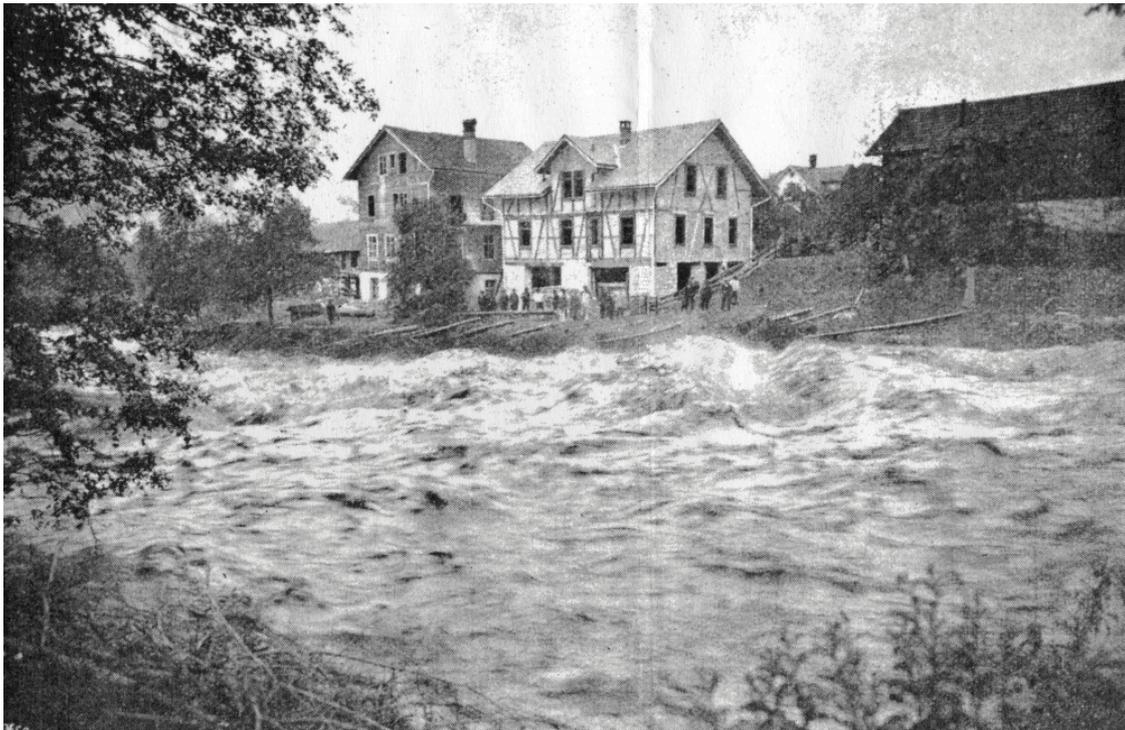


Hydrologische Grundlagen des Schächens für den Hochwasserschutz des Urner Talbodens und das Generelle Projekt Schächen



Hochwasser des Schächens bei Hartolfingen am 15. Juni 1910 (Urner Wochenblatt, 15. Juni 1985).

Auftraggeber:
Amt für Tiefbau des Kantons Uri

Bericht: 06/75

Reinach, November 2007

Zusammenfassung	3
1 Einleitung	4
1.1 Problemstellung.....	4
1.2 Vorgehen.....	5
1.3 Gebietskennwerte.....	5
1.4 Gewährsleute.....	5
2 Verwendete Daten und Unterlagen	7
3 Beurteilung der Abflussmessungen	9
3.1 Übersicht und Problemstellung	9
3.2 Pneumatikpegel Schächen, Bürglen, Galgenwäldli (1985 -).....	10
3.3 Radarpegel Schächen, Bürglen, Schächenbrücke (2004 -).....	13
3.4 Pegel Bürglen oberhalb Brügg (1930 – 1984)	15
3.5 Die Jahreshochwasser der Messreihe in Bürglen.....	15
3.6 Pegel Unterschächen (1970 – 2003)	18
3.7 Schlussfolgerungen	19
4 Historische Hochwasser	20
4.1 Einleitung.....	20
4.2 Übersicht.....	20
4.3 Auswertung grosser Hochwasserereignisse der vergangenen 100 Jahre.....	22
4.3.1 Überblick.....	22
4.3.2 Das Hochwasser vom 14./15.10.1910	23
4.3.3 Das Hochwasser vom 29.10.1935	23
4.3.4 Das Hochwasser vom 6.8.1939	24
4.3.5 Das Hochwasser vom 31.7.1977	24
4.3.6 Das Hochwasser vom 22.8.2005	27
4.4 Abschätzung grosser Abflüsse im Oberlauf des Schächens	30
4.4.1 Einleitung	30
4.4.2 Hochwasser am Vorder Schächen in Unterschächen	30
4.4.3 Hochwasser am Hinter Schächen in Unterschächen	30
4.4.4 Hochwasser beim Kraftwerk Unterschächen.....	31
4.5 Gleichzeitigkeit grosser Hochwasser an Reuss und Schächen.....	31
4.6 Schlussfolgerungen	31
5 Beurteilung der Abflussreaktion des Gebiets	33
5.1 Einleitung.....	33
5.2 Tektonische Gebietsübersicht.....	33
5.3 Geologie und Hydrogeologie	34
5.3.1 Geologie	34
5.3.2 Hydrogeologie.....	34
5.4 Böden.....	34
5.4.1 Einleitung	34
5.4.2 Böden der Nordflanke	35
5.4.3 Böden der Südflanke	35
5.5 Massgebende Abflussprozesse und Abflusstypen	35

5.6	Abflussreaktionskurven	38
5.7	Schlussfolgerungen	38
6	Abflussberechnungen.....	41
6.1	Einleitung.....	41
6.2	Grundlagen und Aufbau des Modells QAREA	41
6.3	Eichung des Modells	43
6.4	Niederschlag-Szenarien	44
6.4.1	Einleitung	44
6.4.2	Gebiets-Niederschlagsstatistik	44
6.4.3	Extremniederschlagsszenarien basierend auf dem Hochwasser 2005.....	45
6.4.4	Gewitterszenarien	45
6.5	Abflussberechnungen	46
7	Hochwasserabflüsse definierter Jährlichkeit.....	47
7.1	Einleitung.....	47
7.2	Schächen beim Pegel Bürglen Galgenwäldli (BP 6).....	47
7.3	Kraftwerk Unterschächen (BP 3a)	49
7.4	Vorder Schächen in Unterschächen (BP 1)	49
7.5	Hinter Schächen (Brunni Schächen) in Unterschächen (BP 2)	49
7.6	Übersicht über die massgebenden Hochwasserabflüsse am Schächen	53
7.7	Gangbach und Stille Reuss.....	53
8	Zusammenspiel Reuss – Schächen – Stille Reuss.....	55
9	Anhang.....	56

Zusammenfassung

Das Hochwasser vom 22./23. August 2005 am Schächen hat im Urner Talboden grosse Schäden angerichtet. Für die Planung von Geschieberückhaltmassnahmen und Hochwasserschutzmassnahmen entlang des Schächens wurden in der vorliegenden Untersuchung mit einem differenzierten Vorgehen hydrologische Grundlagen hergeleitet.

Ein Teil der Untersuchung befasste sich mit der über 80jährigen Abflussmessreihe am Schächen. Die Pegel-Abflussbeziehung der beiden Pegel musste vor Auswertung der Daten in einem aufwändigen Verfahren verbessert werden. Die grossen Hochwasser des 20. Jahrhunderts konnten nach ihrer Entstehungsweise analysiert werden. Beim Hochwasser vom August 2005 zeigte der Schächen eine stark verzögerte Abflussreaktion, denn der Abfluss nahm erst wesentlich zu, als bereits 100 mm der insgesamt etwa 200 mm Niederschlag gefallen waren. Diese verzögerte Abflussreaktion bestätigte sich bei der Untersuchung des Einzugsgebiets nach der Abflussbereitschaft. Die geologische, geomorphologische und bodenkundliche Ausstattung des Einzugsgebiets bestimmt, wie viel Wasser bei Starkregen mit unterschiedlich starker Verzögerung abfließt. Die Untersuchungen zeigten, dass trotz Steilheit des Gebiets ausgedehnte Gebiete mit günstigen Speichereigenschaften den Abflussprozess im Schächen wesentlich verzögern, was sich auf die Grösse der Hochwasser auswirkt. Dieses verzögerte Abflussverhalten bei Starkregen wurde in weniger ausgeprägtem Masse auch schon bei anderen alpinen Einzugsgebieten beobachtet (Hinterrhein, Saltina).

Mittels Erkundung historischer Hochwasser konnte die Hochwassergeschichte der letzten 700 Jahre des Schächen aber auch der Reuss aufgearbeitet werden. Die Untersuchungen zeigten, dass in der Vergangenheit sich mehrere grosse bis sehr grosse Hochwasser ereigneten. Das Hochwasser 2005 ($120 - 130 \text{ m}^3/\text{s}$) war keineswegs einzigartig. Die Rekonstruktion des Hochwassers von 1910 ($110 - 150 \text{ m}^3/\text{s}$) ergab eine ähnlich hohe Abflussspitze.

Basierend auf den Untersuchungen der Abflussreaktion wurde ein mathematisches Niederschlag-Abflussmodell aufgebaut, das die wesentlichen Prozesse bei Hochwasser nachbildet. Verschiedene bekannte Hochwasser wurden nachgerechnet. Um die Reaktion des Einzugsgebiets auf seltene Niederschläge zu untersuchen, wurden Szenarien für extreme Starkregen entwickelt und deren Abflüsse mit dem Modell berechnet.

Die Synthese aus den Ergebnissen der Erkundung historischer Hochwasser, der Hochwasserstatistik auf den bereinigten Abflussdaten, der Untersuchung der Abflussreaktion der Einzugsgebietsteilflächen und der Berechnungen mit dem Niederschlag-Abfluss-Modell ergeben eine robuste Hochwasserabschätzung für den Schächen in Bürglen. Wesentlich für die Betrachtung sind die grossen Hochwasser (1910, 1935, 1939, 1977, 1987, 2002 und 2005). Den beiden grössten Hochwassern wird eine Wiederkehrperiode von 50 bis 150 Jahren zugeordnet. Das 100jährige Hochwasser (HQ_{100}) liegt bei $120 - 150 \text{ m}^3/\text{s}$, das HQ_{300} bei $150 - 190 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Abflussmessungen am Schächen aber auch die Untersuchungen im Gelände zeigten, dass die Abflussreaktion des Schächens aufgrund grosser Gebiete mit hohem Schluckvermögen verzögert ist. Auch wenn grössere Niederschläge als im August 2005 das Einzugsgebiet des Schächens treffen, ist aufgrund des heutigen Kenntnisstandes keine überproportionale Abflussreaktion zu erwarten.

Das Zusammentreffen grosser Hochwasser an der Reuss und am Schächen wurde anhand historischer Ereignisse untersucht und zeigte, dass die Eintretenswahrscheinlichkeit eines „mittleren“ Reusshochwassers während eines „sehr grossen“ Schächenhochwassers bei über 100 Jahren liegt. Gleichzeitig „grosse bis sehr grosse“ Hochwasser an der Reuss als auch am Schächen sind extrem selten.

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Das Hochwasser am Schächen vom 22./23. August 2005 Hochwasser führte zusammen mit dem mobilisierten Geschiebe zu grossen Überflutungen. Die Stille Reuss wurde im Bereich der Schächenunterquerung durch austretendes Geschiebe zugeschüttet und in der Folge zurückgestaut. Sie setzte grosse Flächen zwischen SBB-Bahndamm und dem alten Dorfteil von Schattdorf unter Wasser. Es wurde geprüft, mit welchen finanzierbaren Massnahmen ein Schutz vor seltenen Hochwassern gewährleistet werden kann. Allerdings waren nur vage Vorstellungen vorhanden, wie viel Abfluss bei extremen Hochwassern aus dem Schächen-Einzugsgebiet (108.5 km²) zu erwarten ist.

Für eine Risikobetrachtung und die Planung von Hochwasserschutz-Massnahmen im Urner Talboden aber auch für das Generelle Projekt Einzugsgebiet Schächen sind hydrologische Grundlagen entlang des Schächens notwendig, welche die Grösse seltener Abflüsse eingrenzen. Ob bei grösseren Starkregen als 2005 wesentlich mehr Abfluss im Schächen zu erwarten ist, ist eine wesentliche Frage. Zudem muss die Wahrscheinlichkeit des Zusammentreffens der Hochwasser von Reuss und Schächen für die Auslegung der Massnahmen beurteilt werden.

Im Rahmen der Vorstudie „Hochwasserschutz Urner Talboden - Hydrologische Grundlagen“ (Scherrer AG, Bericht 05/66, Februar 2006) wurden erste hydrologische Untersuchungen durchgeführt, welche folgende Resultate ergaben:

- Die Abflussmessungen des Pegels Schächen, Galgenwäldli (1985 - 2005) sind aufgrund verschiedener hydraulischer Effekte bei Hochwasser nicht verlässlich.
- Auch die Grösse der am Pegel Schächen, Bürglen oberhalb Brügg (1930 – 1984) gemessenen Hochwasser (1935, 1939 und 1977) müssen überprüft werden.
- Die Hochwassergeschichte ist recht gut dokumentiert. Das Hochwasser von 2005 dürfte nicht einzigartig gewesen sein. Wie gross das Hochwasser von 1910 war, ist für die Einordnung des Hochwasser 2005 wesentlich.
- Die grossen Hochwasser wurden meist durch 1 – 2tägige Starkregen mit mehr als 100 mm ausgelöst.
- Im Einzugsgebiet des Schächen wechseln sich ausgedehnte Ablagerungen aus Lockermaterial mit felsigen Partien ab. Die ausgedehnten speicherfähigen Ablagerungen erklären die verzögerte Abflussreaktion bei vergangenen Hochwassern.

Für die vorliegende Hydrologiestudie standen folgende Fragen im Zentrum:

- Verbesserung der Aussagekraft der Abflussmessungen,
- Eingrenzung der Auftretenswahrscheinlichkeit des Hochwassers vom August 2005,
- Festlegen von Hochwasserabflüssen definierter Jährlichkeit (HQ100, HQ300 und Empfehlungen zum Überlastfall).
- Zusammenspiel Schächen, Stille Reuss und Reuss bei Hochwasser.

Um diese Fragen zu untersuchen, wurde folgendes Vorgehen vorgeschlagen:

1.2 Vorgehen

Die zusätzlich notwendigen Unterlagen wurden zusammengetragen (Kap. 2). Aufgrund von speziellen physikalischen Modellversuchen der VAW im Bereich der Abflussmessstation und eigenen hydraulischen Überlegungen wurden die grossen in Bürglen gemessenen Abflüsse korrigiert (Kap. 3). Die Untersuchungen über die historischen Hochwasser wurden ausgehend von der Vorstudie (Scherrer AG, 2006) zu den Themen Gleichzeitigkeit von Hochwassern in Schächen und Reuss und historische Hochwasser am Oberlauf des Schächens vertieft. Zudem wurde die Abflussspitze des Hochwassers 1910 rekonstruiert (Kap. 4). Die Untersuchungen zur Beurteilung der Abflussreaktion des Einzugsgebiets zeigt Kapitel 5. Darauf basierend wurde das Niederschlag-Abfluss-Modell aufgebaut und Abflussberechnungen durchgeführt. Als Grundlage für die Abflussberechnungen wurden Niederschlagszenarien entwickelt, die Auskunft über Grösse und Verlauf seltener Niederschläge geben (Kap. 6). Im Kapitel 7 wird mit einer Synthese eine Gesamtsicht und Wertung der erfolgten Untersuchung vorgenommen und die Abflüsse unterschiedlicher Jährlichkeit hergeleitet.

1.3 Gebietskennwerte

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

Tab. 1.1: Gebietskennwerte

Höchster Punkt im Einzugsgebiet (EZG) (Gross-Schärhorn)	3'295 m ü. M.
Tiefster Punkt im Einzugsgebiet (Einmündung in die Reuss)	450 m ü. M.
EZG oberhalb BP 1: Vorder Schächen in Unterschächen	31.1 km ²
EZG oberhalb BP 2: Hinter (Brunni-) Schächen in Unterschächen	26.7 km ²
EZG oberhalb BP 3a: Schächen, Kraftwerk Unterschächen	57.8 km ²
EZG oberhalb BP 3b: Schächen in Spiringen, oberhalb Einmündung Sulzbach	72.2 km ²
EZG oberhalb BP 4: Schächen in Witterschwanden, unterhalb Einmünd. Locherbächli	80.9 km ²
EZG oberhalb BP 5: Schächen, alter Pegel Bürglen oberhalb Brügg	93.8 km ²
EZG oberhalb BP 6: Schächen Pegel Bürglen Galgenwäldli	108.5 km ²
EZG Stille Reuss	20.7 km ²

1.4 Gewährsleute

- Josef Arnold (-Arnold), Bürglen
- Thomas Arnold (-Imhof), Unterschächen
- Hubert Aschwanden (-Marti), EW Altdorf
- Alois Gisler (-Denier), Altdorf
- Hans Gisler, Sägerei, Altdorf
- Hanspeter Gisler, EW Altdorf
- Beat Herger (-Arnold), Revierförster, Unterschächen
- Peter Schuler, EW Altdorf
- Walter Schuler (-Schuler), Altdorf
- Albert Zopp (-Nager), Schattdorf

BP 1 ● Bemessungspunkte für die Hochwasserabschätzung

1 Einzugsgebiet Schächen

2 Einzugsgebiet Stille Reuss

— Gerinne

▲ Pegel

S14 ● Sondierung

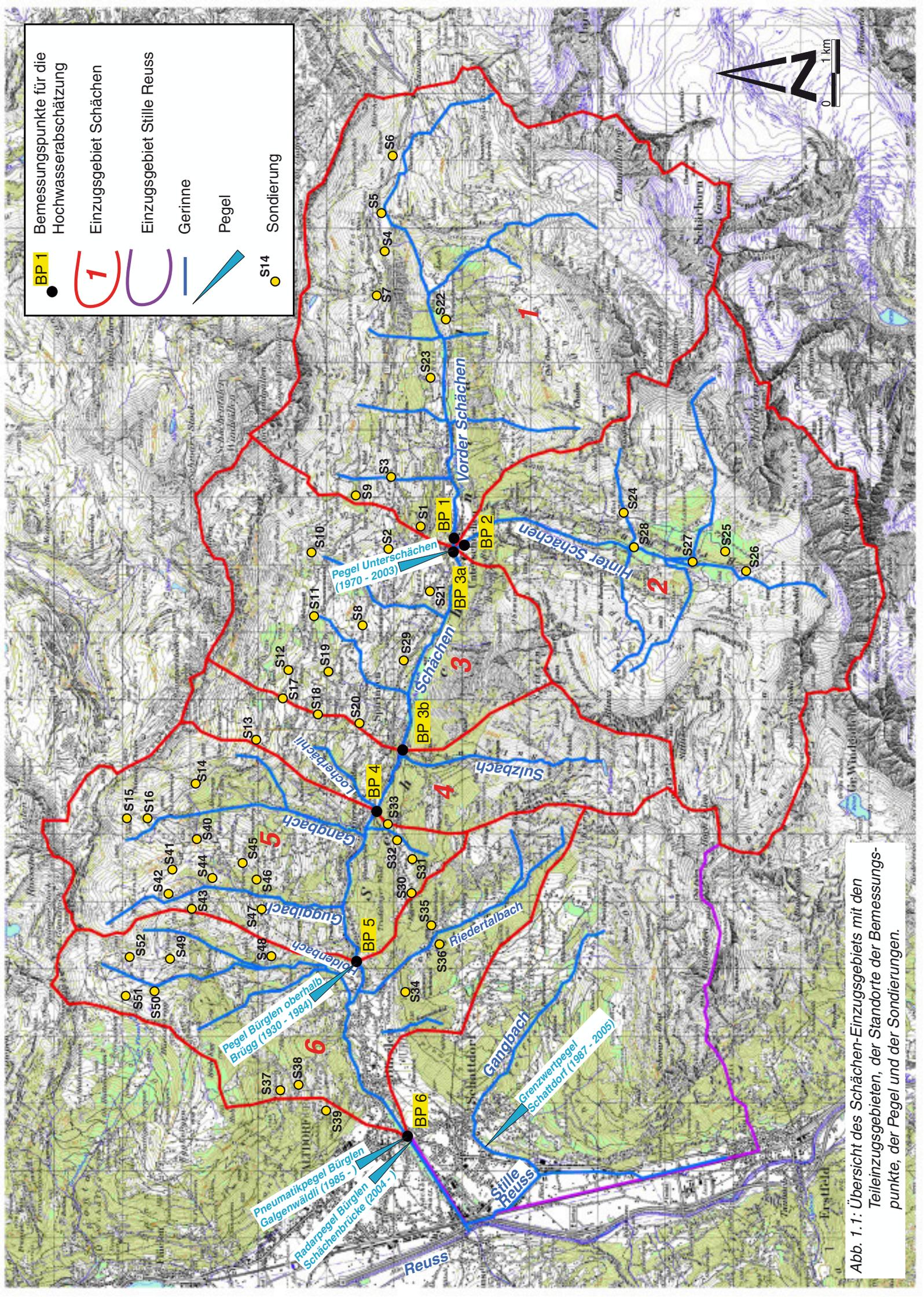


Abb. 1.1: Übersicht des Schächen-Einzugsgebiets mit den Teil-Einzugsgebieten, der Standorte der Bemessungspunkte, der Pegel und der Sondierungen.

2 Verwendete Daten und Unterlagen

- Brückner W., Zbinden P. (1987): Geologischer Atlas der Schweiz, Blatt Nr. 83 (1192) Schächental.
- Bundesamt für Wasser und Geologie BWG (2005): Bericht über die Hochwasserereignisse 2005
- Bundesamt für Umwelt (BAFU), Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL (2007): Ereignisanalyse Hochwasser 2005. Teil 1 – Prozesse, Schäden und erste Einordnung. Reihe Umwelt - Wissen, Hochwasserschutz.
- Culmann K. (1864): Bericht an den hohen schweizerischen Bundesrat über die Untersuchung der schweizerischen Wildbäche, vorgenommen in den Jahren 1858, 1859, 1860 und 1863, Zürich.
- Die Hochwasser Katastrophe in der Schweiz vom 15. Juni 1910, Verlag Börsig, Zürich, 1910.
- Duwaplan, Ingenieurbüro (1995): Hochwasserschutzmassnahmen im Einzugsgebiet Holdenbach, Gemeinde Bürglen, Generelles Projekt. Im Auftrag des Amtes für Jagd und Forst des Kantons Uri.
- Eidg. Amt für Strassen- und Flussbau, ASF (1977): Hochwasserschutz in der Schweiz, Bern.
- EJPD (1980): Bodeneignungskarte der Schweiz, 1 : 200'000.
- Eidg. Oberbauinspektorat (1914): Wildbachverbauungen und Flusskorrekturen in der Schweiz, Heft 3, Rösch & Schatzmann, Bern.
- Friese B. (1986): Sedimente, Gefügebildung und Metamorphose im Altdorfer Sandstein und den angrenzenden Tektonischen Einheiten (Zentrale Schweizer Alpen). Inaugural-Dissertation der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Köln.
- Gisler F. (1932): Naturereignisse im Lande Uri in chronologischer Folge.
- Hantke R (1961): Tektonische Karte der helvetischen Kalkalpen zwischen Obwalden und dem St.Galler Rheintal 1:100 000.
- Härry A. (1911): Die Überschwemmungen im Jahre 1910 in der CH mit spez. Berücksichtigung der Hochwasserkatastrophe vom 15.-20. Juni 1910, Jahrbuch Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes, S. 55.-180, 1. Jg. Zürich.
- Hydrographische (resp. Hydrologische) Jahrbücher der Schweiz, diverse Jahrgänge.
- Imhof B. (1910): Die Wassernot im Kanton Uri, Altdorf.
- Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft der ETH Zürich / Basler & Hofmann (1998): Hydrologie des Alpenrheins, Vorstudie. Im Auftrag der Int. Regierungskommission Alpenrhein, Projektgruppe Flussbau.
- Jäckli H., Bögli A., Locher Th., Nabholz W., Schindler C., Weber E., Wyssling L. (1985): Hydrogeologische Karte der Schweiz. Blatt Nr.3, Panix.
- Katz W.. (1981): Hydrologische Situation nach dem Dauerregen vom 17., 18. und 19. Juli 1981, Altdorf
- Kanton Uri (1979): Bericht des zivilen kantonalen Führungsstabes des Kantons Uri über die Hilfeleistungen anlässlich der Unwetterkatastrophe vom 31. Juli / 1. August 1977; Dr. Rolf Aebersold und Franz Steinegger, Altdorf, September 1979.
- Lanz-Stauffner, H. und C. Rommel (1936): Elementarschäden und Versicherung. Studie des Rückversicherungsverbandes kantonal-schweizerischer Feuerversicherungsanstalten zur Förderung der Elementarschadenversicherung, Band 2. Selbstverlag des Rückversicherungsverbandes. Bern.
- Maurer J. (1911): Die meteorologischen Verhältnisse des Jahres 1910. In: Jahrbuch des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes, 1. Jg. 1910.
- Meteoschweiz (2006): Aufbereitete Radarbilder des Niederschlags vom 18.-23. August 2005 unter Berücksichtigung der Bodenstationen.
- Naef F., Scherrer S., Zurbrügg C. (1999): Grosse Hochwasser – unterschiedliche Reaktion von Einzugsgebieten auf Starkregen. Hydrologischer Atlas der Schweiz, Blatt 5.7.
- Orientierungslaufgruppe KTV Altdorf (1981): Orientierungslaufkarte Brunnital, Nr. 606B, Massstab 1: 10'000.

