die Kapazität bei ca. $8 \text{ m}^3/\text{s}$ ($k_{str} = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$). Im Überlastfall füllt sich linksufrig gemäss Angaben von Gossweiler Ingenieure AG (2012) eine Mulde im Feld mit einem Gesamtvolumen von $27'000 \text{ m}^3$ (stehende Retention). Nach dem Zufluss des Chämmeterbachs fliesst der Breitibach in einem stark verbauten Gerinne Richtung Glatt, wobei die Abflusskapazität im Bereich von $10 \text{ m}^3/\text{s}$ ($k_{str} = 40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) bis $12 \text{ m}^3/\text{s}$ ($k_{str} = 60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) liegt.

3.3.3 Sagentobelbach

Der Sagentobelbach weist in Stettbach stellenweise eine Abflusskapazität von $5 \text{ m}^3/\text{s}$ auf ($k_{str} = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) unter der Annahme, dass Geschiebe und Holz die Kapazität während eines Hochwasserereignisses nicht noch weiter einschränken. Vor dem Ausbau entlang der Stettbachstrasse (2000 – 2001, vgl. Kap. 3.2.3) lag die maximale Kapazität stellenweise vermutlich bei lediglich ca. $4 \text{ m}^3/\text{s}$. Unterhalb von Stettbach weist das Gerinne bis zur Unterquerung der Dübendorfstrasse beim Bahnhof Stettbach eine bedeutend höhere Abflusskapazität auf. Der Unterlauf wurde nicht näher untersucht.

3.4 Historische Hochwasser

Im Anhang 1 sind sämtliche Informationen über historische Hochwasser der zu untersuchenden Bäche und weiterer Gewässer in Dübendorf und Umgebung detailliert zusammengestellt. Die Grösse der einzelnen Hochwasser wurde gemäss den Kriterien in der Tabelle 3.1 charakterisiert. Die ältesten Angaben reichen bis ins Jahr 1719 zurück. Tabelle 3.2 zeigt dazu einen Überblick mit einer Einordnung des Schloss-, Geeren-, Gockhuser-, Chämmeter-, Breiti- und Sagentobelbachs sowie dem auslösenden Niederschlag. Neben den Abflussschätzungen einzelner Hochwasser aufgrund detaillierter Angaben wurden sämtliche zusammengetragenen Informationen zu den Hochwassern im EZG betrachtet und unter Berücksichtigung der im Laufe der Zeit veränderten Abflussverhältnisse gewertet.

Ein weiteres Kriterium für die Charakterisierung waren Niederschlagsmessungen. Die Tagesniederschläge bei den grossen Hochwasserereignissen seit 1953 sind im Anhang 2 aufgeführt. Zur Abschätzung des Gebiets-Niederschlags einiger Starkregenereignissen wurde die räumliche Niederschlagsverteilung mittels Interpolation (Kriging-Verfahren) ermittelt und dargestellt (Anhang 3). Mit dem NAM und dem zeitlichen Niederschlagsverlauf der Station Zürich Fluntern konnten die Grössenordnungen grosser Hochwasser seit 1953 abgeschätzt werden (vgl. Kap. 5).

Nachfolgend werden die als gross oder sehr gross eingestufteten Hochwasser am Breiti- und Sagentobelbach sowie einzelne mittlere Hochwasser, die eine Abflussschätzung zuliessen, beschrieben.

Tab. 3.1: Einordnungskriterien zur Wertung historischer Hochwasser am Schloss-, Geeren-, Gockhuser-, Chämmeter-, Breiti- und Sagentobelbach.

	Schloss- bach (m ³ /s)	Geeren- bach (m ³ /s)	Gock- huser- bach (m ³ /s)	Chäm- meter- bach (m ³ /s)	Breiti- bach nach Zufluss Gock- huser- bach (m ³ /s)	Breiti- bach nach Zufluss Chäm- meter- bach (m ³ /s)	Sagen- tobel- bach vor Düben- dorfer- str. (m ³ /s)	Beschreibung
BP	1	3	5	7	6a+b	8	9	
nicht klas- siert (-)	< 0.6	< 0.8	< 0.8	< 0.5	< 2.5	< 3	< 2	Hochwasser am betreffend- en Bach nicht erwähnt oder unbedeutend.
klein (k)	0.6 – 1.2	0.8 – 1.6	0.8 – 1.6	0.5 – 1	2.5 – 5	3 – 5.5	2 – 4	Hochwasser am betreffend- en Bach erwähnt oder ver- mutet, keine Schäden. Sagentobelbach vor 2000: Ausuferungen bei Lie- genschaft Stettbachstr. 34
mittel (m)	1.2 – 1.8	1.6 – 2.4	1.6 – 2.4	1 – 1.5	5 – 7.5	5.5 – 8	4 – 6	lokal leichte Schäden oder Überschwemmungen, evtl. einzelne Keller unter Was- ser.
gross (g)	1.8 – 2.4	2.4 – 3.2	2.4 – 3.2	1.5 – 2	7.5 – 10	8 – 11	6 – 8	Überschwemmungen und Sachschäden, Wasser auf der Strasse, Keller unter Wasser.
sehr gross (sg)	> 2.4	> 3.2	> 3.2	> 2	> 10	> 11	> 8	grosse Überschwemmungen und Sachschäden. Wohn- ungen im Parterre über- schwemmt.

Im Jahre **1750**, berichtet Meyer (1898), sind von den häufigen Regenwettern in Dübendorf die Bäche, Waldwasser und Flüsse ausgeföhrt und haben grossen Schaden angerichtet. Am **22.-24.8.1764** liessen Gewitter nach einer Regenperiode alle Gewässer hoch ansteigen und die Ufer überschwemmen und am **21.7.1792** führte ein Gewitter in Dübendorf Gfenn und Wangen zu Überschwemmungen mit Schäden.

Im Zuge der Wasserverheerungen in der Nord- und Ostschweiz am **10.-15.6.1876** führten möglicherweise die Dübendorfer Bäche die grössten Hochwasser der vergangenen 300 Jahre. Vom 11. auf den 12.6. wurden in Zürich 171 mm in 24 Stunden gemessen. Die Bäche in Dübendorf richteten grossen Schaden an. Der steile Weg neben dem Schlossbach wurde auf eine lange Strecke zu einem 30 – 60 cm tiefen und ebenso breiten Graben aufgerissen. Gewaltige Massen von Schlamm und Kies mit sich führend, verstopften die Bäche zunächst die Brückenlichtungen und ergossen sich dann seitwärts über die Dämme, Äcker und Wiesen verheerend. In Wil überflutete der (damals noch vorhandene Kirch- oder Wilerbach die Strasse. Auch der Gockhuser- und der Sagentobelbach richteten an Häusern und Land grossen Schaden an, letzteres teils wegreissend, teils mit Geschiebe bedeckend. Oberhalb Stettbach erfolgte ein Dammbruch am Fabrikweiher. Das Wasser stieg an einem Haus bis an die Türschlösser hinauf und riss ein grosses Stück Bachufer samt der Strasse weg.

Grosse Schäden richtete der Sagentobelbach **1944** an, weil ein Erdbeben im Tobel das Wasser aufstaute, welches anschliessend ausbrach und in Stettbach alle bachnahen Strassen und Gebäude überflutete. Dieses Ereignis war jedoch kein durch Starkregen ausgelöstes Hochwasser.

Tab. 3.2: Einordnung historische Hochwasser am Schloss-, Geeren-, Gockhuser-, Chämometer-, Breit- und Sagentobelbach gemäss den Kriterien in Tabelle 3.1.

Datum	Nieder-schlag	Schlossbach	Geerenbach	Gockhuser-bach	Chämometer-bach	Breitibach	Sagentobel-bach
1719, 3./4.7.	Gewitter	k ?	k ?	k ?	k ?		k ?
1750	Dauerregen	m - sg	m - sg	m - sg	m - sg		m - sg
1752	Dauerregen	-	-	-	-		-
1764, 22.-24.8.	Dauerregen, Gewitter	m - g	m - g	m - g	m - g		m - g
1781	Dauerregen	-	-	-	-		-
1792, 21.7.	Gewitter	m - g	m - g	m - g	m - g		m - g
1852, 17.-18.9.	Dauerregen	k ?	k ?	k ?	k ?		k ?
1876, 10.-15.6.	Dauerregen, Gewitter	sg	sg	sg	sg		sg
1881, 28.8.-2.9.	Dauerregen	-	-	-	-		-
1931, 4.3.	Dauerregen	k ?	k ?	k ?	k ?		k ?
1944	?	-	-	-	-		(sg)
1953, 26.6.	Dauerregen	m	m	m	m	m - g	m - g
1968, 21.9.	Dauerregen	k	k	k	k	k	k - m
1994, 19.5.	Dauerregen	k	k	k	k	k	k - m
1999, 22.2.	Dauerregen	k	m - g	m - g	k	m	m
1999, 12.5.	Dauerregen	m	m	m	m	m	m
2005, 21.8.	Dauerregen	k	k	k	k	k	k
2007, 20.6.	Gewitter	k	k	k	m	k	k
2007, 8.8.	Dauerregen	m	m	m	m	m - g	m
2012, 7.6.	Dauerregen	k	m	k	k	k	k
2012, 21.6.	Gewitter	-	-	-	-	-	-
2012, 3.7.	Lokaler Starkregen	m - g	m	m - g	m - g	g	m - g
2013, 2.5.	Gewitter	m	-	m	-	-	m

Ein zweitägiger Starkregen von über 150 mm Niederschlag in Zürich liess am **26.6.1953** den Sagentobelbach ausufernd, worauf das Wasser in Kellerräume eindrang. Über den damals neu gegrabenen Breitibach (vgl. Kap. 3.2.2) sind keine Überschwemmungsschäden bekannt. Damals war das Siedlungsgebiet von Dübendorf aber noch bedeutend kleiner.

Ebenfalls nahezu 150 mm Niederschlag in 2 Tagen liessen am **8.8.2007** den Sagentobelbach in Stettbach über die Ufer treten und Schäden an Liegenschaften verursachen. Auch der Geerenbach trat über die Ufer und überschwemmte die Untere Geerenstrasse in Fallmen.

Ein intensiver Starkregen über der Stadt Zürich und Dübendorf mit 46 mm in 3 Stunden führte am **3.7.2012** an den Bächen in Dübendorf zu den grössten Abflüssen seit 1953 oder weiter zurück. Alle Bäche ufernten stellenweise aus oder liefen an der Kapazitätsgrenze. Angrenzende Wege und Felder wurden überschwemmt, teilweise floss das Wasser zurück in die Gerinne oder füllte kleine Mulden. Das in Kap. 3.3.2 beschriebene Retentionspotential wurde geringfügig aktiviert. Der Sagentobelbach trat in Stettbach über die Ufer und überschwemmte viele Keller. Anhand der Ereignisanalysen und Fotodokumentationen und den Geometrien aus Gossweiler Ingenieure AG (2015a-c) konnten mit Hilfe des 1-D Programms HEC-RAS an mehreren Stellen die Abflussspitzen abgeschätzt werden (Tab. 3.3):

Tab. 3.3: *Abgeschätzte Abflussspitzen des Hochwassers vom 3.7.2012 in Dübendorf.*

Bach	Bachabschnitt	Abflussspitze
Schlossbach	Schlossbreiti und unterhalb (BP 1)	1.5 – 2 m ³ /s
Gockhuserbach	Oberhalb Kiesfang (BP 5)	2 – 2.5 m ³ /s
Breitibach	zw. Gockhuserbach und Chämmeterbach (BP 6a+b)	7 – 9 m ³ /s
Breitibach	Unterhalb Zürichstrasse (BP 8)	8 – 10 m ³ /s
Sagentobelbach	zw. Stettbach und Dübendorferstrasse (BP 9)	5 – 7 m ³ /s

Ein Gewitter mit einem Niederschlagsschwerpunkt über dem Zürichberg (vgl. Anhang 3.7 und 3.8) liess den Sagentobelbach am **2.5.2013** ein weiteres Mal in Stettbach leicht ausuferern. Anhand von den Hochwasserspuren auf Fotos konnte im Abschnitt zwischen Stettbach und der Dübendorferstrasse eine Abflussspitze von 4 – 5 m³/s abgeschätzt werden.

3.5 Schlussfolgerungen

Aus den Erkundungen historischer Hochwasser lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Durch die Recherchen über historische Hochwasser eröffnet sich ein Beobachtungszeitraum von 300 Jahren.
- Die grossen und sehr grossen Hochwasser an den Dübendorfer Bächen wurden durch Gewitter oder Dauerregen mit hohen Intensitätsspitzen verursacht.
- Der Breitibach hat erst seit 1952 sein heutiges EZG. Das Hochwasser vom 3.7.2012 mit einer Abflussspitze von 8 – 10 m³/s (BP 8) war in dieser Zeit vermutlich das grösste Ereignis (Wiederkehrperiode: 65 Jahre). Möglicherweise erreichte das Hochwasser vom 26.6.1953 eine ähnliche Grössenordnung und das Hochwasser vom Juni 1876 wäre wahrscheinlich bei den heutigen Verhältnissen grösser gewesen. Konservativ betrachtet (Rang 3 der vergangenen 150 Jahre) lässt sich dem Hochwasser vom 3.7.2012 daher eines Wiederkehrperiode von 50 – 65 Jahre zuordnen.
- Am Sagentobelbach kam es in der Vergangenheit in Stettbach wiederholt zu Ausuferungen. Dem Hochwasser vom 3.7.2012 mit einer Abflussspitze von 5 – 7 m³/s kann über die vergangenen 300 Jahre betrachtet Rang 2 – 6 (Wiederkehrperiode 50 – 150 Jahre) zugeordnet werden.
- Dem mittleren Hochwasser am Sagentobelbach vom 3.5.2013 mit einer Abflussspitze von 4 – 5 m³/s kann über die vergangenen 300 Jahre betrachtet Rang 7 – 12 (Wiederkehrperiode 25 – 43 Jahre) zugeordnet werden.

4 Beurteilung der Abflussreaktion des Gebiets

4.1 Einleitung

Wie viel Wasser bei Starkregen in den Boden eindringt und vorübergehend zurückgehalten wird und wie viel Wasser sofort abfließt, hängt von der Gebietsausstattung ab (Geomorphologie, Geologie, Böden, Vegetation, Landnutzung). Welche Abflussprozesse bei Starkregen ablaufen, wurde detailliert mittels Beregnungsversuchen untersucht (Scherrer, 1997; Naef et al., 1999). Darauf aufbauend wurde ein Bestimmungsschlüssel entwickelt, der die Identifikation hochwasserrelevanter Flächen erlaubt (Scherrer AG, 2004). Die Beurteilung der EZG der Bäche von Dübendorf nach der Abflussbereitschaft lehnt sich eng an diesen Bestimmungsschlüssel an.

Die untersuchten Teil-EZG des Breitibachs liegen alle nebeneinander an der NE-Seite des Adlisberges (701 m ü. M.; Abb. 1.1) und weisen daher einen ähnlichen Aufbau auf. Sie entwässern den Hang und werden in der Ebene am Stadtrand von Dübendorf auf ca. 440 m ü. M. vom Breitibach aufgenommen. Alle Gebiete weisen auf mittlerer Höhe eine Art Terrasse mit Siedlungsflächen (Geeren und Gockhausen) auf. Unterhalb davon haben die Bäche beachtliche Tobel in den Untergrund erodiert. In Dübendorf wird das Gelände zur Glatt hin sehr flach und dort haben die Bäche Schwemmfächer gebildet. Der Sagentobelbach entwässert den Hügelzug des Adlisberges und weist danach einen ähnlichen Verlauf auf wie die Seitenbäche des Breitibaches.

4.2 Geologie, Hydrogeologie

Die geologische und hydrogeologischen Grundlagen stammen aus Hantke (1967), Jäckli & Kempf (1972) und Swisstopo (2016).

Geologie: Der geologische Untergrund sämtlicher EZG wird durch Mergel und Sandsteine der Oberen Süsswassermolasse (OSM) oder „Zürcher Molasse“ gebildet. Diese ist von einer unterschiedlich mächtigen Schicht von Schottern der Würmmoräne überdeckt. Nur in den Tobeln tritt die Molasse zu Tage. Im Sagentobel zwischen Tobelhof und dem Weiler Stettbach sind sie mancherorts aufgeschlossen. Die am Hangfuss liegenden Bachschuttkegel bestehen aus Ablagerungssedimenten (Sande, Silte, Kiesen, Steine). Die Siedlungsflächen von Dübendorf liegen auf Glattschottern.

Hydrogeologie: Abgesehen vom Grundwasserträger der Glatt gibt es im Gebiet kaum lokale Grundwasservorkommen. Es bestehen zwar einige Quellen in den EZG, die Schüttungen sind eher gering¹. Die Durchlässigkeit der „Zürcher Molasse“ ist unterschiedlich und wird als gering bis sehr gering durchlässig eingestuft (Jäckli & Kempf, 1972). Die Moräne wird als uneinheitlich durchlässig beschrieben und die Glattschotter als sehr durchlässig.

4.3 Böden

Der Kanton Zürich verfügt über eine detaillierte Bodenkarte der landwirtschaftlich genutzten Gebiete (Kt. ZH, 2000; Massstab 1 : 5'000). Zudem besteht eine Bodenkarte im Massstab 1 : 25'000 (FAL, 1988), die zwar generalisiert ist, aber auch in den Waldgebieten Informationen über die Böden liefert. Gemäss den Bodenkarten dominieren Braunerden, untergeordnet liegen Pseudogleye und gleyige Braunerden vor. Um v.a. in den Waldgebieten ein detaillierteres Bild der Böden zu erhalten, wurden zahlreiche Bodensondierungen (B1 – B23) durchge-

¹ Die Schüttungen von Quellen können auf die Grösse des Speichervermögens des Untergrundes hinweisen.

führt mit der Schlagsonde nach Pürckhauer (Kerndurchmesser 2 cm). Die Lage der Sondierungen ist in Abbildung 1.1 eingetragen und die Profile sind im Anhang 4.2 dargestellt und im Anhang 4.3 kurz beschrieben. Diese Profile wurden nach Infiltration, Speichervermögen und zu erwartendem Abflussprozess beurteilt und bilden die Grundlage für die Kartierung des Gebiets nach der Abflussbereitschaft.

Die Dominanz der Braunerden bestätigte sich durch die Sondierungen (Sondierung B1, 2, 3, 4, 5, 6, 11, 12, 20, 21). Viele Übergangsformen wie vergleyte oder pseudovergleyte Braunerden (B13, 16, 18, 22, 23), Braunerde-Gleye (B7, 8, 14) befinden sich im EZG. Pseudogleye im weiteren Sinne Gleye oder Buntgleye (B17) mit geringem Speichervermögen wurden nur vereinzelt angetroffen. Besonders im Waldgebiet des Oberlaufs des Sagentobelbachs und im Oberlauf des Gockhuserbachs (östlich Geeren) befinden sich ausgedehnte Flächen mit stauwasserbeeinflussten Böden mit begrenztem Speichervermögen. Das ausgeprägte Gewässernetz ist ein guter Hinweis auf diese Böden. In den steilen Tobelbereichen nimmt die Bodenmächtigkeit und damit auch das Speichervermögen ab (B4), allerdings ist die Zugänglichkeit der Tobelbereiche erschwert. Dort war die detaillierte Orientierungslaufkarte nützlich, weil sie Hinweise auf anstehenden Fels, Vernässungen und Rinnen gab. So ist an manchen Tobeln das Terrain verrutscht, so dass die Mächtigkeit in den Anrissbereichen gering ist, in den Ablagebereichen weisen die Böden hingegen mittlere bis sogar grosse Mächtigkeiten auf.

Aufgrund der geologischen und hydrogeologischen Karte, der Sondierungen und der Bodenkarten und der Orientierungslaufkarten ergab sich ein Bild über die räumliche Verteilung und Eigenschaften der Böden im EZG.

4.4 Abflussprozesse und Abflusstypen auf natürlichen (nicht überbauten) Flächen

Die Beurteilung der natürlichen Flächen stützt sich im Wesentlichen auf die geologische Karte, die Bodenkarte, die Orientierungslaufkarte und vor allem auf die Bodensondierungen. Gemäss den in Tabelle 4.1 aufgeführten Kriterien wurden Prozesse, welche einen ähnlich starken Beitrag zur Entstehung von Hochwasser leisten, kartiert und zu sog. Abflusstypen zusammengefasst (Abb. 4.1). Diese dienen als Grundlage für die Abflussberechnungen mit dem Niederschlag-Abfluss-Modell Q_{AREA}.

Nassflächen werden rasch gesättigt (Prozess: Oberflächenabfluss aufgrund rasch sich sättigender Flächen, SOF1) und tragen wie undurchlässige Flächen (Oberflächenabfluss aufgrund Infiltrationshemmnissen, HOF1, 2) rasch zum Abfluss bei. Solche Flächen sind im EZG kaum vorhanden (Abflusstyp 1: 0.06 % Flächenanteil).

Feuchte Mulden, Bachflanken und die unteren Teile langer Hänge weisen in Bachnähe ein geringes Feuchtedefizit auf und sättigen sich bei Starkregen (verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund der Sättigung: SOF2). Drainierte Flächen an Hängen lösen raschen Abfluss im Boden aus (SSF1). Diese Flächen tragen leicht verzögert zur Entstehung von Hochwasser bei (Abflusstyp 2, 10.6 %).

Mässig tiefgründige Böden mit mässiger bis guter Durchlässigkeit werden gesättigt und es bildet sich verzögerter Oberflächenabfluss (SOF2 - 3). Auf flachgründigen Böden an bewaldeten Hängen, in stau- oder hangwasserbeeinflussten Böden entsteht verzögerter Abfluss im Boden (SSF2). Gesättigte oder nahezu gesättigte Böden in flacher Lage reagieren mangels Geländeneigung nur langsam. Sie alle gehören dem Abflusstyp 3 an (25.6 %).

Ein Grossteil der Böden im EZG der Dübendorfer Bäche sind gut durchlässig und auch speicherfähig. Bei Starkregen werden sie erst nach sehr ergiebigen Niederschlägen gesättigt (Oberflächenabfluss aufgrund sich langsam sättigender Flächen, SOF3; stark verzögerter Abfluss im Boden SSF3). Solche Flächen tragen daher stark verzögert und nur mässig zum

Hochwasser bei (Abflusstyp 4, 50.1 %). Im günstigen Fall sickert das Niederschlagswasser in den durchlässigen Untergrund (Tiefensickerung, DP, Abflusstyp 5, 0 %).

4.5 Abflussreaktion der Siedlungsgebiete

Die überbauten Flächen im EZG (13.6 %) wurden nach ihrer Hochwasserrelevanz gesondert kartiert. Die Beurteilung basiert auf den Erfahrungen der Glatstudie (Naef et al., 2004). Wichtige Kriterien waren dabei die Bebauungsdichte und die Geländeneigung. Die Siedlungsflächen wurden in drei verschiedene Abflusstypen mit unterschiedlicher Abflussreaktion unterteilt (Tab. 4.2), welche ebenfalls als Grundlage für die Abflussberechnungen mit dem Niederschlag-Abfluss-Modell QAREA dienen.

Die Abflusstypen 1-3 und die Siedlungstypen 1 – 3 machen insgesamt 49.9% des EZG aus. Die Abflussreaktion des Untersuchungsgebiets wird daher als mässig beurteilt.

4.6 Abflussreaktionskurven

Abbildungen 4.2a und 4.2b zeigen die Abflussreaktionskurven für natürliche Flächen und Siedlungsgebiete. Auf der Grundlage von Beregnungsversuchen (Scherrer, 1997) wurden den fünf Abflusstypen der natürlichen Flächen je eine Abflussreaktionskurve zugeordnet. Die Kurven beschreiben den Anteil des abfliessenden Niederschlags in Abhängigkeit der Niederschlagsmenge. Eingetragen sind die Spitzen- und die Volumenabflusskoeffizienten. Letztere zeigen, dass von den flächenmässig dominierenden Abflusstypen 3 und 4 der natürlichen Flächen (25.6 % resp. 50.1 % des EZG) bei einem Niederschlag von 100 mm rund 30 % resp. 10 % abfließt.

Für die Herleitung von Abflussreaktionskurven für natürliche Flächen besteht eine grosse Erfahrung aus zahlreichen Studien. Vergleichbare Erfahrungen für besiedelte Flächen existieren hingegen weniger. Die Abflussreaktionskurven der Siedlungsgebiete beruhen im Wesentlichen auf Erkenntnissen, die im Rahmen der Glatstudie gewonnen wurden (Naef et al., 2004). Demnach fließen vom Siedlungs-Abflusstyp S1 (1.8 % des EZG) bei einem Niederschlag von 100 mm rund 85 % ab, bei S2 (7.8 % des EZG) 42 % und S3 (4.0 % des EZG) 20 %.

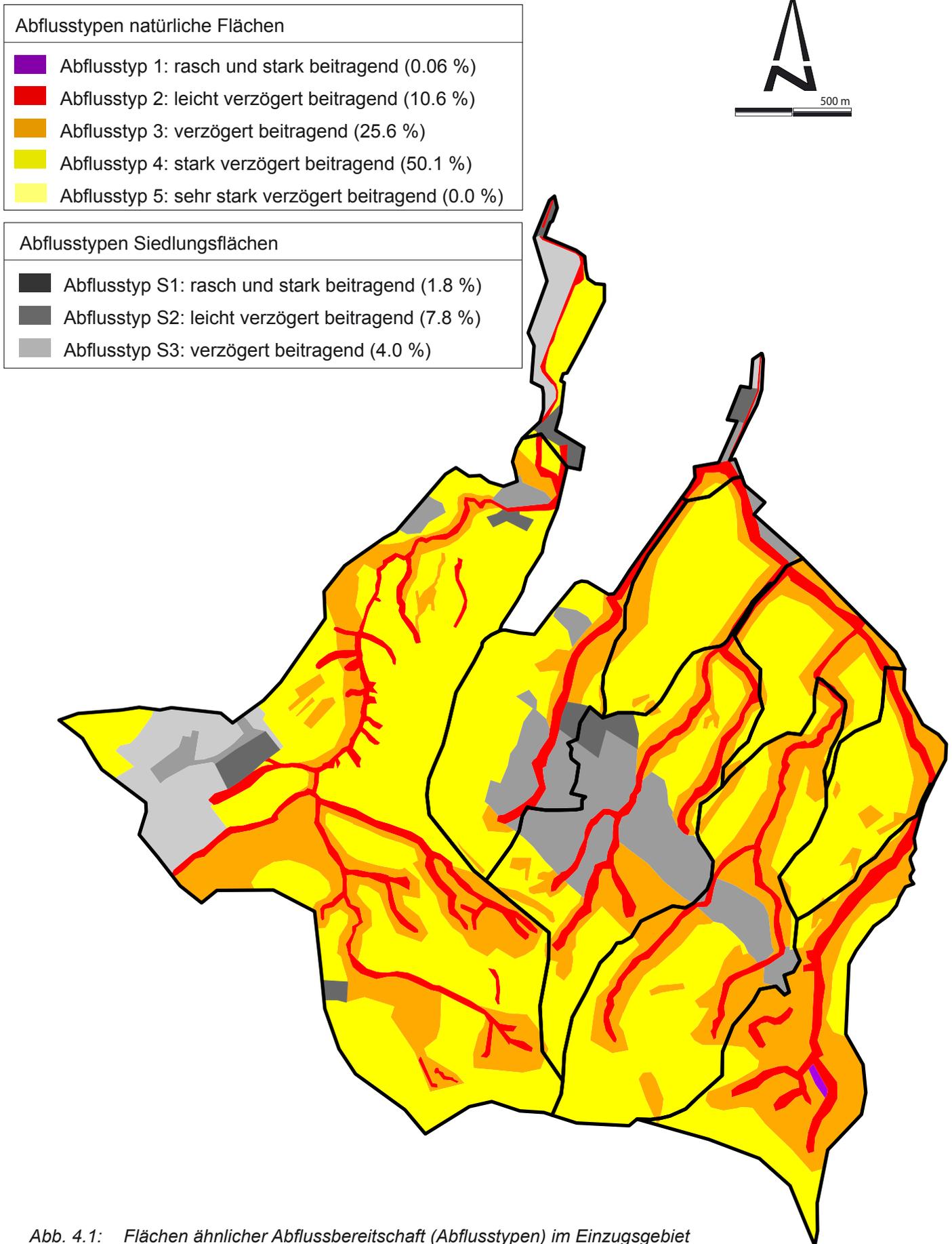


Abb. 4.1: Flächen ähnlicher Abflussbereitschaft (Abflusstypen) im Einzugsgebiet des Sagentobelbachs und des Breitibachs in Dübendorf.