- Pestalozzi-Hirzel, J. C. (1934): Bericht an das Comité der Schweizerischen gemeinnützigen Gesellschaft über die Reise nach den Kantonen Uri und Tessin, zur Untersuchung der dortigen durch das Hochgewitter vom 27. August 1834 leidenden Wasserbeschädigten Gemeinden.
- Pfister C. (1999): Wetternachhersage, 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen (1496-1995), Verlag Paul Haupt, Bern.
- Pfister, Hächler (1990): Hochwasserkatastrophen im schweizerischen Alpenraum seit dem 14. Jahrhundert, Historisches Institut Universität Bern.
- Röthlisberger G. (1991): Chronik der Unwetterschäden in der Schweiz. Berichte WSL, Berichtsnummer 330.
- Sandri A. (1987): Untersuchungen Einzugsgebiet Gangbach, Gemeinde Schattdorf.
- Sandri A. (1981): Untersuchungen Gangbachgebiet, Gemeinden Bürglen und Spiringen. Im Auftrag des Kantons Uri.
- Sandri A. (1981): Untersuchung Locherbachgebiet, Gemeinde Spiringen. Im Auftrag des Forstdienstes Uri, Forst- und Jagdwesen.
- Sandri A. (1982): Untersuchungen Guggibachgebiet, Gemeinden Bürglen. Im Auftrag des Forstdienstes Uri, Forst- und Jagdwesen.
- Sandri A. (1983): Untersuchung Vorderer Mühlbach, Gemeinde Spiringen. Im Auftrag des Forstdienstes Uri, Forst- und Jagdwesen.
- Schaller-Donauer (1937): Chronik der Naturereignisse im Urnerland 1000-1800, Flüelen.
- Scherrer AG (2003a): Hochwasserabschätzung am Lauitalbach, Lehntalbach und Gläusäbächli in Schattdorf (Kt. Uri). Im Auftrag des Amtes für Tiefbau, Abteilung Wasserbau, Kt. Uri. Bericht 03/34, Juli 2003.
- Scherrer AG (2003b): Hochwasserabschätzung am Gangbach bei Schattdorf (Kt. Uri). Im Auftrag des Amtes für Tiefbau, Abteilung Wasserbau, Kt. Uri. Bericht 03/42, Dezember 2003.
- Scherrer AG (2006): Hochwasserschutz Urner Talboden, Hydrologische Grundlagen – Vorstudie. Im Auftrag des Amtes für Tiefbau, Abteilung Wasserbau, Kt. Uri. Bericht 05/66, Februar 2006.
- 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.
- Scherrer S., Naef F. (2003): A decision scheme to indicate dominant flow processes on temperate grassland. In: Hydrological Processes, 17, 391-401.
- Scherrer AG (2003): Hochwasserabschätzung am Gangbach bei Schattdorf (Kanton Uri), Technischer Bericht 03/42, Reinach.
- Scherrer AG (2004): Bestimmungsschlüssel zur Identifikation von hochwasserrelevanten Flächen. Im Auftrag des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz.
- SMA (1910, 1935, 1939, 1977): Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt, Witterungsberichte.
- Staatsarchiv Uri: Diverse Akten und Pläne.
- Staub W. (1911): Geologische Beschreibung der Gebirge zwischen Schächen- und Madranertal. Beiträge zur Geologie der Schweiz.
- Swissair Photo und Vermessung (1977): Luftbilder aufgenommen am 3.8.1977 nach dem Hochwasser vom 31.7.1977. Im Auftrag des Kantons Uri.
- U.S. Army Corps of Engineers (2001): Hydrologic Engineering Center, River Analysis System (HEC-RAS), Version 3.0.1.
- Von Matt L. (1946): Das Volkserbe der Schweiz, VI, Teil Uri, Urs Graf Verlag, Basel.
- Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETH Zürich (1989): Hydrologie des Hochwassers vom 24./25. August 1987 im Urner Reusstal. Im Auftrag des Kantons Uri.
- Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETH Zürich (2007): Abflussmessstation des Schächens bei Bürglen, Bericht Nr. 4251 (in Bearbeitung). Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Sektion Hydrometrie.
- Zeitungen, verschiedene: Berner Tagblatt, Gotthard-Post, Neue Zürcher Zeitung, Urner Wochenblatt.
- Zeller J., Geiger H., Röthlisberger G. (1978): Starkniederschläge des schweizerischen Alpen- und Alpenrandgebietes, Bd. 3, Hrsg. von der Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen.

3 Beurteilung der Abflussmessungen

3.1 Übersicht und Problemstellung

Der erste Pegel am Schächen wurde schon 1912 eingerichtet; jedoch wurde der Standort des Pegels im Laufe der Jahre mehrere Male verlegt (Tab. 3.1, Abb. 1.1). An den ersten beiden Standorten bei und unterhalb der Schächenbrücke wurden zwischen 1912 – 1921, resp. 1926 – 1930 keine grösseren Hochwasser verzeichnet. Von 1930 bis 1984 befand sich der Pegel oberhalb des Weilers Brügg.

1985 wurde der Pegel nach Bürglen verlegt (Galgenwäldli, Abb. 3.1). In die Messschwelle wurde ein Pneumatikpegel installiert. Oberhalb des Messprofils besitzt der Schächen eine natürliche Sohle, unterhalb ist sie gepflästert (Schächenschale). An der ca. 40 m unterhalb des Pegels liegende Schächenbrücke wurde 2004 zusätzlich ein Radarpegel zur Aufzeichnung der Abflusshöhe angebracht (Abb. 3.2).



Abb. 3.1:

Pneumatik-Pegel Schächen, Bürglen, Galgenwäldli am 23. Januar 2006 gegen die Fliessrichtung. Gut sichtbar ist die Vorschwelle oberhalb der Messstation (Pfeil).



Abb. 3.2:

Schächenbrücke mit dem Radar-Pegel (Pfeil). Aufgenommen am 23. Januar 2006 in Fliessrichtung.

Zusätzlich zu den oben beschriebenen Pegeln der Landeshydrologie betrieb das Elektrizitätswerk Altdorf (EWA) zwischen 1970 und 2003 eine Abflussmessstation oberhalb des Kraftwerks in Unterschächen (Abb. 3.3).



Abb. 3.3:

Pneumatikpegel des EWA kurz nach dem Zusammenfluss des Vorder und Hinter Schächens oberhalb des Kraftwerks in Unterschächen. Blick gegen die Fliessrichtung.

Tab. 3.1: Die Pegel des Schächen

Pegel	Messdauer	Einzugsgebiet
Schächen, Altdorf, Schächenbrücke	1912 - 1921	108.5 km ²
Schächen, Altdorf, 65 m unterhalb Schächenbrücke	1926 - 1930	108.5 km ²
Schächen, Bürglen, oberhalb Brügg, 695'100 / 192'570	1930 - 1984	93.8 km ²
Schächen, Unterschächen, unterhalb Einmündung Hinter Schächen	1970 - 2003	57.8 km ²
Schächen, Bürglen, Galgenwäldli, 40 m oberhalb Schächenbrücke	1985 -	108.5 km ²
Schächen, Bürglen, Schächenbrücke (Radar)	2004 -	108.5 km ²

Die Untersuchungen im Rahmen der Vorstudie (Scherrer AG, 2006) deckten gravierende Widersprüche zwischen den Messungen des Pneumatikpegels Galgenwäldli und des unterhalb liegenden Radarpegels auf, die nur mittels einer detaillierten Betrachtung verstanden werden können. Die Versuchsanstalt für Wasserbau (VAW) untersuchte deshalb im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Sektion Hydrometrie die Strömungsverhältnisse dieses Abschnitts in einem physikalischen Modell (VAW, 2007). Dank dieser Arbeit konnten die grössten Abflüsse seit 1985 zuverlässig eingegrenzt werden.

Ebenfalls überprüft und eingegrenzt wurde die Grösse der am alten, zurückgebauten Pegel oberhalb Brügg gemessenen Hochwasser von 1935, 1939 und 1977. Die damaligen Abflussverhältnisse wurden mittels numerischen Berechnungen bestimmt.

3.2 Pneumatikpegel Schächen, Bürglen, Galgenwäldli (1985 -)

An diesem Pegel wurden bis heute über 100 Eichmessungen durchgeführt. Die grösste Eichmessung ergab bei einem Pegelstand von 486.26 m ü. M. einen Abfluss von 24.5 m³/s (Anhang 3.1). Oberhalb dieses Werts ist die PQ-Beziehung nicht durch Messwerte abgestützt.

An der VAW wurde das Schächengerinne zwischen den Flussmetern 1704 und 1549 in einem Halbmodell¹ im Massstab 1:15 nachgebildet. Der Pneumatikpegel befindet sich bei Flussmeter 1691, der Radarpegel bei Flussmeter 1649. Die Versuche wurden sowohl mit Klarwasser als auch mit Geschiebetrieb durchgeführt. Damit konnten die Strömungsverhältnisse sowohl beim Pneumatikpegel Galgenwäldli als auch beim Radarpegel an der Schächenbrücke studiert werden:

¹ Modelliert wurde nur die linke Gerinnehälfte mit der Annahme, dass sich die rechte Hälfte symmetrisch dazu verhält.

Die Vorschwelle des Pneumatikpegels (Abb. 3.1) verursacht bei grossen Abflüssen auf der Höhe des Pneumatikpegels stehende Wellen, deren Lage sich in Abhängigkeit der Abflussmenge und des Geschiebetriebs verschieben (VAW, 2007). Abbildung 3.4 zeigt die gültige PQ-Beziehung des Bundesamt für Umwelt, Sektion Hydrometrie und die aufgrund der Modellversuche der VAW mit und ohne Geschiebetrieb hergeleiteten Schlüsselkurven. Ebenfalls untersucht wurde der Einfluss der assymetrischen Anströmbedingungen aufgrund der leichten Rechtskurve des Gerinnes oberhalb der Messstation. Das Aufstellen einer eindeutigen Pegel-Abfluss-(PQ-)Beziehung ist bei Abflüssen $> 30 \text{ m}^3/\text{s}$ nicht möglich, d.h. gemessene Hochwasser über $30 \text{ m}^3/\text{s}$ sind nicht verlässlich.

Die Abflussspitzen der grossen Hochwasser vom 25.8.1987 (486.80 m ü. M., $55 - 85 \text{ m}^3/\text{s}$) und 16.11.2002 (486.78 m ü. M., $55 - 85 \text{ m}^3/\text{s}$) konnten nur sehr grob eingegrenzt werden. Die Aufzeichnungen vom Hochwasser vom 23.8.2005 zeigen ein wildes Pulsieren und sind nicht brauchbar.

Pegel-Abfluss Relation bei der Pneumatik-Messstation Bürglen

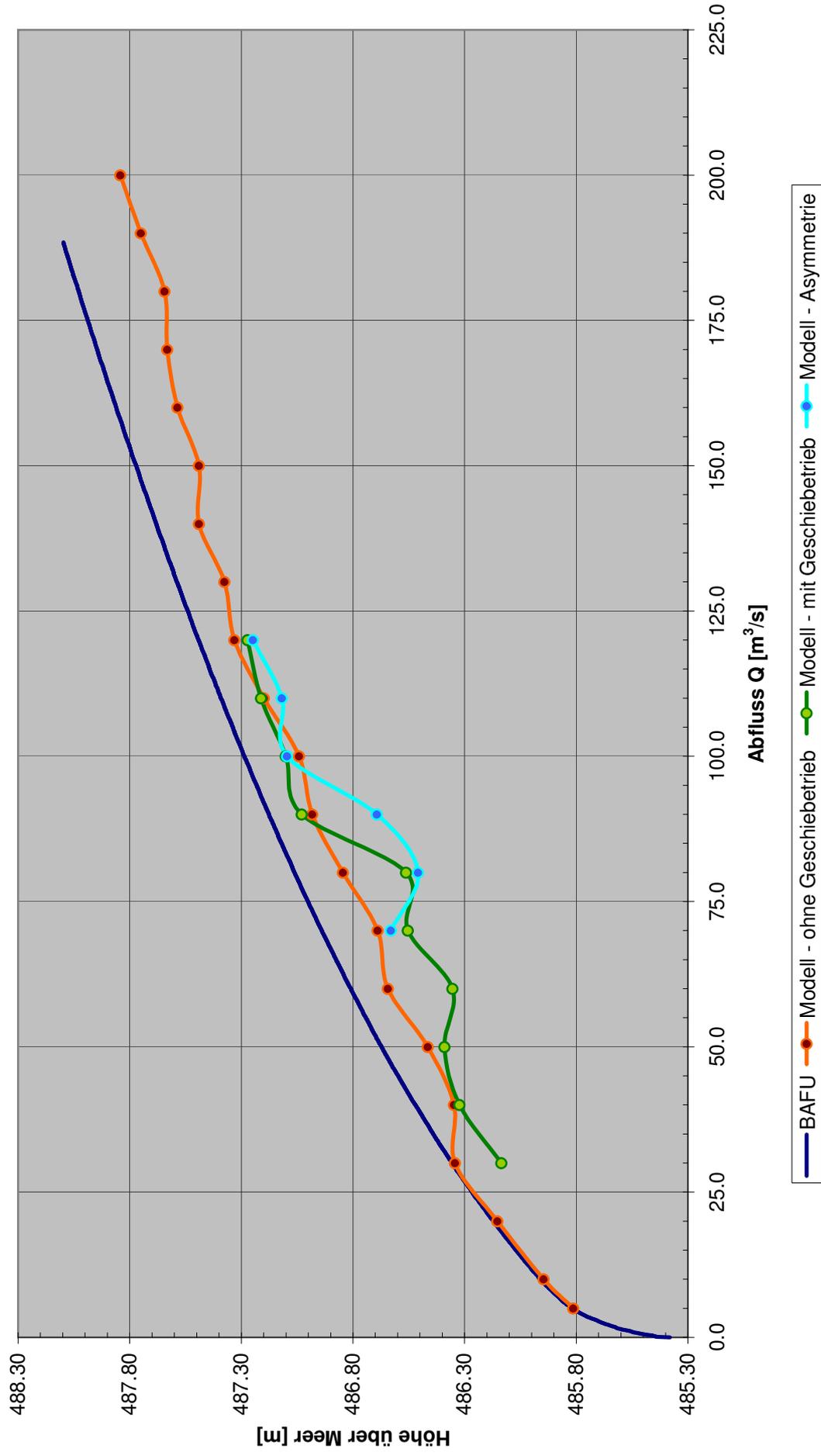


Abb. 3.4: Die gültige (BAFU) und die aufgrund der VAW-Modellversuche mit und ohne Geschiebetrieb hergeleiteten PQ-Beziehungen beim Pneumatikpegel. Die hellblaue Kurve zeigt die Werte mit asymmetrischen Anströmbedingungen.

3.3 Radarpegel Schächen, Bürglen, Schächenbrücke (2004 -)

Die Strömung beim Radarpegel an der Schächenbrücke wird durch die 40 m oberhalb liegenden Schwellen des Pneumatikpegels beeinflusst. Sie verursachen auf der Höhe des Radarpegels stehende Wellen, deren Lage sich in Abhängigkeit der Abflussmenge und des Geschiebetriebs verschieben. Die stehenden Wellen beim Pneumatikpegel und unterhalb sind auf den kurz nacheinander erstellten Fotos des Hochwassers 2005 gut sichtbar (Abb. 3.5 und 3.6). Die Modellversuche der VAW zeigen sowohl in Fliessrichtung als auch quer dazu „Wellenberge“ mit Abweichungen von 20 – 40 cm von der mittleren Wasserspiegellage. Entsprechend unsicher ist die Zuweisung der PQ-Beziehung.

Abb. 3.7 zeigt die gültige PQ-Beziehung des Bundesamt für Umwelt (BAFU), Sektion Hydrometrie und die aufgrund der Modellversuche der VAW mit und ohne Geschiebetrieb hergeleiteten Schlüsselkurven sowie den Einfluss der asymmetrischen Anströmbedingungen aufgrund der leichten Rechtskurve des Gerinnes oberhalb der Messstation. Bei Abflüssen $> 40 \text{ m}^3/\text{s}$ gibt die gültige PQ-Beziehung des BAFU zu grosse Werte an. Das Hochwasser vom 23.8.2005 erreichte demnach bei einem Pegelstand von 485.13 m ü. M. eine Abflussspitze von 120 – 130 m^3/s .



Abb. 3.5:

Der Schächen am 23.8.2005 um 10:36 Uhr zwischen Pneumatikpegel und Schächenbrücke (Abfluss 55 – 60 m^3/s). Gut sichtbar sind die stehenden Wellen (Pfeile). Aufnahme gegen die Fliessrichtung.

(Foto: Albert Zopp)



Abb. 3.6:

Der Schächen am 23.8.2005 um 10:38 Uhr zwischen Pneumatikpegel und Schächenbrücke (Abfluss 55 – 60 m^3/s). Gut sichtbar sind die stehenden Wellen (Pfeile). Aufnahme gegen die Fliessrichtung.

(Foto: Albert Zopp)

Pegel-Abfluss Beziehung bei der Radar-Messstation Bürglen

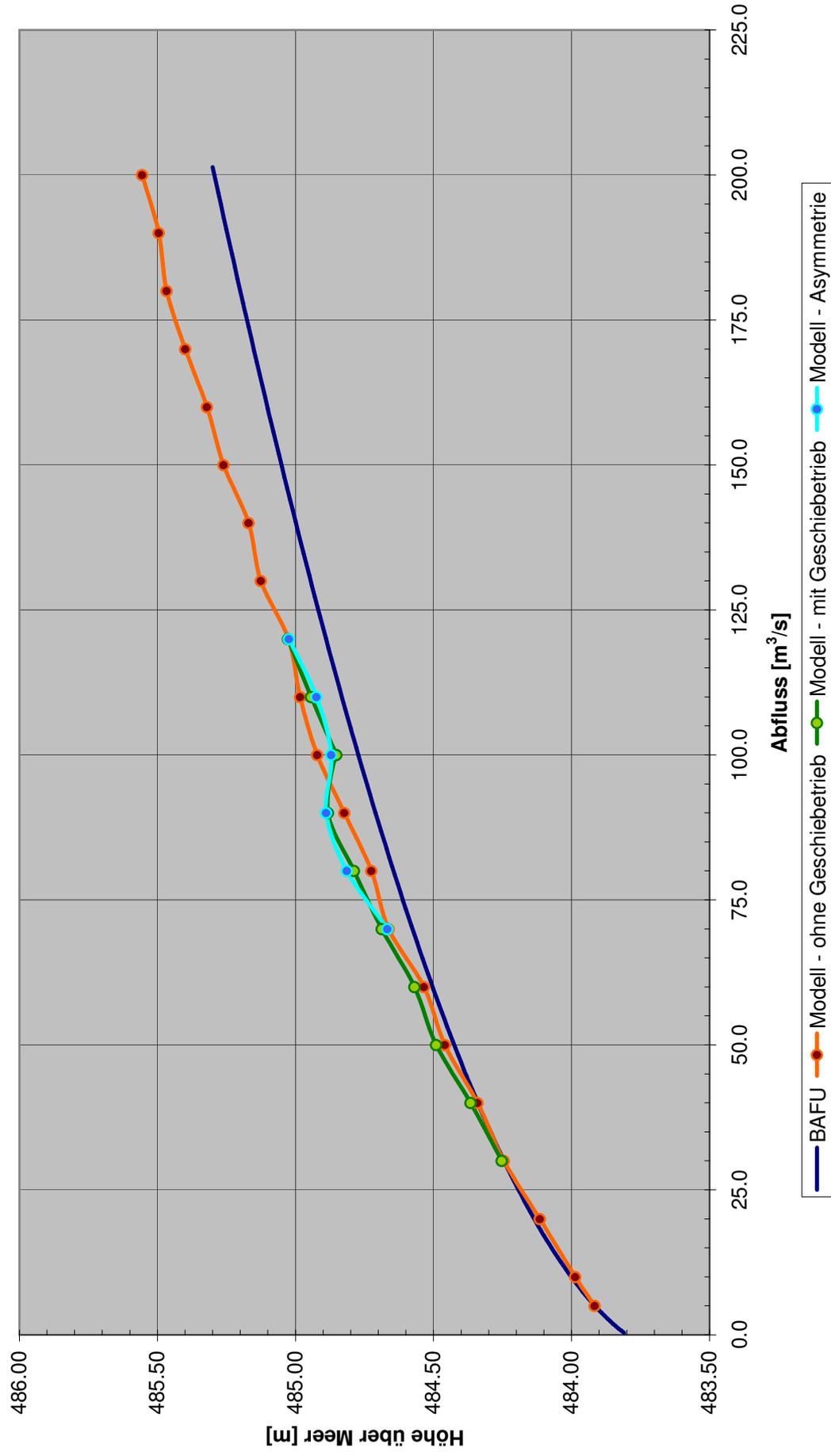


Abb. 3.7: Die gültige (BAFU) und die aufgrund der VAW-Modellversuche mit und ohne Geschiebetrieb hergeleiteten PQ-Beziehungen beim Radarpegel. Die hellblaue Kurve zeigt die Werte mit asymmetrischen Anströmbedingungen.

3.4 Pegel Bürglen oberhalb Brügg (1930 – 1984)

Von 1930 bis 1984 befand sich der Schächenpegel bei einem Steg (Pt. 654) oberhalb Brügg. Da in diesem Zeitraum einige grosse Hochwasser auftraten, wurden die PQ-beziehungen überprüft. Die in diesem Abschnitt nicht fixierte Sohle weist ein Gefälle von ca. 4 % auf. Während der Betriebsdauer dieser Station wurden über 300 Eichmessungen durchgeführt. Die Sohlenlage war jeweils über viele Jahre stabil. Bei den grossen Hochwassern vom 29.10.1935, 6.8.1939 und 31.7.1977 veränderte sich hingegen die Sohlenlage um mehrere Dezimeter.

Die Eichmessungen wurden i. d. R. bei Abflüssen bis $15 \text{ m}^3/\text{s}$ durchgeführt, einzelne Eichmessungen reichen bis zu einem Abfluss von maximal $30 \text{ m}^3/\text{s}$. Die PQ-Beziehungen grösserer Abflüsse wurden grafisch extrapoliert.

Die Abflussverhältnisse im Bereich des Pegels wurden mit dem 1-D-Programm HEC-RAS (U.S. Army Corps of Engineers, 2001) nachgerechnet. Damit konnte der bei grossen Abflüssen entstehende Aufstau durch die Widerlager des Stegs berücksichtigt werden.

In den Anhängen 3.2 bis 3.4 sind für die drei grössten an dieser Messstation registrierten Pegelstände am 29.10.1935, 6.8.1939 und 31.7.1977 die jeweils gültige PQ-Beziehung, die Eichmessungen und die gerechneten PQ-Beziehungen für verschiedene Rauigkeitswerte dargestellt. Da sich bei diesen Hochwassern die Sohlenlage jeweils um mehrere Dezimeter veränderte, sind die nach dem Ereignis erhobenen Eichmessungen dargestellt. Die Sohlenlage nach dem Ereignis kommt den Verhältnissen beim Durchgang der Abflussspitze näher als die Sohlenlage vor dem Ereignis. Die Grafiken zeigen, dass die Abflussspitzen grosser Hochwasser bisher etwas überschätzt wurden (29.10.1935: $70 - 85 \text{ m}^3/\text{s}$; 6.8.1939: $75 - 90 \text{ m}^3/\text{s}$; 31.7.1977: $90 - 110 \text{ m}^3/\text{s}$).

3.5 Die Jahreshochwasser der Messreihe in Bürglen

Tabelle 3.2 und Abbildung 3.8 zeigen sämtliche in Bürglen gemessenen Jahreshochwasser. Die grössten Werte wurden aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse korrigiert. Bei den Jahreshochwassern der Jahre 2004 bis 2006 sind die verlässlicheren Werte des Radarpegels angegeben.

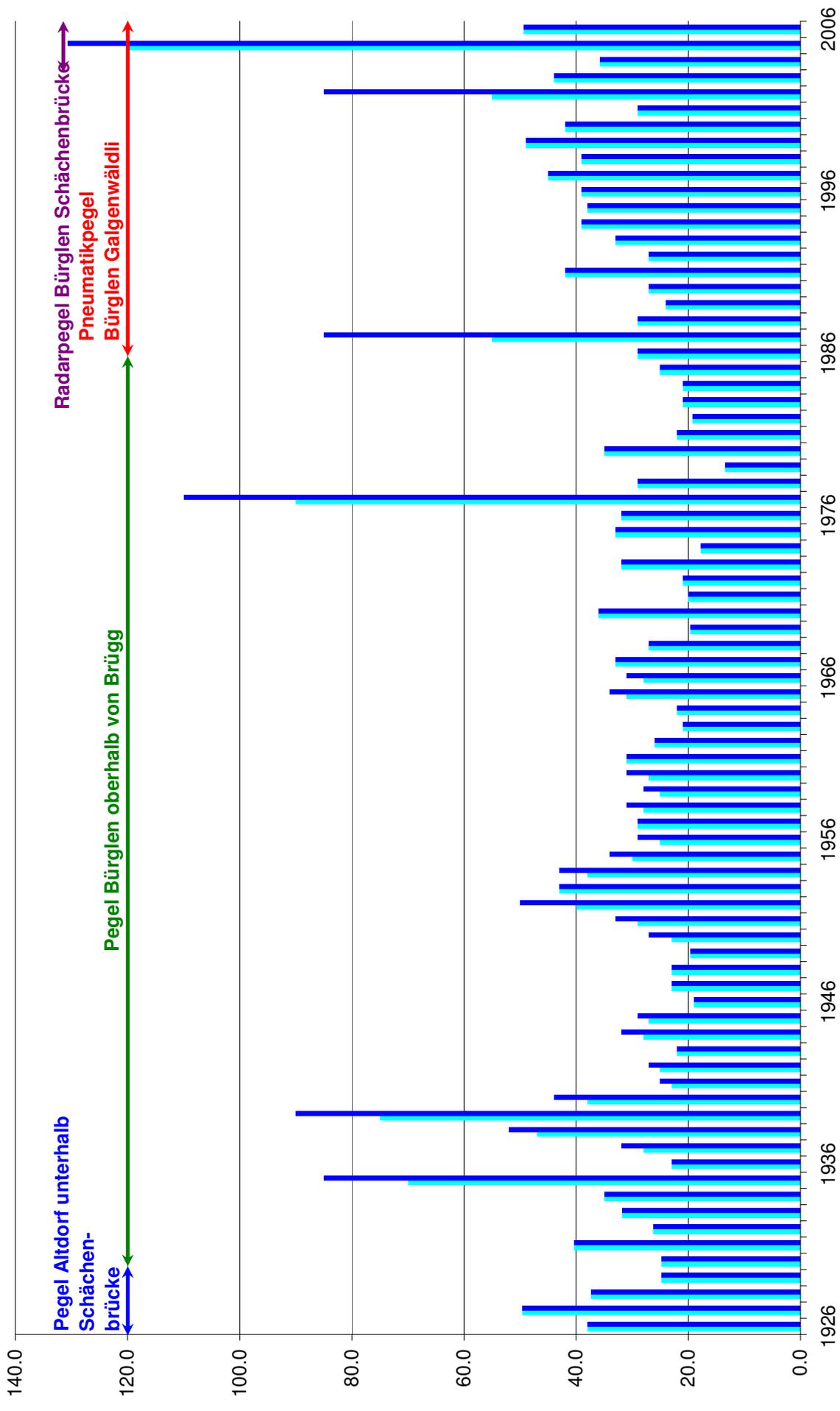


Abb. 3.8: Jahreshochwasser an den verschiedenen Pegeln in Bürglen (dunkelblau: maximaler, hellblau: minimaler Wert).

Tab. 3.2: Ablesedatum, Einzugsgebietsgrösse, Pegelstand, Abfluss und Rangierung der Jahreshochwasser am Pegel Bürglen.

Datum	Einzugsgebiet [km ²]	Pegelstand [m]	Abfluss Jahrbuch [m ³ /s]	Abfluss korrigiert [m ³ /s]	Rang
16.05.1926	108.5		38.0		23
25.08.1927	108.5		49.6		7
15.02.1928	108.5		37.3		25
13.06.1929	108.5		24.8		61
24.07.1930	93.8		24.8		62
07.07.1931	93.8		40.3		19
02.07.1932	93.8		26.2		56
22.06.1933	93.8		31.8		37
03.08.1934	93.8		35.0		28
29.10.1935	93.8		75-100	70-85	4
22.06.1936	93.8		23.0		65
20.05.1937	93.8		28-32		40
09.06.1938	93.8		47-52		8
06.08.1939	93.8		85-110	75-90	3
08.07.1940	93.8		38-44		17
05.06.1941	93.8		23-25		63
24.08.1942	93.8		25-27		57
10.06.1943	93.8		22.0		68
04.07.1944	93.8		28-32		41
11.08.1945	93.8		27-29		50
19.08.1946	93.8		19.0		79
09.07.1947	93.8		23.0		66
04.09.1948	93.8		23.0		67
12.06.1949	93.8		19.7		76
02.09.1950	93.8		23-27		59
28.05.1951	93.8		29-33		38
20.04.1952	93.8		40-50		11
26.06.1953	93.8		43.0		14
22.08.1954	93.8		38-43		18
07.06.1955	93.8		30-34		34
11.08.1956	93.8		25-29		51
13.08.1957	93.8		29.0		44
07.07.1958	93.8		28-31		42
27.06.1959	93.8		25-28		55
17.09.1960	93.8		27-31		45
13.07.1961	93.8		31.0		39
07.08.1962	93.8		26.0		58
22.06.1963	93.8		21.0		71
15.05.1964	93.8	652.210	22.0		69
23.08.1965	93.8	652.390	31-34		33
11.06.1966	93.8	652.380	28-31		43
09.07.1967	93.8	652.430	33.0		30
03.11.1968	93.8	652.370	27.0		52
18.08.1969	93.8	652.205	19.7		77
10.08.1970	93.8	652.455	36.0		26
25.06.1971	93.8	652.140	20.0		75
24.07.1972	93.8	652.155	21.0		72
05.05.1973	93.8	652.330	32.0		35
05.08.1974	93.8	652.086	17.8		80
18.07.1975	93.8	652.390	33.0		31
02.06.1976	93.8	652.355	32.0		36
31.07.1977	93.8	654.308	100-110	90-110	2
07.06.1978	93.8	653.199	29.0		46
20.05.1979	93.8	653.088	13.4		81
15.06.1980	93.8	653.208	35.0		29
21.07.1981	93.8	653.047	22.0		70
17.06.1982	93.8	652.977	19.3		78
21.05.1983	93.8	652.939	21.0		73
10.08.1984	93.8	652.972	21.0		74
01.07.1985	93.8	652.878	25.0		60

Tab. 3.2: Forts.

Datum	Einzugsgebiet [km ²]	Pegelstand [m]	Abfluss Jahrbuch [m ³ /s]	Abfluss korrigiert [m ³ /s]	Rang
23.05.1986	108.5	486.324	29.0		47
25.08.1987	108.5	486.800	55-61	55-85	5
13.10.1988	108.5	486.324	29.0		48
28.08.1989	108.5	486.228	24.0		64
10.07.1990	108.5	486.289	27.0		53
17.06.1991	108.5	486.547	42.0		15
22.11.1992	108.5	486.291	27.0		54
08.10.1993	108.5	486.391	33.0		32
29.06.1994	108.5	486.481	39.0		20
22.07.1995	108.5	486.471	38.0		24
08.07.1996	108.5	486.481	39.0		21
18.07.1997	108.5	486.596	45.0		12
12.09.1998	108.5	486.489	39.0		22
22.05.1999	108.5	486.661	49.0		10
06.08.2000	108.5	486.542	42.0		16
16.07.2001	108.5	486.315	29.0		49
16.11.2002	108.5	486.783	58.0	55-85	6
09.10.2003	108.5	486.565	44.0		13
12.06.2004	108.5	484.243	35.8		27
23.08.2005	108.5	485.128	165.0	120-130	1
17.09.2006	108.5	484.507	49.3		9

3.6 Pegel Unterschächen (1970 – 2003)

Es waren nur die Messstreifen der Jahre 1977 -1986 und 1994 – 2002 verfügbar. Auf den Messstreifen wurde direkt der Abfluss registriert. Abflüsse > 20 m³/s wurden nicht aufgezeichnet. Die PQ-Beziehung wurde nicht überprüft.

Die Aussagekraft der vorhandenen Daten ist beschränkt (Tab. 3.3). 6 der 19 Jahreshochwasser erreichten oder überschritten 20 m³/s. Jedes zweite Jahreshochwasser erreichte einen Abfluss von mindestens 18.7 m³/s und nur ein Drittel der Jahreshochwasser war kleiner als 17 m³/s.

Tab. 3.3: Ablesedatum, Abfluss und Rangierung der Jahreshochwasser am Pegel Unterschächen.

Datum	Abfluss [m ³ /s]	Rang
31.07.1977	>20.0	1
08.08.1978	19.2	8
20.05.1979	19.3	7
15.06.1980	>20.0	2
23.09.1981	18.7	9
06.06.1982	16.0	19
05.06.1983	16.9	14
11.08.1984	17.8	12
06.07.1985	16.3	17
24.06.1986	16.5	16
29.06.1994	>20.0	3
22.07.1995	>20.0	4
08.07.1996	17.0	13
26.07.1997	18.6	10
12.09.1998	16.6	15
22.05.1999	>20.0	5
06.08.2000	18.6	11
04.08.2001	16.3	18
16.11.2002	>20.0	6

3.7 Schlussfolgerungen

- Sowohl auf der Höhe des Pneumatikpegels als auch des Radarpegels bilden sich bei grossen Abflüssen stehende Wellen, deren Lage sich in Abhängigkeit der Abflussmenge und des Geschiebetriebs verschieben.
- Das Aufstellen einer eindeutigen PQ-Beziehung ist beim Pneumatikpegel bei Abflüssen $> 30 \text{ m}^3/\text{s}$ nicht möglich, d.h. gemessene Hochwasser über $30 \text{ m}^3/\text{s}$ sind nicht verlässlich.
- Beim Radarpegel gibt die gültige PQ-Beziehung des BAFU bei Abflüssen $> 40 \text{ m}^3/\text{s}$ zu grosse Werte an.
- Das grösste Jahreshochwasser der 81-jährigen Abflussmessreihe des Schächens in Bürglen ereignete sich am 23.8.2005. Es erreichte eine Abflussspitze von $120 - 130 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Am 31.7.1977 geschah das zweitgrösste Hochwasser der Messperiode. Es erreichte eine Abflussspitze von $90 - 110 \text{ m}^3/\text{s}$.

4 Historische Hochwasser

4.1 Einleitung

Am Schächen existieren Abflussmessungen seit 80 Jahren. Um Aussagen über seltene Hochwasser machen zu können, ist es nützlich, Informationen über historische Hochwasser zusammenzutragen, die vor der Messperiode stattgefunden haben. Dabei interessieren Hinweise über Häufigkeit, Grösse und Verlauf grosser Hochwasser.

Die durchgeführte Erkundung von Hochwassern (Chroniken, Zeitungen, Archive und verbürgte Angaben) ergab eine Fülle von Informationen über einen Zeitraum von über 700 Jahren. Ebenfalls in die Untersuchung miteinbezogen wurden die historischen Hochwasser an der Reuss, um das Risiko gleichzeitiger Hochwasser an Reuss und Schächen abschätzen zu können (Kap. 4.7). Die Hochwassergeschichte vor 1800 ist allerdings lückenhaft und die Angaben sind vage. Die verwendeten Quellen sind im Kapitel 2 aufgeführt und im Anhang 4.1 sind die Schilderungen im Detail zusammengestellt.

4.2 Übersicht

Das Gerinne des Schächen hat sich im Laufe der Zeit verändert. Über die Gerinnegeometrie vor dem 20. Jahrhundert ist kaum etwas bekannt. Ein wesentlicher Ausbau erfolgte nach dem Hochwasser von 1910. Dieser Umstand erschwert die Abschätzung der Grösse historischer Hochwasser.

Abbildung 4.1 zeigt eine Übersicht über die dokumentierten Hochwasser am Schächen. Die Einstufung der Grösse der Hochwasser am Schächen und an der Reuss erfolgte anhand der in den Quellen gefundenen Schilderungen und den in Tabelle 4.1 aufgeführten Kriterien. Das früheste erwähnte Ereignis am Schächen ist ein Ausbruch desselben im Jahr **1277**. Ein katastrophales Hochwasser ereignete sich **1343**.

Tabelle 4.1: Die Kriterien zur Klassifizierung der Hochwasser an der Reuss und am Schächen anhand von Schilderungen in historischen Quellen.

Klassifizierung	Q Schächen	Q Reuss	Beschreibung
sehr gross	> 110 m ³ /s	> 700 m ³ /s	Tote, Zerstörung von Gebäuden
gross	80 - 110 m ³ /s	600 - 700 m ³ /s	Überschwemmung, Überflutung, bedeutender Schaden, Zerstörung von Brücken, Strassen
mittel	50 - 80 m ³ /s	500 - 600 m ³ /s	Ausbruch des Baches/Flusses, Schäden
klein			Hochwasser zwar erwähnt, aber ohne Schadensangabe
-			Hochwasser nicht erwähnt

Historische Hochwasser am Schächen

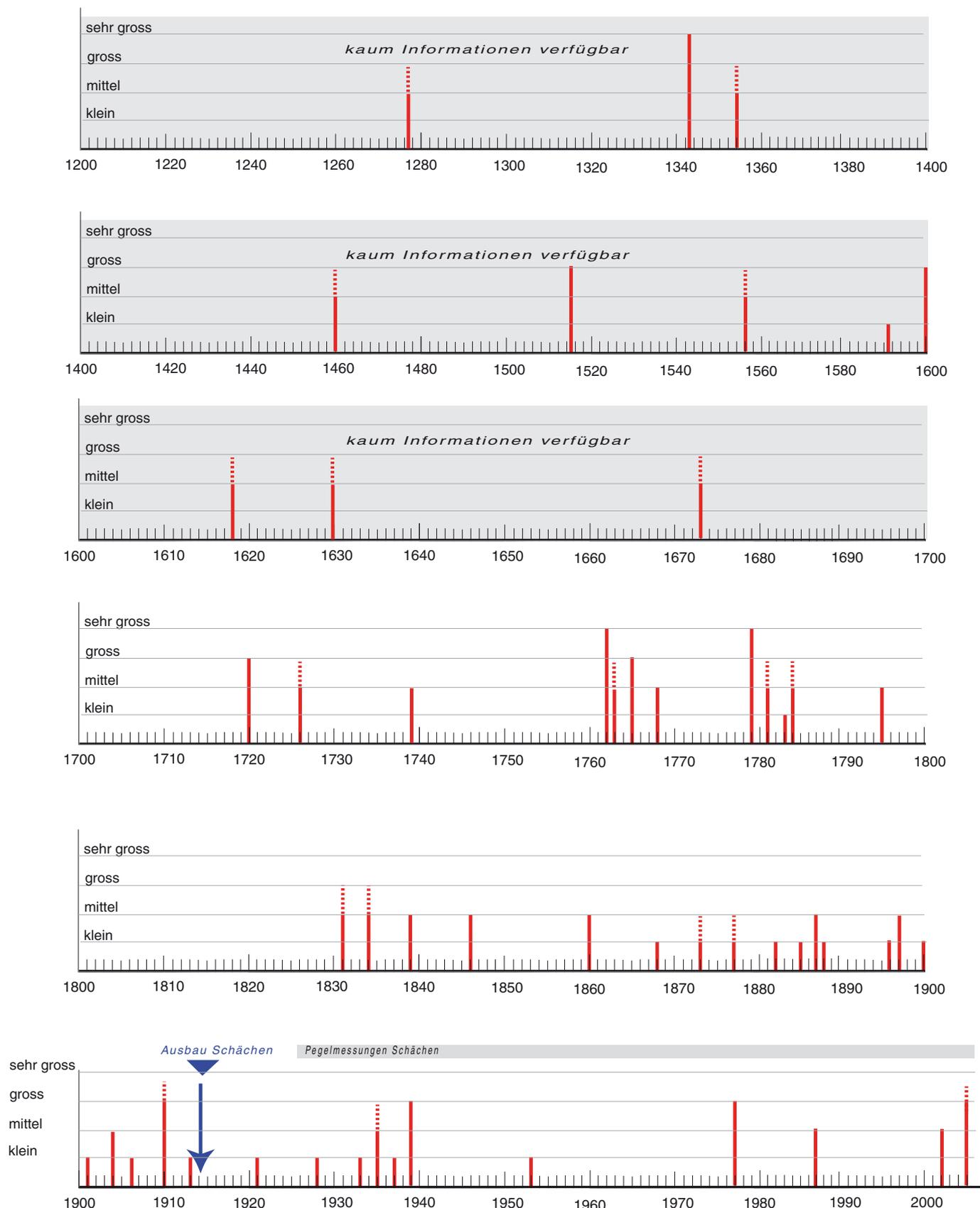


Abb. 4.1: Historische Hochwasser am Schächen seit ca. 1250. Charakterisierung der Grösse der einzelnen Hochwasser anhand der Schilderungen in den untersuchten Quellen.

Im 18. Jh. werden die Hinweise häufiger. Herausragend ist das Ereignis von **1762**, wonach der Schächen in grosser Breite „so dick wie Brei“ aus dem Schächental geflossen sei. Dies wurde auf Rüfenniedergängen zurückgeführt. Bei der Pulvermühle in Bürglen soll sich der Schächen in drei Ströme aufgeteilt haben. Zahlreiche Häuser wurden vernichtet (Schaller-Donauer, 1937). **1779** ereignete sich eine weitere Hochwasserkatastrophe. Die Verheerungen durch Übersättungen seien sogar grösser gewesen als 1762, da viele damals unbetroffene Güter nun auch noch beschädigt wurden. Die Häufung der Hochwasserhinweise in der zweiten Hälfte des 18. Jh. deckt sich mit Untersuchungen in anderen Einzugsgebieten der Schweiz (z. B. Alpenrhein; IHW ETH Zürich / Basler & Hofmann 1998).

Nachdem die ersten 30 Jahre des 19. Jh. ohne grössere Hochwasser verliefen, ereignete sich **1831** nach mehrtägigen Niederschlägen ein mittleres bis grosses Hochwasser mit unermesslichen Schäden. **1834** ist von einer Verklausung und Flutwelle im Schächen die Rede. In Quellen der zweiten Hälfte des 19. Jh. sind etliche kleine bis mittlere Hochwasser erwähnt. Ein grosses bis sehr grosses Hochwasser trat erst wieder 1910 auf, das gut dokumentiert ist (siehe Kap. 4.3).

4.3 Auswertung grosser Hochwasserereignisse der vergangenen 100 Jahre

4.3.1 Überblick

Tabelle 4.2 zeigt einige Kennwerte der 7 grössten Hochwasser der letzten 100 Jahre.

Tabelle 4.2: Die 7 grössten Hochwasser der vergangenen 100 Jahre am Schächen. Aufgeführt sind die Abflussspitzen in Bürglen und die Niederschlagsmengen in Unterschächen resp. in Altdorf. (1977 war die Niederschlagsstation Unterschächen nicht in Betrieb. Stattdessen wurde ein in Aesch beobachteter Wert eingesetzt (Zeller et al., 1978)).*

Datum	Q Max. [m ³ /s]	1 Tag	N Unterschächen [mm]	N Altdorf [mm]	2 Tage	N Unterschächen [mm in 2d]	N Altdorf [mm in 2d]
15.6.1910	110 - 150	14.6.1910	92.3	101.4	13./14.6.1910	120	122.4
29.10.1935	70 - 85	28.10.1935	92	76.1	27./28.10.1935	140	106.5
6.8.1939	75 - 90	5.8.1939	200	82.3	4./5.8.1939	231	91.8
31.7.1977	90 - 110	31.7.1977	172*	93.3	30./31.7.1977	172*	103
25.8.1987	55 - 85	24.8.1987	87.9	68.2	23./24.8.1987	123.7	86.2
16.11.2002	55 - 85	16.11.2002	79.4	93.4	15./16.11.2002	116.2	114.3
23.8.2005	120 - 130	22.8.2005	183.8	70.1	21./22.8.2005	244.7	126.5

Aus dieser Tabelle wird ersichtlich, dass die grossen Hochwasser am Schächen durch ein- bis zweitägige Niederschläge von über 100 mm ausgelöst werden. Zwischen den Messungen in Unterschächen und Altdorf besteht meist ein grosser Unterschied. Herausragend sind die Niederschlagsmengen von 1939 (200 mm/1d) resp. 2005 (244 mm/2d).

4.3.2 Das Hochwasser vom 14./15.10.1910

Meteorologie: Die Witterungssituation wurde von Maurer (1911) wie folgt beschrieben:

„...dass die allgemeine Wetterlage bereits am 12. und 13. Juni eine flache Tiefdruckzone über dem zentralen Teil Europas aufweist, ist erfahrungsgemäss eine ungünstige Situation. Der östliche und mittlere Teil Deutschlands wies zudem am 13. und 14. des Monats hohe Morgentemperaturen bis 24 Grad C. auf, womit ein bedeutender Feuchtigkeitsgehalt der Luft und ein äusserst labiler Gleichgewichtszustand der Atmosphäre gegeben war... Mit reinnördlichen Windströmungen trieben die mit Feuchtigkeit völlig übersättigten Luftmassen rasch aus den wärmeren zentraleuropäischen Gebiet gegen die Voralpen unseres Mittellandes, wurden dort am aufsteigenden Terrain gehoben und kondensierten so ihren Wasserdampf zu enormen Regenfluten, deren Dichte, wie aus den Niederschlagsmessungen hervorgeht, in den höhern, mittleren und tiefern Niveaux zum Teil völlig dieselbe war.“

Aufgrund der geringen Stationsdichte ist die räumliche Niederschlagsverteilung unsicher. Im Schächental fielen rund 150 mm in fünf Tagen, der Hauptteil am 14. Juni (Unterschächen: 92 mm; Altdorf: 101 mm). Die Schneeschmelze in den oberen Lagen dürfte zusätzlich zum Abfluss beigetragen haben. Über die zeitliche Verteilung des Niederschlags ist wenig bekannt.

Abfluss: Am 15.6.1910 um 5 Uhr morgens wurde in der eidgenössischen Munitionsfabrik Alarm geschlagen, weil der Schächen auszubrechen drohte. Um die gleiche Zeit stand das Maschinenhaus des Elektrizitätswerks in Bürglen einen Meter hoch im Wasser. Vermutlich erreichte der Schächen um diese Zeit die Abflussspitze. Am Nachmittag des 15.6.1910 hörte der Regen auf. Vermutlich verharrte der Schächen etwa 8 bis 12 Stunden lang auf höchstem Abflussniveau. Dabei riss der Schächen zahlreiche Brücken und Querwerke weg, beschädigte die Klausenstrasse schwer und lagerte im Unterlauf so grosse Geschiebemassen ab, dass der Schächen am 15.6.1910 um 22 Uhr unterhalb der Gotthardstrassenbrücke nach Schattdorf durchbrach. Härry (1911) beschrieb die Situation im Unterlauf folgendermassen:

„Im ersten Stadium der Hochwasserperiode gelangten die vom Mittellauf gelieferten Schuttmassen bis zur Einmündung in die Reuss. Durch all zu grosse Übersättigung mit Erosionsmaterial wurde aber schliesslich die Stosskraft des Schächens doch gebrochen und der Abschub des Materials verunmöglicht. Das Geschiebe lagerte sich vor dem Flussstück vor der Brücke ab und füllte das Bett bis beinahe zur Höhe der Brücke. Der Abfluss war gehindert und die Folge ein Ausfluss des Wassers gegen die Altdorfer Seite und die eidg. Munitionsfabrik, wo er teilweise durch den Bahndurchlass beim weissen Haus zwischen Bahnlinie und der Reuss gegen Norden floss.“

Anhand von Fotos (Härry, 1911 und Imhof, 1910), Korrektionsplänen aus dem Staatsarchiv Uri auf welchen der Zustand des Schächengerinnes nach dem Hochwasser festgehalten wurde und den Schilderungen (Anhang 4.1) konnte die **Abflussspitze** des Hochwassers 1910 an drei Stellen grob auf 110 – 150 m³/s abgeschätzt werden. Folgende Angaben waren wesentlich:

- Die Gotthardstrassenbrücke verkleuste nicht.
- Oberhalb der Gotthardstrassenbrücke brach der bordvoll fliessende Schächen nicht aus (erst unterhalb).
- Das Maschinenhaus des Elektrizitätswerks in Bürglen stand einen Meter unter Wasser, weil der Schächen in der Biegung oberhalb über die Ufer schlug.

4.3.3 Das Hochwasser vom 29.10.1935

Meteorologie: In den Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt (SMA, 1935) wird die Witterungssituation wie folgt beschrieben:

„Die beträchtlichen Niederschlagsmengen des 27., 28. und 29. sind durch zyklonale Störungen verursacht, die der Nord- bzw. Nordostflanke des Azorenhochs entlang, vom Atlantik her kommend in östlicher bis südöstlicher Richtung über Nordosteuropa hinweg ziehen.“

„Am 27. nähert sich der Schweiz, bei relativ hohem Druck, von NNW her eine Warmfront ... Die Niederschläge sind zunächst schwach... die Schweiz bleibt zunächst dauernd in der Warmluftmasse ... Die Passstationen melden Luftübertritt von Norden nach Süden. Dann ist die Strömung aber auch sehr intensiv und hat infolge ihrer maritimen Herkunft und ihrer hohen Luftwärme einen grossen Wasserdampfgehalt ... Am 28. dringt auf der Rückseite einer Depression über Polen polare Kaltluft über Deutschland hinweg nach Süden vor. Ihre Grenze gegen die Warmluft im Westen verläuft über Innsbruck, Karlsruhe, Antwerpen, Yarmouth, schliesst also mit der Alpenkette eine Ecke ein, in der die Aufstauung der Warmluft stattfindet. Dadurch erklären sich einerseits die hohen Beträge, die in der Nacht vom 28. zum 29. gefallen sind. Andererseits deuten die Gewitter, die vor allem im Reusstal um ca. 6 h ... gemeldet werden, auf instabile Umlagerungen hin.“

Über die räumliche Niederschlagsverteilung ist wenig bekannt. In Unterschächen wurden in zwei Tagen 140 mm Niederschlag gemessen, in Altdorf 106 mm.