Tab. 4.1: Dominante Abflussprozesse, Gebietseigenschaften und Abflusstypen im EZG der Dübendorfer Bäche.

Abflusstyp	Abflussreaktion	Dominante Abflussprozesse	Massgebende Gebietseigenschaften	Flächenanteil am EZG	
				(km ²)	(%)
1	Rasch und stark beitragende Flächen	Oberflächenabfluss aufgrund von Infiltrationshemmnissen (HOF1)	Schwach durchlässige Böden mit Gefälle, verrutschte Gerinneflanken.	0.004	0.06
		Sofortiger gesättigter Oberflächenabfluss (SOF1)	Feuchtfächen		
2	Leicht verzögert beitragende Flächen	Leicht verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund von Infiltrationshemmnissen (HOF2)	Schwach durchlässige Böden mit geringem Gefälle.	0.76	10.6
		Leicht verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund sich langsam sättigender Flächen (SOF2)	Vernässte Böden im Bereich von Quellmulden, Moore an geneigter Lage.		
		Rascher Abfluss im Boden (SSF1)	Flachgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fließwegen über schwach durchlässigem Fels mit grossem Gefälle, drainierte Flächen in Hanglage.		
3	Verzögert beitragende Flächen	Verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund sehr langsam sich sättigender Böden (SOF2 - SOF3)	Mässig tiefgründige Böden mit mässiger bis guter Durchlässigkeit, locker bebaute Siedlungsflächen. Nasse Flächen in ebener Lage.	1.85	25.6
		Verzögerter Abfluss im Boden (SSF2)	Mässig tiefgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fließwegen über Fels oder Moräne, Flächen in Gerinnenähe, drainierte Böden in flacher Lage.		
4	Stark verzögert beitragende Flächen	Sehr stark verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund sehr langsam sich sättigender Böden (SOF3)	Tiefgründige Böden mit guter Durchlässigkeit.	3.62	50.1
		Stark verzögerter Abfluss im Boden (SSF3)	Tiefgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fließwegen.		
5	Sehr stark verzögert beitragende Flächen	Tiefensickerung (DP)	Tiefgründige gut durchlässige Böden oder flachgründige, gut durchlässige Böden auf durchlässiger Geologie (Moräne, Schotter).	0.00	0.0
		Sehr stark verzögerter Abfluss im Boden (SSF3)	Tiefgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fließwegen, gerinnefern.		
Total				6.23	86.4

Tab. 4.2: Klassierung der Siedlungsflächen nach Abflusstypen.

Abflusstyp	Abflussreaktion	Massgebende Gebietseigenschaften	Flächenanteil	
			(km ²)	(%)
S1	rasch und stark beitragend	sehr dicht bebaute Flächen leicht geneigte, dicht bebaute Flächen stark geneigte, mässig dicht bebaute Flächen	0.13	1.8
S2	leicht verzögert beitragend	ebene, dicht bebaute Flächen leicht geneigte, mässig dicht bebaute Flächen geneigte, locker bebaute Flächen	0.56	7.8
S3	verzögert beitragend	geneigte, locker bebaute Flächen leicht geneigte, mässig dicht bebaute Flächen	0.29	4.0
Total			0.98	13.6

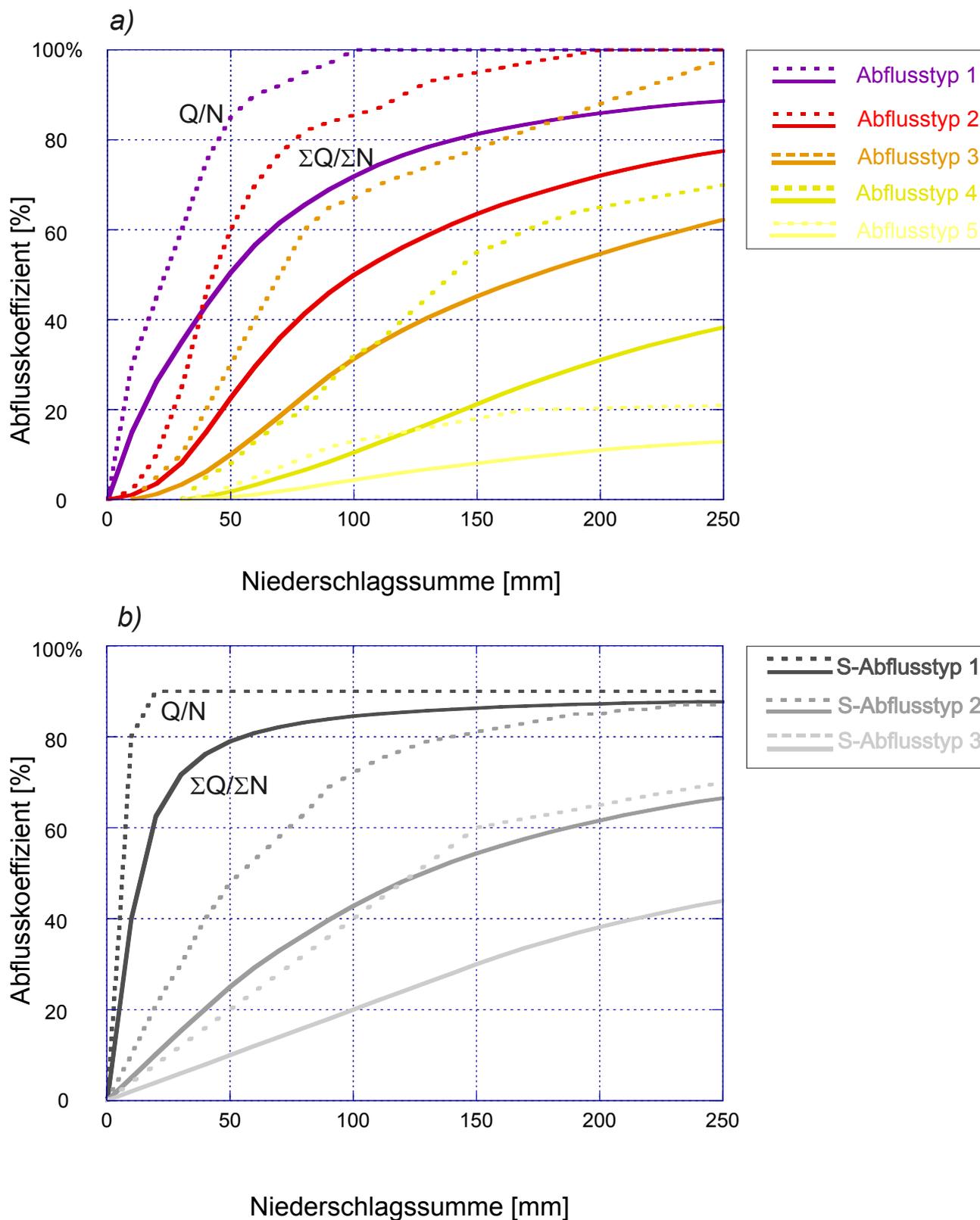


Abb. 4.2: Die Abflussreaktionskurven für natürliche Flächen (Abb. 4.2a) und für Siedlungsflächen (Abb. 4.2b). Sie definieren den Anteil des abfließenden Niederschlags in Abhängigkeit der Niederschlagssumme. Eingetragen ist der Spitzenabflusskoeffizient (Q/N , strichliert) und der Volumenabflusskoeffizient ($\Sigma Q/\Sigma N$, ausgezogene Linie).

5 Abflussberechnungen

5.1 Einleitung

Das hier eingesetzte Niederschlag-Abfluss-Modell (NAM) Q_{AREA} wurde am Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft (heute IfU) 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.

5.2 Grundlagen und Aufbau des Modells Q_{AREA}

Die Abbildung 5.1 zeigt die Grundlagen des NAM Q_{AREA}. Das Modell wurde den Verhältnissen entsprechend für den Breiti- und Sagentobelbach erstellt. Zusammenfassend die wichtigsten Grundlagen und Eigenschaften des Modells Q_{AREA}:

- Das NAM ist aus Teileinzugsgebieten aufgebaut mit Bemessungspunkten (BP, Abb. 5.1a).
- Das NAM basiert auf der Klassifizierung der **Abflussbereitschaft** der Teileinzugsgebietsflächen (Abflusstypen, Abb. 5.1b) und den dazugehörigen Abflussreaktionen (Abflussreaktionskurven, Abb. 5.1c, Kap. 4.6).
- Die **Fliesszeiten** bis zum Teileinzugsgebietsausgang (Isochronen) und die Fliesszeiten in den Gerinnen wurden berücksichtigt (Abb. 5.1d).
- **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 5 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.

In den flachen Gebieten am Siedlungsrand findet heute natürlicherweise schon an einigen Stellen Retention statt, indem die Bäche ausufern. In vielen Fällen fliesst das ausgeuferte Wasser über Umwege wieder ins Gerinne. Diese fließende Retention wird durch die Parametrisierung des Oberflächenspeichers teilweise berücksichtigt². Bei der Schlossbreiti könnte Wasser des Schlossbachs (rechtsufrig) aus dem EZG hinausfließen; im Sinne einer Betrachtung auf der sicheren Seite wurde dieses Szenario nicht berücksichtigt, könnte aber modelliert werden.

Der Breitibach weist zwischen Geeren- und Gockhuserbach eine Kapazität von ca. 7 m³/s auf. Im Überlastfall würde das Wasser linksufrig in Fliessrichtung weiterfließen (fließende Retention) und rechtsufrig Richtung Siedlungsgebiet und Glatt aus dem EZG wegfließen (vgl. Kap. 3.3.2). In der Simulation werden die Abflüsse > 7 m³/s (im Sinne einer Betrachtung auf der sicheren Seite) zwischengespeichert und bei kleinerem Abfluss weitergegeben. An dieser Stelle (BP 6a) ist ein Rückhaltebecken geplant, dass mit veränderten Parametern in gleicher Weise modelliert werden kann.

² Für eine genauere Berücksichtigung der fließenden Retention müssten die Ganglinien der Hangbäche in ein hydraulisches 2-D-Modell eingespielen werden.

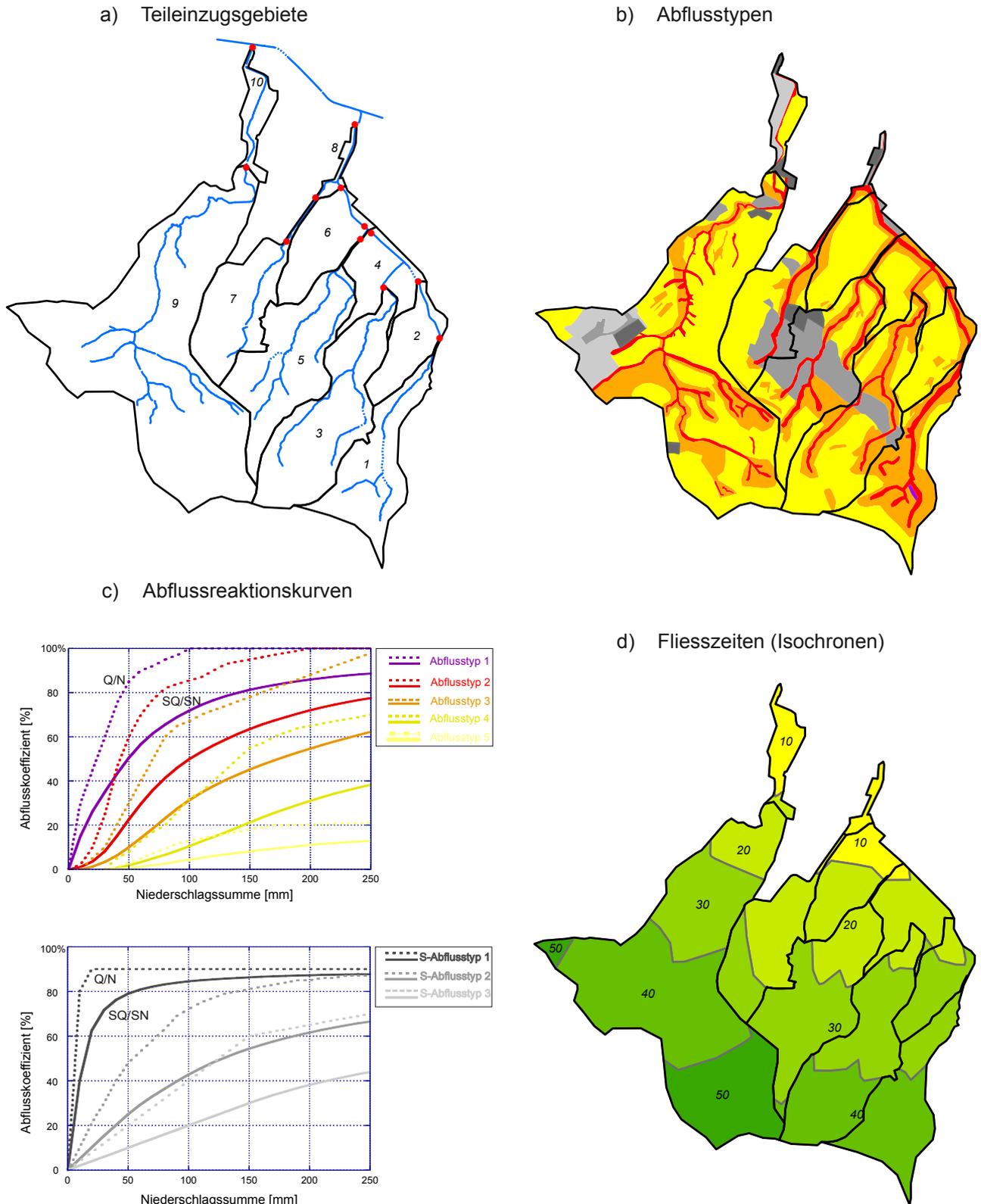


Abb. 5.1:
Die Grundlagen des Niederschlag-Abfluss-Modells QAREA:
a) Die Teileinzugsgebiete mit den Berechnungspunkten,
b) die Abflusstypen,
c) die Abflussreaktionskurven,
d) die Fließzeiten in Minuten (Isochronen).

Zwischen Gockhuser- und Chämmeterbach liegt die Kapazität bei ca. 8 m³/s. Im Überlastfall füllt sich linksufrig eine Mulde im Feld mit einem Gesamtvolumen von 27'000 m³ (stehende Retention) (vgl. Kap. 3.3.2), die im Modell berücksichtigt wurde (BP 6b).

Am Chämmeterbach könnte rechtsufrig beim BP 7a Wasser ausgeleitet und vor dem BP 7b zurückgehalten werden. Diese mögliche Hochwasserschutzmassnahme kann im Modell simuliert werden (vgl. Kap. 7).

5.3 Modellverifikation

Für die Modellverifikation wurden die Hochwasser vom 3. Juli 2012 (Abb. 5.2 und 5.3, Kap. 5.3.1) und vom 2. Mai 2013 (Abb. 5.4, Kap. 5.3.2) nachgerechnet. Zur Abschätzung der Gröszenordnung der Sagentobelbach-Hochwasser wurden weitere grosse Hochwasser der vergangenen Jahrzehnte ohne Vergleich mit einer beobachteten Abflussspitze simuliert (Anhang 6, vgl. auch Kap. 3.4).

5.3.1 Hochwasser vom 3. Juli 2012

Beim Hochwasser vom 3. Juli 2012 liegen Abschätzungen der Abflussspitzen an Schloss-, Gockhauser-, Breiti- und Sagentobelbach vor (Kap. 3.4). Bei diesem Hochwasserereignis waren folgende Voraussetzungen für eine Modelleichung gegeben:

- Es war ein lokales Niederschlagsereignis, das von zahlreichen Messstationen im und um das EZG aber gut erfasst wurde. Es wurde die zeitliche Niederschlagsverteilung der hoch aufgelösten messenden Station Dübendorf-Empa für den Niederschlagsinput verwendet.
- Aufgrund der vorliegenden Daten der umliegenden Tagessammler konnte die räumliche Niederschlagsverteilung mittels Interpolation abgeschätzt und für den Niederschlagsinput verwendet werden (Anhang 3.6).

In der Simulation des Hochwassers werden die abgeschätzten Abflussspitzen am Schloss-, Gockhauser- und Breitibach erreicht (Abb. 5.2). Am Sagentobelbach beim BP 9 liegt die Simulation im unteren Bereich der Abschätzung (Abb. 5.3).

5.3.2 Hochwasser vom 2. Mai 2013

Beim Hochwasser vom 2. Mai 2013 liegen nur Abschätzungen der Abflussspitze am Sagentobelbach vor (Kap. 3.4). Die Abschätzung des Niederschlagsinputs war hingegen schwieriger:

- Es war ein Gewitterereignis mit hoher räumlicher Variabilität, die mit den Beobachtungen der Bodenstationen nicht wiedergegeben werden kann (Anhang 3.7). Der Vergleich mit der Summation der Radarbilder zeigt, dass der Schwerpunkt des Gewitters auch über dem EZG des Sagentobelbachs lag, allerdings liegen die Radarsummen bedeutend tiefer (Anhang 3.8). Für das EZG des Sagentobelbachs wurde daher eine Niederschlagssumme von 60 mm angenommen.
- Es wurde die zeitliche Niederschlagsverteilung der hoch aufgelösten, im Kerngebiet des Gewitters liegenden Station Friedhof Schwamendingen für den Niederschlagsinput verwendet.

Die am Sagentobelbach (BP 9) beobachtete Abflussspitze konnte vom Modell nachvollzogen werden (Abb. 5.4). Die Niederschlagsbeobachtung aber auch die Simulation des Retentionsverhaltens (Kap. 5.2) sind unscharf. Dennoch sind die Nachrechnungen der Hochwasser plausibel und das Modell kann daher für die Extrapolation verwendet werden.

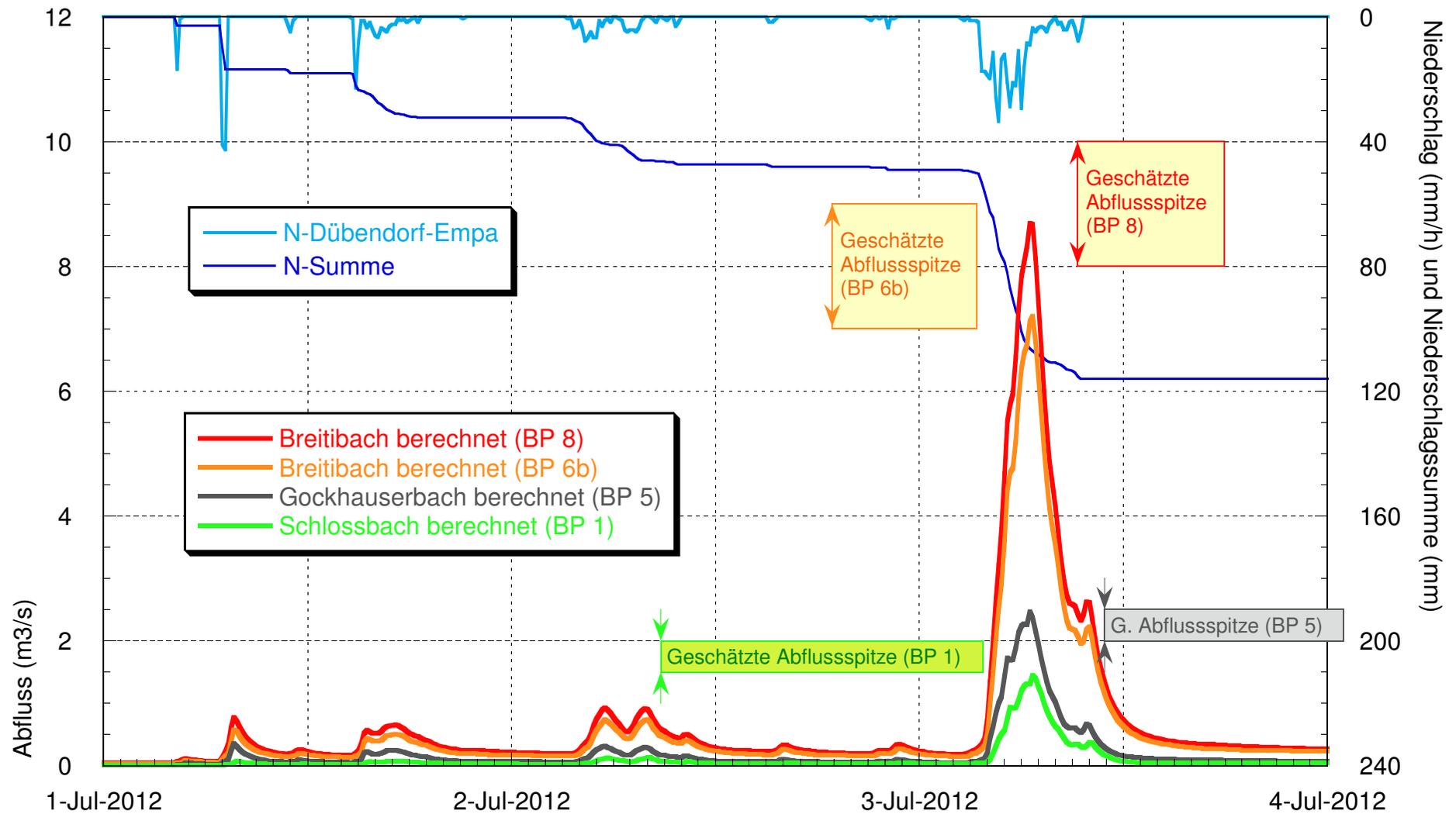


Abb. 5.2: Die mit dem Modell QArea nachgerechneten Abflüsse des Breitibachs und seiner Zuflüsse am 3. Juli 2012 im Vergleich mit den Beobachtungen. Es wurde mit dem zeitlichen Niederschlagsverlauf der Station Dübendorf-Empa gerechnet.

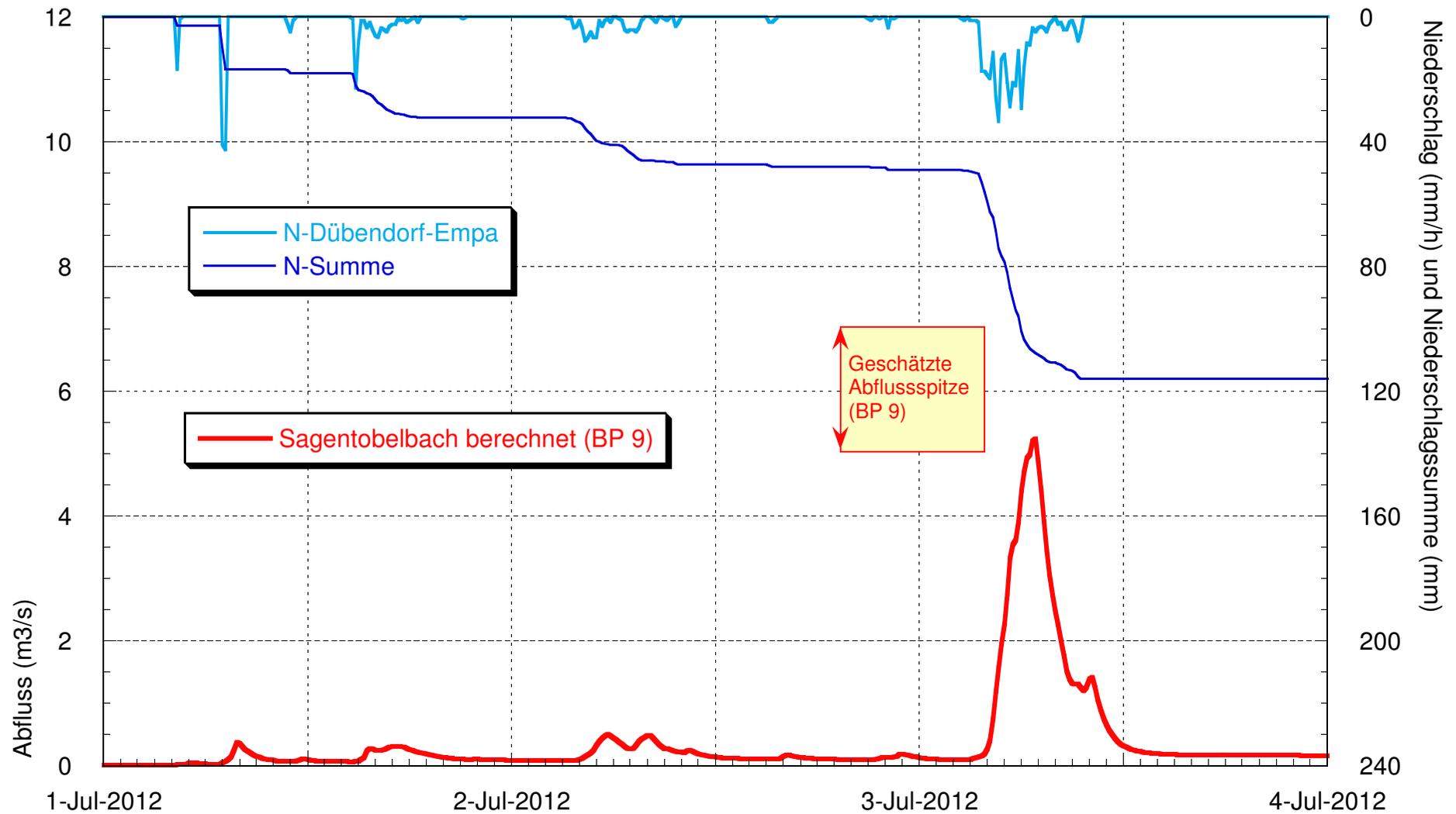


Abb. 5.3: Die mit dem Modell QArea nachgerechneten Abflüsse des Sagentobelbachs am 3. Juli 2012 im Vergleich mit der Beobachtung. Es wurde mit dem zeitlichen Niederschlagsverlauf der Station Dübendorf-Empa gerechnet.

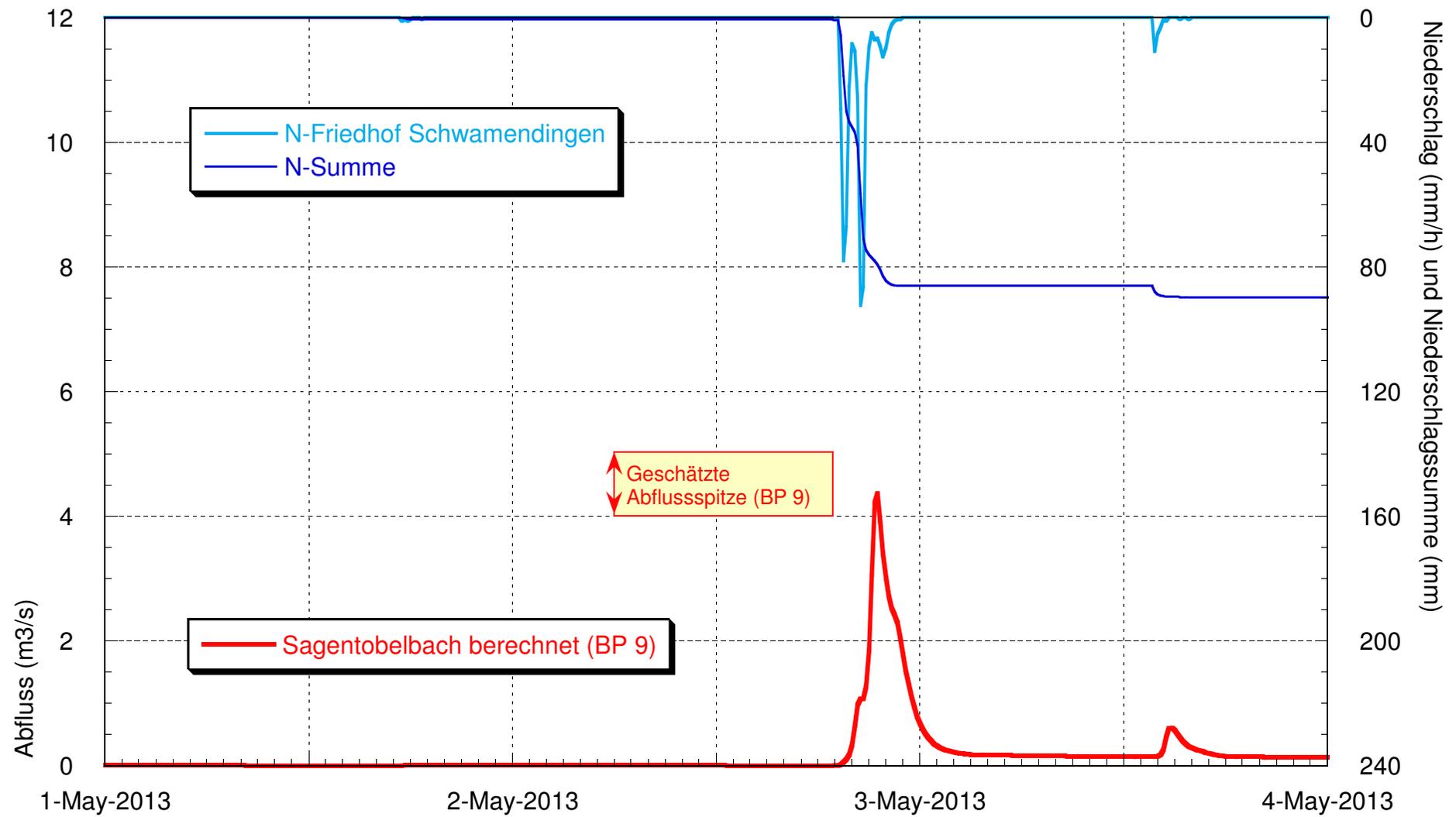


Abb. 5.4: Die mit dem Modell QArea nachgerechneten Abflüsse des Sagentobelbachs am 2. Mai 2013 im Vergleich mit der Beobachtung. Es wurde mit dem zeitlichen Niederschlagsverlauf der Station Friedhof Schwamendingen gerechnet.

5.4 Niederschlag-Szenarien

5.4.1 Räumliche Niederschlagsverteilung

Niederschläge haben eine zeitliche (Dauer und Intensität des Niederschlags) und eine räumliche Verteilung (Überregnung des Gebiets). Die Zentren von Konvektionszellen, in denen die Niederschlagsmaxima von kurzen Starkniederschlägen (≤ 4 h Dauer) fallen, sind auf wenige km^2 begrenzt. Weil aber die Flächen der EZG mit ca. 4.3 km^2 (Breitibach) und 2.9 km^2 (Sagentobelbach) klein sind, können auch kurze Starkniederschläge das Gebiet voll überregnen. Daher wurde sowohl bei den langandauernden als auch bei den kurzen Niederschlagsszenarien eine gleichmässige räumliche Niederschlagsverteilung angenommen. Damit liegt man bei den Szenarien auf der „sicheren“ Seite.

5.4.2 Zeitliche Niederschlagsverteilung und Niederschlagsintensitäten

Westlich des Sagentobel- und des Breitibachs liegt die Regenmessstation Zürich Fluntern der MeteoSchweiz, die seit 1864 betrieben wird. Für zahlreiche Messstationen hat MeteoSchweiz eine seit Messbeginn aktualisierte Niederschlagstatistik auf ihrer Webseite aufgeschaltet, so auch für Zürich Fluntern für 10-Minuten- und 1-h-Maxima. Für die Tages- und Mehrtageswerte liefert MeteoSchweiz allerdings keine statistischen Angaben, weil mit der standardmässig verwendeten Allgemeinen Extremalverteilung (GEV) keine befriedigende Anpassung an die Messwerte möglich ist. Die Scherrer AG hat daher die Tages- und Mehrtageswerte mit der 2. Extremalverteilung selber ausgewertet. Die statistischen Werte für Dauern zwischen 2 h und 12 h wurden interpoliert (Anhang 7).

Die in Anhang 7 angegebenen Niederschlagswerte wurden für die Modellrechnungen verwendet (Tabelle 5.1). 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.

Tab. 5.1: Die für die Modellrechnungen verwendeten Niederschlagswerte (Zürich Fluntern, 1864 – 2015).

Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlagsdauer [h]	Wiederkehrperiode [Jahre]	Zeitliche Verteilung des Niederschlags	Niederschlagshöhe [mm]	Max. Niederschlagsintensität [mm/h]
0.5h30j_dreieck	0.5	30	Dreieck	40.3	120.8
1h30j_dreieck	1	30	Dreieck	54.5	95.4
2h30j_dreieck	2	30	Dreieck	63.3	59.3
4h30j_dreieck	4	30	Dreieck	73.4	35.6
12h30j_block	12	30	Blockregen	93.0	7.8
24h30j_block	24	30	Blockregen	108.0	4.5
48h30j_block	48	30	Blockregen	143.5	3.0
0.5h100j_dreieck	0.5	100	Dreieck	54.1	162.2
1h100j_dreieck	1	100	Dreieck	80.8	141.4
2h100j_dreieck	2	100	Dreieck	92.0	86.2
4h100j_dreieck	4	100	Dreieck	104.7	50.7
12h100j_block	12	100	Blockregen	128.6	10.7
24h100j_block	24	100	Blockregen	146.4	6.1
48h100j_block	48	100	Blockregen	196.8	4.1
0.5h300j_dreieck	0.5	300	Dreieck	69.6	208.9
1h300j_dreieck	1	300	Dreieck	114.6	200.6
2h300j_dreieck	2	300	Dreieck	128.3	120.3
4h300j_dreieck	4	300	Dreieck	143.5	69.5
12h300j_block	12	300	Blockregen	171.6	14.3
24h300j_block	24	300	Blockregen	192.0	8.0
48h300j_block	48	300	Blockregen	262.0	5.5

5.5 Abflussberechnungen (Ist-Zustand)

Anhang 8.1 zeigt die Resultate der Modellrechnungen für den Ist-Zustand. Gemäss den Angaben in Kap. 5.2 werden beim BP 4 Abflüsse $> 7 \text{ m}^3/\text{s}$ (im Sinne einer Betrachtung auf der sicheren Seite) zwischengespeichert und bei kleinerem Abfluss weitergegeben³. Zwischen BP 6a und BP 6b füllt sich bei Abflüssen $> 8 \text{ m}^3/\text{s}$ linksufrig eine Mulde im Feld mit einem Gesamtvolumen von $27'000 \text{ m}^3$. Fett gedruckt sind die grössten Abflüsse. Die Berechnungen zeigen, dass Gewitterniederschläge von 1 bis 2 Stunden Dauer die grössten Abflussspitzen erzeugen. Die Resultate der Abflussberechnungen sind damit im Einklang mit den Beobachtungen historischer Hochwasser (vgl. Kap. 3.5). Bei einem HQ_{100} uferf der Breitibach beim BP 4 und zwischen BP 6a und BP 6b aus.

5.6 Abflussberechnungen bei Vollausbau der Gerinne

Anhang 8.2 zeigt die Resultate der Modellrechnungen bei einem Vollausbau der Gerinne (Bruttomethode). Anhand dieser Berechnung wird ersichtlich, wie gross die Abflussspitzen ohne das Ausufer bei Überlast und ohne Retention wären. Die Abflüsse des Sagentobelbachs und der Breitibachzuflüsse verändern sich gegenüber dem Ist-Zustand nicht. Die Abflüsse des Breitibachs (BP 4, 6a, 6b und 8) sind im Vergleich zum Ist-Zustand bei einem HQ_{100} und bei einem HQ_{300} hingegen wesentlich grösser. Gewitterniederschläge von 1 bis 2 Stunden Dauer erzeugen die grössten Abflussspitzen.

³ Im Anhang 8 werden in der Spalte BP 4i die ungedämpfte Zuflussganglinie und unter der Spalte BP 4 die auf $7 \text{ m}^3/\text{s}$ gedämpfte Ganglinie dargestellt.

6 Hochwasserabflüsse definierter Jährlichkeit

6.1 Einleitung

Um die massgebenden Hochwasserabflüsse festzulegen, wurden im Sinne einer Synthese die Erkenntnisse aus den historischen Hochwassern und die Resultate der Modellrechnungen in einem Frequenzdiagramm zueinander in Beziehung gesetzt. Dies liefert ein Gesamtbild und zeigt den Unsicherheitsbereich der Hochwasserabschätzung auf. Bei der Festlegung der massgebenden Abflüsse verspricht dieses Vorgehen eine grössere Verlässlichkeit.

6.2 Breitibach beim BP 8

Die Erkundung der historischen Hochwasser (Kap. 3) eröffnet einen Beobachtungszeitraum von 300 Jahren. Der Breitibach hat aber erst seit 1952 sein heutiges EZG. Das Hochwasser vom 3.7.2012 mit einer Abflussspitze von 8 – 10 m³/s (blaues Rechteck in Abb. 6.1) war in dieser Zeit vermutlich das grösste Ereignis (Wiederkehrperiode: 65 Jahre). Möglicherweise erreichte das Hochwasser vom 26.6.1953 eine ähnliche Grössenordnung und das Hochwasser vom Juni 1876 wäre wahrscheinlich bei den heutigen Verhältnissen grösser gewesen. Konservativ betrachtet (Rang 3 der vergangenen 150 Jahre) lässt sich dem Hochwasser vom 3.7.2012 daher eine Wiederkehrperiode von 50 – 65 Jahre zuordnen.

Die Berechnungen mit den Modellregen erweitern die Erkenntnisse aus den historischen Hochwassern und sind in Abbildung 6.1 violett dargestellt. Sie ermöglichen die Abschätzung seltener Hochwasser. Die roten Linien markieren den Unsicherheitsbereich für die vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit. Ein HQ₁₀₀ liegt beim BP 8 demnach im Bereich von 10 – 12 m³/s.

6.3 Sagentobelbach beim BP 9

Beim Sagentobelbach sind nur von den jüngeren Hochwassern vom 3. Juli 2012 und 2. Mai 2013 Abflussspitzen bekannt (blaue Rechtecke in Abb. 6.2):

- Dem Hochwasser vom 3.7.2012 mit einer Abflussspitze von 5 – 7 m³/s kann über die vergangenen 300 Jahre betrachtet Rang 2 – 6 (Wiederkehrperiode 50 – 150 Jahre) zugeordnet werden.
- Dem Hochwasser vom 3.5.2013 mit einer Abflussspitze von 4 – 5 m³/s kann über die vergangenen 300 Jahre betrachtet Rang 7 – 12 (Wiederkehrperiode 25 – 43 Jahre) zugeordnet werden.

Wie beim Breitibach ermöglichen die Modellrechnungen die Abschätzung seltener Hochwasser. Die roten Linien markieren den Unsicherheitsbereich für die vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit. Ein HQ₁₀₀ liegt beim BP 9 demnach im Bereich von 8 – 10 m³/s.

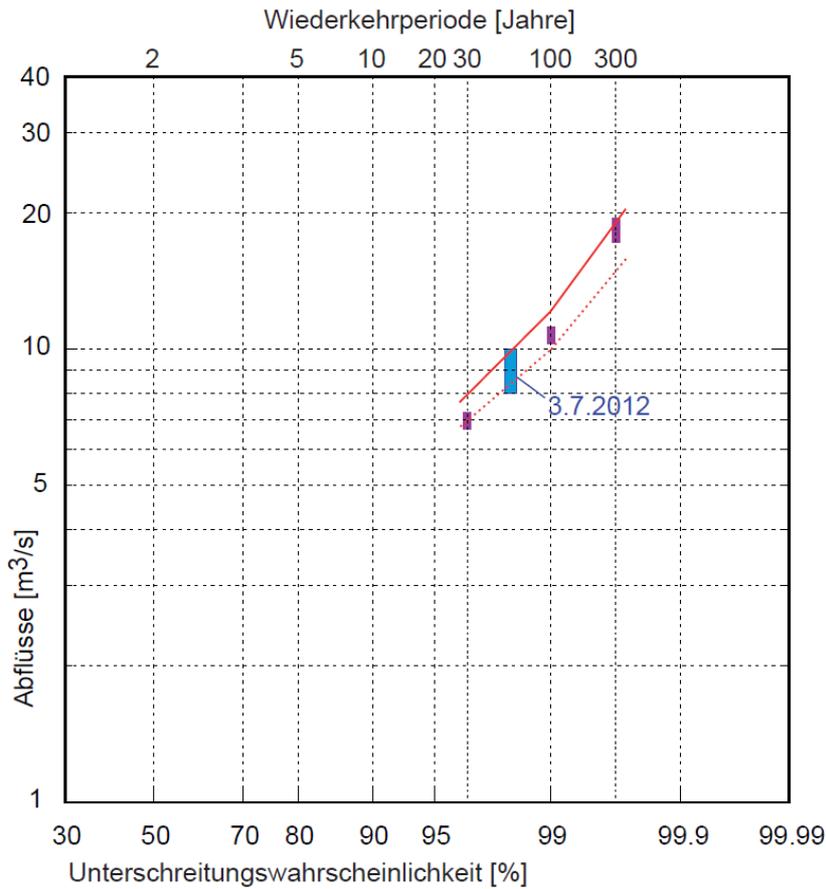


Abb. 6.1:

Frequenzdiagramm des Breiwbachs in Dübendorf beim BP 8 (4.3 km²). Eingetragen ist das abgeschätzte Hochwasser des Jahres 2012 (blau). Die Resultate der Berechnungen mit Modellregen sind violett dargestellt. Die rote resp. rot gepunkteten Linien markieren die vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit.

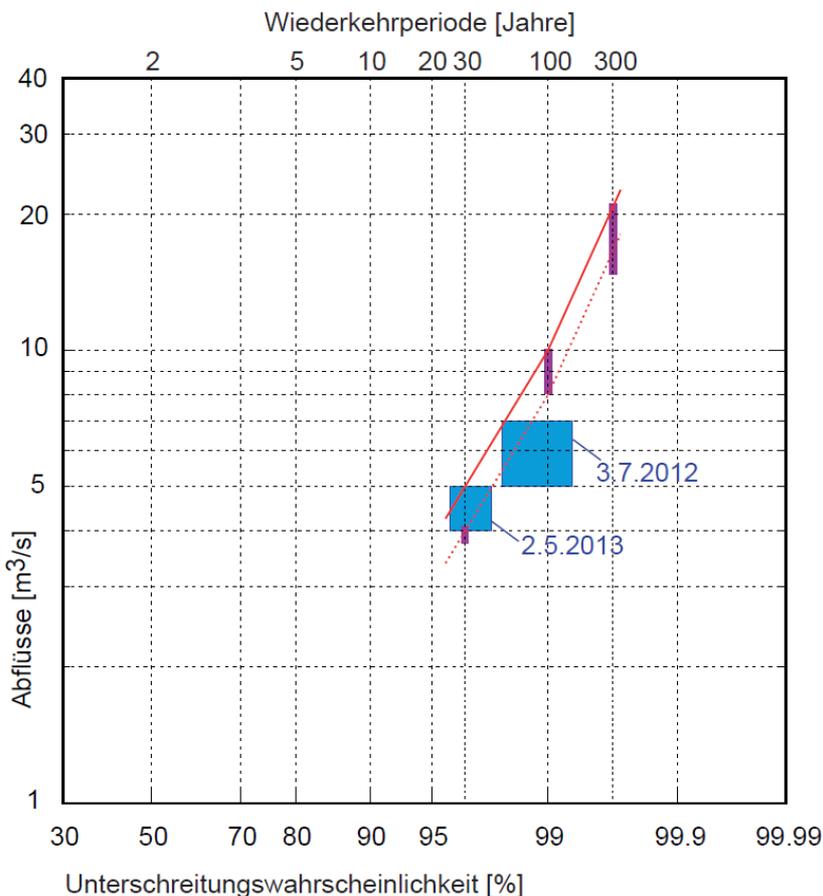


Abb. 6.2:

Frequenzdiagramm des Sagentobelbachs in Dübendorf beim BP 9 (2.7 km²). Eingetragen sind die abgeschätzten Hochwasser der Jahre 2012 und 2013 (blau). Die Resultate der Berechnungen mit Modellregen sind violett dargestellt. Die rote resp. rot gepunkteten Linien markieren die vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit.

6.4 Hochwasserabflüsse

Unter Berücksichtigung der Modellrechnungen konnten die Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit für die übrigen Berechnungspunkte in analoger Weise festgelegt werden (Tabelle 6.1). Während sich die 30- und 100-jährlichen Hochwasserabflüsse auch auf die Beobachtung historischer Hochwasser stützen, ist die Festlegung der 300-jährlichen Hochwasserabflüsse eine Extrapolation, die alleine auf den Modellrechnungen und damit auf der Niederschlagsstatistik von Zürich Fluntern (Kap. 5.4.2) mit einer Auswerteperiode von 150 Jahren (1864 – 2015) beruht.

Tab. 6.1: Die an Bächen in Dübendorf ermittelten Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit.

BP	zugeordneter Gerinneabschnitt	HQ ₃₀ [m ³ /s]	HQ ₁₀₀ [m ³ /s]	HQ ₃₀₀ [m ³ /s]
1	Schlossbach (0.6 km ²)	1.5 – 2	2.5 – 3.5	5.5 – 6.5
2	Breitibach vor Zufluss Geerenbach (1.0 km ²)	1.5 – 2	3 – 4	6 – 7.5
3	Geerenbach (1.0 km ²)	1.5 – 2	3 – 4	6.5 – 8
4	Breitibach vor Zufluss Gockhuserbach (2.3 km ²)	3.5 – 4	5.5 – 7	5.5 – 7
5	Gockhuserbach (0.9 km ²)	2.5 – 3	4.5 – 5.5	8 – 10
6a	Breitibach nach Zufluss Gockhuserbach (3.2 km ²)	6 – 6.5	10 – 12.5	13.5 – 17
6b	Breitibach vor Zufluss Chämmeterbach (3.6 km ²)	6 – 6.5	6.5 – 8	12.5 – 15.5
7a+b	Chämmeterbach (0.6 km ²)	1 – 1.5	2 – 2.5	4.5 – 5.5
8	Breitibach vor Mündung in Glatt (4.3 km ²)	7 – 8	10 – 12	15 – 19
9	Sagentobelbach bei Bahnhof Stettbach (2.7 km ²)	4 – 5	8 – 10	17 – 21
10	Sagentobelbach vor Mündung in Glatt (2.9 km ²)	4 – 5.5	8.5 – 10.5	17.5 – 21.5

6.5 Hochwasserabflüsse bei Vollausbau der Gerinne

Bei einem Vollausbau der Gerinne verändern sich die Abflüsse des Sagentobelbachs und der Breitibachzuflüsse gegenüber dem Ist-Zustand nicht. Die Abflüsse des Breitibachs (BP 4, 6a, 6b und 8) sind im Vergleich zum Ist-Zustand bei einem HQ₁₀₀ und bei einem HQ₃₀₀ hingegen wesentlich grösser. Tabelle 6.2 zeigt die gegenüber der Tabelle 6.1 veränderten Werte.

Tab. 6.2: Die an Bächen in Dübendorf ermittelten Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit.

BP	zugeordneter Gerinneabschnitt	HQ ₃₀ [m ³ /s]	HQ ₁₀₀ [m ³ /s]	HQ ₃₀₀ [m ³ /s]
4	Breitibach vor Zufluss Gockhuserbach (2.3 km ²)	3.5 – 4	6.5 – 8	14 – 17
6a	Breitibach nach Zufluss Gockhuserbach (3.2 km ²)	6 – 6.5	11 – 13.5	22 – 27
6b	Breitibach vor Zufluss Chämmeterbach (3.6 km ²)	6 – 6.5	11.5 – 14	23 – 28.5
8	Breitibach vor Mündung in Glatt (4.3 km ²)	7 – 8	14 – 17	28 – 34

7 Wirkung von Hochwasserschutzmassnahmen

7.1 Einleitung

Der Breitibach hat nach dem Zufluss des Chämmeterbachs (BP 8) ein HQ_{100} von 10 – 12 m^3/s . Das Gerinne ist aber in diesem Abschnitt auf einen Abfluss von etwa 7.5 m^3/s ausgelegt. Es stellt sich nun die Frage, ob anstelle eines Gerinneausbaus die Abflussspitzen mit Retentionsmassnahmen am Siedlungsrand gedämpft werden können. In den flachen Gebieten am Siedlungsrand findet heute natürlicherweise schon an einigen Stellen Retention statt, indem die Bäche ausufern. Mit gezielten Massnahmen (Ableitung von Wasser sowie Schaffung von zusätzlichen Retentionsvolumen durch Geländeanpassungen oder eigentliche Rückhaltebecken) könnte die Wirkung dieser Rückhalteräume verbessert werden. Wie stark die Abflussspitzen im Siedlungsraum mit solchen Massnahmen gedämpft werden können, soll abgeklärt werden.

7.2 Simulation von Hochwasserschutzmassnahmen am Breitibach

Das Konzept der Gossweiler Ingenieure AG sieht folgende mögliche Massnahmen zur Dämpfung der Abflüsse am Breitibach vor:

- Rückhaltebecken am Breitibach beim BP 6a
- Rechtsufrige Ausleitung beim BP 7a und Rückhalt vor dem BP 7b am Chämmeterbach
- Ableitung des Schlossbaches von der Schlossbreiti (BP 1) in die Glatt

Mit Hilfe des NAM kann die Wirkung dieser Massnahmen simuliert werden. Anhang 9.1 zeigt die Berechnungen mit einer Drosselung beim BP 6a auf 5 m^3/s sowie einer Drosselung und rechtsufrigen Ausleitung beim BP 7a auf 2.5 m^3/s . In diesem Fall werden die HQ_{100} -Abflüsse am Breitibach beim BP 8 auf 8.6 m^3/s gedämpft. Erforderlich sind dazu Rückhaltevolumen⁴ beim BP 6a von ca. 34'000 m^3 und beim BP 7b von ca. 200 m^3 .

Um den Breitibach (BP 8) auf 7.6 m^3/s zu dämpfen, ist eine Drosselung beim BP 6a auf 4 m^3/s sowie eine Drosselung und rechtsufrigen Ausleitung beim BP 7a auf 2.5 m^3/s erforderlich (Anhang 9.2). Erforderlich sind dazu Rückhaltevolumen⁴ beim BP 6a von ca. 44'000 m^3 und beim BP 7b von ca. 200 m^3 .

Mit einer zu den obenstehenden Massnahmen (Drosselung beim BP 6a auf 4 m^3/s sowie Drosselung und rechtsufrigen Ausleitung beim BP 7a auf 2.5 m^3/s) zusätzlichen Ableitung des Schlossbaches von der Schlossbreiti (BP 1) in die Glatt kann man das beim BP 6a erforderliche Rückhaltevolumen von ca. 44'000 m^3 auf ca. 25'000 m^3 reduzieren (Anhang 9.3). Das Kosten-Nutzen-Verhältnis wird aber durch diese zusätzlichen Ableitung des Schlossbaches in die Glatt aber schlechter, weil auf das Rückhaltebecken beim BP 6a nicht verzichtet werden kann. Daher empfiehlt sich die in Anhang 9.2 gewählte Massnahmenkombination.

⁴ Die Simulationen erfolgten mit einer fixen Drosselwassermenge (entspricht einer gesteuerten Drosselung). Bei einem ungesteuerten Rückhaltebecken wird mehr Rückhaltevolumen benötigt, weil die Drosselwassermenge von der Einstauhöhe abhängt. Dieser Aspekt muss bei der weiteren Projektierung berücksichtigt werden.

7.3 Schlussfolgerungen

Aufgrund der Simulationen mit dem NAM empfiehlt sich eine Drosselung beim BP 6a auf 4 m³/s sowie eine Drosselung und rechtsufrigen Ausleitung beim BP 7a auf 2.5 m³/s. Dazu sind Rückhaltevolumen beim BP 6a von ca. 44'000 m³ und beim BP 7b von ca. 200 m³ notwendig. Es ist jedoch zu beachten, dass bei ungesteuerten Hochwasserrückhaltebecken die Rückhaltevolumen etwas höher liegen, als die mit einer fixen Drosselwassermenge gerechneten Volumen. Im Rahmen der weiteren Projektierung können bei Kenntnis der geometrischen Verhältnisse die erforderlichen Rückhaltevolumen genauer abgeschätzt werden. Mit den empfohlenen Massnahmen verändern sich die Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit an den betroffenen Bachabschnitten gemäss Tabelle 7.1:

Tab. 7.1: Die durch die Drosselung beim BP 6a auf 4 m³/s sowie die Drosselung und rechtsufrigen Ausleitung beim BP 7a auf 2.5 m³/s gedämpften Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit sowie die abgeschätzten Rückhaltevolumen.