Der **Abfluss** (Anhang 4.2) stieg ca. 38 h an und erreichte sein Maximum in den frühen Morgenstunden des 29.10.1935. Die oben erwähnten gewittrigen, intensiven Niederschläge in der zweiten Nachthälfte dürften den letzten markanten Anstieg der Ganglinie mit der kurzzeitigen Spitze (70 - 85 m³/s) erzeugt haben.

4.3.4 Das Hochwasser vom 6.8.1939

Meteorologie: In den Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt (SMA, 1939) wird die Witterungssituation wie folgt beschrieben:

„Die Wetterkarte des 5.8. zeigt eine ziemlich flache Depression in Frankreich und über dem westlichen Mittelmeer. Bemerkenswert sind die hohen Bodentemperaturen in Italien und auf dem Balkan (22 bis 27°) denen etwa 13° in Frankreich gegenüberstehen. Die genannte Depression verlagerte sich ostwärts und lag am 6. um 8 h über Deutschland und Italien. Dieser Verlagerung entspricht dem Windwechsel über den Alpen... Nach dem Pluviogramm von Locarno-Monti fiel der Hauptmenge des Niederschlags vor diesem Windwechsel. Sie ist offenbar durch die Stauung der warmen, feuchten und labil geschichteten Mittelmeerkaltluft an der Südabdachung der Alpen verursacht. Der Einbruch der Rückseitenkaltluft erfolgte auf der Alpennordseite erst um ca. 2 h des 6. Er trägt hier einen erheblichen Teil zu den Niederschlägen bei.“

In Unterschächen fiel in 2 Tagen 231 mm Niederschlag, in Altdorf weniger als die Hälfte (91 mm/2d). Der **Abfluss** (Anhang 4.3) erreichte nach 10stündigem Anstieg um ca. 20 Uhr des 5.8.1939 ein hohes Niveau. In den frühen Morgenstunden des 6.8.1939 führte ein heftiger Anstieg des Pegels zur Abflussspitze von 75 - 90 m³/s.

Eine solche „sprunghafte“ Abflusserhöhung wurde ebenfalls beim grossen Reuss-Hochwasser 1987 beobachtet. Damals fiel am Ende des fast zweitägigen Niederschlags ein intensiver einstündiger Starkregen (ca. 40 mm/h) im obersten Teil des Einzugsgebiets der Reuss, der zu einer abrupten und starken Abflusserhöhung entlang der Reuss führte (VAW, 1989).

4.3.5 Das Hochwasser vom 31.7.1977

Meteorologie: Am 25.7.1977 erfolgte ein Kaltluftenbruch (SMA, 1977) mit ergiebigen Niederschlägen und zahlreichen Gewittern, in den Bergen fiel oberhalb von 1'600 m ü. M. Schnee. Am 31.7.1977 verlagerte sich ein Tief über Westeuropa langsam ostwärts. Am 31. Juli wurden vor allem in den Voralpen zwischen Vierwaldstättersee und Bodensee sehr hohe Regenmengen registriert. Im Voralpenbereich sollen innerhalb von 12 h bis zu 120 mm Niederschlag gefallen sein.

Die grossräumige **Niederschlagsverteilung** (Abb. 4.2) stützt sich auf Stationen ausserhalb des Einzugsgebiets ab (Anhang 4.4). Nördlich des Einzugsgebiets fielen grosse Niederschläge, der Hauptteil am 31. Juli. In Äsch zwischen Unterschächen und Klausenpass wurden in 6 bis 10 h 172 mm Niederschlag in einer Wanne aufgefangen (Zeller, 1977). Demnach ist im oberen Teil des Einzugsgebiets fast doppelt soviel Niederschlag wie in Altdorf gefallen (93 mm).

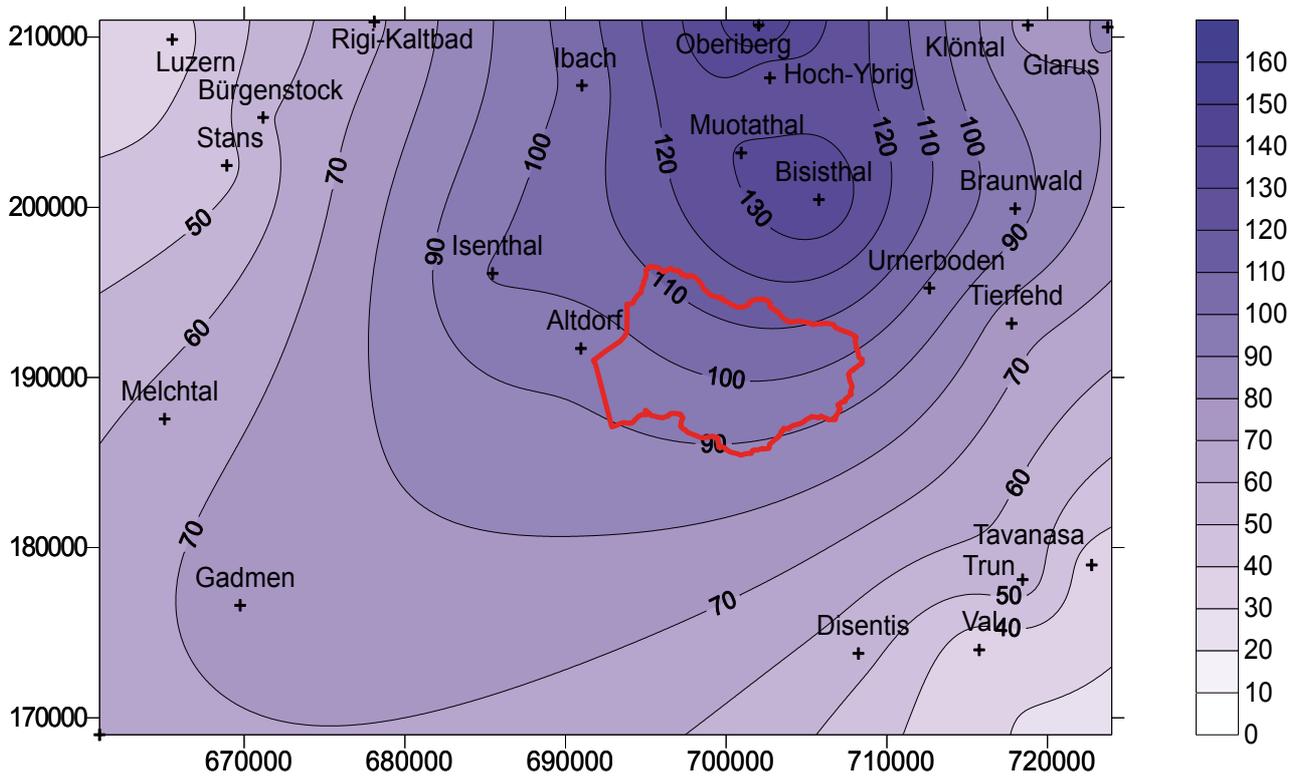


Abb. 4.2: Die räumliche Niederschlagsverteilung am 31. Juli 1977

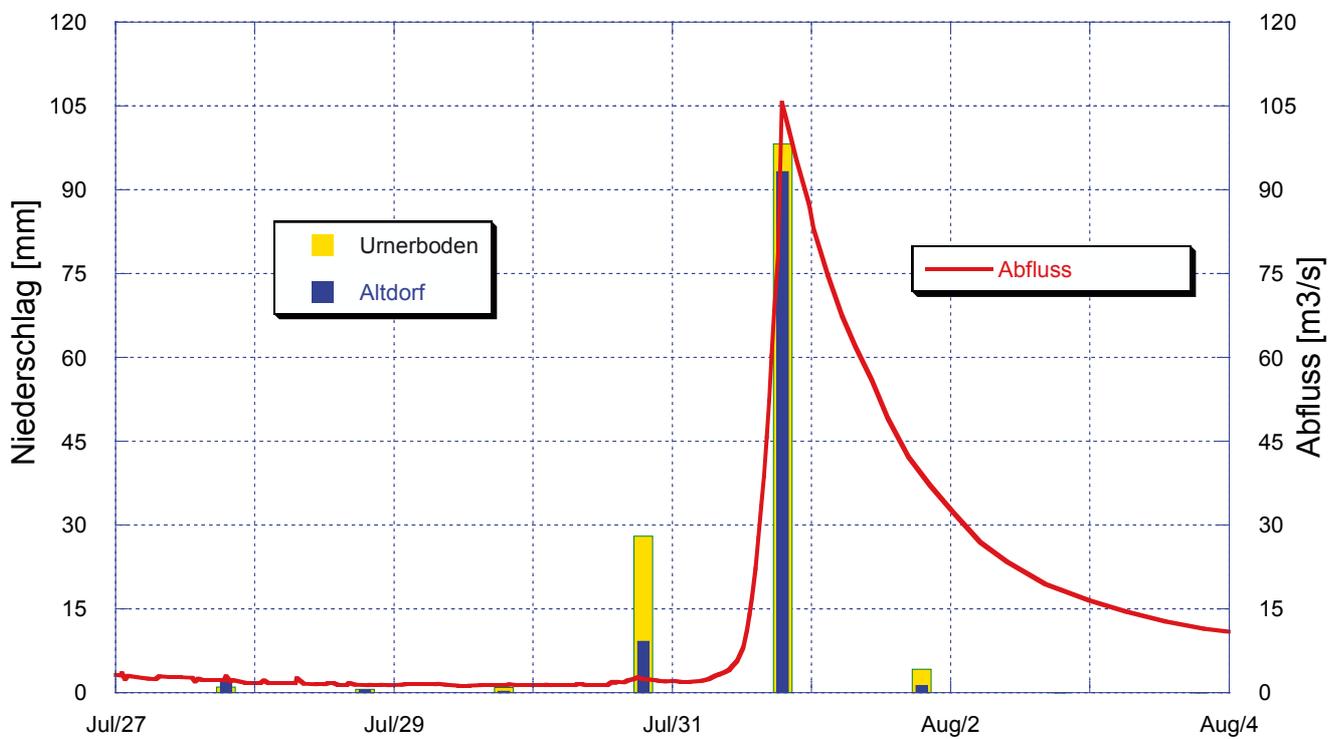


Abb. 4.3: Hochwasser 31.7.1977: Die gemessenen Tagesniederschläge an den Stationen Unerboden und Altdorf und die am Schächen beobachtete Abflussganglinie.

Abbildung 4.3 zeigt die von der Landeshydrologie von Hand rekonstruierte **Abflussganglinie** dieses Ereignisses. Das Maximum wurde nach einer kurzen Anstiegszeit erreicht. Fotos (Abb. 4.4 und 4.5) im Bereich der Gotthardstrassenbrücke (der Pegel Galgenwäldli existierte damals noch nicht) zeigen den Hochwasserabfluss mit einem verbleibenden Freibord von 30 – 35 cm². Auch der Bericht des kantonalen Führungsstabes (Kanton Uri, 1979) spricht von einem Freibord im Schächenkanal bei der Gotthardstrassenbrücke von nur etwa 30 cm.

Mit Hilfe des physikalischen Modells der VAW konnte eine Abflussspitze von 100 - 110 m³/s rekonstruiert werden. Beim damaligen Pegel oberhalb Brügg wurde eine Abflussspitze von 90 - 110 m³/s abgeschätzt (Kap. 3.4). Basierend auf den dürftigen Informationen über die räumliche Niederschlagsverteilung flossen ca. 50 - 70% des gefallenen Niederschlages ab.



Abb. 4.4:

*Der Schächen beim Hochwasser vom 31. Juli 1977 oberhalb der Gotthardstrassenbrücke, Blick gegen die Fliessrichtung. Heute steht an dieser Stelle die Abflussmessstation Galgenwäldli.
(Foto: Alois Gisler)*



Abb. 4.5:

*Der Schächen beim Hochwasser vom 31. Juli 1977 unter der Gotthardstrassenbrücke, in Fliessrichtung.
(Foto: Alois Gisler)*

Charakteristik:

- Die Witterungsvorgeschichte war feucht.
- Über die räumliche Niederschlagsverteilung ist wenig bekannt.
- Das Hochwasser vom 31.7.1977 war ein kurzes Ereignis. Der Hauptniederschlag fiel am 31. Juli, nach raschem Ansteigen wurde das Abflussmaximum von 90 - 110 m³/s erreicht.

² Vor Einbau der Messstation liefen die Hochwasserabflüsse im Schächengerinne interessanterweise ohne Störung der Strömungsverhältnisse ab.

4.3.6 Das Hochwasser vom 22.8.2005

Meteorologie: Der August war durch wechselhaftes, eher kühles Wetter mit häufigen Niederschlägen und viel Neuschnee im Hochgebirge geprägt. Vom 1. bis 17. August 2005 fielen in Unterschächen 172 mm Niederschlag.

In BWG (2005) wird die Wetterlage folgendermassen beschrieben:

„Vom 19. bis 23. August 2005 zog ein Tiefdruckgebiet aus dem Raum Frankreich zum Golf von Genua und schliesslich über die Ostalpen nach Norden. Dadurch wurden feuchtwarmer Luftmassen aus dem Mittelmeerraum über die Alpen verfrachtet und mit einer nordöstlichen Strömung zum Alpennordhang zurückgeführt und dort gestaut. Das zusätzliche Zusammentreffen mit kühler Luft von der Nordsee löste lang anhaltende, ergiebige und grossflächige Niederschläge aus.“

Abbildung 4.6 zeigt die **räumliche Niederschlagsverteilung** der aufsummierten Tageswerte aufgrund der Bodenstationen vom 18.8. – 22.8.2005 und Abbildung 4.7 die entsprechende Summation aufgrund der Radarbilder. Die räumliche Verteilung unterscheidet sich stark. Bei beiden Summationen beträgt der Gebietsniederschlag etwa 200 mm bei höheren Niederschlagssummen im Oberlauf.

In Unterschächen wurden in diesen 5 Tagen ca. 280 mm gemessen (Altdorf 150 mm), am 22.8. 184 mm (Altdorf 70 mm). 2002 wurden im Einzugsgebiet zwei IMIS-Stationen eingerichtet (Anhang 4.4), welche den Niederschlag zeitlich hoch aufgelöst messen. Die IMIS-Station Alpler Tor nördlich von Unterschächen registrierte in den 5 Tagen 115 mm Niederschlag, Schächental Seewli (südlich von Unterschächen) 275 mm³.

Der 40stündige Niederschlag ist von kurzen Abschnitten niedriger Intensität unterbrochen worden (Abb. 4.8 a-c). Am 22. fielen die grössten Niederschläge, wobei in Unterschächen ca. 183 mm, auf der Alp Seewli im Schächental sogar 200 mm Niederschlag gemessen wurde. Der höchste Stundenniederschlag wurde in Seewli mit 18 mm/h beobachtet, was relativ moderat ist. An den beiden IMIS-Stationen im oberen Gebietsteil wurden wesentlich höhere Intensitäten registriert als an der ANETZ-Station in Altdorf.

Abbildung 4.8a zeigt die korrigierte **Abflussganglinie** des Radarpegels in Bürglen. Nach einer ersten Niederschlagsperiode von ca. 60 mm in der Nacht vom 21. auf den 22.8.2005 nahm der Abfluss leicht zu. Nach einem Unterbruch am Vormittag des 22.8.2005 regnete es am Nachmittag im Gebiet stark. Erst zu diesem Zeitpunkt, nachdem bereits ca. 100 mm Niederschlag gefallen sind, reagierte der Schächen und sein Abfluss stieg in den folgenden 13 h auf 120 – 130 m³/s an und verharrte während 14 - 16 Stunden auf über 80 m³/s. Ca. 50% des gefallenen Niederschlags flossen ab.

Charakteristik:

- Feuchtwarmer Luftmassen aus dem Mittelmeergebiet wurden zuerst um die Alpen und dann von Nordosten an die Alpen geführt, was ergiebige Niederschläge zur Folge hatte.
- Bereits die Ereignisvorgeschichte zeichnete sich durch ergiebige Niederschläge aus.
- Der obere Teil des Schächentals wurde vom Niederschlag stärker getroffen.
- Der Niederschlag fiel in zwei Phasen: Auf einem Vorregen von 60 mm am 21.8. folgt am 22.8. der Hauptregen mit ca. 180 mm in Unterschächen.
- Der Schächen reagiert erst nachdem bereits ca. 100 mm Niederschlag gefallen sind mit einem 13-stündigen Anstieg der Abflussganglinie. Der Abfluss verharrte in der Folge während mehreren Stunden auf hohem Niveau.

³ Die ausserhalb des Einzugsgebiets liegende IMIS-Station Gross Windgällen zeichnete in den 5 Tagen nur wenig Niederschlag (ca. 31 mm) auf. Die Ursache für diesen tiefen Messwert ist unbekannt.

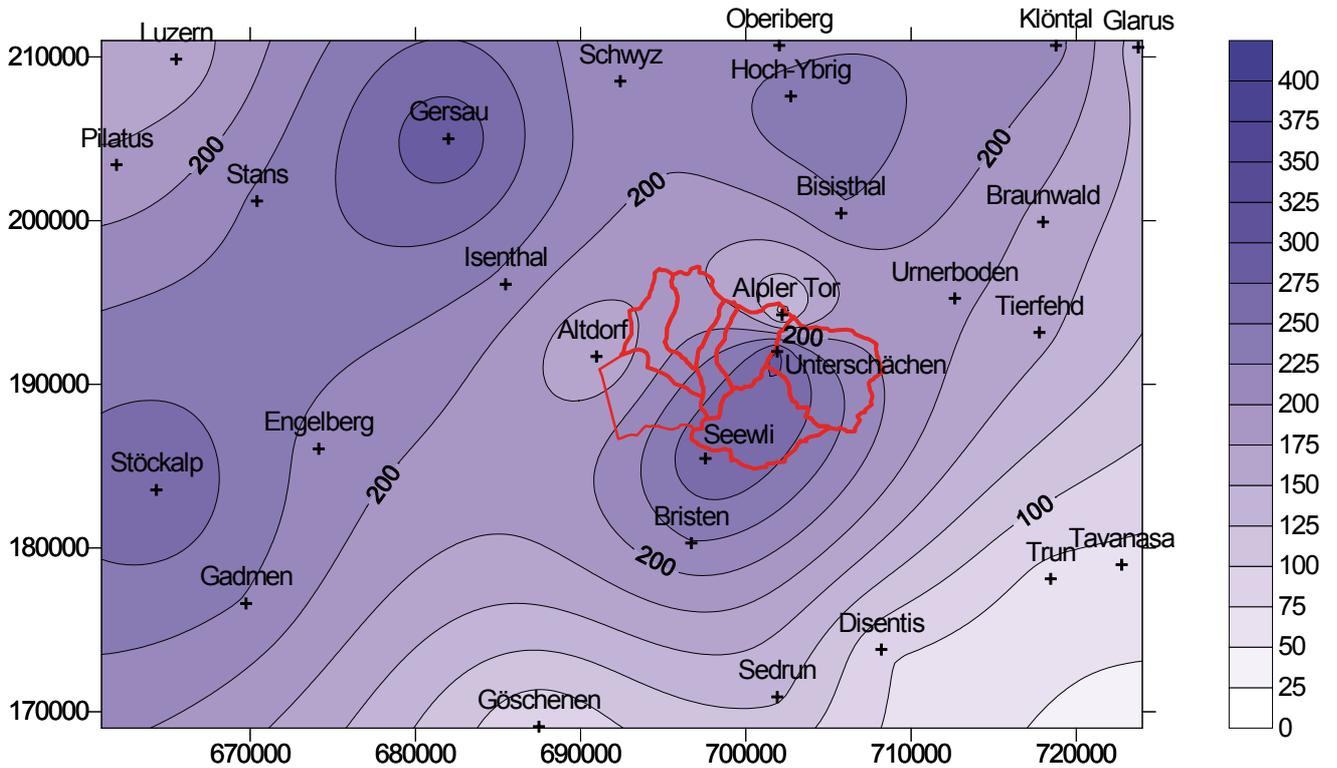


Abb. 4.6: Räumliche Verteilung der Niederschlagssummen am 18.-22. August 2005 aufgrund der Bodenstationen.

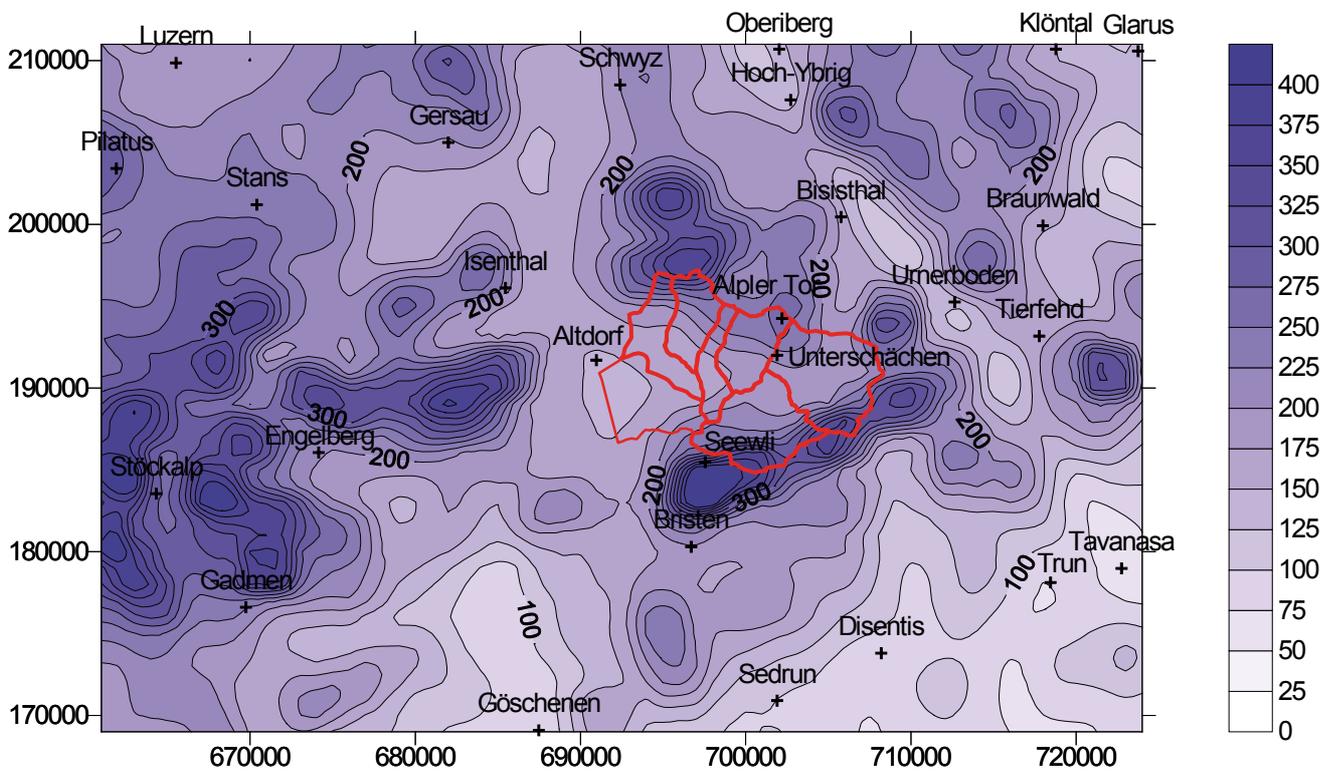


Abb. 4.7: Ausgewertetes Radarbild des Niederschlags vom 18.-22. August 2005 mit den aufsummierten Niederschlagsmengen (Meteoschweiz, 2006).