BP	zugeordneter Gerinneabschnitt	HQ ₃₀ [m ³ /s]	HQ ₁₀₀ [m ³ /s]	HQ ₃₀₀ [m ³ /s]
6a	Breitibach nach Zufluss Gockhuserbach (3.2 km ²)	ca. 4	ca. 4	ca. 4
	<i>ungedämpft</i>	6 – 6.5	10 – 12.5	13.5 – 17
	geschätzte Rückhaltevolumen	5'000	44'000	116'000
6b	Breitibach vor Zufluss Chämmeterbach (3.6 km ²)	ca. 4.5	ca. 4.5	ca. 5.5
	<i>ungedämpft</i>	6 – 6.5	6.5 – 8	12.5 – 15.5
7b	Chämmeterbach (0.6 km ²)	1 – 1.5	2 – 2.5	ca. 2.5
	<i>ungedämpft</i>	1 – 1.5	2 – 2.5	4.5 – 5.5
	geschätzte Rückhaltevolumen	0	200	7'000
8	Breitibach vor Mündung in Glatt (4.3 km ²)	ca. 5.5	ca. 7.5	ca. 9
	<i>ungedämpft</i>	7 – 8	10 – 12	15 – 19

Scherrer AG
 Hydrologie und Hochwasserschutz

Dr. S. Scherrer

R. Frauchiger

Reinach, September 2017

Sachbearbeiter:

Roger Frauchiger, Dipl. Kult. Ing. ETH Zürich

Dr. Simon Scherrer, Dipl. Geograph Uni Basel

Sven Decker, M. Sc. Hydrologie Uni Freiburg i. Brg., Scherrer AG

8 Anhang

- Anhang 1: Historische Hochwasser
- Anhang 2: Tagesniederschläge
- Anhang 3: Räumliche Niederschlagsverteilungen
- Anhang 4: Untersuchte Bodenprofile
- Anhang 5: Modellaufbau
- Anhang 6: Nachrechnung hist. Hochwasser am Sagentobelbach
- Anhang 7: Niederschlagsstatistik Zürich Fluntern (1864 – 2015)
- Anhang 8: Resultate Modellrechnungen Ist-Zustand und bei Vollausbau der Gerinne
- Anhang 9: Resultate Modellrechnungen Hochwasserschutzmassnahmen

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1719, 3./4.7.	Gewitter	[...] am 3. und 4. entleerten sich äusserst heftige Gewitter über Dübendorf, Wangen, Volketschwil, Pfäffikon, Hittnau, Bauma und Fischenthal, [...]	Vogel (1845)
		1719 erfolgte ein schweres Gewitter.	Meyer (1898)
1750	Dauerregen	1750 sind von den häufigen Regenwetter zu verschiedenen Malen die Bäche, Waldwasser und Flüsse an- und übergelaufen und haben grossen Schaden angerichtet so auch die Glatt, so dass bei der Herzogenmüllli die Reisenden in Schiffen übergesetzt werden mussten.	Meyer (1898)
1752	Dauerregen	1752 war der Greifensee ausserordentlich gross und so auch die Glatt.	Meyer (1898)
1764, 22.-24.8.	Dauerregen, Gewitter	„Die Glatt bedeckt beinahe 100 Jucharten Landes und schädigt namentlich Dübendorf und Glattfelden durch Zerstörung vieler Wuhre. Glatt Überschwemmung (Dr. W. Meyer 1899 „Ortsbeschreibung und Geschichte der Gemeinde Dübendorf“ S146) August, ZH: Wieder ausserordentlich regnerisch mit Gewittern. Alle Gewässer stiegen hoch an und überschwemmt die Ufer. Die Glatt bedeckte mehrere hundert Jucharten Land und schädigte namentlich Dübendorf und Glattfelden, die Reuss Maschwanden. (Vogel)	Weikinn et al. (2000)
		[...] der August wieder ausserordentlich regnerisch mit Donner und Blitz begleitet. Alle Gewässer stiegen hoch an und überschwemmt die Ufer, die Glatt bedeckte mehrere hundert Jucharten Landes und schädigte namentlich Dübendorf und Glattfelden, die Reuss Maschwanden. Am heftigsten war der Regen am 22., in dem Bach vor dem Hottingersteg ertrank eine Tagelöhnerin, am 24. stieg der See und die Limmat so hoch, dass über die ganze Zeit der Zurzacher Herbstmesse kein Schiff dahin fahren konnte.	Vogel (1845)
		1764 bedeckte die Glatt beinahe 100 Jucharten Landes und schädigt namentlich Dübendorf und Glattfelden durch Zerstörung vieler Wuhre.	Meyer (1898)
1781	Dauerregen	1781 ist die Glatt vom Greifensee an bis an den Rhein überall ausgetreten und sahe ab den Bergen einem See gleich.	Meyer (1898)
1792, 21.7.	Gewitter	Hagel und Überschwemmungen mit Schaden in Dübendorf , Gfenn, Wangen (Überschwemmung der Gewässer) Dr. W. Meyer 1899 „Ortsbeschreibung und Geschichte der Gemeinde Dübendorf“ S150 (auch in Vogel erwähnt)	Weikinn et al. (2000)
		[...] am 21. Juli schlug der Strahl in ein Haus auf der Blatten, Gemeinde Fluntern, ohne zu entzünden, Hagel und Überschwemmung thaten Schaden zu Dübendorf, Wangen, Gfenn, Illnau, Riesbach, Zollikon, Ehrlibach, Stäfa, Winterthur, Oberwinterthur, Hegi, Kefikon; [...]	Vogel (1845)
		1792. 21. Juli thaten Hagel und Überschwemmungen Schaden zu Dübendorf, Wangen und Gfenn.	Meyer (1898)
1852, 17.-18.9.	Dauerregen	Dieses Hochwasser gilt als eines der grössten des schweizerischen Mittellandes. Die Überschwemmungsgebiete reichten vom Boden- bis zum Genfersee. Ursache waren 52stündige, ununterbrochene Regenfälle mit Hochgewitter. Zürich: Hochwasser der Töss, Glatt , «...das Tal bildete ein einziger See...», Kempt, Eulach, Aabach sowie der rechtsufrigen Zuflüsse des Zürichsees. Schlieren und Dietikon standen fast ganz unter Wasser. Ab Flaach-Eglisau brach der Rhein an verschiedenen Orten aus.	Röthlisberger (1991)
		(...) Dagegen kommen von Schwamendingen sehr schlimme Berichte. Der Dorfbach trat während der Nacht mehrmals aus und verheerte Gärten und Baumgärten und drang sogar in die Stuben; 3 Brücken und mehrere Stege sind zertrümmert. (...).	Der Landbote, 23.9.1852

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1876, 10.-15.6.	Dauerregen, Gewitter	Schwere Wasserverheerungen in der Nord- und Ostschweiz mit grösserem territorialem Ausmass als 1868. Ursachen waren langandauernde Landregen und darauf folgende intensive Gewitter auf einen stark vernässten Boden. Der Gesamtschaden betrug über 14 Millionen Franken (siehe Abschnitt zu 1868). Nebst zahlreichen Rutschungen wüteten vor allem folgende Flüsse mit ihren extrem langen Hochwasserspitzen (ohne die zahlreichen sogenannten Dorfbäche speziell zu erwähnen): Rhein, Thur, Sitter, Urnäsch, Murg, Lauche, Töss, Glatt , Reuss, Aare, Emme und Birs. Insgesamt wurden 13 Kantone betroffen.	Röthlisberger (1991)
		Die Wasserverheerungen vom 10. bis 15. Juni 1876. Dem ungewöhnlich nassen Winter und Frühjahr des Jahres 1876 folgten am 10. - 13. Juni ausserordentlich reiche Niederschläge. Die in der nordöstlichen Schweiz, namentlich im Flussgebiet der Sitter, Thur, Murg, Töss und Glatt ihr Maximum erreichten. Sie begannen am 8. Abends und setzten sich bis am 14. Vormittags mit kurzen Unterbrechnungen fort und zwar so ergiebig, dass die Regenhöhe in Zürich während dieser Zeit 314 Millimeter betrug. Das Maximum erreichte sie vom 11. auf den 12. mit 171 mm in 24 Stunden. Im Glatt-, Töss-, Murg- und Thurtal scheint die Regenmenge noch grösser gewesen zu sein, in St. Gallen betrug sie am 11. Juni 230 mm.	Landolt (1876)
		Von Hermikon bis zum Neugut trat die Glatt über ihre damals noch flachen Ufer, das 3-4 fache ihrer sonstigen Breite erreichend. [...] Fast noch grösseren Schaden hatten die Bergbäche angerichtet. Der steile Weg zum Schloss war auf eine lange Strecke zu einem 1-2 Fuss tiefen und ebenso breiten Graben aufgerissen. Gewaltige Massen von Schlamm und Kies mit sich führend, verstopften die Bäche zunächst die Brückenlichtungen und ergossen sich dann seitwärts über die Dämme, Äcker und Wiesen verheerend. Im Weil überfluthete der Bach die Strasse und verbreitete sich in und um die Häuser auf beiden Seiten derselben bis zur Sennhütte hinunter. Auch der Gokhauser- und Sagentobelbach richteten an Häusern und Land grossen Schaden an, letzteres teils wegreisend, teils mit Geschiebe bedeckend. Oberhalb Stettbach erfolgte ein Dambruch am Fabrikweiher. Das Wasser stieg im Hause des Heinrich Rathgeb bis an die Thürschlösser hinauf, riss ein grosses Stück Bachufer samt der Strasse längs Konrad Pfisters Haus und Garten weg und schwemmte den Zaun des letzteren bis gegen das Sonnenthal hinab. Baumäste und andere Trümmer lagen noch zu beiden Seiten der Landstrasse. [...] Später wurden die Ufer des Sagentobelbaches ausgemauert und sein Bett mit Schwellen versehen, auch ein neuer Steg mit eisernem Geländer darüber angelegt.	Meyer (1898)
1881, 28.8.- 2.9.	Dauerregen	Hochwasser auf der Alpennordseite infolge anhaltender Niederschläge. In verschiedenen Kantonen gab es Schäden. U.a. im Kanton Zürich (Thur, Töss, Glatt u.a.)	Röthlisberger (1991)
1931, 4.3.	Dauerregen	langandauernde Niederschläge führten im Kanton zu verschiedenen Überschwemmungen, besonders in Zürich-Klus, Witikon, Höngg, Winterthur, Wallisellen, Brütisellen und Dübendorf . Zahlreiche Schäden an Kulturen und Kulturenboden, an technischen Bauwerken und Gebäuden. - An der Rämistrasse in Zürich rutschte die Stützmauer ab, wodurch die Strasse teilweise gesperrt wurde). [...] <i>N. Z. Z., Nr.408 und 410, vom 5. und 6. März 1931. - Der Landbote, Winterthur, vom 6. März 1931.</i>	Lanz-Stauffer und Rommel (1936)
1944	?	Grosse Schäden richtete der Sagentobelbach 1944 an, als im Tobel hinten ein Erdschlipf das Wasser staute. Nachdem das Material dem Druck nachgegeben hatte, ergoss sich ein Schlammstrom nach Stettbach und überflutete alle bachnahen Strassen und Gebäude. Die Aufräumarbeiten sollen einige Tage gedauert haben, da damals noch vieles von Hand getan werden musste.	Heimatbuch Dübendorf 2001
1953, 26.6.	Dauerregen	Anhaltende Niederschläge verursachen im ganzen Zürcher Oberland schwere Überschwemmungen. Die Glatt führt Hochwasser, wie es seit Menschengedenken nicht mehr beobachtet wurde. In Hermikon tritt die Glatt und in Stettbach der Sagentobelbach über die Ufer. Die Feuerwehr muss zur Wasserabwehr und zum Auspumpen von Kellern aufgebeten werden.	Heimatbuch Dübendorf 1953

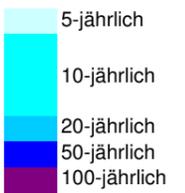
Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1953, 26.6. Forts.	Dauerregen	Ein besonders wilder Geselle ist der Sagentobelbach. Wenn er es ganz arg trieb, verstopfte er jeweils die obersten Durchlässe im Weiler Stettbach und suchte sich dann einen neuen Weg durch die Stuben des obersten, linksufrigen Wohnhauses und über die Stettbachstrasse. Ein weiterer Engpass war auch die Dole bei der Liegenschaft Piai [Stettbachstrasse 34], wo er ab und zu sein Bett zu verlassen pflegte, um sich dann Richtung Sonntental zu ergiessen, wie Fotos aus dem Jahr 1956 [wahrscheinlich 1953 gemeint] zeigen. Vermerkt sind solche Ereignisse auch in den Jahren 1968, 1994 und 1999.	Heimatbuch Dübendorf 2001
		Auch in Dübendorf mussten gestern Freitag [26.6.1953] Feuerwehrleute aufgeboten werden, da an der Glatt und in Stettbach das Hochwasser in Kellerräume eindrang.	Anzeiger von Uster, 27.6.1953
1968, 21.9.	Dauerregen	Ergiebige Niederschläge im Mittelland verursachten Überschwemmungen vom Bieler bis zum Bodensee sowie im Unterwallis. Zürich: durch die Glatt , Töss, Eulach und Furt.	Röthlisberger (1991)
		Ein besonders wilder Geselle ist der Sagentobelbach. Wenn er es ganz arg trieb, verstopfte er jeweils die obersten Durchlässe im Weiler Stettbach und suchte sich dann einen neuen Weg durch die Stuben des obersten, linksufrigen Wohnhauses und über die Stettbachstrasse. Ein weiterer Engpass war auch die Dole bei der Liegenschaft Piai [Stettbachstrasse 34], wo er ab und zu sein Bett zu verlassen pflegte, um sich dann Richtung Sonntental zu ergiessen, wie Fotos aus dem Jahr 1956 [wahrscheinlich 1953 gemeint] zeigen. Vermerkt sind solche Ereignisse auch in den Jahren 1968, 1994 und 1999.	Heimatbuch Dübendorf 2001
1994, 19.5.	Dauerregen	Ein besonders wilder Geselle ist der Sagentobelbach. Wenn er es ganz arg trieb, verstopfte er jeweils die obersten Durchlässe im Weiler Stettbach und suchte sich dann einen neuen Weg durch die Stuben des obersten, linksufrigen Wohnhauses und über die Stettbachstrasse. Ein weiterer Engpass war auch die Dole bei der Liegenschaft Piai [Stettbachstrasse 34], wo er ab und zu sein Bett zu verlassen pflegte, um sich dann Richtung Sonntental zu ergiessen, wie Fotos aus dem Jahr 1956 [wahrscheinlich 1953 gemeint] zeigen. Vermerkt sind solche Ereignisse auch in den Jahren 1968, 1994 und 1999.	Heimatbuch Dübendorf 2001
		Dübendorf: Überschwemmte Keller, Strassen etc.	WSL (2016)
1999, 22.2.	Dauerregen	In Dübendorf traten am frühen Montag gleich drei Bäche über die Ufer. Beim Sägentobelbach in Stettbach musste die Feuerwehr verstopfte Durchläufe von mitgerissenen Ästen befreien. Neben dem Sägentobelbach trat auch der Gockhauserbach über seine Ufer, worauf verschiedene Keller ausgepumpt werden mussten. Zudem überlief der Geerenbach ebenfalls und überschwemmte den Keller des Schützenhauses im Geeren.	WSL (2016)
		Ein besonders wilder Geselle ist der Sagentobelbach. Wenn er es ganz arg trieb, verstopfte er jeweils die obersten Durchlässe im Weiler Stettbach und suchte sich dann einen neuen Weg durch die Stuben des obersten, linksufrigen Wohnhauses und über die Stettbachstrasse. Ein weiterer Engpass war auch die Dole bei der Liegenschaft Piai [Stettbachstrasse 34], wo er ab und zu sein Bett zu verlassen pflegte, um sich dann Richtung Sonntental zu ergiessen, wie Fotos aus dem Jahr 1956 [wahrscheinlich 1953 gemeint] zeigen. Vermerkt sind solche Ereignisse auch in den Jahren 1968, 1994 und 1999.	Heimatbuch Dübendorf 2001
1999, 12.5.	Dauerregen	Hochwasserschäden in Dübendorf : Die Tauflut (heftige Regenfälle u. Schneeschmelze) am 20./21. Februar sowie die langandauernden und intensiven Niederschläge im Mai vor allem an Auffahrt (12./13.) haben auf dem Gebiet der Stadtgemeinde Dübendorf Flurschäden in der Höhe von mind. 800'000 sFr. verursacht. Hochwasserschäden entstanden vor allem in den sechs steilen und bewaldeten Bachtobeln am Nordosthang von Zürichberg und Adlisberg. Die Schadenanalyse brachte auch ältere Gefahrenherde und altersbedingte Schäden an bestehenden Holzverbauungen zutage.	WSL (2016)
		Ralph Widmer arbeitet seit 20 Jahren bei der Gossweiler Ingenieure AG. Er kann sich neben dem Hochwasser vom 3.7.2012 an ein weiteres grösseres Hochwasser am Sagentobel- und Breitibach im Mai 1999 erinnern, das auch die Glatt betraf. Entlang des Breitibachs gab es wie im Juli 2012 kleine Seen, wobei es damals aber wahrscheinlich Niederschlagswasser war, das wegen dem hohen Wasserstand nicht in den Breitibach entwässern konnte.	Ralph Widmer

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1999, 12.5. Forts.	Dauerregen	Ein besonders wilder Geselle ist der Sagentobelbach. Wenn er es ganz arg trieb, verstopfte er jeweils die obersten Durchlässe im Weiler Stettbach und suchte sich dann einen neuen Weg durch die Stuben des obersten, linksufrigen Wohnhauses und über die Stettbachstrasse. Ein weiterer Engpass war auch die Dole bei der Liegenschaft Piai [Stettbachstrasse 34], wo er ab und zu sein Bett zu verlassen pflegte, um sich dann Richtung Sonnental zu ergiessen, wie Fotos aus dem Jahr 1956 [wahrscheinlich 1953 gemeint] zeigen. Vermerkt sind solche Ereignisse auch in den Jahren 1968, 1994 und 1999.	Heimatbuch Dübendorf 2001
2005, 21.8.	Dauerregen	Hochwasser Glatt und Breitbach : „Die Glatt und die Gockhauser Bäche mussten regelmässig kontrolliert werden.“	WSL (2016)
2007, 20.6.	Gewitter	Ein Gewitter in der Nacht auf den 21.6.07 traf ab 21:30 Uhr u.a. den Kanton Zürich. Vor allem die Ufer des oberen Zürichseebeckens und das Zürcher Oberland waren betroffen. Zwischen 21:30 und 23 Uhr gingen bei der Einsatzzentrale dutzende Schadensmeldungen ein. Zwischen Dübendorf und Gockhausen gelangte Geschiebe vom Bach auf die Strasse, so dass diese kurzfristig unpassierbar war. Die Schalterhalle der Raiffeisenbank an der Wallisellenstrasse in Dübendorf geriet unter Wasser und musste von der Feuerwehr ausgepumpt werden.	WSL (2016)
2007, 8.8.	Dauerregen	Im Kanton Zürich waren sämtliche Regionen von den intensiven Niederschlägen (fast 100 mm/m ² in der Nacht) betroffen. Reuss, Sihl und Thur führten Hochwasser. In der Nacht auf den 9.8.07 standen im Kanton 5000 Feuerwehrleute, 50 Zivilschützer und Dutzende Polizisten im Einsatz (fast 1000 Einsätze). Meist ging es um überflutete Strassen, Keller oder Unterführungen. Am 9.8.07 waren die Pegelstände wieder rückläufig - mit Ausnahme jener von Greifen- und Pfäffikersee In Dübendorf konzentrierten sich die Schäden hauptsächlich auf Liegenschaften um den Stettbach und den Geerenbach . Die Untere Geerenstrasse musste gesperrt werden, weil sich das viele Wasser die Strasse als neues Bachbett ausgesucht hatte. Am Morgen des 9.8.07 gab es dort immer noch kein Durchkommen. Der Chriesbach trat über die Ufer, die Glatt blieb im Bachbett, führte aber sehr viel Wasser.	WSL (2016)
2012, 7.6.	Dauerregen	Schutz & Rettung musste im Kanton Zürich 36 Mal ausrücken. Vor allem auf Strassen gestürzte Bäume sowie überflutete Keller und Tiefgaragen hielten die Equipen auf Trab. Die Feuerwehr Dübendorf hatte einen Unwettereinsatz an der Unteren Geerenstrasse (genaue Angaben fehlen). [7.6.2012] Die Feuerwehr Dübendorf hatte einen Einsatz wegen Wasser an der Hochbordstrasse. [8.6.2012]	WSL (2016)
		07.06.2012 : 071 Spez Unwetter: Untere Geerenstrasse	Feuerwehr Dübendorf (2016)
2012, 21.6.	Gewitter	Kurz, aber heftig war das Unwetter, das nach 20 Uhr in Zürich gewütet hatte. Rund 200 Einsätze absolvierten die Feuerwehren im Kanton Zürich, 80 davon auf Stadtgebiet. Die meisten Anrufe waren wegen überfluteten Kellern, und umgeknickten Bäumen oder Äste, die Strassen blockierten. In Dübendorf stand eine Unterführung unter Wasser. Die Feuerwehr verzeichnete Einsätze wegen Wasser an folgenden Orten: Saatwiesenstrasse, Birchlenstrasse, Tobelhofstrasse, Im Trübacker, Bachstrasse, Hermikonstrasse. Am folgenden Tag wurden noch 2 Einsätze in der Ring- und Alpenstrasse gemeldet.	WSL (2016)
		21.06.2012: 081 DG3+ Wasser: Saatwiesenstrasse / 082 DG3+ Wasser: Birchlenstrasse / 085 DG3+ Wasser: Tobelhofstrasse / 086 DG3+ Wasser: Im Trübacker / 088 DG3+ Wasser: Bachstrasse / 092 DG3+ Wasser: Hermikonstrasse /	Feuerwehr Dübendorf (2016)

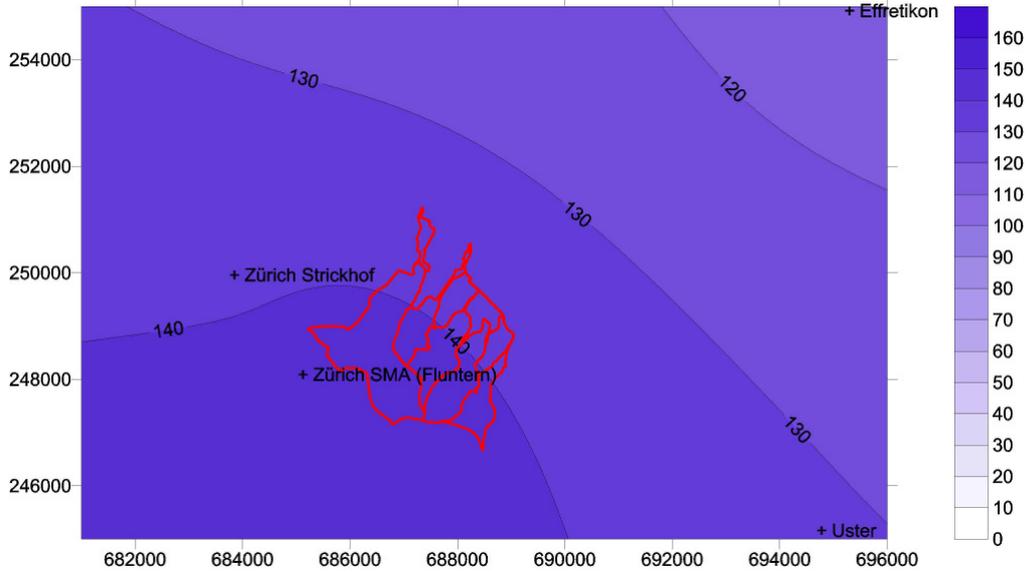
Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
2012, 3.7.	Lokaler Starkregen	Zwischen 4 und 7 Uhr morgens blieb der Regen stationär über der Stadt Zürich. In 3 h fielen 46 l/m ² , rund die Hälfte des durchschnittlichen Juli-Niederschlagswerts. Rund 900 Anrufe gingen bei Schutz & Rettung Zürich ein (zwischen 6 Uhr und 9 Uhr). Die Feuerwehren leisteten im ganzen Kanton über 300 Einsätze, davon 140 in Zürich. In den meisten Fällen mussten Keller und Garagen ausgepumpt werden. Laut GV waren bis zu 5000 Gebäude beschädigt worden (hier sind wahrscheinlich auch die Schäden vom 1. Juli drin und vor allem auch Schäden wegen Hagel). Dübendorf hatte wegen der Überschwemmungen Grossalarm ausgelöst. Alleine am Morgen wurden 60 Schadensmeldungen wie überflutete Keller und abgebrochene Äste gemeldet. Es standen rund 60 Leute von Polizei, Feuerwehr, Tiefbauamt, Elektrizitätswerk und privaten Firmen im Einsatz. Viele Keller standen unter Wasser. So meldete die Hauptverwaltung der Züricher Kantonalbank Wasserschäden, beim Archäologischen Institut hatte sich im Keller ein Pegel von 1m gebildet. Allein bis 9 Uhr mussten die Einsatzkräfte 59-mal ausrücken. Bei der Sportanlage Heerenschürli waren die 6 Rasenplätze und das Baseballfeld wegen Überflutungen gesperrt (befindet sich auf der Gemeindegrenze zu Zürich). Die Gockhauserstrasse wurde unterspült. Sie wurde gesperrt (anderer Artikel: wegen eines Erdbebens). Ein Laster stand ca. 40 cm im Wasser und konnte nicht mehr wegfahren. Das Wasser musste abgepumpt werden und Geröll musste entfernt werden. Ab 17 Uhr war die Strasse wieder einspurig befahrbar (Reparaturarbeiten dauerten ca. 2 Wochen). Die Untere Geerenstrasse stand zeitweise 30 cm unter Wasser, weil der Geerenbach über die Ufer trat. Die Strasse konnte, nachdem sie geräumt wurde, im Verlaufe des Nachmittags wieder geöffnet werden. Grössere Schäden seien nicht entstanden. Die Buslinie 751 zwischen Bahnhof Stettbach und Kirche Fluntern war aufgrund der überschwemmten Strassen bis zur Strassenöffnung eingestellt. Der Stettbach ist an zahlreichen Stellen über die Ufer getreten. Beim Bahnhof Dübendorf sammelte sich Wasser im Stellwerk. Der Zugverkehr konnte aber normal weiterlaufen. Unpassierbar war die Schlossstrasse, hier gab es einen Erdhangrutsch. Der Kämmatenweg in Gockhausen wurde total zerstört (Prozess unklar). Eine Tiefgarage stand unter Wasser. Von den Regenfällen ebenfalls stark betroffen war Stettbach: Um 6:30 Uhr kam das Wasser. Hier trat der Sagentobelbach über die Ufer und überschwemmte viele Keller. Ein Baum und Geschiebe hatte den Bach gestaut, er trat über die Ufer. Der Baum konnte am Vormittag entfernt werden. Das Wasser kam auch von den Hängen. Wege verwandelten sich in Flüsse, von überall her war die schwarz-braune Brühe geflossen und hatte Teile des Weilers überflutet. Der Schlamm war mancherorts 30-40 cm hoch. Kies wurde von der Strasse geschaufelt. "Aus jedem 2ten Haus sprudelte Wasser aus Schläuchen." Die Feuerwehr Dübendorf verzeichnete Einsätze an der Breitibachstr., Gockhauserstr., Hurdackerstr., Stettbachstr., Überlandstr. und der Neugutstr.	WSL (2016)
		Die intensiven Niederschläge vom 3. Juli 2012 führten in Zürich-Schwamendingen und in Dübendorf/Gockhausen zu Überschwemmungen. Namentlich der Sagentobelbach, Breitibach und Schwamendinger Dorfbach sowie Oberflächenabfluss aus den Hängen führten zu Schäden. Das Ausmass der Überschwemmungen wurde durch die starken Vorregen am Samstag und Sonntag 1./2. Juli ungünstig beeinflusst. Zum Einen waren die Böden dadurch stark durchnässt, zum Anderen lag durch den Hagel vom Samstag viel Hagelschlag/Geschwemmsel im Wald, weshalb bei Durchlässen das Verkläunungspotential besonders gross war.	Basler&Hofmann (2012)
		[Anhand diverser Fotos schätzte die Scherrer AG folgende Abflussspitzen ab: Sagentobelbach in Stettbach: 6-7 m ³ /s, Schlossbach: 1.5-2 m ³ /s, Gockhauserbach: 2-2.5 m ³ /s, Breitibach nach Zufluss Gockhauserbach: 7-9 m ³ /s, Breitibach nach Zufluss Chäm-meterbach: 8-10 m ³ /s]	Scherrer AG
		03.07.2012: 114 GA Wasser: Ahornstrasse / 115-119 GA Wasser: Diverse / 120-124 GA Wasser: Breitibachstrasse / 131-133 GA Wasser: Gockhauserstrasse / 137-145 GA Wasser: Hurdackerstrasse / 167-180 GA Wasser: Stettbachstrasse / 181-186 GA Wasser: Tenmoosstrasse / 187-190 GA Wasser: Überlandstrasse	Feuerwehr Dübendorf (2016)

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
2012, 3.7. Forts.	Lokaler Starkregen	Kari Oberholzer ist seit 33 Jahren in der Feuerwehr, seit 8 Jahren Kommandant und war zuvor 6 Jahre Vize-Kommandant.. Das Ereignis vom 3.7.2012 war am Breitibach in dieser Zeit einzigartig. Am Sagentobelbach in Stettbach gab es hingegen in den vergangenen 20 Jahren 3 bis 4 Ereignisse mit Ausuferungen.	Kari Oberholzer
		Wie die Auswertung der Niederschlagsradarbilder und die Messergebnisse verschiedener Regenmesser zeigen, entstand die Regenzelle am 03. Juli 2012 sehr lokal und blieb während einigen Stunden an Ort und Stelle. Der Niederschlag betraf ausschliesslich den Raum zwischen Zürich und Dübendorf, mit den intensivsten Niederschlägen über Stettbach und Gockhausen.	Gossweiler (2012)
2013, 2.5.	Gewitter	Fotos zeigen Spuren des Hochwassers vom 2.5.2013 am Sagentobelbach in Stettbach und unterhalb, die am 5.5.2013 aufgenommen wurden. [Anhand dieser Fotos schätzte die Scherrer AG eine Abflussspitze von 4-5 m³/s ab.]	Quelle unbekannt
		Matthias Klöti arbeitet seit 10 Jahren zuerst als Stellvertreter und seit 2 Jahren als Strassenmeister für die Stadt Dübendorf. Die Hochwasser vom 3.7.2012 und 2.5.2013 waren in dieser Periode die grössten Ereignisse, wobei letzteres etwas kleiner und weniger grossflächig war. Am 2.5.2013 uferte der Sagentobelbach in Stettbach etwas weniger stark aus als im 2012. Genauso der Schlossbach in der Schlossbreiti. Der Gockhauserbach ufert oberhalb des Kiesfangs 1-2 Mal pro Jahr aus. Im 2015 geschah dies sogar 2-3 Mal.	Matthias Klöti
		02.05.2013: 051-064 KA3+4 Unwetter: Gockhausen, Stettbach	Feuerwehr Dübendorf (2016)

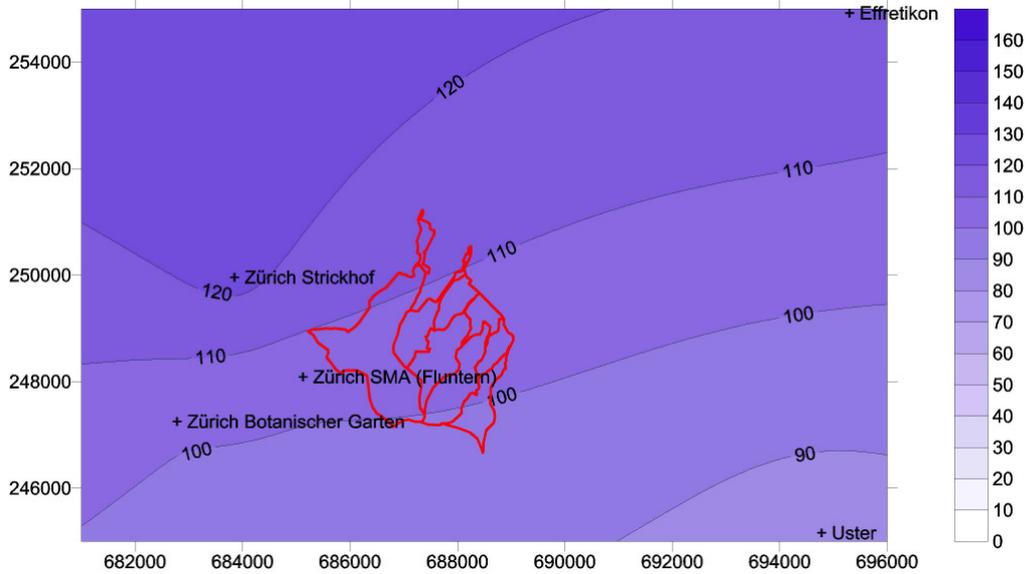
Nr.	2770	2890	2910	2930	2935	3700	3730	NABEL	ERZ	ERZ	privat	privat	privat
Station	Effretikon	Uster	Zürich Strickhof	Reckenholz	Opfikon- Glattbrugg	Zürich SMA (Fluntern)	Zürich Botanischer Garten	Dübendorf- Empa	ARA Glatt	Friedhof Schwamendingen	Dübendorf Gossweiler	Regenbecken Gockhausen	Dübendorf Peter Malgo
X	695300	694780	683850	681400	684520	685125	682780	688675	685223	685700	689350	687687	688071
Y	254920	245160	249960	253630	254700	248090	247250	250900	252752	250666	250400	248872	250193
Höhe	480	440	512	443	422	556	411	432	424	449	448	540	436
Zeitintervall	6:40 - 6:40 h	6:40 - 6:40 h	6:40 - 6:40 h	6:40 - 6:40 h	6:40 - 6:40 h	6:40 - 6:40 h	6:40 - 6:40 h	6:40 - 6:40 h	6:40 - 6:40 h	6:40 - 6:40 h	6:40 - 6:40 h	6:40 - 6:40 h	6:40 - 6:40 h
Messperiode Statistik	1953- ja	1878- ja	1880-1891, 1931-1976 ja	1949-1969, 1979- ja	1973- nein	1864- ja	1914-1975 ja	1992- nein	? nein	? nein	2006- nein	2005- nein	2008- nein
20.06.1953	0.0	0.0	0.0			0.0							
21.06.1953	0.8	1.6	0.1			0.4							
22.06.1953	1.5	5.8	0.0			0.2							
23.06.1953	9.4	9.5	4.5			4.2							
24.06.1953	13.1	15.8	12.4			13.5							
25.06.1953	73.8	73.2	78.6			81.3							
26.06.1953	39.5	58.5	56.8			68.2							
25.-26.06.53	113.3	131.7	135.4			149.5							
15.09.1968	13.4	13.0	10.8			11.3	10.4						
16.09.1968	16.1	8.0	8.9			10.3	8.1						
17.09.1968	0.5	0.5	0.8			1.6	1.6						
18.09.1968	9.0	4.8	1.8			1.4	0.3						
19.09.1968	0.0	0.0	0.0			0.0	0.0						
20.09.1968	4.1	4.6	5.3			4.6	4.6						
21.09.1968	119.3	84.2	123.5			103.1	101.6						
22.09.1968	0.0	0.0	0.0			0.2	0.0						
11.05.1994	0.0	0.0		0.0	0.0	0.3		0.0	0.0	0.0			
12.05.1994	0.0	3.3		0.1	0.0	1.3		0.7	0.0	0.0			
13.05.1994	0.0	0.0		0.0	0.0	0.1		0.0	0.0	0.0			
14.05.1994	4.7	6.0		2.9	7.0	4.3		3.5	10.4	2.8			
15.05.1994	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0			
16.05.1994	2.5	0.2		1.2	1.9	0.6		2.8	0.6	0.4			
17.05.1994	16.6	6.0		10.6	11.2	17.3		6.6	10.7	4.2			
18.05.1994	85.5	77.3		70.9	90.8	75.7		71.7	76.3	29.7			
19.05.1994	21.9	13.3		18.2	18.5	13.4		17.3	16.6	72.0			
18.-19.05.94	107.4	90.6		89.1	109.3	89.1		89.0	92.9	101.7			
15.02.1999	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.4	0.0			
16.02.1999	3.2	2.6		3.6	4.3	1.5		2.7	10.8	11.7			
17.02.1999	8.8	6.4		4.3	8.8	7.8		5.9	3.1	1.3			
18.02.1999	13.5	7.0		8.0	6.1	4.7		6.0	11.9	12.5			
19.02.1999	8.4	13.3		10.4	28.7	28.7		8.9	12.2	10.9			
20.02.1999	11.5	23.5		10.8	22.6	25.8		10.9	11.6	9.9			
21.02.1999	27.8	35.5		32.7	33.8	39.0		29.2	32.3	25.7			
22.02.1999	8.1	1.1		1.2	4.0	1.2		1.0	0.5	0.2			
23.02.1999	2.1	0.6		0.0	1.1	0.2		0.1	0.0	0.0			
06.05.1999	2.3	1.9		1.9	4.7	1.8		0.3	0.7				
07.05.1999	8.4	6.5		13.6	14.0	9.8		10.5	10.0				
08.05.1999	17.7	16.5		20.7	19.6	23.1		19.7	22.8				
09.05.1999	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0				
10.05.1999	14.0	12.8		10.5	13.6	13.2		13.1	11.4				
11.05.1999	31.4	63.4		33.4	36.5	43.3		32.8	28.2				
12.05.1999	68.4	91.2		60.8	50.6	94.2		73.7	62.5				
13.05.1999	16.9	18.0		13.8	30.1	13.4		12.5	13.4				
14.05.1999	12.1	12.9		5.0	7.8	9.4		10.3	3.7				
11.-12.05.99	99.8	154.6		94.2	87.1	137.5		106.5	90.7				
01.08.2007	0.6	2.2		1.8	1.3	1.8		1.3	2.0	0.0			
02.08.2007	16.6	23.0		9.1	13.1	16.0		19.6	13.8	0.1			
03.08.2007	0.0	0.0		0.4	0.0	0.3		0.1	0.4	0.0			
04.08.2007	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
05.08.2007	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
06.08.2007	0.2	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
07.08.2007	33.4	50.0		29.9	29.5	48.2		40.9	28.3		48.0	50.0	
08.08.2007	82.3	81.5		73.5	87.6	97.8		69.5	75.1		72.0	84.0	
09.08.2007	2.9	0.8		4.2	2.4	2.6		0.8	1.3		2.0	4.0	
07.-08.08.07	115.7	131.5		103.4	117.1	146.0		110.4	103.4		120.0	134.0	
23.06.2012	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0			
24.06.2012	12.5	8.8		10.7	11.7	7.8		10.6	11.1	11.2			
25.06.2012	3.4	3.8		3.1	2.1	2.7		2.9	1.8	1.8			
26.06.2012	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0			
27.06.2012	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0			
28.06.2012	3.0	2.6		4.0	4.3	0.6		1.3	2.2	3.1			
29.06.2012	0.0	0.0		0.1	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0		0.2
30.06.2012	6.1	0.0		13.3	15.6	2.6		3.5	6.0	8.3	0.0	2.5	2.8
01.07.2012	37.2	17.7		34.0	26.8	28.0		39.2	36.1	41.0	31.0		29.5
02.07.2012	29.3	23.3		29.0	35.1	57.0		65.7	33.5	50.4	57.5		74.4
03.07.2012	6.2	8.0		0.0	0.0	2.9		8.4	0.6	2.4	7.0		8.3
01.-02.07.12	66.5	41.0		63.0	61.9	85.0		104.9	69.6	91.4	88.5		103.9
24.04.2013	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0			
25.04.2013	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0			
26.04.2013	0.4	0.0		1.9	2.1	1.9		2.5	1.9	1.2			
27.04.2013	4.1	4.8		4.4	5.3	7.0		2.9	2.7	3.2			
28.04.2013	0.6	0.0		0.6	1.1	1.0		0.5	0.5	0.6			
29.04.2013	0.3	0.6		0.4	0.6	0.5		0.1	0.4	0.5			
30.04.2013	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0		0.0
01.05.2013	2.6	9.4		0.3	0.5	0.9		1.4	0.5	0.7	1.9		1.2
02.05.2013	15.2	27.3		46.1	37.8	44.3		45.8	46.0	85.4	44.5		47.6
03.05.2013	3.7	3.5		1.4	3.2	3.7		2.8	1.7	3.7	5.0		6.0



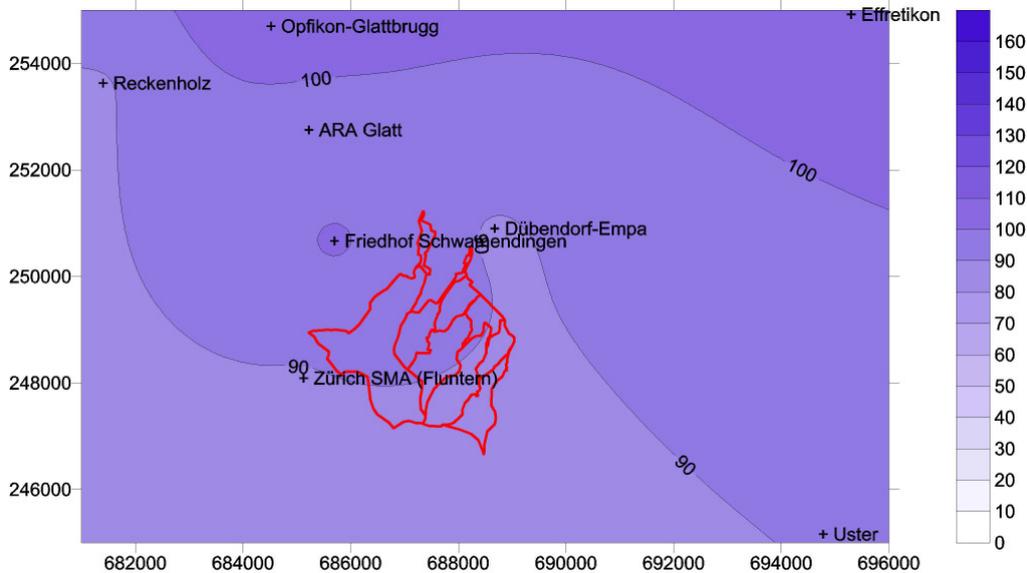
Anhang 2: In der Umgebung von Dübendorf während grosser Hochwasser gemessene Niederschlagsmengen. 5-jährliche und seltenere Werte sind speziell markiert.



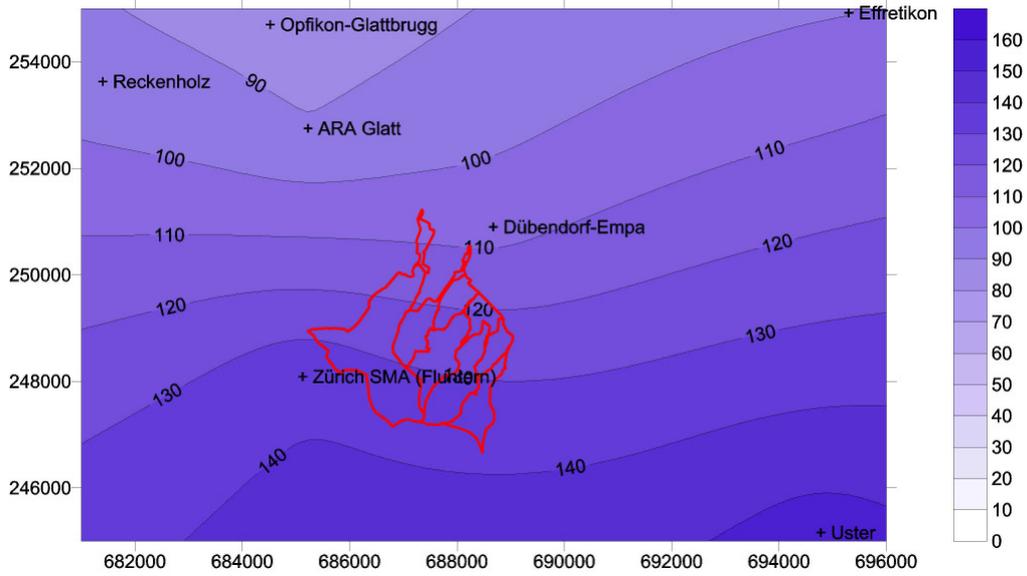
Anhang 3.1: Verteilung der Niederschlagssummen am 25.-26.6.1953 aufgrund der Bodenstationen.



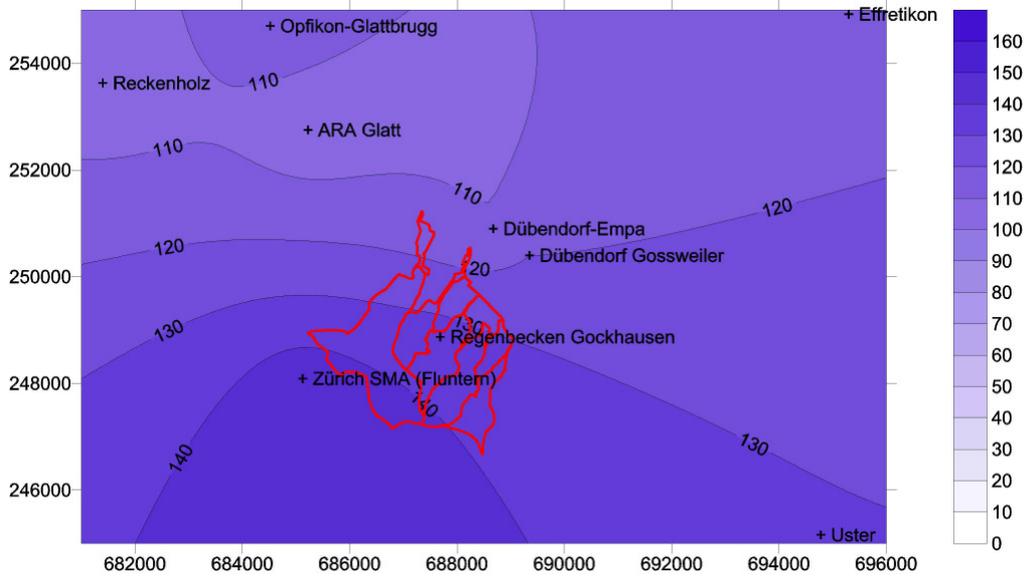
Anhang 3.2: Verteilung der Niederschlagssummen am 21.9.1968 aufgrund der Bodenstationen.



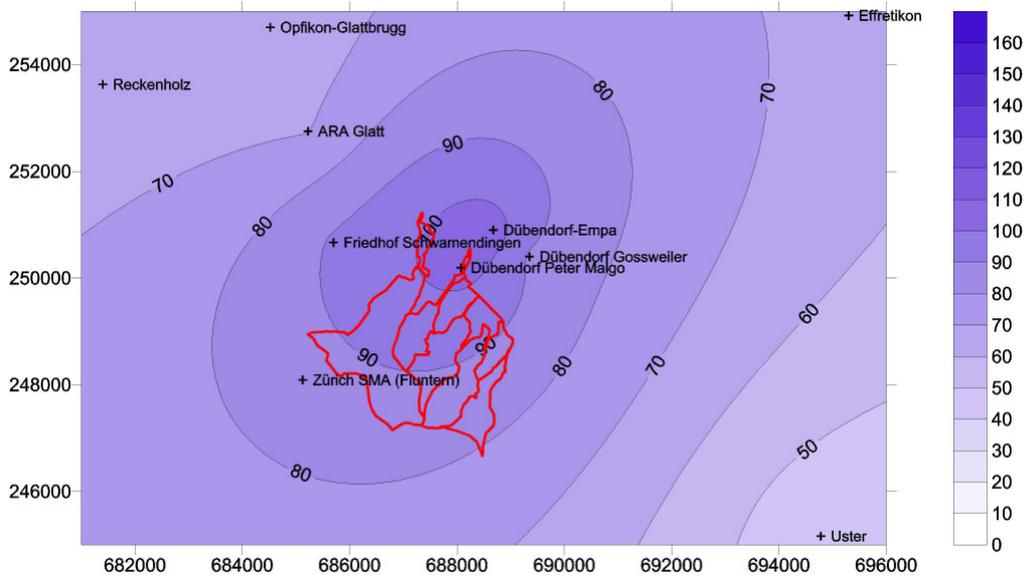
Anhang 3.3: Verteilung der Niederschlagssummen am 18.-19.5.1994 aufgrund der Bodenstationen.



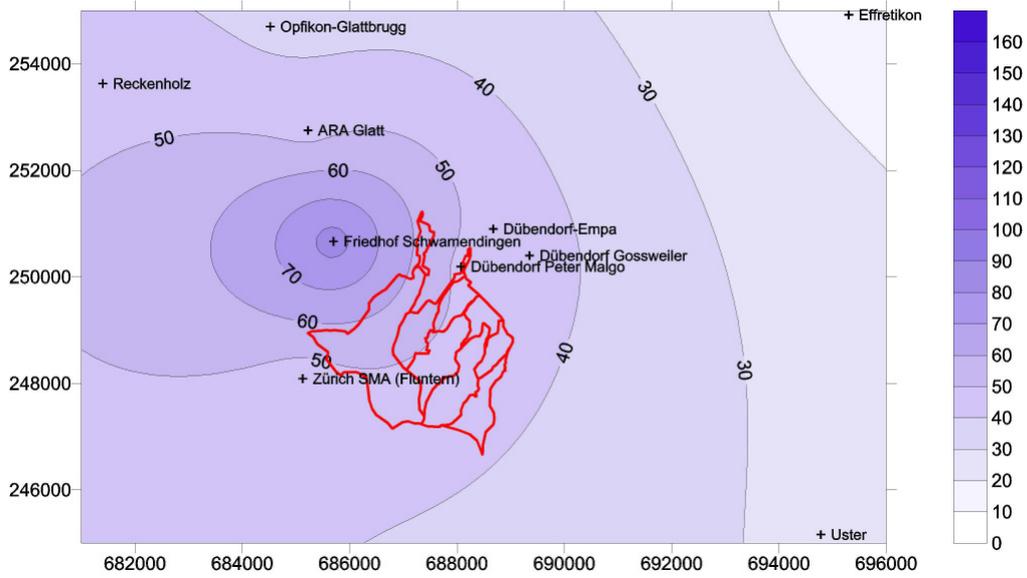
Anhang 3.4: Verteilung der Niederschlagssummen am 11.-12.5.1999 aufgrund der Bodenstationen.



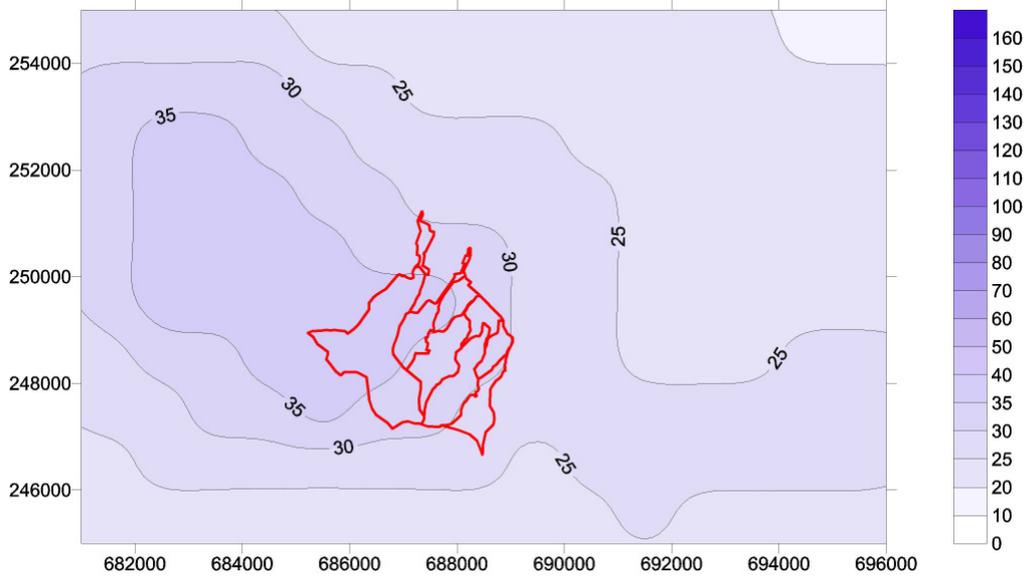
Anhang 3.5: Verteilung der Niederschlagssummen am 7.-8.8.2007 aufgrund der Bodenstationen.



Anhang 3.6: Verteilung der Niederschlagssummen am 1.-2.7.2012 aufgrund der Bodenstationen.



Anhang 3.7: Verteilung der Niederschlagssummen am 2.5.2013 aufgrund der Bodenstationen.



Anhang 3.8: Verteilung der Niederschlagssummen am 2.5.2013 aus Radarbildern (MeteoSchweiz).