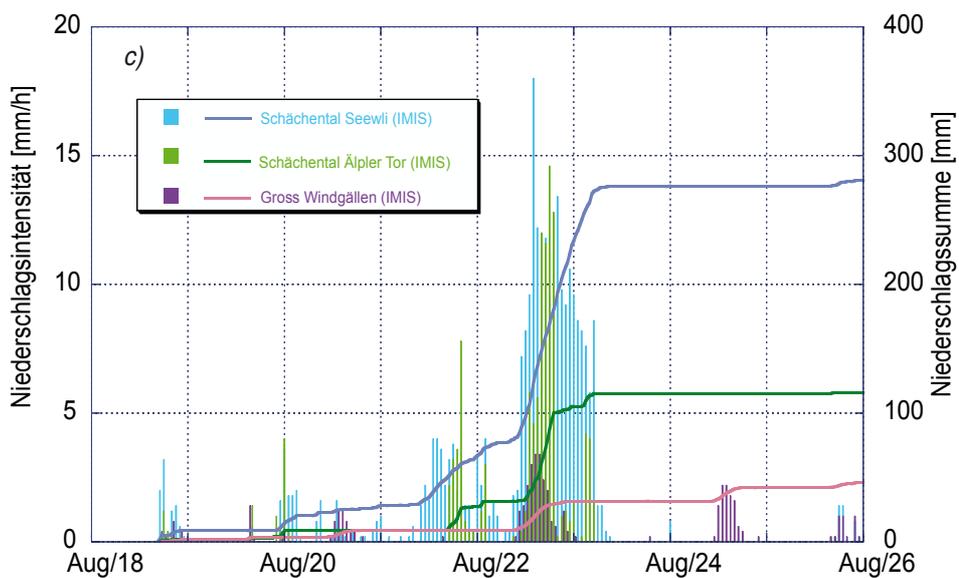
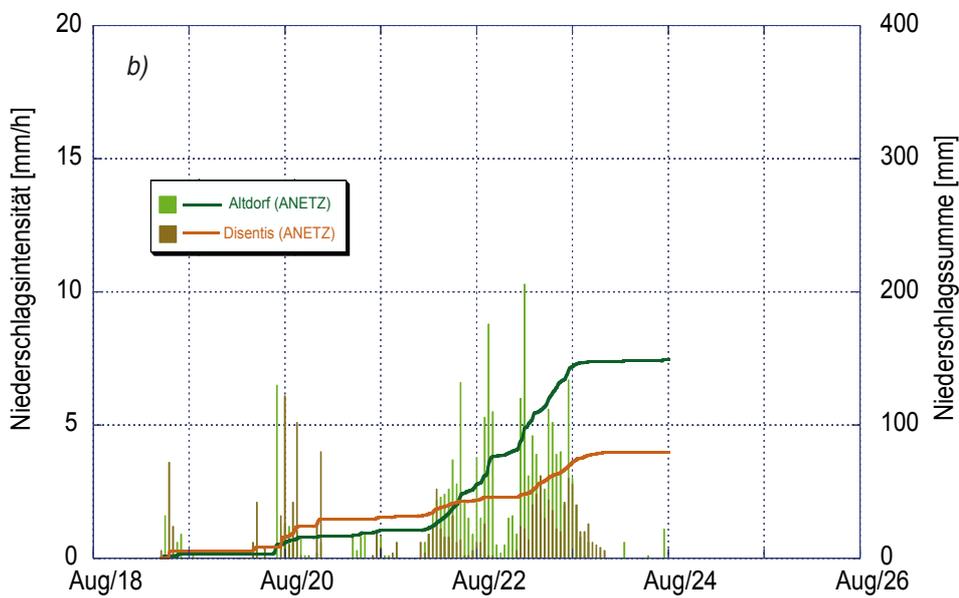
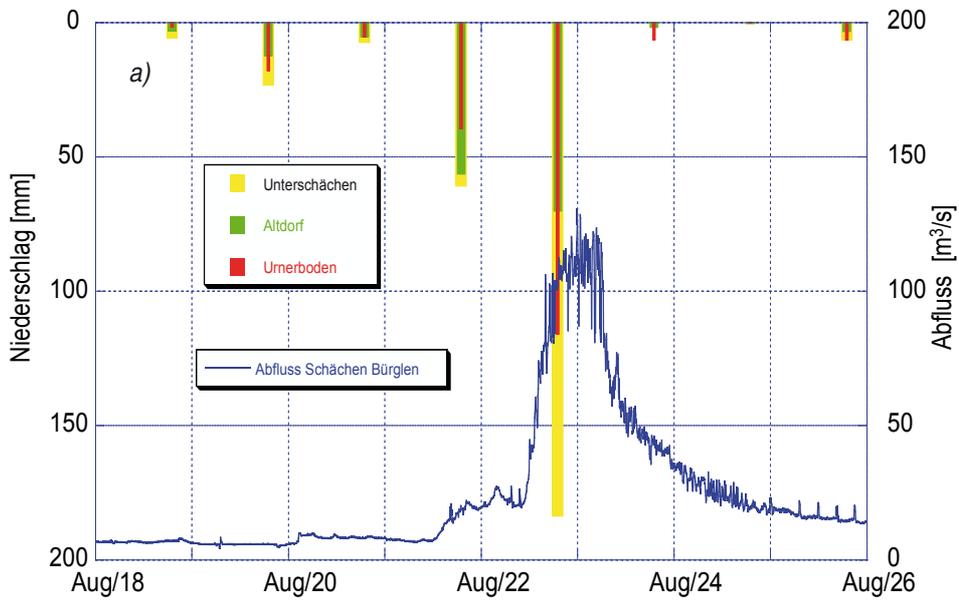


Abb. 4.8 a-c: Die Abflussganglinie und die Niederschläge beim Hochwasser vom 22./23.8.2005:
 a) Abflussganglinie Schächen-Bürglen-Radarpegel, verschiedene Stationen (SMA): Tageswerte,
 b) ANETZ - Stationen (SMA): Stundenwerte,
 c) IMIS - Stationen (SLF): Stundenwerte.

4.4 Abschätzung grosser Abflüsse im Oberlauf des Schächens

4.4.1 Einleitung

Im Rahmen des Generellen Projekts Einzugsgebiet Schächen soll der Hochwasserschutz entlang des Schächens verbessert werden. Für die Planung dieser Massnahmen sind hydrologische Grundlagen notwendig. Um die Abflüsse grösserer Hochwasser in der jüngeren Vergangenheit im Oberlauf zuverlässig abschätzen zu können, wurden verschiedene Abschnitte vermessen oder auf bestehende Plangrundlagen zurückgegriffen. Mit Hilfe des 1-D-Programm HEC-RAS (U.S. Army Corps of Engineers, 2001) konnten die beobachteten Abflüsse anschliessend nachgerechnet werden.

4.4.2 Hochwasser am Vorder Schächen in Unterschächen

Bei grösseren Hochwassern gab es in der jüngeren Vergangenheit wiederholt Kapazitätsprobleme bei der Brücke über den Vorder Schächen vis-à-vis der Post in Unterschächen. Diese befindet sich am Ende einer Flachstrecke des Vorder Schächens mit einem Gefälle von ca. 1%. Da sich im Bereich der Brücke das Gerinne verbreitert, bleibt an dieser Stelle Geschiebe liegen und muss während den Ereignissen ausgebaggert werden. Aufgrund von Fotos und Beobachtungen im Bereich dieser Brücke und oberhalb, aber auch beim Steg beim Schützenhaus, welcher beim Hochwasser 2005 fortgerissen wurde, konnten die Abflussspitzen verschiedener Hochwasser abgeschätzt werden (Tab. 4.3). Die befragten Gewährspersonen überblicken einen Zeitraum zwischen 30 und 50 Jahren, aufgrund dessen eine grobe Einordnung der Eintretenswahrscheinlichkeit (Jährlichkeit) dieser Hochwasser gemacht werden konnte:

Tab. 4.3: Am Vorder Schächen in Unterschächen abgeschätzte Hochwasserabflüsse

Datum	Zeitpunkt	Abfluss [m ³ /s]	Jährlichkeit	Rang
31.7.1977	Abflussspitze	15 – 23	15 – 25	2
6.8.2000	Abflussspitze	14 – 15	6	5
16.11.2002	Abflussspitze	15 – 23	15 – 25	2
22.8.2005	16:03 Uhr MEZ	ca. 21	–	–
22.8.2005	17:58 Uhr MEZ	ca. 27	–	–
22./23.8.2005	Abflussspitze zw. 22 und 4 Uhr MEZ	32 – 38	> 50	1
17.9.2006	Abflussspitze	15 – 18	8	4

Obwohl der Vorder Schächen ein Einzugsgebiet von lediglich 31 km² aufweist, wurde lediglich das kleinste der oben beschriebenen Hochwasser von einem Gewitter verursacht. Auch aus der Recherche historischer Hochwasser (Anhang 4.1) ist kein schadenbringendes Gewitterhochwasser in Unterschächen bekannt.

4.4.3 Hochwasser am Hinter Schächen in Unterschächen

Am Hinter oder Brunni-Schächen konnte lediglich das Hochwasser vom 22./23.8.2005 abgeschätzt werden: Aufgrund der Beobachtungen und Fotos von Thomas Arnold bei den Brücken in Bielen lag die Abflussspitze bei 28 – 31 m³/s.

4.4.4 Hochwasser beim Kraftwerk Unterschächen

Oberhalb des Kraftwerks Unterschächen wurde von 1970 - 2003 eine Abflussmessstation am Schächen betrieben. Die Aussagekraft der vorhandenen Daten ist jedoch beschränkt (vgl. Kap. 3.6). Nach Aussagen von Hanspeter Gisler und Peter Schuler vom EW Altdorf erreichte der Wasserstand in der Nacht vom 22./23.8.2005 beim Wehr des Kraftwerks Unterschächen trotz geöffneter Schütze ein Niveau von 988.00 m ü. M. Aufgrund dieser Beobachtung konnte die Abflussspitze auf 65 – 70 m³/s abgeschätzt werden.

4.5 Gleichzeitigkeit grosser Hochwasser an Reuss und Schächen

Das Risiko gleichzeitig grosser Hochwasser an der Reuss und am Schächen lässt sich anhand der zusammengetragenen Angaben über historische Hochwasser (Anhang 4.1) und den festgelegten Kriterien (Tab. 4.1) grob abschätzen.

Am Schächen wurden vier Hochwasser als „sehr gross“ klassifiziert (1343, 1762, 1779 und 2005) und eines als „gross – sehr gross“ (1910). Lediglich bei zwei dieser fünf Schächenhochwasser, in den Jahren 1762 und 1779, trat gleichzeitig an der Reuss ein „grosses – sehr grosses“ Hochwasser auf, bei den anderen drei Ereignissen waren die Hochwasserabflüsse in der Reuss „mittel“ oder „klein“. Die Grösse der Reusshochwasser von 1762 und 1779 ist nicht bekannt.

Über die vergangenen 200 Jahre liegen verlässliche Angaben vor. In diesem Zeitraum war das Hochwasser 2005 das grösste Schächenhochwasser mit einem „mittleren“ Hochwasser in der Reuss. Das Hochwasser 1910 war an der Reuss „klein“. Bei den grössten Reusshochwasser der letzten 200 Jahre (1987 und 1868) waren die Abflüsse des Schächens „mittel“ (1987) und „klein“ (1868).

Die Eintretenswahrscheinlichkeit eines „mittleren“ Reusshochwassers während eines „sehr grossen“ Schächenhochwasser liegt demnach bei über 100 Jahren. Gleichzeitig „grosse - sehr grosse“ Hochwasser an der Reuss als auch am Schächen sind extrem selten.

4.6 Schlussfolgerungen

- Die Erkundung von historischen Hochwassern (Chroniken, Zeitungen, Archive) ergab eine Fülle von Informationen über einen Zeitraum von über 700 Jahren.
- Grosse Hochwasser am Schächen wurden durch ein- bis zweitägige Niederschläge von über 100 mm ausgelöst. 2005 stieg der Abfluss erst wesentlich an, als 100 mm Niederschlag gefallen waren.
- Sehr grosse Hochwasser am Schächen ereigneten sich 1343, 1762, 1779, 1910 und 2005.
- Das Hochwasser 2005 mit einer Abflussspitze von 120 – 130 m³/s war in den vergangenen 100 Jahren nicht einzigartig. Das Hochwasser 1910 erreichte einen Abfluss in der gleichen Grössenordnung (110 – 150 m³/s). Den Abflussspitzen der Hochwasser 1910 und 2005 kann eine Eintretenswahrscheinlichkeit von 50 – 150 Jahren zugeordnet werden.
- Das Hochwasser 2005 brachte vermutlich bedeutend mehr Abfluss- und Geschiebevolumen als das Hochwasser 1910. Das Hochwasser 1910 verharrte etwa 8 bis 12 Stunden lang auf höchstem Abflussniveau, während das Hochwasser 2005 14 - 16 Stunden lang mehr als 80 m³/s Abfluss brachte. Betreffend Abfluss- und Geschiebevolumen war das Hochwasser 2005 ein 100 – 150-jährliches Ereignis.

- Im Oberlauf des Schächens war das Hochwasser 2005 das grösste der vergangenen 50 Jahre oder weiter zurück. Die Abflussspitze am Vorder Schächen in Unterschächen betrug 32 – 38 m³/s, am Hinter Schächen in Unterschächen 28 – 31 m³/s und nach dem Zusammenfluss beim Kraftwerk Unterschächen 65 – 70 m³/s.
- Obwohl der Vorder Schächen ein Einzugsgebiet von lediglich 31 km² aufweist, wurden die grössten Abflüsse in Unterschächen nicht durch Gewitter verursacht.
- Die Eintretenswahrscheinlichkeit eines „mittleren“ Reusshochwassers während eines „sehr grossen“ Schächenhochwasser liegt bei über 100 Jahren. Gleichzeitig „grosse - sehr grosse“ Hochwasser an der Reuss als auch am Schächen sind extrem selten.

5 Beurteilung der Abflussreaktion des Gebiets

5.1 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 (Geologie, Böden, Vegetation, Landnutzung). Welche Abflussprozesse bei Starkregen an natürlichen Hängen ablaufen, wurde detailliert mittels Beregnungsversuchen untersucht (Scherrer, 1997; Naef et al., 1999, Scherrer & Naef, 2003). Darauf aufbauend wurde ein Bestimmungsschlüssel entwickelt, der die Identifikation hochwasserrelevanter Flächen erlaubt (Scherrer AG, 2004). Die Beurteilung des Einzugsgebietes (EZG) des Schächens nach der Abflussbereitschaft lehnt sich eng an diesen Bestimmungsschlüssel an. Das Einzugsgebiet des benachbarten Gangbachs bei Schattdorf, welcher in die Stille Reuss mündet, wurde in der Untersuchung Scherrer AG (2003) kartiert.

Für die Untersuchung der Abflussbereitschaft wurden folgende Unterlagen verwendet:

- Geologische und hydrogeologische Unterlagen (Brückner & Zbinden, 1987; Staub, 1911; Friese, 1986; Jäckli et al., 1985),
- Bodeneignungskarte 1 : 200'000 (EJPD, 1980),
- Scherrer AG (2003, Hochwasserabschätzung am Gangbach).
- Diverse Gebietskartierungen von Sandri (Sandri, 1981a, b, 1982, 1983).

5.2 Tektonische Gebietsübersicht

Das Schächental bildet eine vom Klausenpass bis ins Reusstal führende E-W gerichtete Erosionsrinne. Tektonisch gliedert sich der Bau in unterschiedliche Decken (Axendecke, Griesstockdecke, Kamlistockdecke, etc.). Der Südteil des EZG ist geprägt durch die Steilstellung der Schichten in der Windgällenfalte, wo die Gebirgsstöcke bis auf eine Höhe von über 3'000 m ü. M. reichen (Chli Schärhorn 3'234 m ü. M.). In der nördlichen Talflanke setzt sich über dem, von seiner Unterlage abgescherten Flysch die nach Norden einfallende Axendecke fort (vgl. Anhang 5.1). Die Höhe dieser Krete liegt zwischen 1'900 und 2'700 m ü. M.

Das Schächental wurde durch intensive fluviale und glaziale Prozesse ausgehobelt, wobei tektonische Verfaltungen, Abscherungen und hangparallele Schichten zu Bergstürzen (Steinplanggen am Griesstock, Bergsturzgebiete zwischen Klausen und Spilauerstock, Bergsturz von Schattdorf) und Sackungen (Sackung von Spiringen) führten. So sackten grosse Teile der Nordflanke zwischen Spiringen und Unterschächen nach dem Rückzug der Gletscher Richtung Tal. Dies schaffte eine Art Abdachung. Die Nordflanke wird unterhalb Spiringen von steilen, aber nicht stark eingetieften Tälern zerschnitten (Täler des Gangbaches, Guggibaches und des Holdenbaches). Die Südflanke ist wird durch verschiedene, markante Täler zerschnitten (Riedertal, Sulztal und Brunnital).

5.3 Geologie und Hydrogeologie

5.3.1 Geologie

Die Landschaft des Schächentals ist geprägt durch den Wechsel von schroffen, felsigen Gebieten und Halden aus Lockermaterial. Die Gletscher haben nach ihrem Rückzug grosse Depots an Moränenmaterial zurückgelassen und am Fusse von felsigen Gebieten lagerten sich im Laufe der Zeit mächtige Schichten aus Verwitterungsschutt ab, die im Schächental weit verbreitet sind. Diese, in der Regel meist gut durchlässigen Ablagerungen sind speicherfähig. Die im EZG vorkommenden geologischen Schichten sind im Anhang 5.2 aufgeführt. Zudem wurden sie nach ihrer Durchlässigkeit klassifiziert. Um das Schärhorn liegen noch heute Gletscher und Firnfelder (Griessfirn), an dessen Fusse sich Gletscherrandfelder aus Schutt erstrecken.

5.3.2 Hydrogeologie

Die hydrogeologische Karte ist im Anhang 5.3 dargestellt (Jäckli et al., 1985). Die Situation ist geprägt durch die unterschiedliche Durchlässigkeit der verschiedenen geologisch-lithologischen Einheiten, sowie durch die komplexen tektonischen Strukturen (Faltungen, Verwerfungen, Überschiebungen, Brüche) und die verbreitet vorkommenden Lockermaterialablagerungen im Gebiet.

In den verkarsteten Kalkgebieten (Hoch Fülen, Bälmeten) wird die Einsickerung von Niederschlagswasser durch die Steilstellung der Formationen der Windgällenfalte begünstigt. In diesen Gebieten haben sich sog. „Bassins fermés“ entwickelt (östlich des Fülen, Griesstock). In welche Richtung die Entwässerung erfolgt, ist nicht geklärt. Die Verbindung des ausserhalb des EZG liegenden Seewelisees zur Stillen Reuss ist belegt. Es ist möglich, dass weitere Quellen im Schächental (Schattdorf, Unterschächen) im Zusammenhang mit Karst stehen.

Den Gebieten mit dem sog. Altdorfer Sandstein als Untergrund wird unterschiedliche Durchlässigkeit zugeordnet (v. a. Südflanke und oberhalb Altdorf, Anhang 5.3). Räumlich stark schwankende Durchlässigkeit wird den Moränen und Sackungsmassen zugeordnet (grün).

Anhang 5.3 zeigt eine grosse Dichte an Quellen. In der Nordflanke sind sie besonders zahlreich und liegen v. a. in oder in der Umgebung von Lockermaterial (Sackungsmasse, Moräne, Bergsturzmaterial) und markieren die Ausläufe von Speichern. Bei Niederschlag infiltriert Wasser in solche Ablagerungen und fliesst nur verzögert ab.

5.4 Böden

5.4.1 Einleitung

Die Böden im EZG werden vor allem durch die geologischen Verhältnisse (Ausgangsmaterial), die topographischen Verhältnisse (Exposition, Steilheit des Geländes) und die Vegetationsdecke geprägt. Informationen über die Böden im EZG bestehen abgesehen von der generalisierten Bodeneignungskarte 1 : 200'000 (EJPD, 1980) keine.

Mit einer Sondierkampagne wurde ein bodenkundlicher Gebietsüberblick erarbeitet und die in der Bodeneignungskarte aufgeführten Eigenschaften überprüft. Im Einzugsgebiet wurden 52 Sondierungen abgeteuft (Rammkernsonde: $d = 12$ cm, Schlagsonde nach Pürkhauer: $d = 2$ cm; Gruben). Die Lage der Sondierungen ist in Abbildung 1.1 eingetragen. In den Untersuchungen am Lauitalbach und Gangbach in Schattdorf wurden 23 weitere Sondierungen ausgeführt (Scherrer AG, 2003 a und b), die in Abb. 1.1. nicht aufgeführt sind. Die Nordflan-

ke heisst aufgrund ihrer Südexposition auch „Sunnsite“. Aufgrund der besseren Zugänglichkeit sind die Informationen über die Böden dort besser als auf der Südflanke.

5.4.2 Böden der Nordflanke

Im südöstlichen Teil der Nordflanke sind es Kalke und Mergel, die den Felsuntergrund bilden. In den Steilhängen sind über Fels flachgründige Böden entstanden (z.B. S3: flachgründige Braunerde; S4: Ranker). Im Bereich der Bergsturzablagerungen und Moränen sind skelettreiche Regosole (S6, S9) oder sogar Braunerden (S23) entstanden. Weiter westwärts, oberhalb Unterschächen und Spiringen liegt viel Lockermaterial (Sackungsmassen, Moränen, Hangschutt) und die Hänge sind weniger steil. Diese Gebiete werden zumeist landwirtschaftlich als Mähwiesen, die steileren Hänge als Weide genutzt. Die siltig-lehmigen Böden sind meist normal durchlässig, tiefgründig und selten von Stauwasser beeinflusst oder vernässt.

Die Mächtigkeit der Ablagerungen aus Lockermaterial (Bergsturzkörper und Moränen) dürften je nach Lage ausgesprochen mächtig sein. Das Profil S10 hat eine Höhe von mehr als 10 m. Die Ablagerungen dürften mehrere Zehnermeter mächtig sein. Die darauf entstandenen sandigen Regosolböden weisen ein bescheidenes Speichermögen auf, allerdings ist das Speichervermögen der gesamten Ablagerung sehr gross.

Die unteren Hangbereiche von Holderbach, Gangbach und Guggibach sind teilweise durch Moräne oder Hangschutt des Altdorfer Sandsteins überlagert. Trotz Steilheit haben sich daher recht mächtige Braunerdeböden entwickelt (S45, S46, S48).

Im Oberlauf der drei Bäche liegt Flysch, der teilweise von Moräne, gegen die Felsabbrüche hin mit Bergsturz- oder Hangschuttmassen überdeckt ist. In steilen Lagen, wo die Überdeckung wegerodiert wurde, sind die Böden flachgründig (S44). Viele Gebiete bestehen im Bereich des Flyschs aus Nasswiesen und die Böden sind vernässt (Hangleye: S40-42).

Oberhalb Bürglen, wo vielerorts Moräne oder Hangschutt den Altdorfer Sandstein überdecken, haben sich ebenfalls meist tiefgründige, skelettreiche Braunerden entwickelt (S37-39).

5.4.3 Böden der Südflanke

Böden wurden punktuell im Gebiet Ruelisbergen oberhalb Wittenschwanden, im Brunnital, im Riedertal, im Teif- und Lauital (Scherrer AG, 2003) untersucht. In schattigen Lagen sind die Böden teilweise von Stauwasser beeinflusst (S27, S31, S32 und S34), da sie aufgrund der geringeren Sonneneinstrahlung langsam abtrocknen (Pseudogleye, Braunerde-Pseudogleye). Viele Gebiete liegen im Einflussbereich von Bergsturz oder Steinschlag. Die dortigen Böden (S26, S28) sind skelettreich, meist recht gut durchlässig und zusammen mit dem Untergrund speicherfähig. Die Böden sind siltig-lehmig bis sandig-lehmig.

5.5 Massgebende Abflussprozesse und Abflusstypen

Abflussprozesse

Die Beurteilung des Gebiets nach der Abflussbereitschaft stützt sich auf Erkenntnisse von Beregnungsversuchen. Tabelle 5.1 zeigt die Kriterien zur Klassifizierung der Abflussbereitschaft. Abflussprozesse mit ähnlicher Abflussreaktion werden zu sog. Abflusstypen zusammengefasst. Folgende Abflussprozesse wurden im EZG des Schächens unterschieden:

Oberflächenabfluss aufgrund von Infiltrationshemmnissen (Hortonian Overland Flow, HOF) kann auf dicht bebauten Ortskernen, geneigten Strassen, Felsflanken oder auf schwach durchlässigen Böden erwartet werden (HOF1). HOF2 tritt auf weniger dicht bebauten Siedlungsflä-

chen und stark beweideten, schattigen Flächen auf, wo die Oberböden verdichtet sind. Insgesamt spielt dieser Prozess eine untergeordnete Rolle.

Gesättigter Oberflächenabfluss (Saturation Overland Flow, SOF) tritt nach Sättigung des Bodens auf. Es wird zwischen raschem gesättigtem Oberflächenabfluss (SOF1), verzögertem (SOF2) oder stark verzögertem Oberflächenabfluss (SOF3) unterschieden. Diese Intensitätseinordnung (1-3) gilt auch für die anderen Abflussprozesse. Auf flachgründigen Böden mit darunterliegender Stauschicht oder feucht-nassen Böden an Hängen mit geringem Speichervermögen erfolgt die Sättigung besonders rasch (SOF1). Dieser Prozess kommt vor allem im EZG des Holdenbachs, des Guggibachs und des Gangbachs vor (Flachmoore, Feuchtflächen) oder auf extrem flachgründigen Böden auf un- oder schwach durchlässiger Geologie (Gerinneflanken). Allerdings zeigte sich, dass im Einzugsgebiet sehr flachgründige Böden nicht weit verbreitet sind. SOF2 tritt auf vernässten oder staunassen Böden in steilen Lagen oder flach- bis mittelgründigen Böden auf. SOF3 kommt auf tiefgründigen und durchlässigen Böden vor.