Bodentypen

O	Regosol
F	Fluvisol
R	Rendzina
Rk	Ranker
K	Kalkbraunerde
B	Braunerde
T	Parabraunerde
Y	Braunerde-Pseudogley
I	Pseudogley
V	Braunerde-Gley
W	Buntgley
G	Fahlgley
A	Aueboden
N	Halbmoor
M	Moor

Körnung

· · ·	Sand (S), sandig (s)
— —	Silt (U), siltig (u)
= =	Ton (T), tonig (t)
= _ ·	Lehm (L), lehmig (l)
= · ·	Ls
= · · ·	stark sandiger L (Ls4)
	Wasserspiegel

Haupthorizonte

O	org. Auflagehorizont
T	Torf/hydromorpher org. Horizont
A	organo-mineralischer Oberbodenhorizont
E	Eluvialhorizont
I	Illuvialhorizont
B	Mittelbodenhorizont
C	Untergrund (Ausgangsmaterial)
R	Felsunterlage

Unterteilung Haupthorizonte

Zustand org. Substanz

l	Streuzone
f	Fermentationszone
h	Humusstoffzone
a	Anmoor
org	organisches Material im Unterboden

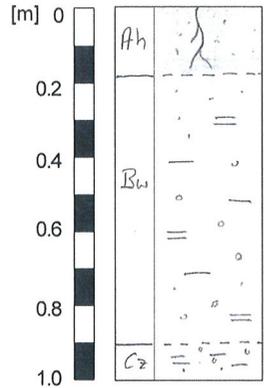
Verwitterungszustand

ch	chem. vollständig verwittert
w	Verwitterungshorizont
z	Zersatz Muttergestein

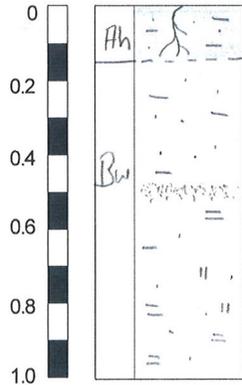
Merkmale des Sauerstoffmangels

m	Marmorierungen
cn	punktförmige, schwarze Knöllchen
(g)	schwache Rostfleckung
g	mässige Rostfleckung
gg	Horizont mit starker Rostfleckung infolge periodischer Vernässung
r	dauernd, vernässter, stark reduzierter Horizont

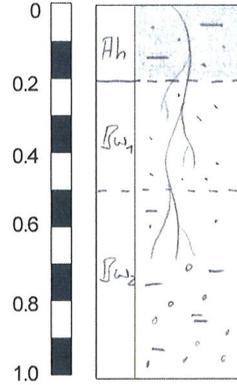
B1
Ort: Dübendorf, Kämmaten
Landnutzung (LN): Mähwiese, Unterhang
Geologie (Geol.): Bachschuttkegel
Bodentyp: Kalkbraunerde
Sondierung: Pürckhauer (Pürckh.)



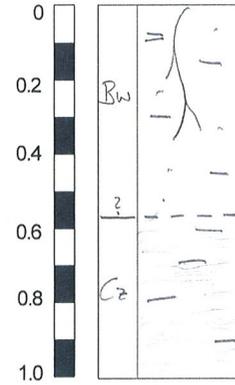
B2
Ort: Dübendorf, Fallmen
Landnutzung (LN): Mähwiese, Hangfuss
Geol.: Bachschuttkegel
Bo.: Kalkbraunerde
Sond.: Pürckh.



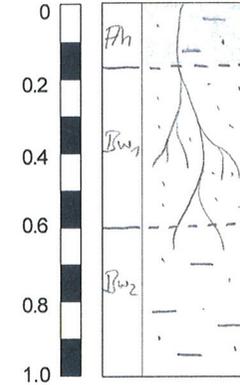
B3
Ort: Dübendorf, Schlossbreiti
Landnutzung (LN): Fichtenmischwald
Geol.: OSM
Bo.: Braunerde (B), Parabraunerde
Sond.: Pürckh.



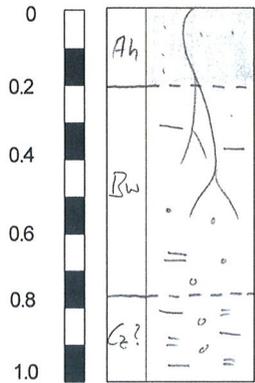
B4
Ort: Dübendorf, Eichholz
Landnutzung (LN): Mischwald, Hangkante
Geol.: OSM
Bo.: Braunerde
Sond.: Pürckh.



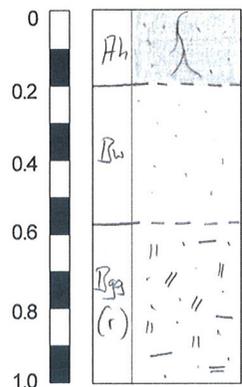
B5
Ort: Dübendorf, Eichholz
Landnutzung (LN): Fichtenwald, Mittelhang
Geol.: Moräne?
Bo.: Parabraunerde
Sond.: Pürckh.



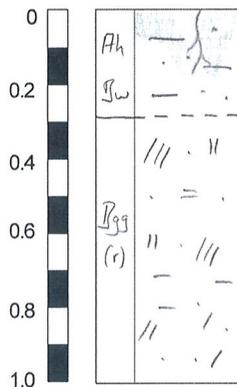
B6
Ort: Dübendorf, Eichholz
Landnutzung (LN): Mischwald, Hangkante
Geol.: OSM
Bo.: B
Sond.: Pürckh.



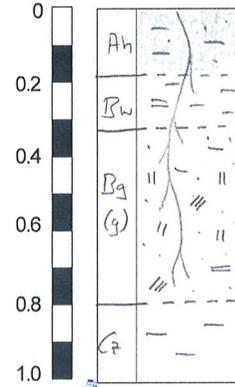
B7
Ort: Dübendorf, Geeren
Landnutzung (LN): Mähwiese, Hang
Geol.: Moräne?
Bo.: Braunerde-Gley
Sond.: Pürckh.



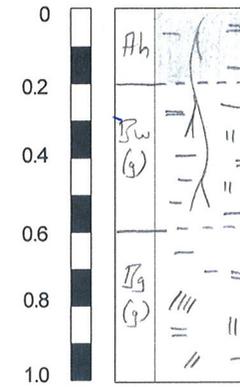
B8
Ort: Dübendorf, Rüti
Landnutzung (LN): Mähwiese, flacher Hang
Geol.: Moräne
Bo.: Braunerde-Gley
Sond.: Pürckh.



B9
Ort: Dübendorf, Bannholz
Landnutzung (LN): Fichtenmischwald, leichte Mulde
Geol.: Moräne
Bo.: Pseudogley
Sond.: Pürckh.



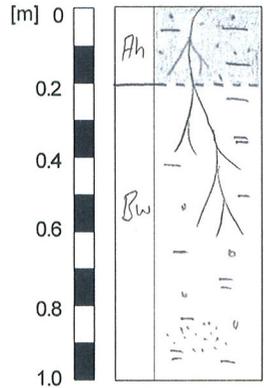
B10
Ort: Dübendorf, Bannholz
Landnutzung (LN): Mischwald, Hang
Geol.: Moräne?
Bo.: Braunerde-Pseudogley
Sond.: Pürckh.



Anhang 4.2: Die im Einzugsgebiet vom Breitibach untersuchten Bodenprofile (B1-B10) mit der Angabe des Standorts, der Landnutzung, der Geologie, des Bodentyps und der Sondiermethode. Eine Beschreibung der Profile befindet sich im Anhang 4.3.

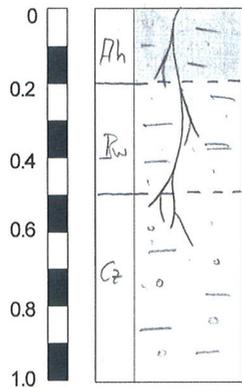
B11

Ort: Dübendorf, Lorenchopf
 Landnutzung (LN): Fichtenwald, Hang
 Geologie (Geol.): Moräne?
 Bodentyp: Braunerde (B)
 Sondierung: Pürckhauer (Pürckh.)



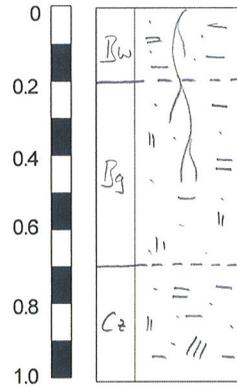
B12

Ort: Zürich, Lorenchopf
 LN: Fichtenmischwald
 Geol.: OSM?
 Bo.: Braunerde (B)
 Sond.: Pürckh.



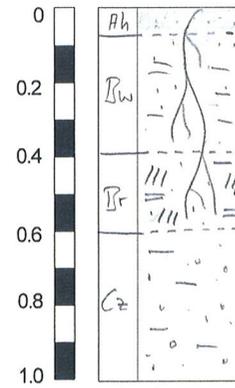
B13

Ort: Dübendorf, Geeren
 LN: Mischwald, Mittelhang
 Geol.: Moräne?
 Bo.: Braunerde (B), vergleyt
 Sond.: Pürckh.



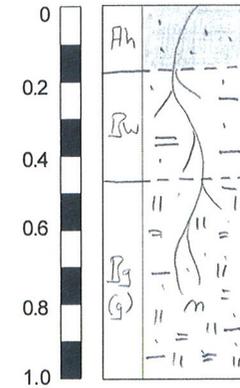
B14

Ort: Dübendorf, Geeren
 LN: Mischwald, flacher Mittelhang
 Geol.: Moräne
 Bo.: Braunerde-Gley
 Sond.: Pürckh.



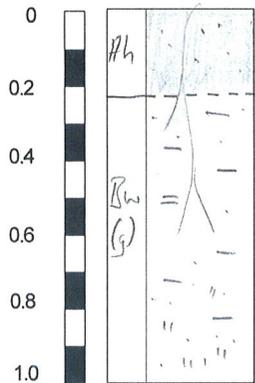
B15

Ort: Zürich, Dreiwiesen
 LN: Mischwald, flacher Rücken
 Geol.: Moräne
 Bo.: Braunerde-Pseudogley
 Sond.: Pürckh.



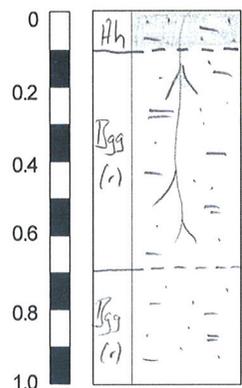
B16

Ort: Zürich, Hinteradlisberg
 LN: Mischwald, flacher Rücken
 Geol.: Moräne
 Bo.: B, vergleyt
 Sond.: Pürckh.



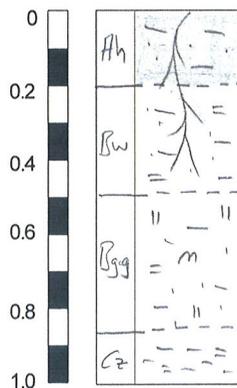
B17

Ort: Zürich, Buschberg
 LN: Fichtenforst, flacher Rücken
 Geol.: Moräne
 Bo.: Buntgley
 Sond.: Pürckh.



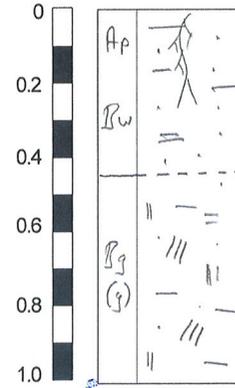
B18

Ort: Zürich Tobelhof
 LN: Mischwald, Hang
 Geol.: Moräne
 Bo.: Pseudovergleyte Braunerde
 Sond.: Pürckh.



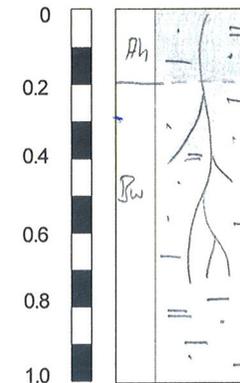
B19

Ort: Zürich, Hirschacker
 LN: Acker, Kuppe im Hang
 Geol.: Moräne
 Bo.: Braunerde (B), Buntgley
 Sond.: Pürckh.



B20

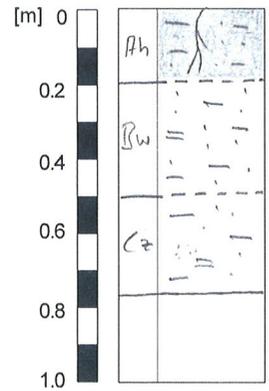
Ort: Dübendorf, Kämmaten
 LN: Mischwald, Hangkante
 Geol.: Moräne?
 Bo.: Braunerde (B)
 Sond.: Pürckh.



Anhang 4.2: Die im Einzugsgebiet vom Breitibach untersuchten Bodenprofile (B11-B20) mit der Angabe des Standorts, der Landnutzung, der Geologie, des Bodentyps und der Sondiermethode. Eine Beschreibung der Profile befindet sich im Anhang 4.3.

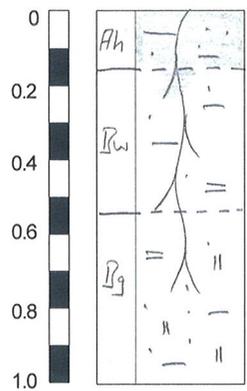
B21

Ort: Dübendorf, Gfellergut
 Landnutzung (LN): Weide, Hangfuss
 Geologie (Geol.): verrutschte Molasse
 Bodentyp: Braunerde (B)
 Sondierung: Pürckhauer (Pürckh.)



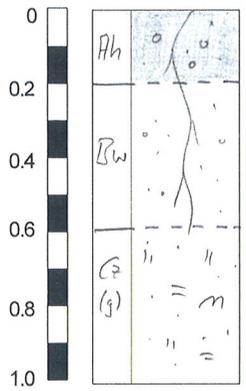
B22

Ort: Zürich, Klösterli
 LN: Mischwald, flacher Hang
 Geol.: Moräne
 Bo.: pseudovergleyte Braunerde (B)
 Sond.: Pürckh.



B23

Ort: Dübendorf, Tüfweg
 LN: Buchmischwald, Rücken
 Geol.: OSM
 Bo.: pseudovergleyte Braunerde (B)
 Sond.: Pürckh.



Anhang 4.2: Die im Einzugsgebiet vom Breitibach untersuchten Bodenprofile (B21-B23) mit der Angabe des Standorts, der Landnutzung, der Geologie, des Bodentyps und der Sondiermethode. Eine Beschreibung der Profile befindet sich im Anhang 4.3.

Anhang 4.3a: Die Eigenschaften der im Anhang 4.3 b, c und d dargestellten Bodenprofile vom Mühlebach (E1-E26) mit der Einschätzung von Infiltration und Speichervermögen und Angabe des zu erwartenden dominanten Abflussprozesses (Abkürzungen siehe auch Legende 4.2: U, u = Silt, siltig; L, l = Lehm, lehmig; S, s = Sand, sandig; A = Oberboden, B = Unterboden, C = Ausgangsmaterial, g = Rostfleckung, h = organisches Material, r = dauernd vernässt, w = Verwitterungshorizont, z = zersetzt. Prozesse: SSF (Subsurface Flow = Abfluss im Boden), SOF (Saturated Overland Flow = gesättigter Oberflächenabfluss), DP (Deep Percolation = Tiefsickerung), SOF1: rasch, SOF2: leicht verzögert, SOF3 stark bis sehr stark verzögert abfliessend). Moräne: Würm-Moräne des Reuss-, Aare- und Brüniggletschers; USM: Untere Süsswassermolasse; OMM: Obere Meeresmolasse.

	Profilbeschreibung		Profilbeschreibung
B1	Dübendorf, Kämmaten Mähwiese, Unterhang Bachschuttkegel Kalkbraunerde Pürckhauer (Pürckh.) Ah: dunkelbrauner-brauner Us Bw: brauner Ls Cz: beiger Ls mit Grobsand und Feinkies Infiltrationsvermögen (Inf.): normal Speichervermögen (Spv.): gross Prozesse (Proz.): SOF3	B2	Dübendorf, Fallmen Mähwiese, Hangfuss Bachschuttkegel Kalkbraunerde Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Lu dann brauner Ts Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3
B3	Dübendorf, Schlossbreiti Fichtenmischwald OSM Braunerde (B) (Parabraunerde) Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw1: brauner Us Bw2: brauner-rotbrauner Lu Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3	B4	Dübendorf, Eichholz Mischwald, Hangkante OSM Braunerde (B) Pürckh. Bw: brauner-beiger U-Lu Cz: beiger verwitterter Mergel (U), weich Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SSF2-3
B5	Dübendorf, Eichholz Fichtenwald, Mittelhang Moräne ? Parabraunerde Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw1: brauner Us Bw2: brauner Lu Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3	B6	Dübendorf, Eichholz Mischwald, Hangkante OSM B Pürckh. Ah: dunkelbrauner Lu Bw: brauner Lu Cz?: brauner Ut Inf.: normal Spv.: mässig-gross Proz.: SSF2-3
B7	Dübendorf, Geeren Mähwiese, Hang Moräne? Braunerde-Gley Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Us Bgg(r): braun-beiger Lu, dicht gelagert Inf.: leicht gehemmt - normal Spv.: mässig Proz.: SOF2	B8	Dübendorf, Rüti Mähwiese, flacher Hang Moräne Braunerde-Gley Pürckh. Ah/Bw: brauner Us Bgg(r): grau-beiger Lu Inf.: gehemmt Spv.: gering Proz.: SOF1-2
B9	Dübendorf, Bannholz Fichtenmischwald, leichte Mulde Moräne Pseudogley Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw/Bg(g): braun-beiger Lu Cz: beiger Us-Su Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SSF2/SOF2	B10	Dübendorf, Bannholz Mischwald, Hang Moräne? Braunerde-Pseudogley Pürckh. Ah: brauner Lu Bw(g): brauner Lu Bg(g): beiger Lu Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SSF2-3

	Profilbeschreibung		Profilbeschreibung
B11	Dübendorf, Lorenchopf Fichtenwald, Hang Moräne ? Braunerde (B) Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Lu Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3	B12	Zürich, Lorenchopf Fichtenmischwald OSM ? B Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Lu Cz: beige verwitterte Moräne / OSM, Lu Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3
B13	Dübendorf, Geeren Mischwald, Mittelhang, Verflachung Moräne? B, vergleyt Pürckh. Ah/Bw: brauner Lu Bg: grauer Lu Cz_ beiger Ls (Moräne) Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SSF2(3)	B14	Dübendorf, Geeren Mischwald, flacher Mittelhang Moräne Braunerde-Gley Pürckh. Ah: brauner Us Bw: brauner Lu Br: grauer Lu Inf.: normal Spv.: mässig-gering Proz.: SSF2
B15	Zürich, Dreiwiesen Mischwald, flacher Rücken Moräne Braunerde-Pseudogley Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Lu Bg(g): beige, brauner Ut Inf.: normal Spv.: gering Proz.: SOD2/SSF2	B16	Zürich, Hinteradlisberg Mischwald, flacher Rücken Moräne B, vergleyt Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw(g): beiger Lu bis beiger Us Inf.: normal Spv.: mässig-gross Proz.: SSF2-3
B17	Zürich, Buschberg Fichtenforst, flacher Rücken Moräne Buntgley Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bgg(r): bräunlich-grauer Lu Bg(g): beiger Lu Inf.: normal Spv.: gering Proz.: SSF2	B18	Zürich, Tobelhof Mischwald, Hang Moräne Pseudovergleyte Braunerde Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Lu Bgg: beige-brauner Lu Cz: beiger Ls (verwitterte Moräne) Inf.: normal Spv.: mässig-gross Proz.: SSF3(2)
B19	Zürich, Hirschacker Acker, Kuppe im Hang Moräne Braunerde, Buntgley Pürckh. Ap/Bw: brauner Lu Bgg: beiger Lu Inf.: normal Spv.: mässig-gross Proz.: SOF3(2)	B20	Dübendorf, Kämmaten Mischwald, Hangkante Moräne? Braunerde Pürckh. Ah: dunkelbrauner Lu Bw: brauner Lu Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3
B21	Dübendorf, Gfellergut Weide, Hangfuss verrutschte Molasse Braunerde Pürckh. Ah: brauner Us Bw: brauner Us Cz: beiger Su (molasse) Inf.: normal Spv.: mässig-gross Proz.: SOF3	B22	Zürich, Klösterli Mischwald, flacher Hang Moräne pseudovergleyte Braunerde Pürckh. Ah: brauner Us Bw: beige-brauner L Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3(2)

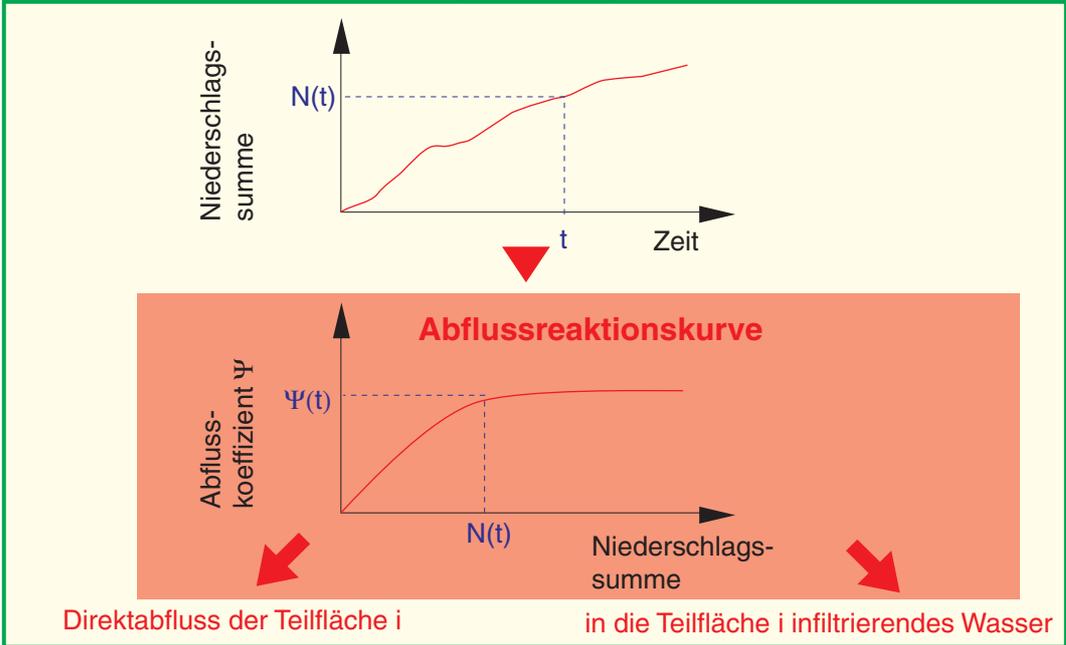
	Profilbeschreibung		Profilbeschreibung
B23	Dübendorf, Tüfweg Buchenmischwald, Rücken OSM pseudovergleyte Braunerde Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Us Cz(g): beiger L Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3		

Jede Teilfläche ist charakterisiert durch

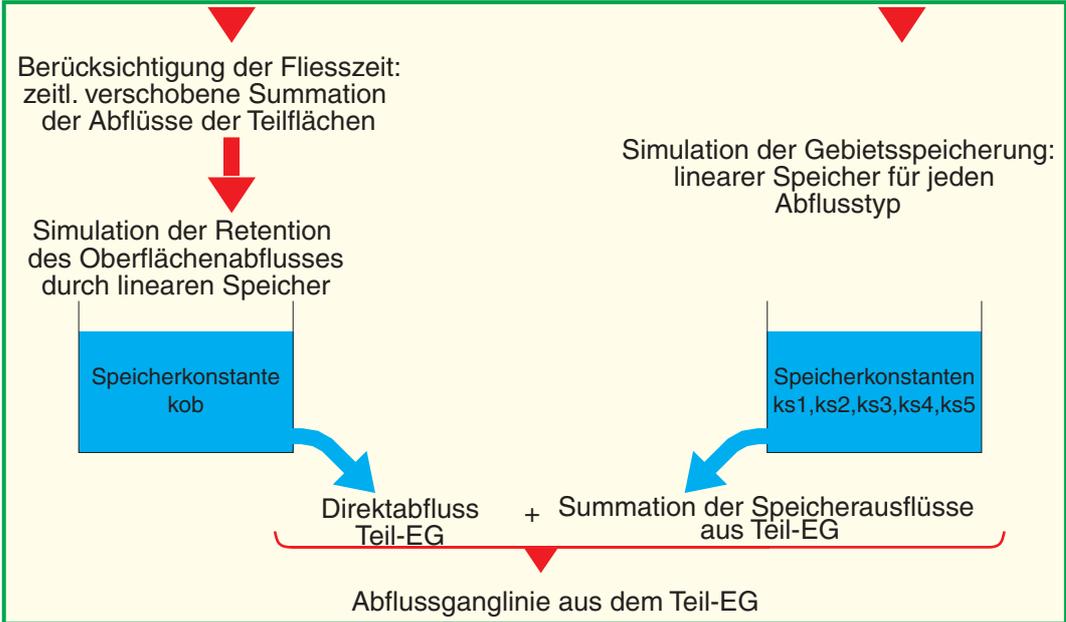
- Abflusstyp
- Niederschlagsganglinie
- Fließzeit bis zum Teil-EG-Ausfluss

dt=10 Min.

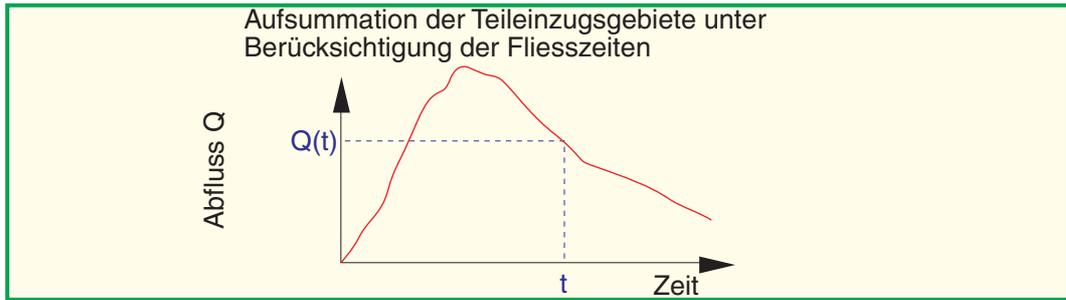
Stufe Teilfläche



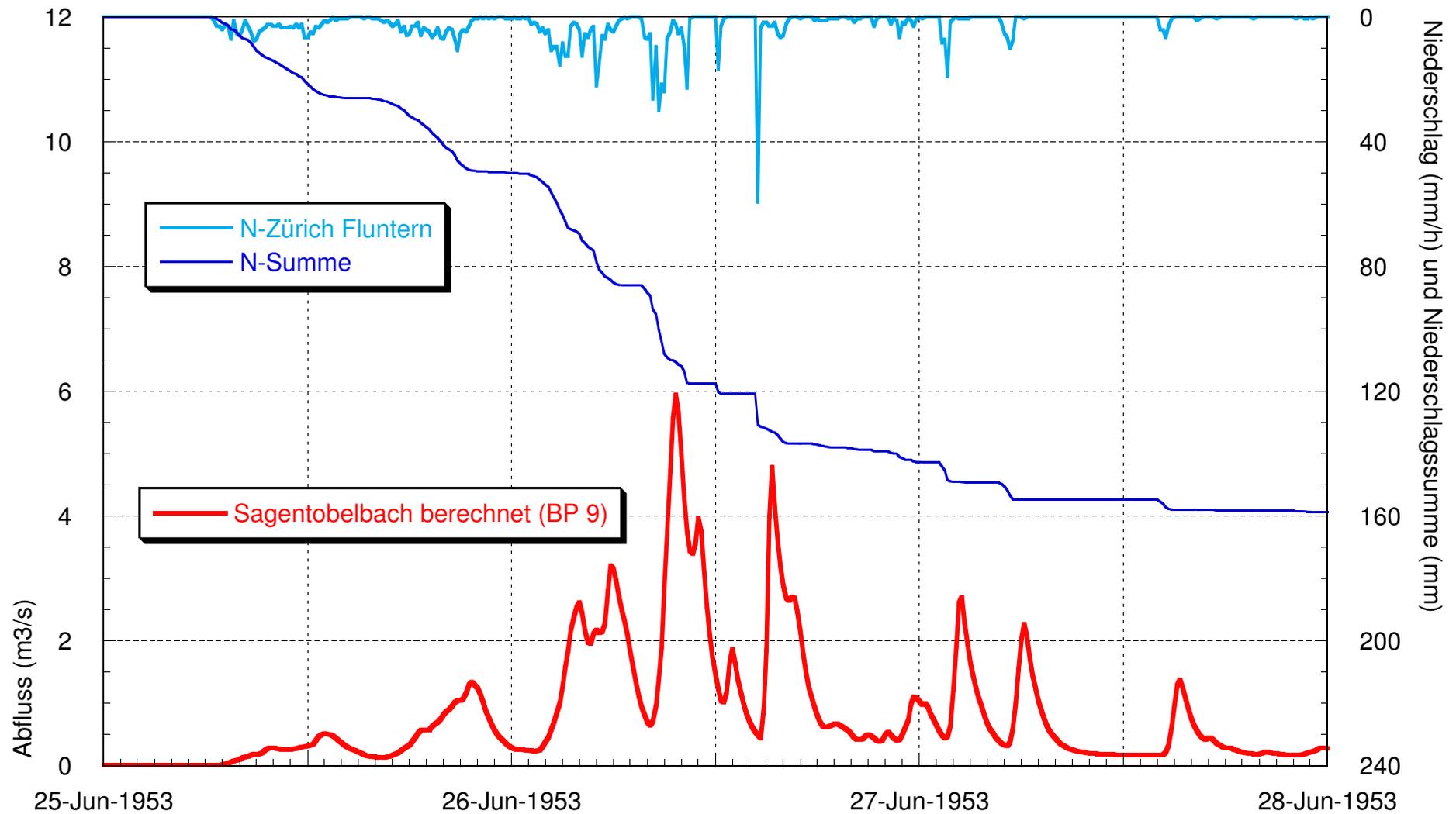
Stufe Teileinzugs-gebiet



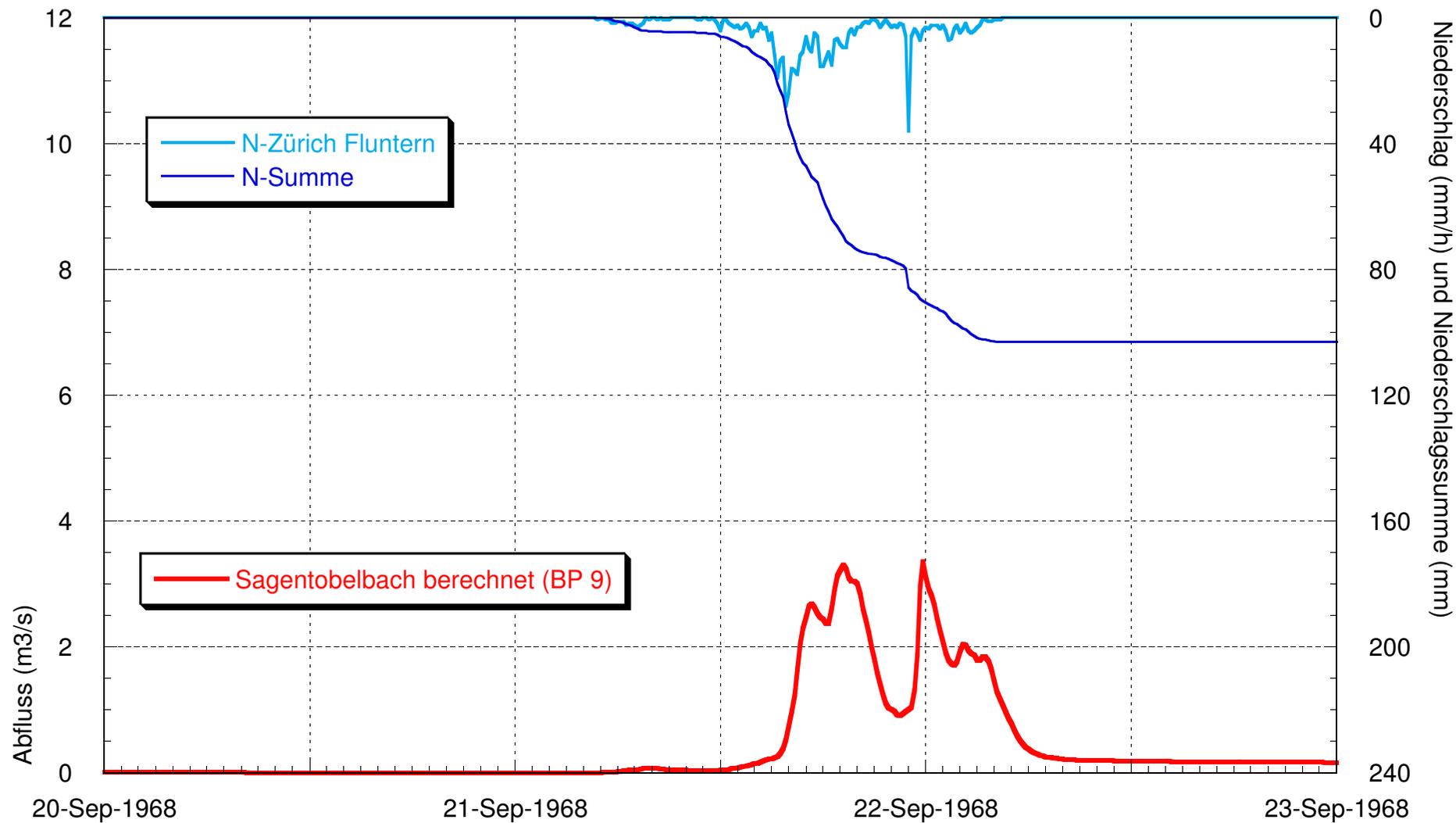
Einzugs-gebiet



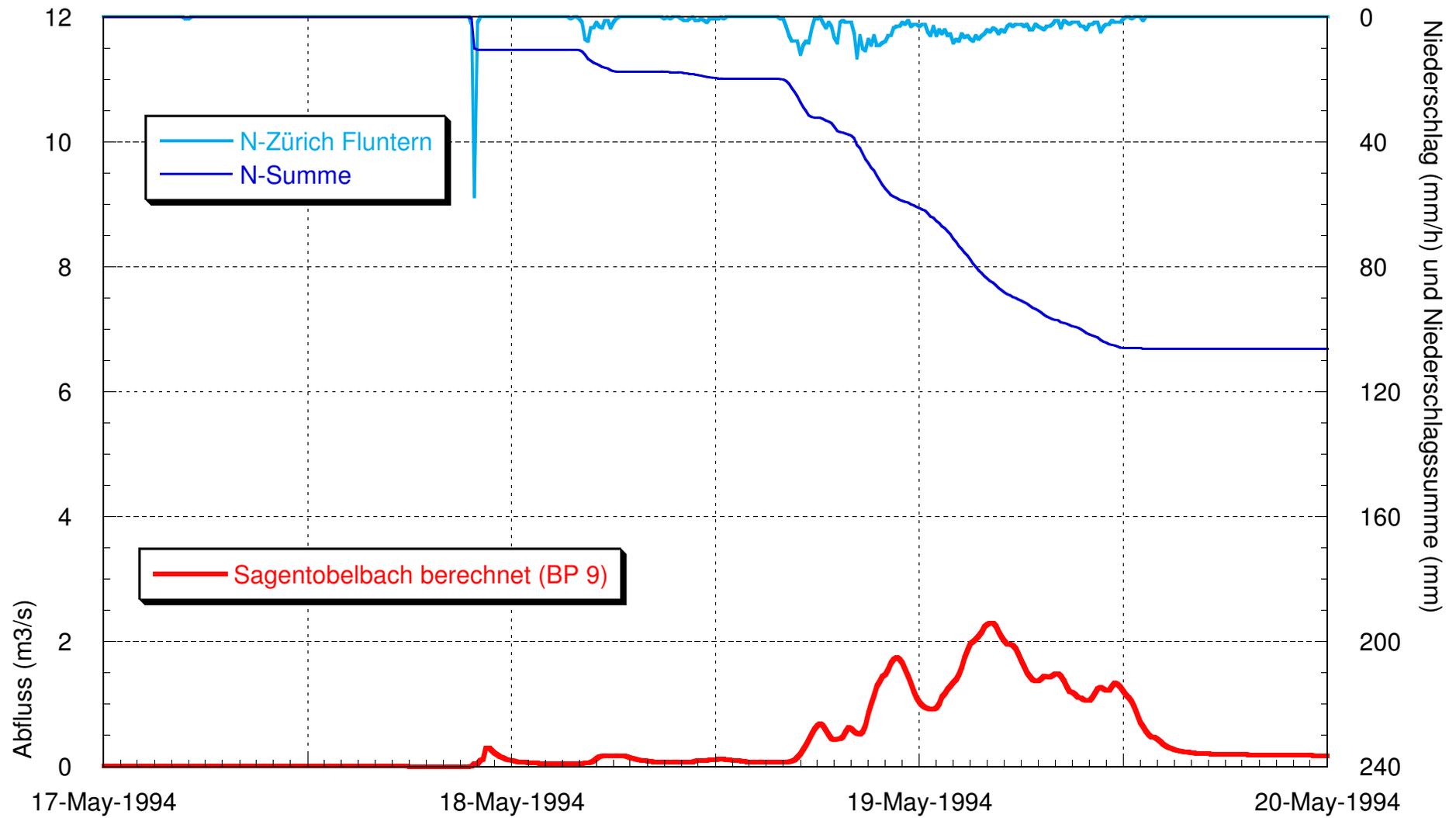
Anhang 5: Schematischer Aufbau des Niederschlags-Abfluss-Modells QArea. Zentrales Element ist die Abflussreaktionskurve, die für jede Teilfläche die Beziehung zwischen Niederschlagssumme und Abflusskoeffizient beschreibt.



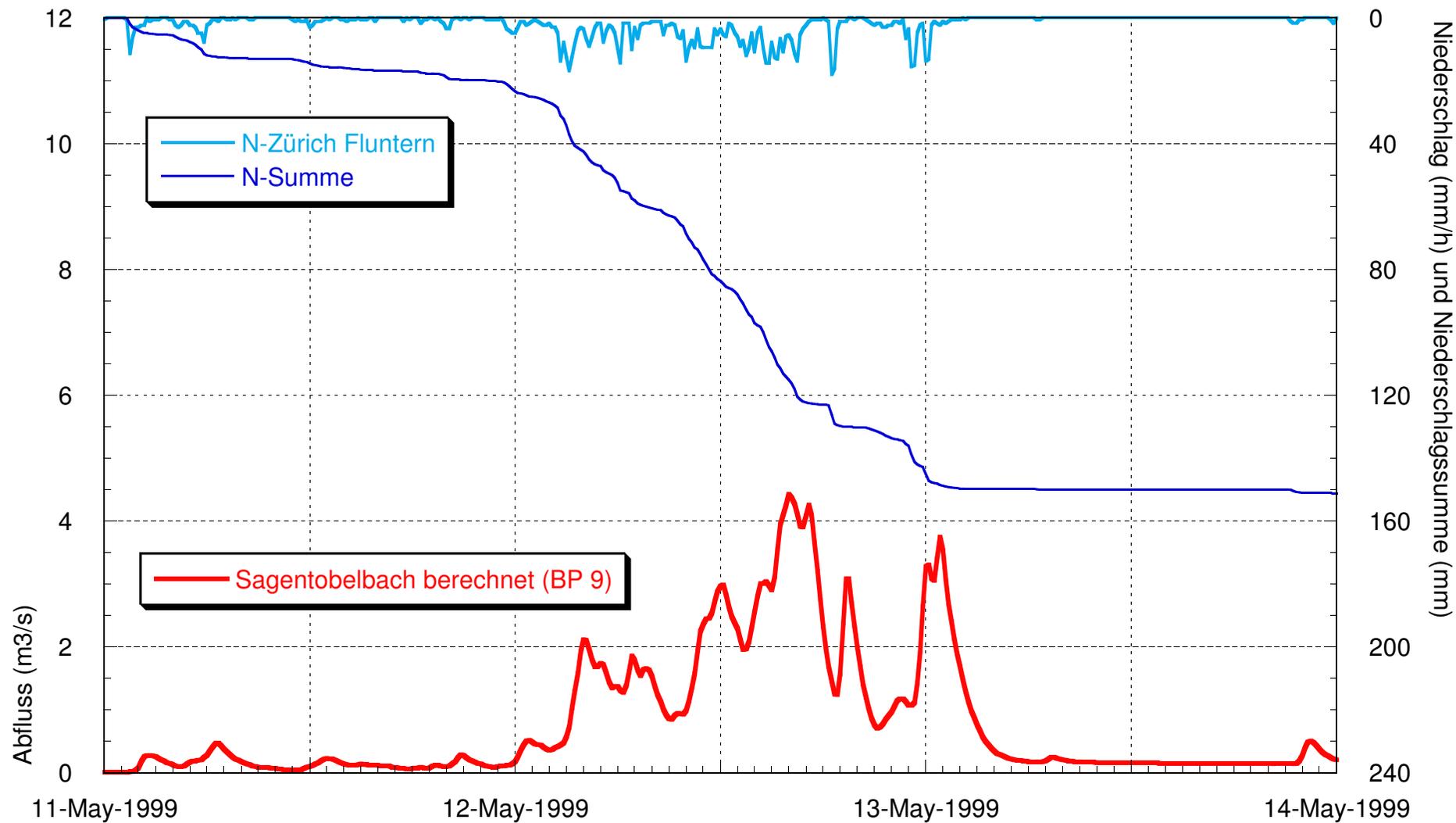
Anhang 6.1: Die mit dem Modell QArea nachgerechneten Abflüsse des Sagentobelbachs am 26. Juni 1953. Es wurde mit dem zeitlichen Niederschlagsverlauf der Station Zürich Fluntern gerechnet.



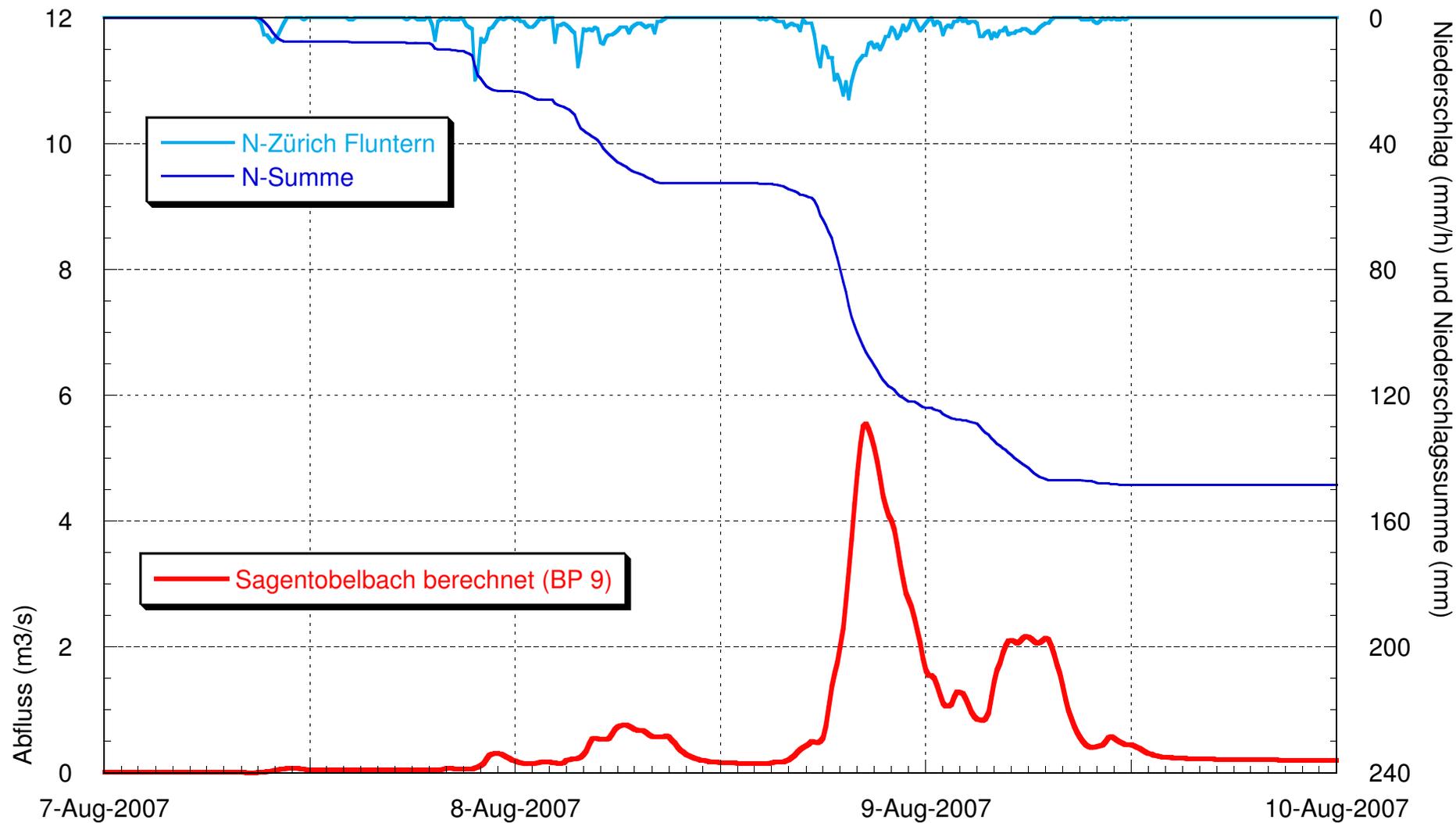
Anhang 6.2: Die mit dem Modell QArea nachgerechneten Abflüsse des Sagentobelbachs am 21. September 1968. Es wurde mit dem zeitlichen Niederschlagsverlauf der Station Zürich Fluntern gerechnet.



Anhang 6.3: Die mit dem Modell QArea nachgerechneten Abflüsse des Sagentobelbachs am 19. Mai 1994. Es wurde mit dem zeitlichen Niederschlagsverlauf der Station Zürich Fluntern gerechnet.

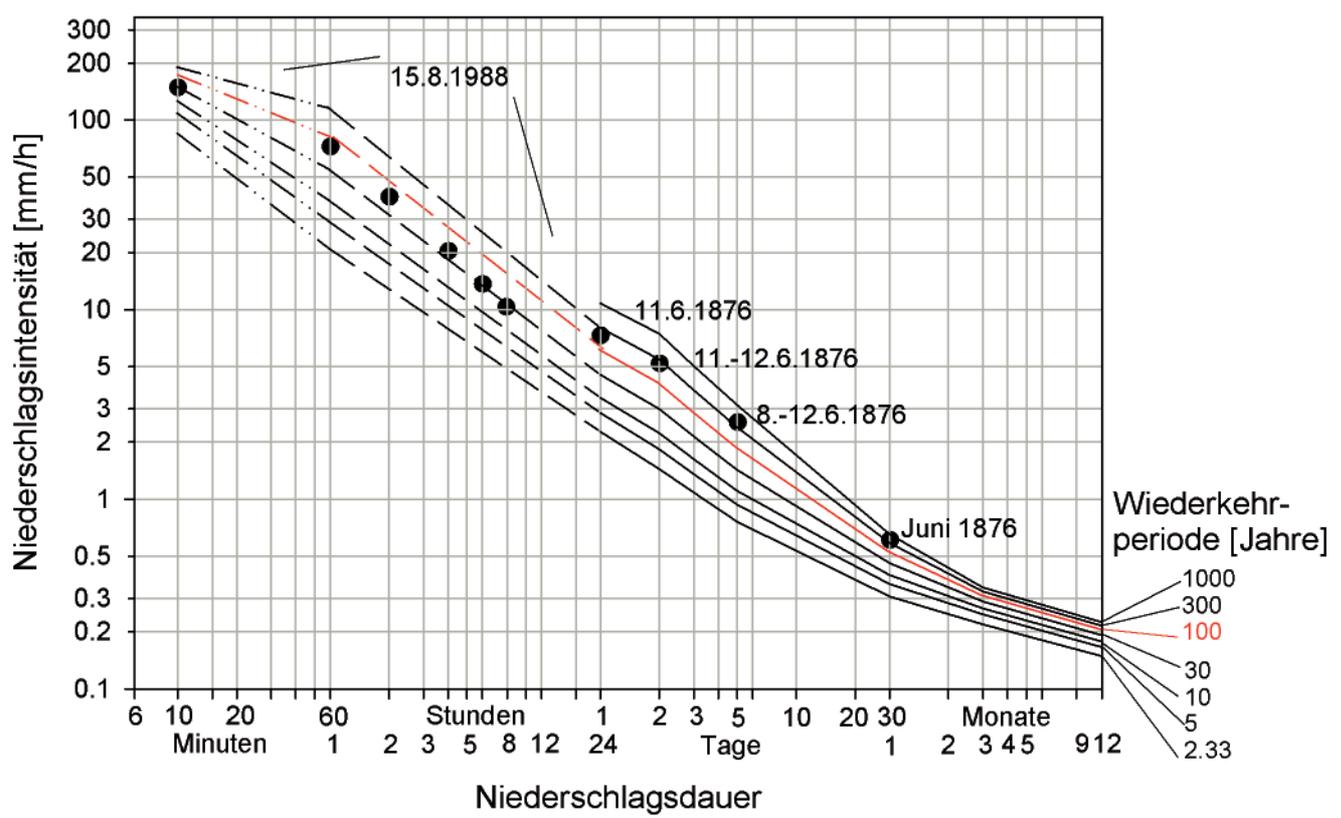
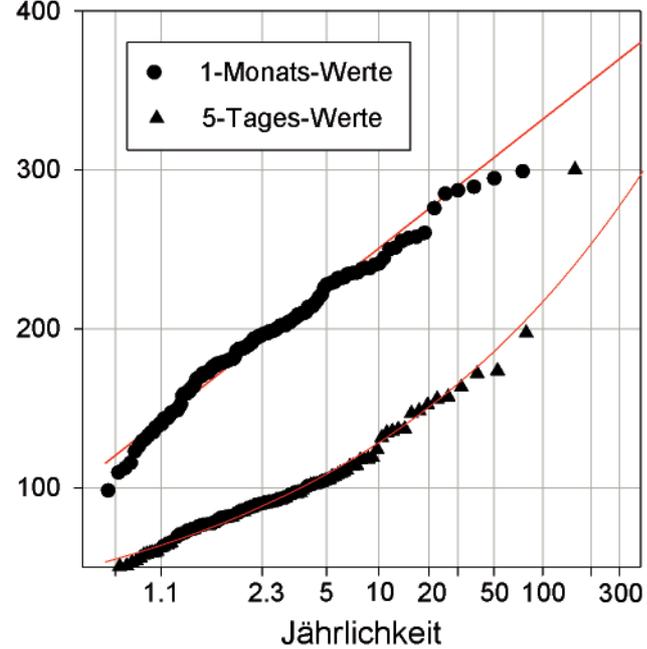
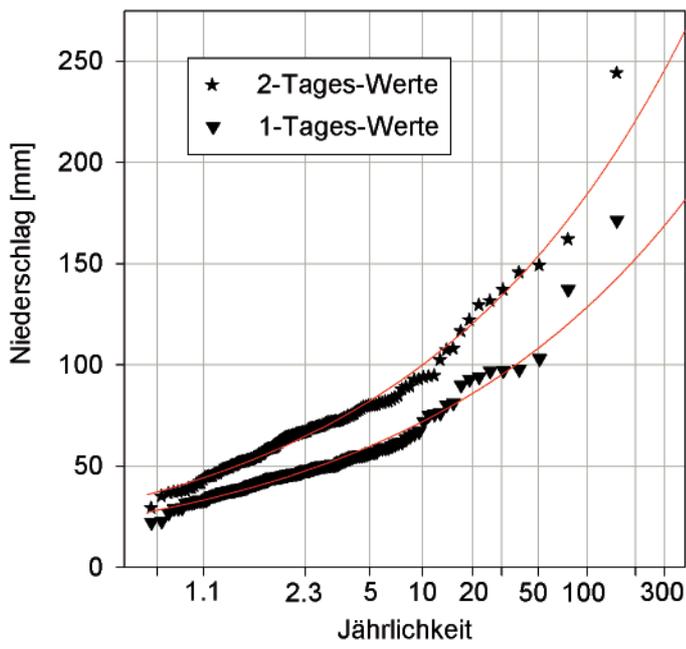


Anhang 6.4: Die mit dem Modell QArea nachgerechneten Abflüsse des Sagentobelbachs am 12. Mai 1999. Es wurde mit dem zeitlichen Niederschlagsverlauf der Station Zürich Fluntern gerechnet.



Anhang 6.5: Die mit dem Modell QArea nachgerechneten Abflüsse des Sagentobelbachs am 8. August 2007. Es wurde mit dem zeitlichen Niederschlagsverlauf der Station Zürich Fluntern gerechnet.

<h1>Zürich - Fluntern</h1> <h2>1864 - 2015</h2>	1. Extremalverteilung: 1-Monats-Maxima
	2. Extremalverteilung: 1-, 2-, 3- und 5-Tages-Maxima
	Normalverteilung: 3-Monats- u. Jahres-Maxima
	GEV: 10 Minuten- u. 1 h - Maxima



Anhang 7.1: Niederschlagstatistik der Messstation Zürich Fluntern.