Abfluss im Boden (Sub-Surface Flow, SSF1) ist zu erwarten, wenn im Boden hochdurchlässige Schichten über einer Stauschicht liegen oder Makroporen dem Wasser ein rasches laterales Fließen ermöglichen. Diese bodenkundlich-geologisch günstigen Bedingungen für raschen Abfluss im Boden (SSF1) sind im Einzugsgebiet in steilen Waldgebieten über weniger durchlässiger Geologie oft gegeben. Verzögerter Abfluss im Boden (SSF2) tritt in mittel- bis flachgründigen, steilen Waldböden über mässig durchlässigem Festgestein auf (Altdorfer sandstein). Stark verzögerter Abfluss im Boden (SSF3) kommt in den meisten geneigten Waldgebieten mit mittel- bis tiefgründigen Böden über Hang- oder Gehängeschutt vor oder über mässig bis gut durchlässiger Geologie.

Sind die Lockermassen einige Meter oder mehr mächtig, wie dies mancherorts im EZG der Fall ist, kann viel Wasser im Untergrund gespeichert werden (Tiefensickerung, DP) und es kommt zu einer sehr stark verzögerten Abflussbildung. Aufgrund der verbreiteten Schutthalden und Moränen im EZG kommt dieser Prozess mancherorts vor.

Im verkarsteten Gebiet Hoch Fülen beispielsweise kann DP grossflächig auftreten, allerdings stellt sich besonders im Karst die Frage, wie schnell das versickerte Niederschlagswasser den Vorfluter erreicht. Trotz hoher Durchlässigkeit des Untergrundes darf man davon ausgehen, dass in diesem Gebiet aufgrund der starken tektonischen Beanspruchung die Kapazitäten der unterirdischen Fliesswege begrenzt sind. Daher wirkt der Karst als Speicher und die Abflüsse werden stark verzögert und gedämpft.

Abflusstypen

Abbildung 5.1 und Tabelle 5.1 zeigen die Charakterisierung der Teilflächen des EZG nach der Abflussbereitschaft. Die Einzugsgebietsflächen mit ähnlich wirksamen Abflussprozessen wurden zu Abflusstypen zusammengefasst. 6 Abflusstypen werden unterschieden (Abflusstyp 1: rasche und starke Reaktion bis Abflusstyp 5 sehr stark verzögerte Reaktion). Abflusstyp 6 sind zwar stark reagierende Flächen, die aber in eine Fläche des Abflusstyps 4 oder 5 entwässern und damit auch eine gedämpfte Abflussreaktion aufweisen.

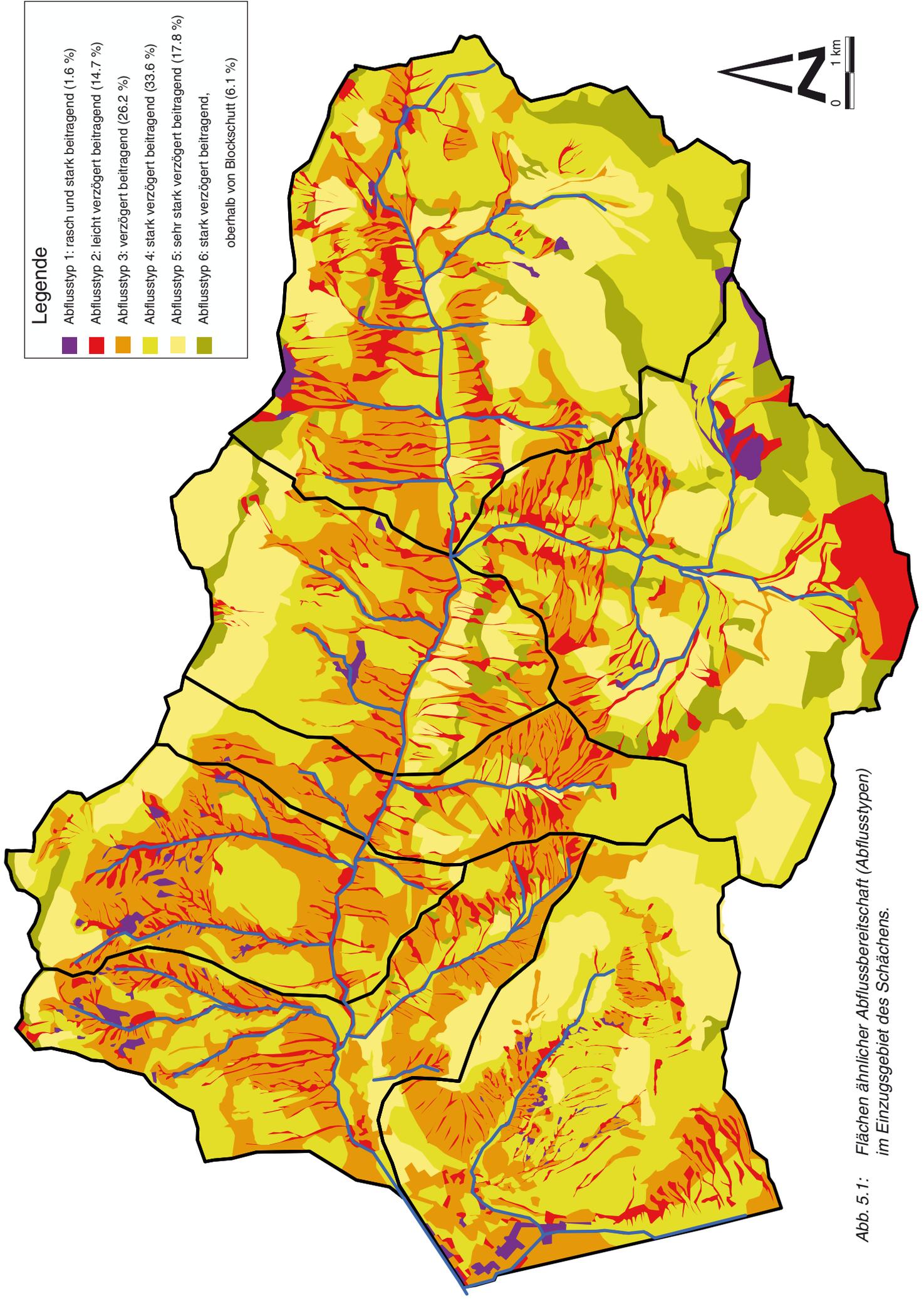


Abb. 5.1: Flächen ähnlicher Abflussbereitschaft (Abflusstypen) im Einzugsgebiet des Schächens.

Im EZG des Schächens sind 1.6 % der Flächen rasch und stark beitragend (Abflusstyp 1) und 14.7 % leicht verzögert beitragend (Abflusstyp 2). Verzögert reagieren 26.2 % des Einzugsgebiets (Abflusstyp 3). Mehr als die Hälfte (51.4 %) des EZGs sind Flächen, die stark bis sehr stark verzögert zur Abflussbildung beitragen (Abflusstyp 4 und 5). Abflusstyp 6 gehören rasch reagierende Flächen an (6.1 %), die auf dem Weg zum Schächens in grosse Schutthalden entwässern und daher ebenfalls eine verlangsamte Reaktion aufweisen. Angesichts dieser Flächenverteilung besitzt das Einzugsgebiet des Schächens ein grosses Speichervermögen und eine mässige Abflussreaktion. Die ausgedehnten Speicher dürften die bei Starkregen beobachtete verzögerte Abflussreaktion erklären (Kap. 4.6).

5.6 Abflussreaktionskurven

Abbildung 5.2 zeigt die Abflussreaktionskurven der Abflusstypen. Diese Kurven wurden von den bei Beregnungsversuchen beobachteten Abflusskoeffizienten abgeleitet (Scherrer, 1997). Ebenfalls berücksichtigt wurde das bei verschiedenen Hochwassern am Schächens beobachtete Verhalten, dass ein Grossteil des Einzugsgebiets erst nach 100 mm Niederschlag reagiert.

Abflussreaktionskurven beschreiben den Anteil des abfliessenden Niederschlags in Abhängigkeit der Niederschlagsmenge. Eingezeichnet sind die momentanen Abflusskoeffizienten (Q/N) und die Volumenabflusskoeffizienten ($\Sigma Q/\Sigma N$). Beim Abflusstyp 1 sind nach 50 mm Niederschlag 50% abgeflossen, beim Abflusstyp 2 25%, während die Abflusstypen 3 bis 6 erst nach 100 mm Niederschlag Abfluss bilden.

5.7 Schlussfolgerungen

- Die Landschaft des Schächentals ist geprägt durch den Wechsel von schroffen, felsigen Gebieten und ausgedehnten Flächen aus durchlässigem Lockermaterial.
- Trotz Steilheit des Gebiets machen rasch auf Starkregen reagierende Flächen einen verhältnismässig kleinen Anteil aus.
- Bei Niederschlag infiltriert Wasser in Gebieten mit Lockermaterial und fliesst verzögert ab. Diese ausgedehnten Speicher dürften die bei Starkregen beobachtete verzögerte Abflussreaktion erklären.
- Der Schächens zeigte bei vergangenen Hochwassern aber auch rasche Abflusszunahmen, was darauf hindeutet, dass nach grösseren Niederschlagsmengen gewisse Teile des Gebiets rasch reagieren, entsprechende Niederschlagsintensitäten vorausgesetzt.

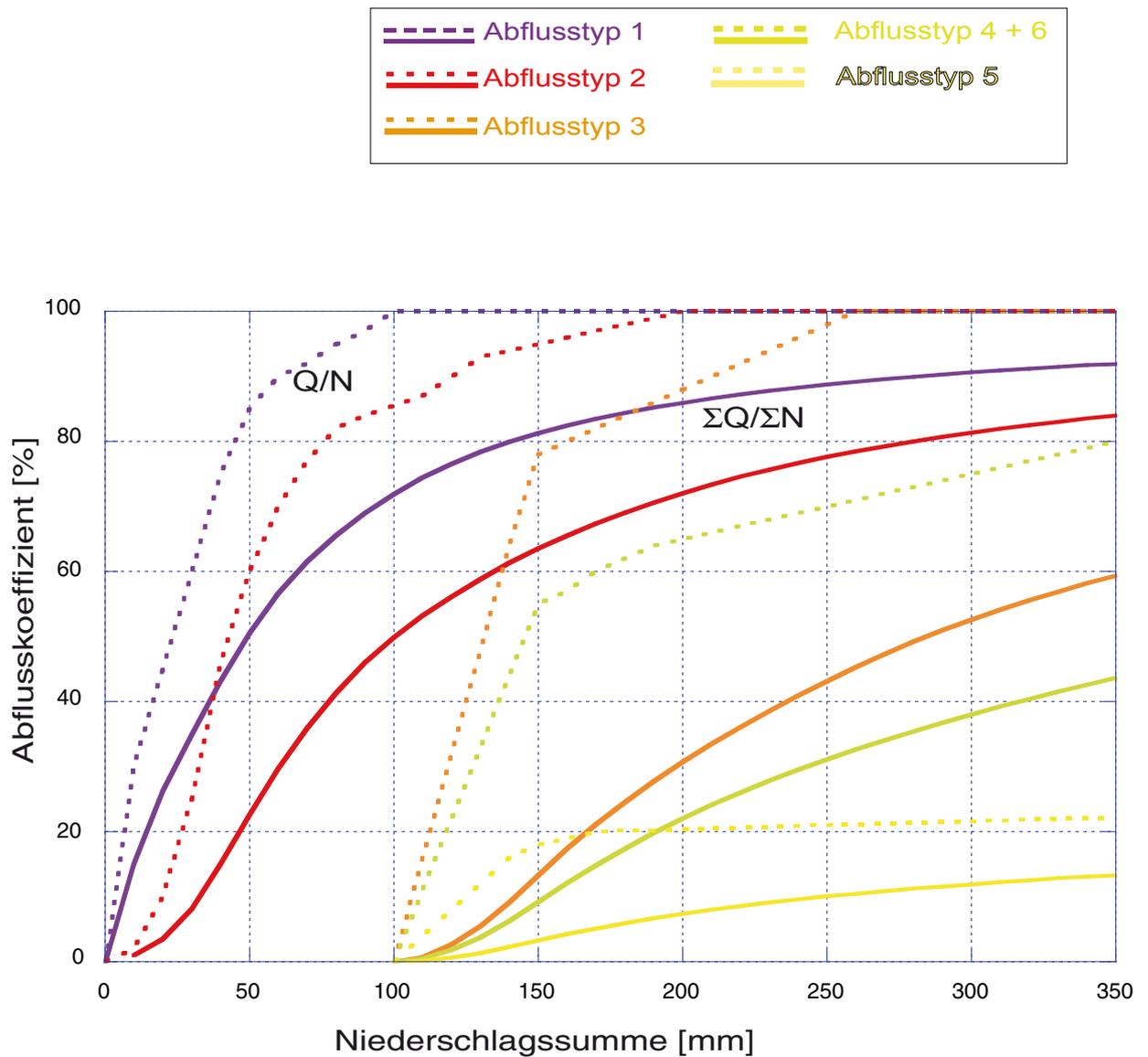


Abb. 5.2: Die Abflussreaktionskurven der Abflusstypen 1 - 6. Sie definieren den Anteil des abfließenden Niederschlags in Abhängigkeit der Niederschlagssumme. Eingetragen ist der Spitzenabflusskoeffizient (Q/N , strichliert) und der Volumenabflusskoeffizient ($\Sigma Q/\Sigma N$, ausgezogene Linie). Der Abflusstyp 6 hat die gleiche Abflussreaktionskurve wie Abflusstyp 4.

Tabelle 5.1: Dominante Abflussprozesse, Gebietseigenschaften und Abflusstypen im EZG des Schächens.

Abflusstyp	Abflussreaktion	Dominante Abflussprozesse	Massgebende Gebietseigenschaften	Anteil Fläche [km ²]	Anteil Fläche [%]
1	Stark beitragende Flächen	Oberflächenabfluss aufgrund von Infiltrationshemmnissen (HOF1) Sofortiger gesättigter Oberflächenabfluss (SOF1)	Stärker geneigte befestigte Flächen (Plätze, grössere Strassen) und schwach durchlässige Böden mit Gefälle, verrutschte Gerinneflanken Feuchtfleichen	1.7	1.6
2	Leicht verzögert beitragende Flächen	Leicht verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund von Infiltrationshemmnissen (HOF2) Leicht verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund sich langsam sättigender Flächen (SOF2) Rascher Abfluss im Boden (SSF1)	Befestigte Flächen (Plätze, grössere Strassen) mit geringem Gefälle Schwach durchlässige Böden mit geringem Gefälle Vernässte Böden im Bereich von Quellmulden, drainierte Flächen in Hanglage, Moore an geneigter Lage, Gewässerrandstreifen	15.9	14.7
3	Verzögert beitragende Flächen	Verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund sehr langsam sich sättigender Böden (SOF3) Verzögerter Abfluss im Boden (SSF2)	Flachgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fliesswegen über Fels mit grossem Gefälle Mässig tiefgründige Böden mit mässiger bis guter Durchlässigkeit	28.5	26.2
4	Stark verzögert beitragende Flächen	Sehr stark verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund sehr langsam sich sättigender Böden (SOF3) Stark verzögerter Abfluss im Boden (SSF3)	Mässig tiefgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fliesswegen über Fels oder Moräne, Gerinnenähe Tiefgründige Böden mit guter Durchlässigkeit, gut durchlässige Böden über durchlässiger Geologie	36.5	33.6
5	Sehr stark verzögert beitragende Flächen	Tiefensickerung (DP) Sehr stark verzögerter Abfluss im Boden	Tiefgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fliesswegen Tiefgründige gut durchlässige Böden oder flachgründige, gut durchlässige Böden auf sehr durchlässiger Geologie (Hangschutt, Bergsturzmaterial, Karst, Moräne)	19.3	17.8
6	stark verzögert beitragende Flächen oberhalb Blockschutt	Rascher Abfluss und Versickerung	Tiefgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fliesswegen über Moräne, gerinnefern Rasch reagierende, felsige Steiflächen, die in mächtige Schuttblagerungen entwässern	6.6	6.1
Total				108.5	100

6 Abflussberechnungen

6.1 Einleitung

Das hier eingesetzte Niederschlag-Abfluss-Modell (NAM) QAREA wurde am Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft der ETH Zürich entwickelt und erfasst die bei der Hochwasserentstehung beteiligten Abflussprozesse. Dieses Modell ist ein Hilfsmittel, das erlaubt, das Abflussverhalten des EZG auf verschiedene Starkniederschläge rechnerisch zu simulieren und die Reaktion auf seltene meteorologische Bedingungen (Niederschlags-Szenarien) abzuschätzen. Das NAM wurde anhand der Jahreshochwasser 2002, 2005 und 2006 geeicht, um Niederschlagsszenarien mit einer Eintretenswahrscheinlichkeit von 300 Jahren zu rechnen.

6.2 Grundlagen und Aufbau des Modells QAREA

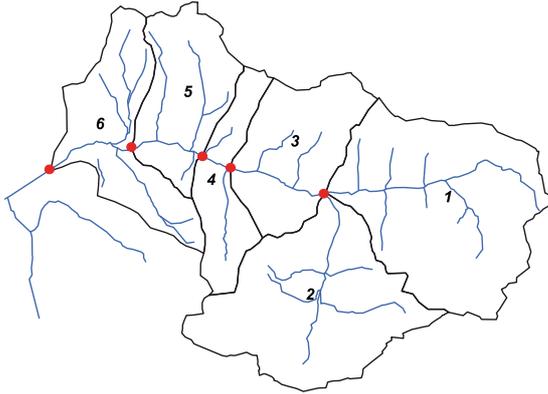
Die Abbildung 6.1 zeigt die Grundlagen des NAM QAREA. Das Modell wurde den Verhältnissen entsprechend für den Schächen erstellt.

Zusammenfassend die wichtigsten Grundlagen und Eigenschaften des Modells QAREA:

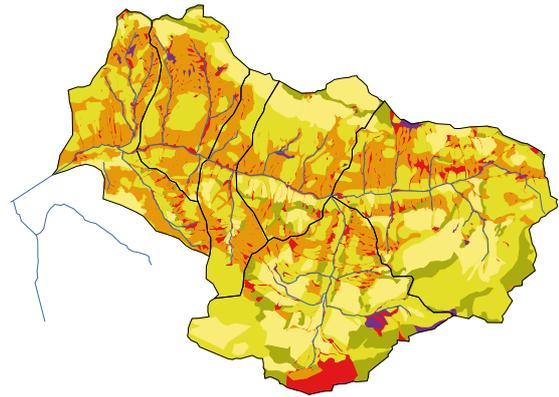
- Das NAM basiert auf der Klassifizierung der **Abflussbereitschaft** der Teileinzugsgebietsflächen (Abflusstypen, Abb. 6.1b, Kap. 5) und den dazugehörigen Abflussreaktionen (Abflussreaktionskurven, Abb. 6.1c).
- Die **Laufzeiten** bis zum Teileinzugsgebietsausgang (Isochronen) und die Laufzeiten in den Gerinnen wurden berücksichtigt (Abb. 6.1d).
- **Niederschläge:** Zur Simulation von Landregen aber auch kurzen Gewitterniederschlägen kann das Gebiet gleichmässig überregnet werden oder auch nur Teile davon (Abb. 6.1e).

Ein Schema des eingesetzten Modells ist im Anhang 6.1 zu finden. Der gefallene Niederschlag wird aufgeteilt in Direktabfluss und in den Boden infiltrierendes Wasser. Das infiltrierte Wasser wird im Boden gespeichert und verzögert wieder abgegeben. Die Reaktion dieser Bodenspeicher wird mit linearen Speichern modelliert. Für jeden Abflusstypen wird eine eigene Speichercharakteristik angenommen. Der Direktabfluss erfährt auf dem Weg ins Gerinne eine Verzögerung durch Retention (Oberflächenspeicher), welche ebenfalls mit einem linearen Speicher simuliert wird.

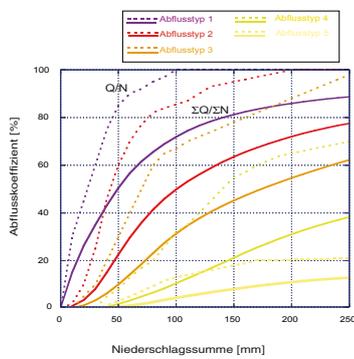
a) Teileinzugsgebiete



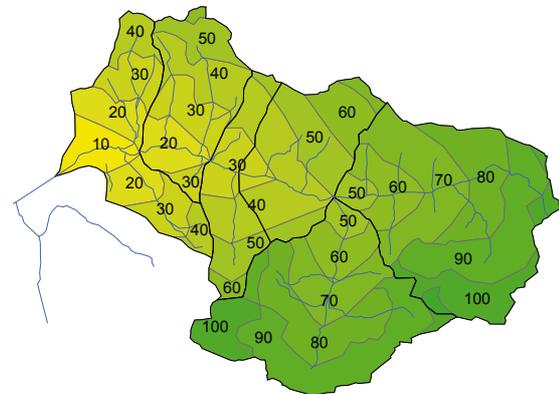
b) Abflusstypen



c) Abflussreaktionskurven



d) Fließzeiten (Isochronen)



e) Niederschlagszonen

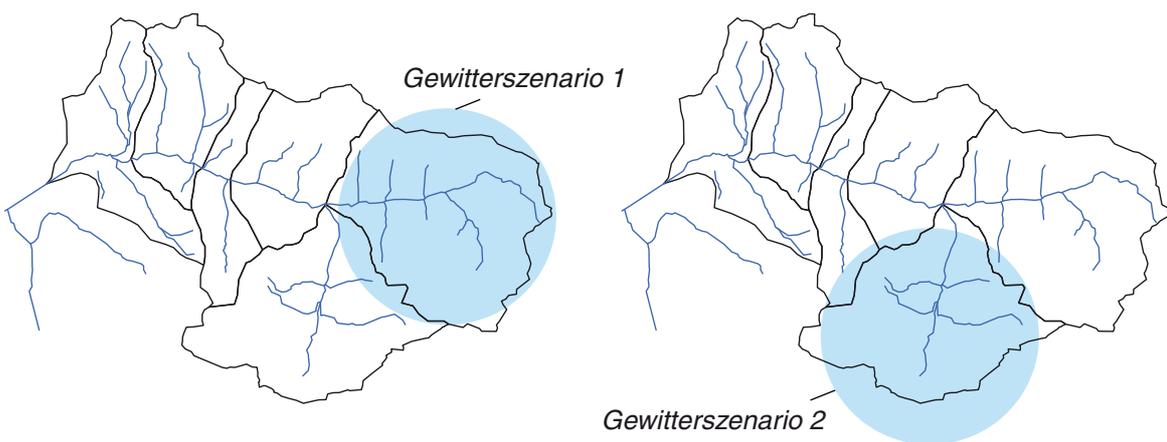


Abb. 6.1: Die Grundlagen des Niederschlag-Abfluss-Modells QAREA
a) Die Teileinzugsgebiete mit den Berechnungspunkten,
b) die Abflusstypen,
c) die Abflussreaktionskurven,
d) die Fließzeiten in Minuten (Isochronen),
e) die Niederschlagszonen.

6.3 Eichung des Modells

Für die Modelleichung wurden die Hochwasser vom 16. November 2002 (Anhang 6.2), 22./23. August 2005 (Anhang 6.3) und vom 17. September 2006 (Anhang 6.4a -c) nachgerechnet. Bei diesen Hochwasserereignissen waren folgende Voraussetzungen für eine Modelleichung gegeben:

- Es waren langdauernde Niederschlagsereignisse, welche das gesamte Einzugsgebiet überregneten (im Gegensatz zu Gewittern). Dadurch konnte die zeitliche Niederschlagsverteilung der hoch aufgelösten messenden Station Altdorf verwendet werden. Beim Hochwasser 2006 wurde zusätzlich die zeitliche Niederschlagsverteilung der hoch aufgelösten messenden IMIS-Stationen Alpler Tor und Seewli verwendet.
- Aufgrund der vorliegenden Daten der umliegenden Tagessammler konnte die räumliche Niederschlagsverteilung mittels Interpolation abgeschätzt und für den Niederschlagsinput verwendet werden (Anhang 6.5). Beim Hochwasser 2005 wurde die Summation der ausgewerteten Radarbildern (Abb. 4.7) verwendet. Der Niederschlag der Station Altdorf (resp. Alpler Tor und Seewli) wurde entsprechend der ermittelten räumlichen Niederschlagsverteilung erhöht resp. vermindert.

Anhang 6.2 zeigt die Nachrechnung des Hochwassers vom **16. November 2002** mit dem Niederschlag der Station Altdorf. Dieses Hochwasser wurde nur mit dem Pneumatikpegel gemessen. Ein Vergleich der gemessenen mit den gerechneten Abflüssen ist nur bis zu einem Abfluss von $30 \text{ m}^3/\text{s}$ sinnvoll. In diesem Bereich ist die Übereinstimmung genügend. Bei grösseren Abflüssen ist die PQ-Beziehung nicht eindeutig (vgl. Kap. 3.2). Die Abflussspitze wird vom Modell sowohl beim Galgenwäldli (BP 6) als auch am Vorder Schächen (BP 1) etwas überschätzt.