<h1>Zürich - Fluntern</h1> <h2>1864 - 2015</h2>	1. Extremalverteilung: 1-Monats-Maxima
	2. Extremalverteilung: 1-, 2-, 3- und 5-Tages-Maxima
	Normalverteilung: 3-Monats- u. Jahres-Maxima
	GEV: 10 Minuten- u. 1 h - Maxima

Die gemessenen 10 grössten Niederschlagswerte
 Datengrundlage: 1-Tages-Werte 1864 - 2015

Rang	1 - Tag		2 - Tage		5 - Tage		1 - Monat		3 - Monate		1 - Jahr	
	Datum	N [mm]	Datum	N [mm]	Datum	N [mm]	Datum	N [mm]	Datum	N [mm]	Datum	N [mm]
1	11.06.1876	172	11.-12.06.1876	245	08.06.-12.06.1876	300	Juni 1876	430	Apr-Juni 1876	783	1876	1988
2	03.06.1878	137	03.-04.06.1878	162	31.05.-04.06.1878	198	Juni 1878	299	Mai-Aug 1888	685	1999	1549
3	21.09.1968	103	25.-26.06.1953	150	08.05.-12.05.1999	174	Aug 1975	295	Apr-Juni 1878	605	1965	1543
4	08.08.2007	98	07.-08.08.2007	146	23.06.-27.06.1953	172	Feb 1970	289	Apr-Juni 1999	597	1888	1504
5	07.08.1978	97	11.-12.05.1999	138	30.08.-03.09.1881	163	Mai 1999	287	Juni-Aug 1886	594	2001	1483
6	23.06.1973	97	01.-02.09.1881	132	03.07.-07.07.1891	157	Juli 1993	285	Mai-Juli 1872	590	1910	1461
7	12.05.1999	94	25.-26.09.1987	130	07.08.-11.08.2007	156	Juli 1888	276	Juni-Aug 1982	561	1867	1457
8	01.09.1881	93	06.-07.08.1978	123	22.05.-26.05.1872	152	Aug 2007	260	Juni-Aug 1975	558	1958	1431
9	20.05.1931	90	22.-23.06.1973	117	30.07.-03.08.1888	149	Mai 1872	258	Juni-Aug 1988	555	1872	1428
10	25.06.1953	81	10.-11.08.1975	108	17.05.-21.05.1994	147	Juni 1953	257	Juni-Aug 2007	553	1878	1423

Die gemessenen 10 grössten Niederschlagswerte
 Datengrundlage: 10-Minuten-Werte 1981 - 2014

Rang	10 Min.		1 h		2 h		4 h	
	Datum	N [mm]						
1	15.08.1988	24.3	15.08.1988	71.2	15.08.1988	77.2	15.08.1988	80.2
2	08.08.1981	18.6	29.07.1990	45.0	30.07.1990	45.4	08.08.2007	56.0
3	01.07.1987	18.4	12.06.2014	37.7	08.08.1981	40.2	05.07.1993	50.3
4	08.05.2003	18.4	08.08.1981	35.3	12.06.2014	39.9	03.07.2012	48.0
5	21.06.2007	18.1	01.05.1993	32.7	01.05.1993	36.4	30.07.1990	45.8
6	21.08.2000	18.0	08.05.2000	32.2	02.05.2013	36.2	08.08.1981	45.4
7	31.08.2008	17.9	26.08.1997	29.1	08.05.2000	35.0	02.05.2013	44.0
8	10.08.1994	16.3	16.07.1982	27.1	08.08.2007	34.8	12.06.2014	40.0
9	16.07.1982	15.4	02.05.2013	26.5	21.06.1995	32.5	03.06.2004	36.7
10	24.06.2002	14.7	18.07.1986	26.2	18.07.1986	32.2	08.07.2011	35.6

<h1>Zürich - Fluntern</h1> <h2>1864 - 2015</h2>	1. Extremalverteilung: 1-Monats-Maxima
	2. Extremalverteilung: 1-, 2-, 3- und 5-Tages-Maxima
	Normalverteilung: 3-Monats- u. Jahres-Maxima
	GEV: 10 Minuten- u. 1 h - Maxima

Interpolierte bzw. extrapolierte Niederschlagsintensitäten in mm/h
für ausgewählte Jährlichkeiten und Niederschlagsdauern

Niederschlagsdauer	0.5h	1h	2h	4h	6h	8h	12h	24h	2d	3d	5d	1mt	3mt	1yr
Jährlichkeit														
2.33	36	21	13	8	6	5	3.7	2.3	1.4	1.1	0.8	0.31	0.22	0.15
5	48	29	18	11	8	6	4.8	2.9	1.8	1.4	0.9	0.36	0.25	0.17
10	60	37	22	13	10	8	5.7	3.4	2.2	1.6	1.1	0.40	0.27	0.18
20	72	48	28	16	12	10	7.0	4.1	2.7	1.9	1.3	0.44	0.28	0.19
30	81	55	32	18	13	11	7.8	4.5	3.0	2.1	1.4	0.46	0.29	0.19
50	92	65	37	22	16	12	9.0	5.2	3.4	2.4	1.6	0.49	0.30	0.20
100	108	81	46	26	19	15	10.7	6.1	4.1	2.9	1.9	0.53	0.31	0.20
200	127	101	57	32	23	18	12.9	7.3	4.9	3.4	2.2	0.56	0.32	0.21
300	139	115	64	36	26	20	14.3	8.0	5.5	3.8	2.4	0.59	0.33	0.21
500								9.1	6.2	4.3	2.7	0.62	0.33	0.22
1000								10.8	7.5	5.0	3.1	0.65	0.34	0.22

Bemerkungen:

Werte für Dauern > 12 h hergeleitet aus Tageswerten Zürich - Fluntern 1864 - 2015
Auswertung Scherrer AG mit 2. Extremalverteilung

Werte für Dauern < 2 h hergeleitet aus 10-Minuten - Werten Zürich - Fluntern 1981 - 2014
Auswertung der MeteoSchweiz mit GEV

Werte für Dauern zwischen 2 h und 12 h sind interpoliert

Anhang 8.1: Die Resultate der Berechnungen mit dem NAM QA_{REA} für den Ist-Zustand. Beim BP 4 können nicht mehr als 7 m³/s weiterfließen und vor dem BP 6b füllt sich bei Abflüssen > 8 m³/s linksufrig eine Mulde im Feld mit einem Gesamtvolumen von 27'000 m³.

Wiederkehr- periode [Jahre]	Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlags- szenario	Abflussspitzen [m ³ /s] bei den Berechnungspunkten													Rückhalte- volumen [m ³]	
			BP 1	BP 2	BP 3	BP 4i	BP 4	BP 5	BP 6a	BP 6b	BP 7a	BP 7b	BP 8	BP 9	BP 10	BP 6b	BP 7b
30	0.5h30j_dreieck	Gewitter	0.77	0.86	0.93	1.86	1.86	1.77	3.62	3.76	0.83	0.83	4.63	2.52	2.68	0	0
	1h30j_dreieck	Gewitter	1.28	1.46	1.51	3.19	3.19	2.53	5.61	5.86	1.21	1.21	7.21	4.02	4.24	0	0
	2h30j_dreieck	Gewitter	1.27	1.48	1.57	3.34	3.34	2.40	5.67	5.97	1.17	1.17	7.25	4.08	4.32	0	0
	4h30j_dreieck	Gewitter	1.16	1.40	1.44	3.15	3.15	2.06	5.17	5.50	1.03	1.03	6.67	3.76	4.01	0	0
	12h30j_block	gleichmässig	0.82	1.06	1.05	2.41	2.41	1.29	3.70	4.02	0.69	0.69	4.79	2.67	2.85	0	0
	24h30j_block	gleichmässig	0.55	0.74	0.73	1.71	1.71	0.87	2.58	2.83	0.48	0.48	3.38	1.92	2.04	0	0
	48h30j_block	gleichmässig	0.43	0.61	0.61	1.43	1.43	0.66	2.09	2.33	0.40	0.40	2.77	1.66	1.77	0	0
100	0.5h100j_dreieck	Gewitter	1.73	1.95	2.09	4.25	4.25	3.25	7.49	7.80	1.61	1.61	9.45	5.40	5.64	0	0
	1h100j_dreieck	Gewitter	3.30	3.80	3.91	8.28	7.00	5.38	12.38	8.00	2.71	2.71	11.14	10.05	10.46	13'016	0
	2h100j_dreieck	Gewitter	3.01	3.55	3.70	7.96	7.00	4.81	11.81	8.00	2.44	2.44	10.84	9.49	9.94	15'874	0
	4h100j_dreieck	Gewitter	2.49	3.02	3.11	6.83	6.83	3.90	10.67	8.00	2.02	2.02	10.33	8.06	8.49	14'910	0
	12h100j_block	gleichmässig	1.33	1.78	1.80	4.13	4.13	2.03	6.16	6.76	1.16	1.16	8.05	4.71	5.00	0	0
	24h100j_block	gleichmässig	0.85	1.18	1.19	2.76	2.76	1.30	4.06	4.50	0.77	0.77	5.36	3.19	3.39	0	0
	48h100j_block	gleichmässig	0.65	0.93	0.93	2.19	2.19	0.96	3.14	3.52	0.59	0.59	4.17	2.54	2.71	0	0
300	0.5h300j_dreieck	Gewitter	3.16	3.59	3.82	7.83	7.00	5.24	12.24	8.00	2.70	2.70	11.10	9.68	10.05	9'330	0
	1h300j_dreieck	Gewitter	6.62	7.75	8.24	17.13	7.00	9.99	16.99	14.06	5.35	5.35	17.27	21.09	21.82	27'000	0
	2h300j_dreieck	Gewitter	5.64	6.78	7.14	15.33	7.00	8.50	15.50	15.32	4.58	4.58	19.43	18.65	19.43	27'000	0
	4h300j_dreieck	Gewitter	4.36	5.37	5.64	12.31	7.00	6.55	13.55	14.61	3.58	3.58	18.41	14.76	15.50	27'000	0
	12h300j_block	gleichmässig	2.01	2.78	2.83	6.50	6.50	2.98	9.48	8.00	1.80	1.80	10.00	7.60	8.04	21'600	0
	24h300j_block	gleichmässig	1.22	1.73	1.74	4.05	4.05	1.81	5.86	6.53	1.11	1.11	7.76	4.70	4.99	0	0
	48h300j_block	gleichmässig	0.93	1.34	1.33	3.13	3.13	1.32	4.45	4.99	0.82	0.82	5.89	3.61	3.84	0	0

Anhang 8.2: Die Resultate der Berechnungen mit dem NAM QA_{REA} bei einem Vollausbau der Gerinne (berechnete Abflussspitzen ohne Ausufer bei Überlast und ohne Retention).

Wiederkehr- periode [Jahre]	Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlags- szenario	Abflussspitzen [m ³ /s] bei den Berechnungspunkten													Rückhalte- volumen [m ³]	
			BP 1	BP 2	BP 3	BP 4i	BP 4	BP 5	BP 6a	BP 6b	BP 7a	BP 7b	BP 8	BP 9	BP 10	BP 6b	BP 7b
30	0.5h30j_dreieck	Gewitter	0.77	0.86	0.93	1.86	1.86	1.77	3.62	3.76	0.83	0.83	4.63	2.52	2.68	0	0
	1h30j_dreieck	Gewitter	1.28	1.46	1.51	3.19	3.19	2.53	5.61	5.86	1.21	1.21	7.21	4.02	4.24	0	0
	2h30j_dreieck	Gewitter	1.27	1.48	1.57	3.34	3.34	2.40	5.67	5.97	1.17	1.17	7.25	4.08	4.32	0	0
	4h30j_dreieck	Gewitter	1.16	1.40	1.44	3.15	3.15	2.06	5.17	5.50	1.03	1.03	6.67	3.76	4.01	0	0
	12h30j_block	gleichmässig	0.82	1.06	1.05	2.41	2.41	1.29	3.70	4.02	0.69	0.69	4.79	2.67	2.85	0	0
	24h30j_block	gleichmässig	0.55	0.74	0.73	1.71	1.71	0.87	2.58	2.83	0.48	0.48	3.38	1.92	2.04	0	0
	48h30j_block	gleichmässig	0.43	0.61	0.61	1.43	1.43	0.66	2.09	2.33	0.40	0.40	2.77	1.66	1.77	0	0
100	0.5h100j_dreieck	Gewitter	1.73	1.95	2.09	4.25	4.25	3.25	7.49	7.80	1.61	1.61	9.45	5.40	5.64	0	0
	1h100j_dreieck	Gewitter	3.30	3.80	3.91	8.28	8.28	5.38	13.49	14.16	2.71	2.71	17.11	10.05	10.46	0	0
	2h100j_dreieck	Gewitter	3.01	3.55	3.70	7.96	7.96	4.81	12.60	13.33	2.44	2.44	16.08	9.49	9.94	0	0
	4h100j_dreieck	Gewitter	2.49	3.02	3.11	6.83	6.83	3.90	10.67	11.40	2.02	2.02	13.70	8.06	8.49	0	0
	12h100j_block	gleichmässig	1.33	1.78	1.80	4.13	4.13	2.03	6.16	6.76	1.16	1.16	8.05	4.71	5.00	0	0
	24h100j_block	gleichmässig	0.85	1.18	1.19	2.76	2.76	1.30	4.06	4.50	0.77	0.77	5.36	3.19	3.39	0	0
	48h100j_block	gleichmässig	0.65	0.93	0.93	2.19	2.19	0.96	3.14	3.52	0.59	0.59	4.17	2.54	2.71	0	0
300	0.5h300j_dreieck	Gewitter	3.16	3.59	3.82	7.83	7.83	5.24	13.07	13.65	2.7	2.7	16.37	9.68	10.05	0	0
	1h300j_dreieck	Gewitter	6.62	7.75	8.24	17.13	17.13	9.99	27.13	28.62	5.35	5.35	34.33	21.09	21.82	0	0
	2h300j_dreieck	Gewitter	5.64	6.78	7.14	15.33	15.33	8.5	23.69	25.22	4.58	4.58	30.34	18.65	19.43	0	0
	4h300j_dreieck	Gewitter	4.36	5.37	5.64	12.31	12.31	6.55	18.73	20.14	3.58	3.58	24.14	14.76	15.5	0	0
	12h300j_block	gleichmässig	2.01	2.78	2.83	6.5	6.5	2.98	9.48	10.5	1.8	1.8	12.47	7.6	8.04	0	0
	24h300j_block	gleichmässig	1.22	1.73	1.74	4.05	4.05	1.81	5.86	6.53	1.11	1.11	7.76	4.70	4.99	0	0
	48h300j_block	gleichmässig	0.93	1.34	1.33	3.13	3.13	1.32	4.45	4.99	0.82	0.82	5.89	3.61	3.84	0	0

Anhang 9.1: Die Resultate der Berechnungen mit dem NAM QA_{REA} mit einem Hochwasserrückhaltebecken beim BP 6a mit einer Drosselung auf 5 m³/s sowie einer Drosselung und rechtsufrigen Ausleitung beim BP 7a auf 2.5 m³/s.

Wiederkehr- periode [Jahre]	Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlags- szenario	Abflussspitzen [m ³ /s] bei den Berechnungspunkten													Rückhalte- volumen [m ³]	
			BP 1	BP 2	BP 3	BP 4i	BP 4	BP 5	BP 6a	BP 6b	BP 7a	BP 7b	BP 8	BP 9	BP 10	BP 6a	BP 7b
30	0.5h30j_dreieck	Gewitter	0.77	0.86	0.93	1.86	1.86	1.77	3.62	3.76	0.83	0.83	4.63	2.52	2.68	0	0
	1h30j_dreieck	Gewitter	1.28	1.46	1.51	3.19	3.19	2.53	5.00	5.25	1.21	1.21	6.60	4.02	4.24	635	0
	2h30j_dreieck	Gewitter	1.27	1.48	1.57	3.34	3.34	2.40	5.00	5.30	1.17	1.17	6.67	4.08	4.32	1'030	0
	4h30j_dreieck	Gewitter	1.16	1.40	1.44	3.15	3.15	2.06	5.00	5.33	1.03	1.03	6.52	3.76	4.01	251	0
	12h30j_block	gleichmässig	0.82	1.06	1.05	2.41	2.41	1.29	3.70	4.02	0.69	0.69	4.79	2.67	2.85	0	0
	24h30j_block	gleichmässig	0.55	0.74	0.73	1.71	1.71	0.87	2.58	2.83	0.48	0.48	3.38	1.92	2.04	0	0
	48h30j_block	gleichmässig	0.43	0.61	0.61	1.43	1.43	0.66	2.09	2.33	0.40	0.40	2.77	1.66	1.77	0	0
100	0.5h100j_dreieck	Gewitter	1.73	1.95	2.09	4.25	4.25	3.25	5.00	5.33	1.61	1.61	7.22	5.40	5.64	3'418	0
	1h100j_dreieck	Gewitter	3.30	3.80	3.91	8.28	8.28	5.38	5.00	5.69	2.71	2.50	8.63	10.05	10.46	24'092	176
	2h100j_dreieck	Gewitter	3.01	3.55	3.70	7.96	7.96	4.81	5.00	5.74	2.44	2.44	8.55	9.49	9.94	29'396	0
	4h100j_dreieck	Gewitter	2.49	3.02	3.11	6.83	6.83	3.90	5.00	5.74	2.02	2.02	8.03	8.06	8.49	33'762	0
	12h100j_block	gleichmässig	1.33	1.78	1.80	4.13	4.13	2.03	5.00	5.62	1.16	1.16	6.92	4.71	5.00	7'931	0
	24h100j_block	gleichmässig	0.85	1.18	1.19	2.76	2.76	1.30	4.06	4.50	0.77	0.77	5.36	3.19	3.39	0	0
	48h100j_block	gleichmässig	0.65	0.93	0.93	2.19	2.19	0.96	3.14	3.52	0.59	0.59	4.17	2.54	2.71	0	0
300	0.5h300j_dreieck	Gewitter	3.16	3.59	3.82	7.83	7.83	5.24	5.00	5.63	2.70	2.50	8.53	9.68	10.05	18'183	119
	1h300j_dreieck	Gewitter	6.62	7.75	8.24	17.13	17.13	9.99	5.00	6.54	5.35	2.50	9.77	21.09	21.82	80'908	6'706
	2h300j_dreieck	Gewitter	5.64	6.78	7.14	15.33	15.33	8.50	5.00	6.53	4.58	2.50	9.61	18.65	19.43	90'982	6'747
	4h300j_dreieck	Gewitter	4.36	5.37	5.64	12.31	12.31	6.55	5.00	6.43	3.58	2.50	9.35	14.76	15.50	102'053	4'928
	12h300j_block	gleichmässig	2.01	2.78	2.83	6.50	6.50	2.98	5.00	6.04	1.80	1.80	8.04	7.60	8.04	67'831	0
	24h300j_block	gleichmässig	1.22	1.73	1.74	4.05	4.05	1.81	5.00	5.68	1.11	1.11	6.91	4.70	4.99	12'091	0
	48h300j_block	gleichmässig	0.93	1.34	1.33	3.13	3.13	1.32	4.45	4.99	0.82	0.82	5.89	3.61	3.84	0	0

Anhang 9.2: Die Resultate der Berechnungen mit dem NAM QA_{REA} mit einem Hochwasserrückhaltebecken beim BP 6a mit einer Drosselung auf 4 m³/s sowie einer Drosselung und rechtsufrigen Ausleitung beim BP 7a auf 2.5 m³/s.

Wiederkehr- periode [Jahre]	Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlags- szenario	Abflussspitzen [m ³ /s] bei den Berechnungspunkten													Rückhalte- volumen [m ³]	
			BP 1	BP 2	BP 3	BP 4i	BP 4	BP 5	BP 6a	BP 6b	BP 7a	BP 7b	BP 8	BP 9	BP 10	BP 6a	BP 7b
30	0.5h30j_dreieck	Gewitter	0.77	0.86	0.93	1.86	1.86	1.77	3.62	3.76	0.83	0.83	4.63	2.52	2.68	0	0
	1h30j_dreieck	Gewitter	1.28	1.46	1.51	3.19	3.19	2.53	4.00	4.26	1.21	1.21	5.70	4.02	4.24	2'671	0
	2h30j_dreieck	Gewitter	1.27	1.48	1.57	3.34	3.34	2.40	4.00	4.30	1.17	1.17	5.67	4.08	4.32	4'093	0
	4h30j_dreieck	Gewitter	1.16	1.40	1.44	3.15	3.15	2.06	4.00	4.33	1.03	1.03	5.52	3.76	4.01	4'425	0
	12h30j_block	gleichmässig	0.82	1.06	1.05	2.41	2.41	1.29	3.70	4.02	0.69	0.69	4.79	2.67	2.85	0	0
	24h30j_block	gleichmässig	0.55	0.74	0.73	1.71	1.71	0.87	2.58	2.83	0.48	0.48	3.38	1.92	2.04	0	0
	48h30j_block	gleichmässig	0.43	0.61	0.61	1.43	1.43	0.66	2.09	2.33	0.40	0.40	2.77	1.66	1.77	0	0
100	0.5h100j_dreieck	Gewitter	1.73	1.95	2.09	4.25	4.25	3.25	4.00	4.33	1.61	1.61	6.22	5.40	5.64	6'238	0
	1h100j_dreieck	Gewitter	3.30	3.80	3.91	8.28	8.28	5.38	4.00	4.69	2.71	2.50	7.63	10.05	10.46	29'801	176
	2h100j_dreieck	Gewitter	3.01	3.55	3.70	7.96	7.96	4.81	4.00	4.74	2.44	2.44	7.55	9.49	9.94	36'746	0
	4h100j_dreieck	Gewitter	2.49	3.02	3.11	6.83	6.83	3.90	4.00	4.74	2.02	2.02	7.03	8.06	8.49	43'735	0
	12h100j_block	gleichmässig	1.33	1.78	1.80	4.13	4.13	2.03	4.00	4.62	1.16	1.16	5.92	4.71	5.00	23'866	0
	24h100j_block	gleichmässig	0.85	1.18	1.19	2.76	2.76	1.30	4.00	4.45	0.77	0.77	5.31	3.19	3.39	92	0
	48h100j_block	gleichmässig	0.65	0.93	0.93	2.19	2.19	0.96	3.14	3.52	0.59	0.59	4.17	2.54	2.71	0	0
300	0.5h300j_dreieck	Gewitter	3.16	3.59	3.82	7.83	7.83	5.24	4.00	4.63	2.70	2.50	7.53	9.68	10.05	22'823	119
	1h300j_dreieck	Gewitter	6.62	7.75	8.24	17.13	17.13	9.99	4.00	5.54	5.35	2.50	8.77	21.09	21.82	89'595	6'706
	2h300j_dreieck	Gewitter	5.64	6.78	7.14	15.33	15.33	8.50	4.00	5.53	4.58	2.50	8.61	18.65	19.43	101'129	6'747
	4h300j_dreieck	Gewitter	4.36	5.37	5.64	12.31	12.31	6.55	4.00	5.43	3.58	2.50	8.35	14.76	15.50	115'170	4'928
	12h300j_block	gleichmässig	2.01	2.78	2.83	6.50	6.50	2.98	4.00	5.04	1.80	1.80	7.04	7.60	8.04	96'044	0
	24h300j_block	gleichmässig	1.22	1.73	1.74	4.05	4.05	1.81	4.00	4.68	1.11	1.11	5.91	4.70	4.99	46'777	0
	48h300j_block	gleichmässig	0.93	1.34	1.33	3.13	3.13	1.32	4.00	4.54	0.82	0.82	5.44	3.61	3.84	14'988	0

Anhang 9.3: Die Resultate der Berechnungen mit dem NAM QA_{REA} bei einer Ableitung des Schlossbaches von der Schlossbreiti in die Glatt, einem Hochwasser-rückhaltebecken beim BP 6a mit einer Drosselung auf 4 m³/s sowie einer Drosselung und rechtsufrigen Ausleitung beim BP 7a auf 2.5 m³/s.

Wiederkehr- periode [Jahre]	Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlags- szenario	Abflussspitzen [m ³ /s] bei den Berechnungspunkten													Rückhalte- volumen [m ³]	
			BP 1	BP 2	BP 3	BP 4i	BP 4	BP 5	BP 6a	BP 6b	BP 7a	BP 7b	BP 8	BP 9	BP 10	BP 6a	BP 7b
30	0.5h30j_dreieck	Gewitter	0.77	0.10	0.93	1.16	1.16	1.77	2.93	3.07	0.83	0.83	3.94	2.52	2.68	0	0
	1h30j_dreieck	Gewitter	1.28	0.18	1.51	1.94	1.94	2.53	4.00	4.25	1.21	1.21	5.67	4.02	4.24	386	0
	2h30j_dreieck	Gewitter	1.27	0.21	1.57	2.07	2.07	2.40	4.00	4.30	1.17	1.17	5.67	4.08	4.32	613	0
	4h30j_dreieck	Gewitter	1.16	0.24	1.44	1.99	1.99	2.06	4.00	4.33	1.03	1.03	5.52	3.76	4.01	11	0
	12h30j_block	gleichmässig	0.82	0.24	1.05	1.60	1.60	1.29	2.89	3.21	0.69	0.69	3.98	2.67	2.85	0	0
	24h30j_block	gleichmässig	0.55	0.19	0.73	1.16	1.16	0.87	2.03	2.29	0.48	0.48	2.83	1.92	2.04	0	0
	48h30j_block	gleichmässig	0.43	0.18	0.61	0.99	0.99	0.66	1.66	1.89	0.40	0.40	2.33	1.66	1.77	0	0
100	0.5h100j_dreieck	Gewitter	1.73	0.24	2.09	2.64	2.64	3.25	4.00	4.33	1.61	1.61	6.22	5.40	5.64	2'620	0
	1h100j_dreieck	Gewitter	3.30	0.50	3.91	5.09	5.09	5.38	4.00	4.69	2.71	2.50	7.63	10.05	10.46	17'852	176
	2h100j_dreieck	Gewitter	3.01	0.54	3.70	4.95	4.95	4.81	4.00	4.74	2.44	2.44	7.55	9.49	9.94	21'797	0
	4h100j_dreieck	Gewitter	2.49	0.55	3.11	4.34	4.34	3.90	4.00	4.74	2.02	2.02	7.03	8.06	8.49	24'844	0
	12h100j_block	gleichmässig	1.33	0.46	1.80	2.81	2.81	2.03	4.00	4.62	1.16	1.16	5.92	4.71	5.00	5'150	0
	24h100j_block	gleichmässig	0.85	0.33	1.19	1.91	1.91	1.30	3.21	3.65	0.77	0.77	4.51	3.19	3.39	0	0
	48h100j_block	gleichmässig	0.65	0.28	0.93	1.53	1.53	0.96	2.49	2.87	0.59	0.59	3.52	2.54	2.71	0	0
300	0.5h300j_dreieck	Gewitter	3.16	0.46	3.82	4.87	4.87	5.24	4.00	4.63	2.70	2.50	7.53	9.68	10.05	13'392	119
	1h300j_dreieck	Gewitter	6.62	1.14	8.24	10.82	10.82	9.99	4.00	5.54	5.35	2.50	8.77	21.09	21.82	61'426	6'706
	2h300j_dreieck	Gewitter	5.64	1.14	7.14	9.69	9.69	8.50	4.00	5.53	4.58	2.50	8.61	18.65	19.43	69'190	6'747
	4h300j_dreieck	Gewitter	4.36	1.06	5.64	7.95	7.95	6.55	4.00	5.43	3.58	2.50	8.35	14.76	15.50	77'671	4'928
	12h300j_block	gleichmässig	2.01	0.78	2.83	4.51	4.51	2.98	4.00	5.04	1.80	1.80	7.04	7.60	8.04	50'941	0
	24h300j_block	gleichmässig	1.22	0.51	1.74	2.84	2.84	1.81	4.00	4.68	1.11	1.11	5.91	4.70	4.99	8'578	0
	48h300j_block	gleichmässig	0.93	0.41	1.33	2.20	2.20	1.32	3.52	4.06	0.82	0.82	4.96	3.61	3.84	0	0