Anhang 6.3 zeigt die Nachrechnung des Hochwassers vom **23. August 2005** mit dem Niederschlag der Station Altdorf. Die Nachrechnung stimmt nach Verlauf, Abflussvolumen und Abflussspitze gut mit der Messung am Radarpegel überein. Der absteigende Ast der Nachrechnung fällt allerdings zu schnell ab. Auch die beobachteten Abflüsse am Vorder (BP 1) und Hinter Schächen (BP 2) und beim Kraftwerk Unterschächen (BP 3) stimmen gut mit den Modellrechnungen überein.

Anhang 6.4 zeigt die Nachrechnung des Hochwassers vom **17. September 2006** mit dem Niederschlag der Stationen Altdorf (6.4a), Alpler Tor (6.4b) und Seewli (6.4c). Die drei Nachrechnungen zeigen den unterschiedlichen zeitlichen Niederschlagsverlauf innerhalb des Einzugsgebiets und die damit verbundene Unsicherheit der Nachrechnung auf. Im Gegensatz zur Nachrechnung des Hochwassers 2005 fällt der absteigende Ast der Nachrechnung zu langsam ab. Insgesamt ist die Nachrechnung nach Verlauf, Abflussvolumen und Abflussspitze befriedigend. Die am Vorder Schächen (BP 1) beobachtete Abflussspitze wird vom Modell überschätzt.

Die drei Hochwasser konnten nach Verlauf, Abflussvolumen und Abflussspitze zufriedenstellend nachgerechnet werden. Das Modell ergibt plausible Ergebnisse. Es kann für die Abflussberechnungen eingesetzt werden (Kap. 6.4).

6.4 Niederschlag-Szenarien

6.4.1 Einleitung

Niederschläge sind charakterisiert durch ihre zeitliche (Dauer und Intensität des Niederschlags) und ihre räumliche Verteilung (Überregnung des Gebiets). Die Auswertung der historischen Hochwasser zeigte, dass die grossen Hochwasser am Schächen durch ein- bis zweitägige Niederschläge von über 100 mm ausgelöst wurden. Deshalb richtet sich das Augenmerk auf die langandauernden Niederschlagsereignisse, welche das ganze 108.5 km² grosse Einzugsgebiet überregnen können. Dazu wurde eine Gebiets-Niederschlagsstatistik (Kap. 6.4.2) erstellt. Ausgehend von dieser Auswertung und dem Ereignis 2005 (Kap. 6.4.3) wurden extreme Niederschläge mit einer Eintretenswahrscheinlichkeit von 300 Jahren und einer Dauer von 12 Stunden, 1 Tag, 2 Tagen und 3 Tagen ermittelt.

Die Zentren von Konvektionszellen, in denen die Niederschlagsmaxima von kurzen Starkniederschlägen (≤ 4 h Dauer) fallen, sind auf wenige km² begrenzt. Daher wurden die massgebende Gewitterszenarien für die Niederschläge mit einer Dauer von vier Stunden oder weniger basierend auf der Punkt-Niederschlagsstatistik der Station Altdorf (Zeller et al., 1978) festgelegt (Kap. 6.4.4).

6.4.2 Gebiets-Niederschlagsstatistik

Das Einzugsgebiet des Schächens ist grösser als 100 km² und reicht bis auf über 3'000 m ü. M. Die Abschätzung extremer Gebietsniederschläge ist mangels statistischer Grundlagen schwierig. Die räumlichen Niederschlagsverteilungen der Hochwasser 2002, 2005 und 2006 (Abb. 4.7, Anhang 6.5), aber auch die Niederschlagswerte der grössten Hochwasser der vergangenen 100 Jahre (Tab. 4.2) zeigen einen z. T. starken Gradienten zwischen den im Raum Schächental vorhandenen Niederschlagsstationen Unterschächen und Altdorf. Mit Ausnahme des Hochwassers 1910 waren die Niederschläge in Unterschächen höher als in Altdorf. Die Punkt-Niederschlagsstatistiken dieser beiden Stationen (Zeller et al., 1978) widerspiegeln diesen Sachverhalt auch.

Wie bei den räumlichen Niederschlagsverteilungen der Hochwasser 2002, 2005 und 2006 entsprachen die Gebietsmittel der grössten Hochwasser der vergangenen 100 Jahre vermutlich annäherungsweise dem Mittel der Niederschläge der Stationen Unterschächen und Altdorf. Basierend auf dieser Annahme wurde mit den Werten aus Tabelle 4.2 eine Gebietsniederschlagsstatistik mit 1- und 2-Tageshöchstwerten erstellt (Anhang 6.6). Die Extrapolation dieser Werte ergibt für ein 300-jährliches Ereignis 180 mm in einem Tag resp. 240 mm in zwei Tagen. Davon abgeleitet wurden die Werte für einen 12-Stunden-Regen und einen 3-Tages-Regen (Tab. 6.1).

Interessant ist, dass intensive Regen von mehr als 3 Tagen ohne Unterbruch bisher nicht beobachtet wurden. Die Niederschlagsstatistiken (z. B. Zeller et al., 1978) zeigen zwischen den 2- und 5-Tageshöchstwerten verhältnismässig kleine Unterschiede. Niederschlagsszenarien mit einer Dauer von über 3 Tagen werden daher nicht betrachtet.

Tab. 6.1: 300-jährliche Gebietsniederschläge für das Einzugsgebiet des Schächens.

Dauer	Niederschlagssumme [mm]
12 Stunden	160
1 Tag	180
2 Tage	240
3 Tage	280

6.4.3 Extremniederschlagsszenarien basierend auf dem Hochwasser 2005

Am 21. – 23.8.2005 regnete es über 40 Stunden mit hoher Intensität. Dieser Niederschlag wurde deshalb als (bezüglich räumlicher und zeitlicher Niederschlagsverteilung) als Basis für lange Extremniederschlagsszenarien verwendet. Der bis am 20.8.2005 gefallene Vorregen von 30 mm und die räumliche Niederschlagsverteilung wurden dabei nicht verändert (Anhang 6.3). Die Intensitäten und die Dauer des Hauptniederschlags wurden auf die in Tab. 6.1 ausgewiesenen Werte erhöht resp. verändert.

6.4.4 Gewitterszenarien

Für die Festlegung der Gewitterszenarien können Punkt-Niederschlagsstatistiken verwendet werden. Im Raum Schächental existieren langjährige Messreihen der Stationen Altdorf und Unterschächen. Die Station Unterschächen registrierte aber nur die Niederschlagssummen eines ganzen Tages. Aus solchen Tageswerten hergeleitete Niederschlagsintensitäten für Messintervalle < 24 Stunden sind sehr unsicher. Zudem basiert die Statistik dieser Station auf einer Messreihe von lediglich 40 Jahren (Zeller et al., 1978). Die Regenintensitäten wurden daher aus dem Intensitätsdiagramm der Station Altdorf (Zeller et al., 1978) übernommen, wo eine lange Messreihe zeitlich hochaufgelöster Niederschlagsdaten zur Verfügung stand. Für den zeitlichen Verlauf des Niederschlags wurde eine Dreiecksverteilung angenommen mit der Niederschlagsspitze nach einem Drittel der Niederschlagsdauer. Tabelle 6.2 zeigt die für die Gewitterszenarien verwendeten Werte. Analog zu den auf dem Hochwasser 2005 basierenden Szenarien (Kap. 6.4.3) wurde ein Vorregen von 30 mm angenommen. Folgende massgebende Gewitterszenarien wurden mit dem NAM berechnet⁴:

- Gewitterszenario Vorder Schächen: Das Teileinzugsgebiet 1 wird voll überregnet.
- Gewitterszenario Hinter Schächen: Das Teileinzugsgebiet 2 wird voll überregnet.

Die übrigen (nicht voll berechneten) Teileinzugsgebiete werden zu 50% (d.h. mit halbierten Niederschlagsintensitäten) überregnet.

Tab. 6.2: Die für die Gewitterszenarien verwendeten Niederschlagswerte der Station Altdorf.

Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlagsdauer [h]	Wiederkehrperiode [Jahre]	Zeitliche Verteilung des Niederschlags	Niederschlagsmenge [mm]	Max. Niederschlagsintensität [mm/h]
1h300j dreieck	1	300	Dreieck	78	136.5
2h300j dreieck	2	300	Dreieck	90	84.4
4h300j dreieck	4	300	Dreieck	104	50.4

⁴ Auf die Auflistung weiterer Gewitterszenarien über dem Mittel- oder Unterlauf des Einzugsgebiets wurde verzichtet, da sie betreffend den Abflüssen im Schächen nicht massgebend sind.

6.5 Abflussberechnungen

In der Tabelle 6.3 sind die mit dem NAM an den verschiedenen Berechnungspunkten (BP) berechneten Extremhochwasser aufgelistet und in den Anhängen 6.7 - 6.10 dargestellt⁵. Selbst beim Vorder und Hinter Schächen in Unterschächen (BP 1 und BP 2) erzeugen die langandauernden Niederschlagsereignisse die grössten Abflussspitzen. Dieses Resultat steht im Einklang mit den Erkenntnissen aus den historischen Hochwassern (Kap. 4).

Tab. 6.3: Die Resultate der Berechnungen mit dem NAM QAREA an den verschiedenen Berechnungspunkten (Lage der Berechnungspunkte siehe Abb. 1.1).

Wiederkehrperiode [Jahre]	Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlagszenario	Abflussspitzen [m ³ /s] bei den Berechnungspunkten						
			BP 1	BP 2	BP 3a	BP 3b	BP 4	BP 5	BP 6
300	1h300j_dreieck	Gewitter Vorder Schächen	17.4	8.8	26.1	30.2	33.5	38.3	43.7
	2h300j_dreieck	Gewitter Vorder Schächen	21.1	9.5	30.5	34.8	38.3	43.6	49.3
	4h300j_dreieck	Gewitter Vorder Schächen	26.2	9.8	35.9	40.3	44.0	49.4	55.5
	1h300j_dreieck	Gewitter Hinter Schächen	8.0	19.1	27.1	31.1	34.5	39.3	44.7
	2h300j_dreieck	Gewitter Hinter Schächen	8.7	22.3	30.9	35.2	38.7	43.9	49.7
	4h300j_dreieck	Gewitter Hinter Schächen	9.1	25.9	34.8	39.3	43.0	48.4	54.5
	Sz2005_12h	2005, 12 Stunden erhöht	53.0	48.1	101.1	123.6	136.3	161.0	183.5
	Sz2005_1d	2005, 1 Tag erhöht	54.9	47.7	102.6	125.2	138.8	163.9	187.5
	Sz2005_2d	2005, 2 Tage erhöht	53.1	44.9	98.0	120.9	135.3	160.6	185.3
	Sz2005_3d	2005, 1 Tag verlängert	43.4	36.4	79.7	98.5	110.5	130.9	151.4

⁵ Der absteigende Ast der berechneten Extremhochwasser wurde bei den für die Planung des Geschieberückhalts massgebenden Szenarien (Anhang 6.9 und 6.10) nachträglich erhöht, weil dies vom Modell etwas unterschätzt wird (vgl. Kap. 6.3).

7 Hochwasserabflüsse definierter Jährlichkeit

7.1 Einleitung

In den bisherigen Kapitel wurden die historischen Hochwasser im Gebiet Schächental aufgearbeitet und die Entstehungsweise grosser Hochwasser analysiert, die Abflussmessungen teilweise korrigiert, die Abflussbereitschaft der EZG-Teilflächen bei Starkregen untersucht, ein Niederschlag-Abflussmodell aufgebaut und anhand hergeleiteter Szenarien Abflussberechnungen durchgeführt. Im Sinne einer Synthese werden nun sämtliche Erkenntnisse zu einer Gesamtsicht zusammengeführt. Zu diesem Zweck werden in einem Frequenzdiagramm die Resultate zueinander in Beziehung gesetzt. Dieses Gesamtbild zeigt den Unsicherheitsbereich der einzelnen Untersuchungen, aber auch der gesamten Hochwasserabschätzung auf. Bei der Festlegung der massgebenden Abflüsse verspricht dieses Vorgehen eine grössere Verlässlichkeit. Die Abschätzung der massgebenden Abflüsse am Berechnungspunkt 6 in Bürglen Galgenwäldli ist zentral, da hier die meisten Informationen vorliegen.

7.2 Schächen beim Pegel Bürglen Galgenwäldli (BP 6)

Die Auswertung der 81jährigen **Pegelmessreihe** in Bürglen (blaue Rechtecke in Abb. 7.1) hat bei der Abschätzung der Hochwasserabflüsse ein grosses Gewicht. Zwischen 1930 und 1985 wurde oberhalb von Bürglen (oberhalb Brugg) bei einem kleineren Einzugsgebiet als beim Pegel Galgenwäldli (93.8 km^2 statt 108.5 km^2) gemessen. Das grösste Hochwasser dieser Periode (1977) konnte beim Galgenwäldli rekonstruiert und in der Messreihe berücksichtigt werden (Abflussspitze 1977: $100 - 110 \text{ m}^3/\text{s}$, Kap. 4.3.5). Von den grossen Jahreshochwassern 1935 und 1939 liegen keine Informationen zum Abfluss im Bereich Bürglen Galgenwäldli vor. Sie wurden daher nicht angepasst.

Wesentlich für die Betrachtung sind die grossen Hochwasser (1935, 1939, 1977, 1987, 2002 und 2005), die mehrheitlich in den letzten 30 Jahren auftraten. Diese Periode mit grossen Hochwassern (welche möglicherweise im Zusammenhang mit einer Klimaänderung steht) ist die Basis für die Extrapolation. Betrachtet man lediglich die Messreihe seit 1986 (rote Rechtecke), fällt die Verzerrung durch die unterschiedliche Einzugsgebietsgrösse weg. Der Extrapolationsbereich beider Messreihen liegt interessanterweise etwa gleich.

Die Erkundung der **historischen Hochwasser** mit einem überblickbaren Zeitfenster von mehreren hundert Jahren ermöglicht eine Eingrenzung der Eintretenswahrscheinlichkeit der beiden grössten beobachteten Hochwasser der letzten 100 - 150 Jahre (14./15.6.1910: $110 - 150 \text{ m}^3/\text{s}$; 22./23.8.2005: $120 - 130 \text{ m}^3/\text{s}$). Beiden Hochwassern wird eine Wiederkehrperiode von 50 - 150 Jahren zugeordnet.

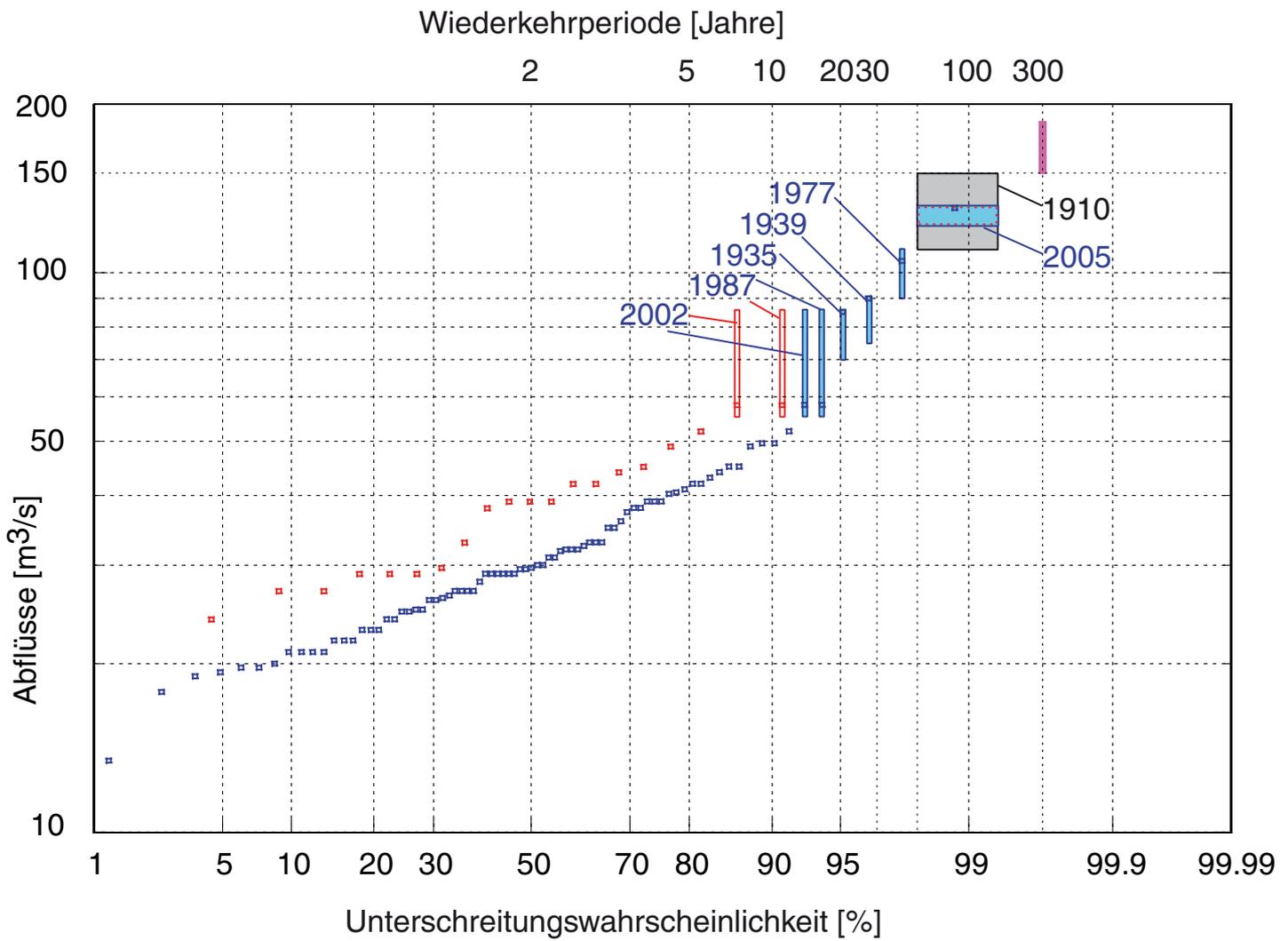


Abb. 7.1: Frequenzdiagramm des Schächens beim Pegel Galgenwäldli (108.5 km²) aus den Jahreshochwasser von 1926 - 2006 (blau) und von 1986 - 2006 (rot). Zwischen 1930 und 1985 befand sich der Pegel in Bürglen (94 km²). Zusätzlich eingetragen sind das abgeschätzte Hochwasser von 1910 und die Resultate der Modellrechnungen (violett).

Die Extrapolation mit den **Modellrechnungen** (violette Balken) fügt sich gut in die Extrapolation aus den Messreihen ein. Das HQ_{100} liegt bei 120 – 150 m³/s, das HQ_{300} bei 150 – 190 m³/s. Die für die Planung des Geschieberückhalts massgebenden HQ_{300} -Szenarien sind im Anhang 6.9 und 6.10 dargestellt.

Das Zusammenführen der Abflussmessungen, der historischen Hochwasser und der Modellrechnungen ergibt ein robustes Frequenzdiagramm. Die Unsicherheiten der Messungen konnten aufgrund der physikalischen Modellversuche (VAW, 2007 in Vorbereitung) und hydraulischer Überlegungen eingegrenzt werden. Die Abflussmessungen aber auch die Untersuchungen im Gelände zeigten, dass die Abflussreaktion des Schächens aufgrund grosser Gebiete mit hohem Schluckvermögen verzögert ist. Auch wenn grössere Niederschläge als im August 2005 das Einzugsgebiet des Schächens treffen, ist aufgrund des heutigen Kenntnisstandes keine überproportionale Abflussreaktion zu erwarten. Hinweise zu noch selteneren Extremhochwassern, die für die Planung der Geschieberückhaltmassnahmen von Belang sind, sind im Anhang 7.1 zusammengestellt.

7.3 Kraftwerk Unterschächen (BP 3a)

Die Aussagekraft der am Pegel Unterschächen erhobenen Daten ist beschränkt. Da die grossen Abflussspitzen nicht gemessen wurden (vgl. Kap. 3.6) sind lediglich Aussagen über die Häufigkeit kleiner Hochwasser möglich (blaue Rechtecke in Abb. 7.2). Die Rekonstruktion des Hochwassers 2005 (graues Rechteck) mit einer vermuteten Eintretenswahrscheinlichkeit von 50 – 150 Jahren und die Resultate der Modellrechnungen (violette Balken) ermöglichen dennoch eine Extrapolation auf seltene Hochwasser. Die roten Linien markieren den Bereich für die vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit.

7.4 Vorder Schächen in Unterschächen (BP 1)

Dank der umfangreichen Erkundung vergangener Hochwasser (Kap. 4.4.2, graue Rechtecke in Abb. 7.3) kann die Eintretenswahrscheinlichkeit grosser Hochwasser beim Vorder Schächen gut eingeschätzt werden. Die Resultate der Modellrechnungen (violette Balken) ermöglichen eine Extrapolation auf seltene Hochwasser. Die roten Linien markieren wiederum den Bereich für die vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit.

7.5 Hinter Schächen (Brunni Schächen) in Unterschächen (BP 2)

Über das Verhalten des Hinter Schächens bei Starkregen ist wenig bekannt. Es konnte lediglich das Hochwasser 2005 rekonstruiert und eingeordnet werden (graues Rechteck in Abb. 7.4). Die Resultate der Modellrechnungen (violette Balken) ermöglichen wiederum eine Extrapolation auf seltene Hochwasser.

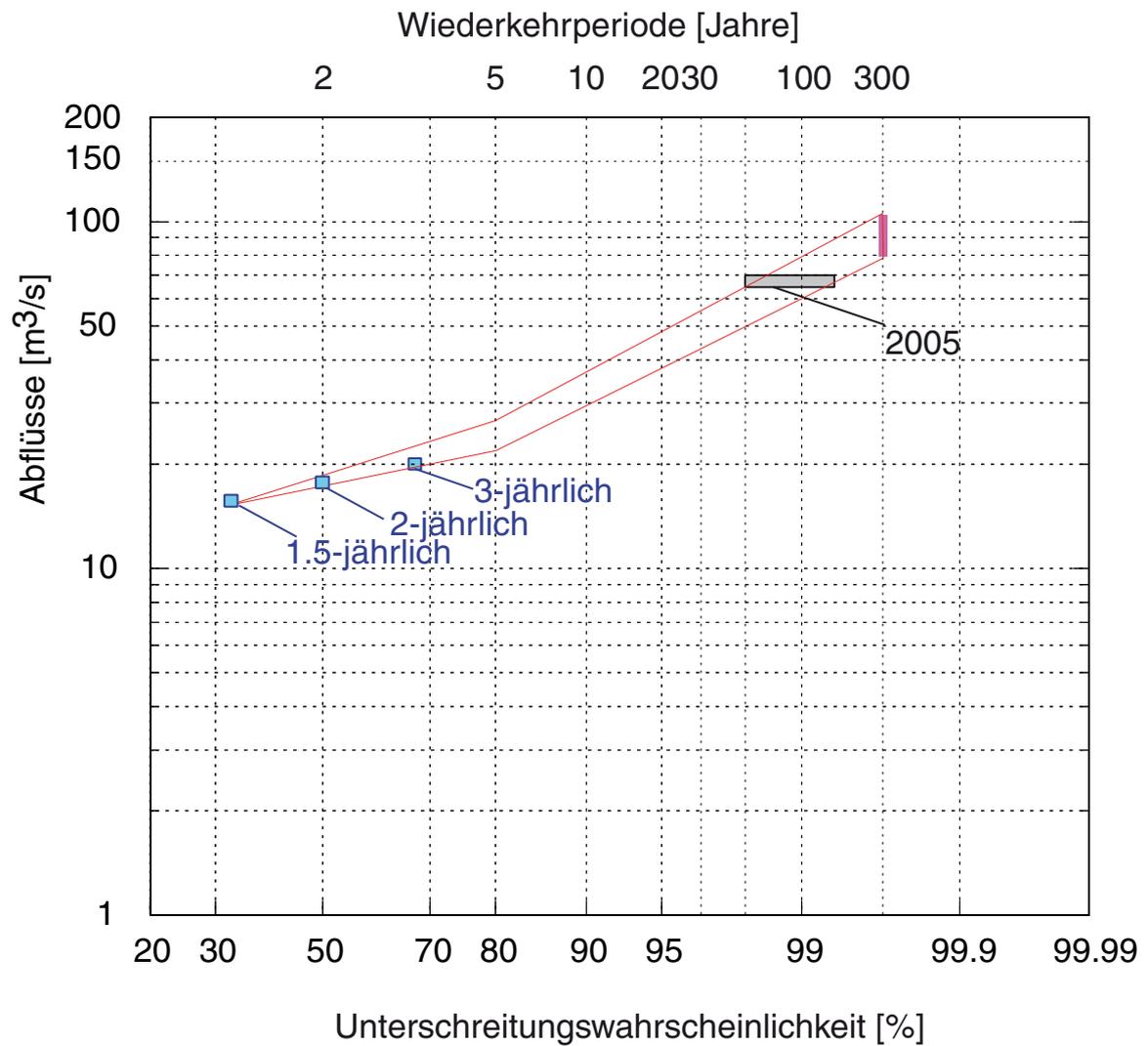


Abb. 7.2: Frequenzdiagramm des Schächens beim Kraftwerk Unterschächen (BP 3a; 57.8 km²). Eingezeichnet ist die rekonstruierte Abflussspitze vom 23.8.2005 (graues Rechteck) und die aus der lückenhaften Messreihe des Pegels gewonnenen Erkenntnisse (blaue Rechtecke) sowie die Resultate der Berechnungen mit Modellregen (violett). Die roten Linien markieren den Unsicherheitsbereich für die vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit.

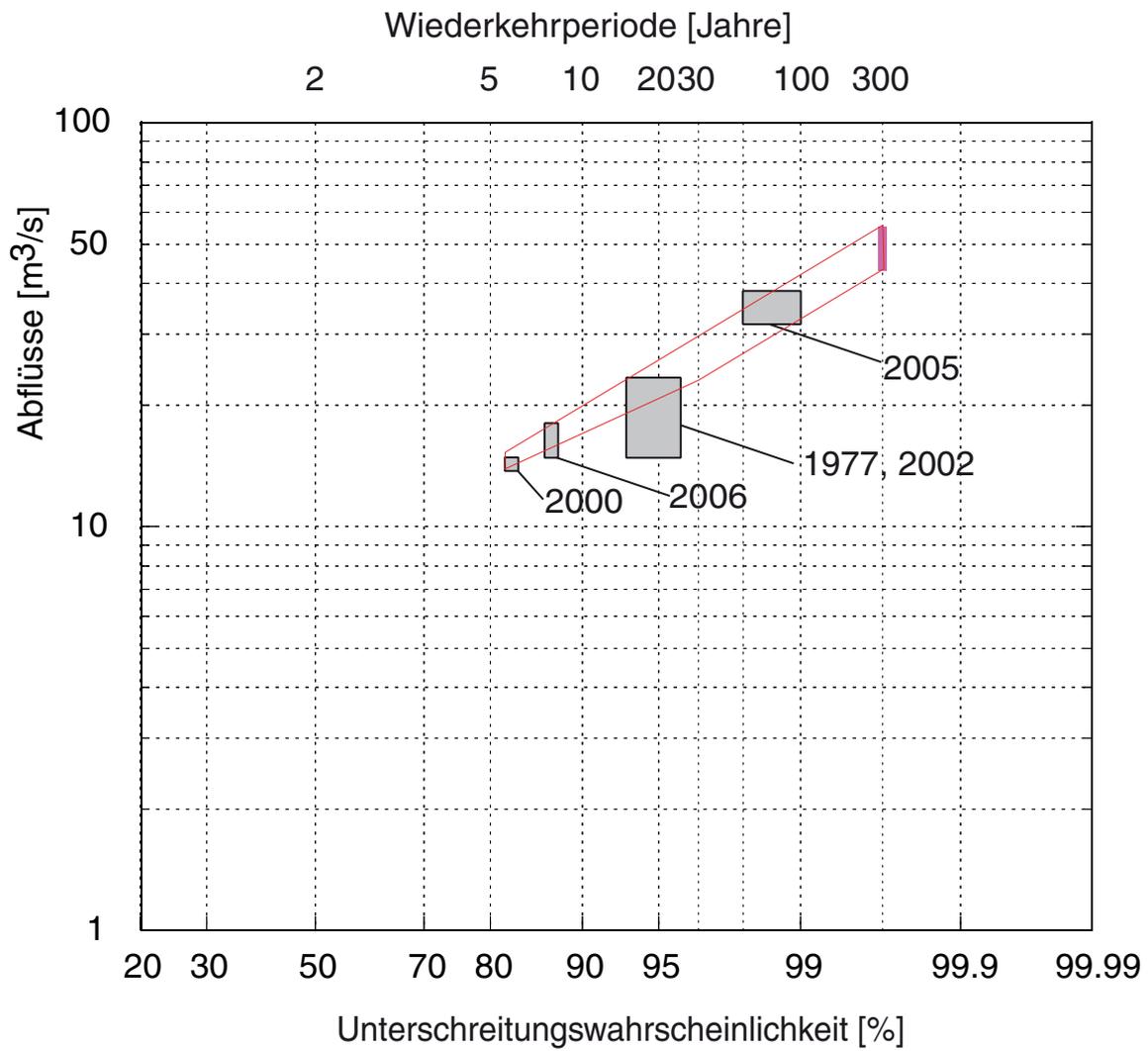


Abb. 7.3: Frequenzdiagramm des Vorder Schächens in Unterschächen (BP 1; 31.1 km²). Eingetragen sind die historischen Hochwasser (graue Rechtecke) und die Resultate der Modellrechnungen (violett). Die roten Linien markieren den Unsicherheitsbereich für die vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit.

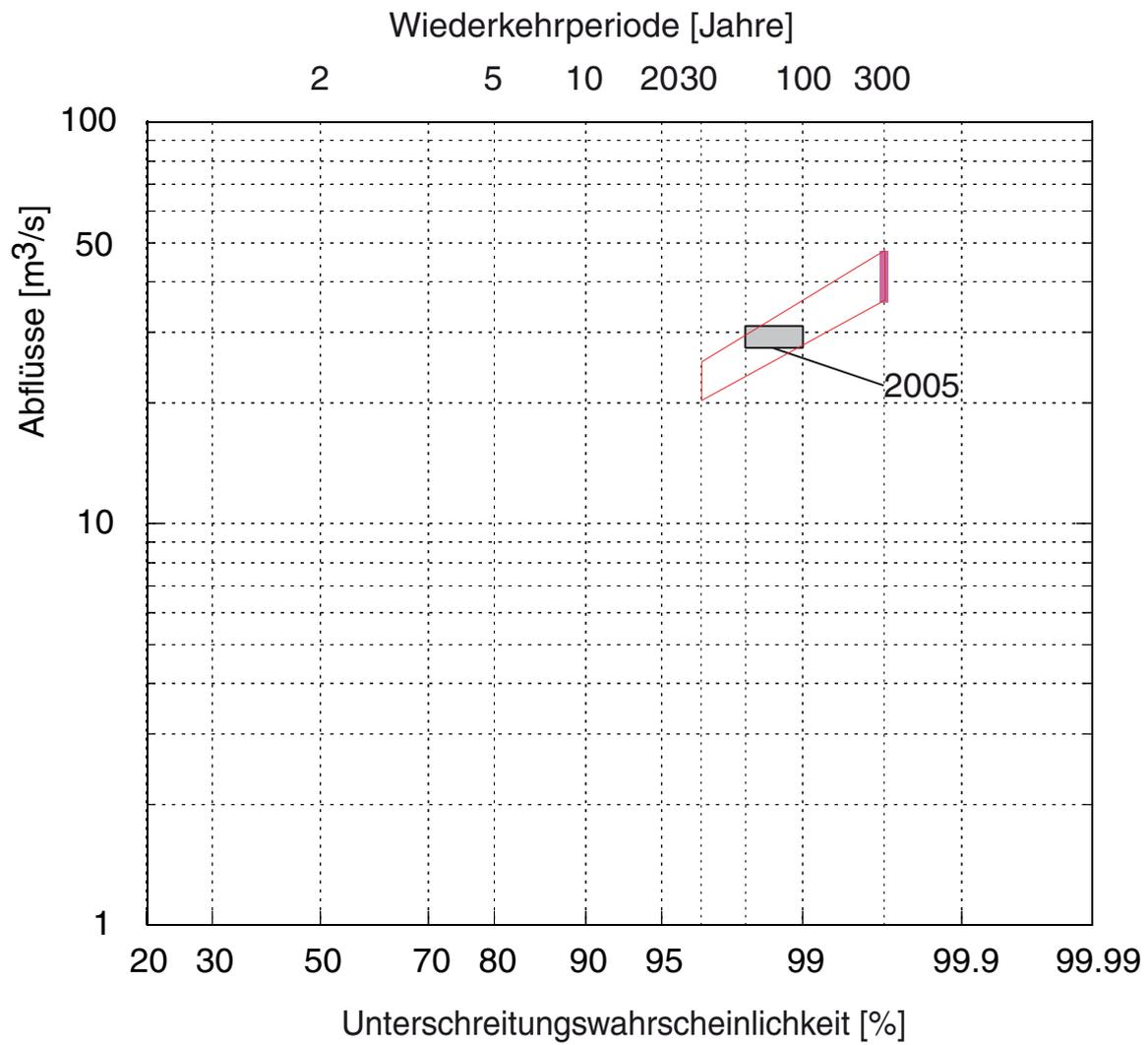


Abb. 7.4: Frequenzdiagramm des Hinter Schächens in Unterschächen (BP 2; 26.7 km^2). Eingezeichnet ist das Hochwasser 2005 (graues Rechteck) und die Resultate der Modellrechnungen (violett). Die roten Linien markieren den Unsicherheitsbereich für die vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit.

7.6 Übersicht über die massgebenden Hochwasserabflüsse am Schächen

Anhand der Frequenzdiagramme wurden für vier Standorte am Schächen die Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit abgeschätzt (Kap. 7.2 - 7.5). Mit den Modellrechnungen konnten die Hochwasserabflüsse auf die anderen Berechnungspunkte übertragen werden. Die umfangreichen Recherchen zu den Pegelmessungen und den historischen Hochwassern und das Verständnis der Abflussreaktion des Schächens ermöglichten neben der Festlegung der 30- und 100-jährlichen Hochwasserabflüsse auch eine Extrapolation auf 300jährige Hochwasserabflüsse (Tab. 7.1).

Tab. 7.1: Die am Schächen ermittelten Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit für die verschiedenen Berechnungspunkte.

BP	zugeordneter Gerinneabschnitt	HQ ₃₀ [m ³ /s]	HQ ₁₀₀ [m ³ /s]	HQ ₃₀₀ [m ³ /s]
1	Vorder Schächen in Unterschächen (31.1 km ²)	23 – 30	34 – 43	43 – 56
2	Hinter (Brunni-) Schächen in Unterschächen (26.7 km ²)	20 – 25	29 – 37	37 – 48
3a	Schächen, Kraftwerk Unterschächen (57.8 km ²)	42 – 55	63 – 79	79 – 104
3b	Schächen in Spiringen, oberhalb Einmündung Sulzbach (72.2 km ²)	56 – 69	78 – 98	98 – 127
4	Schächen in Witerschwenden, unterhalb Einm. Locherbächli (80.9 km ²)	62 – 77	88 – 109	109 – 141
5	Schächen, alter Pegel Bürglen oberhalb Brügg (93.8 km ²)	74 – 91	104 – 130	130 – 166
6	Schächen Pegel Bürglen Galgenwäldli (108.5 km ²)	85 – 105	120 – 150	150 – 190

7.7 Gangbach und Stille Reuss

Für den Hochwasserschutz Urner Talboden sind auch Kenntnisse über die Hochwasser des Gangbaches resp. der Stillen Reuss notwendig. Am Gangbach existiert bereits eine detaillierte Studie zur Hochwasserabschätzung (Scherrer AG, 2003). Das damals erstellte Frequenzdiagramm wurde aktualisiert (Abb. 7.5). Das vom Grenzwertpegel registrierte Hochwasser 2005 (8 – 12 m³/s) war in der knapp 20-jährigen Messreihe nach den Hochwassern vom Mai und November 2002 lediglich das Drittgrösste.

Der Gangbach umfasst beim Grenzwertpegel mit 11.4 km² nur etwa die Hälfte des Gesamteinzugsgebiets der Stillen Reuss. Die Hydrologie des übrigen Einzugsgebiets ist komplex. Die Stille Reuss entwässert einen Steilhang, wird von verschiedenen Karstquellen gespeist und entwässert einen flachen Talboden. Aufgrund der Untersuchungen der Abflussbereitschaft dürfte das Gebiet unterhalb des Grenzwertpegels eher verhaltener auf Starkregen reagieren als das Gebiet oberhalb davon. Basierend auf den am Gangbach ermittelten Werten wurden die Hochwasserabflüssen der Stillen Reuss unter Berücksichtigung der Einzugsgebietsgrösse (Fläche^{2/3}) abgeschätzt (Tab. 7.1):

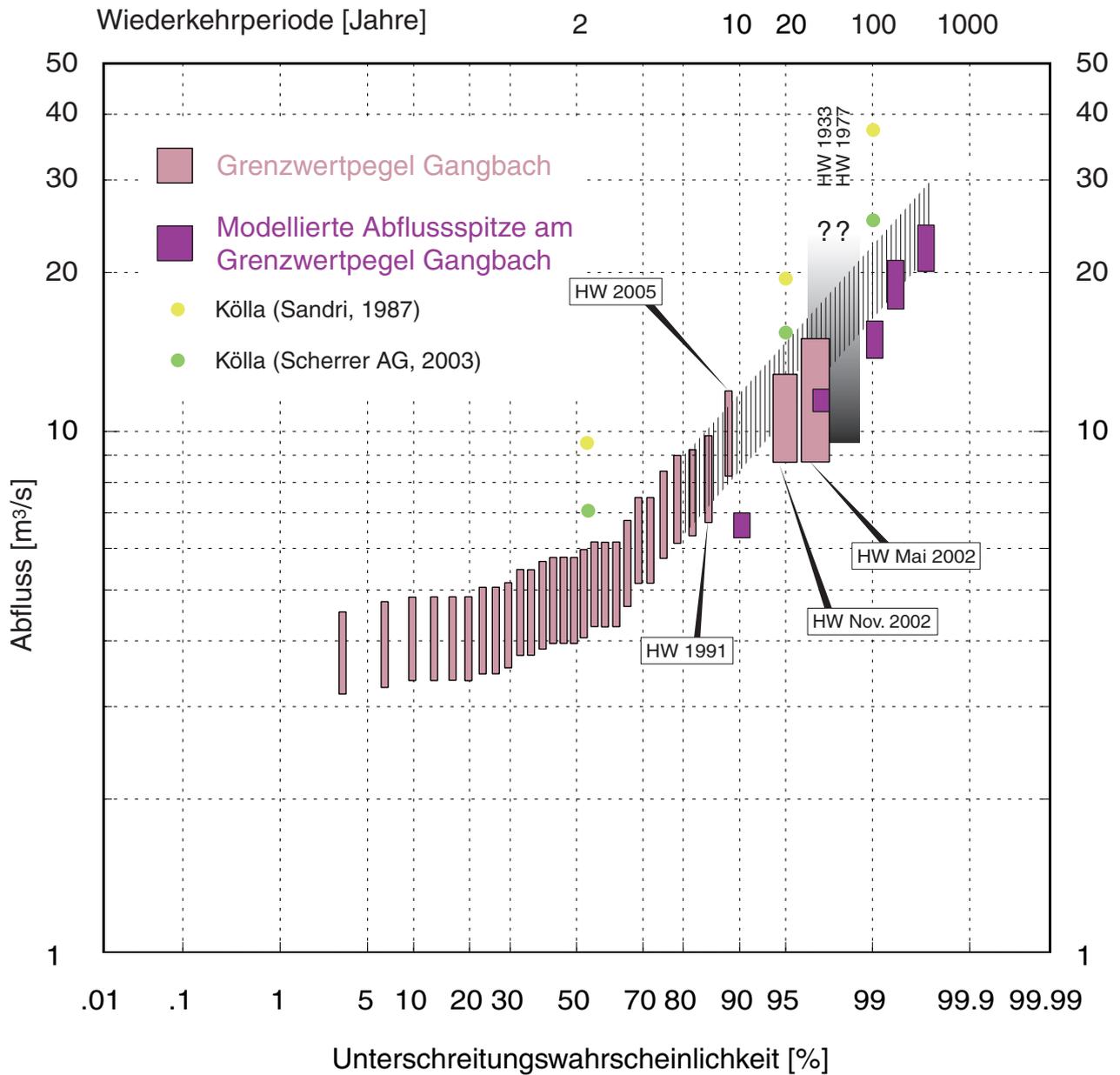


Abb. 7.5: Frequenzdiagramm für den Gangbach beim Grenzwertpegel (Gesamteinzugsgebiet 11.38 km^2). Eingetragen sind die aufgrund des Grenzwertpegels berechneten Abflussspitzen, die beobachteten historischen Hochwasser und die Resultate der Modellrechnungen. Das Raster markiert den empfohlenen Bereich für die Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit (aktualisiert aus Scherrer AG, 2003).

Tab. 7.1: Hochwasserabflüsse am Gangbach und der Stillen Reuss.

	Grenzwertpegel Gangbach	Stille Reuss, Durchlass Schächen
EZG [km²]	11.4	20.7
HQ₁₀₀ min [m³/s]	17	25
HQ₁₀₀ max [m³/s]	23	34
HQ₃₀₀ min [m³/s]	22	33
HQ₃₀₀ max [m³/s]	30	45

8 Zusammenspiel Reuss – Schächen – Stille Reuss

Das Zusammentreffen grosser Hochwasser an der Reuss und am Schächen wurde im Kap. 4.5 betrachtet. Die Eintretenswahrscheinlichkeit eines „mittleren“ Reusshochwassers während eines „sehr grossen“ Schächenhochwasser liegt bei über 100 Jahren. Gleichzeitig „grosse bis sehr grosse“ Hochwasser an der Reuss als auch am Schächen sind extrem selten.

Mit der Gleichzeitigkeit grosser Hochwasser an Reuss und Stiller Reuss verhält es sich wahrscheinlich ähnlich. Bei den neben einander liegenden Einzugsgebieten der Stillen Reuss und des Schächens ist das Zusammentreffen grosser Hochwasser hingegen bedeutend wahrscheinlicher.

Scherrer AG

Hydrologie und Hochwasserschutz

Dr. S. Scherrer

Reinach, November 2007

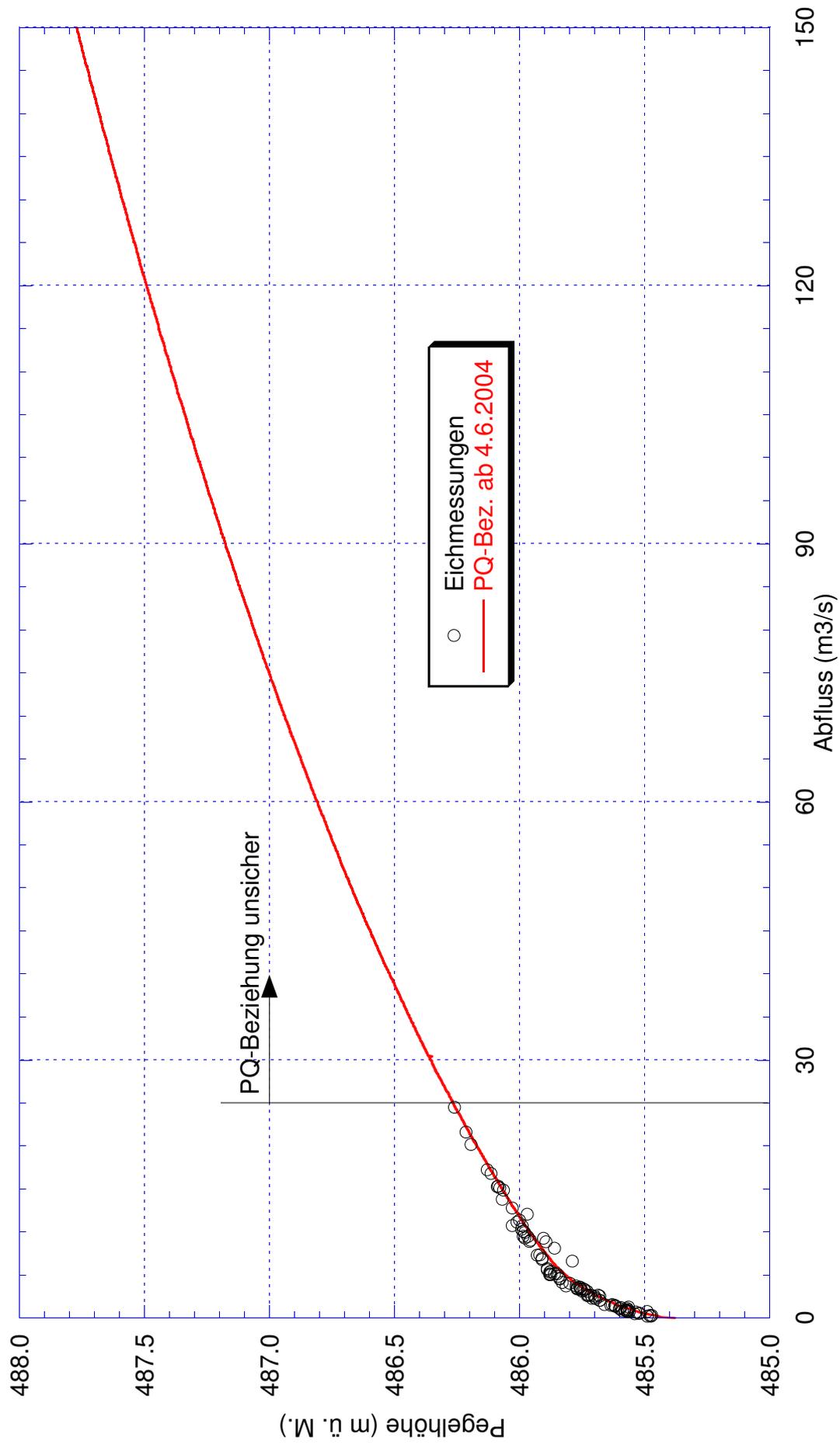
Sachbearbeiter:

Dr. Simon Scherrer, Dipl. Geograph Uni Basel

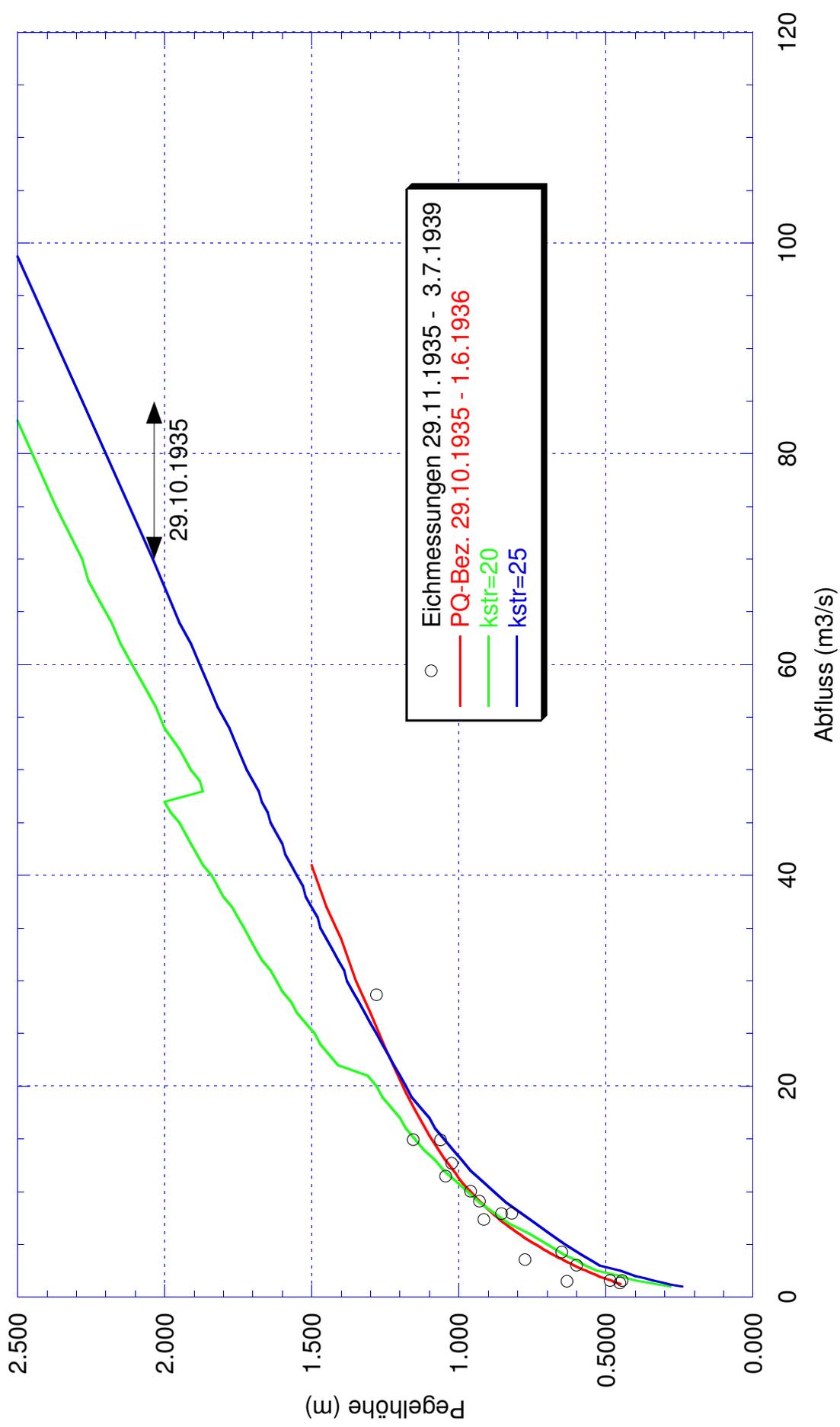
Roger Frauchiger, Dipl. Kult. Ing. ETH Zürich

Fachlich-Konzeptionelle Beratung: Dr. Felix Naef, Dipl. Bau. Ing. ETH Zürich

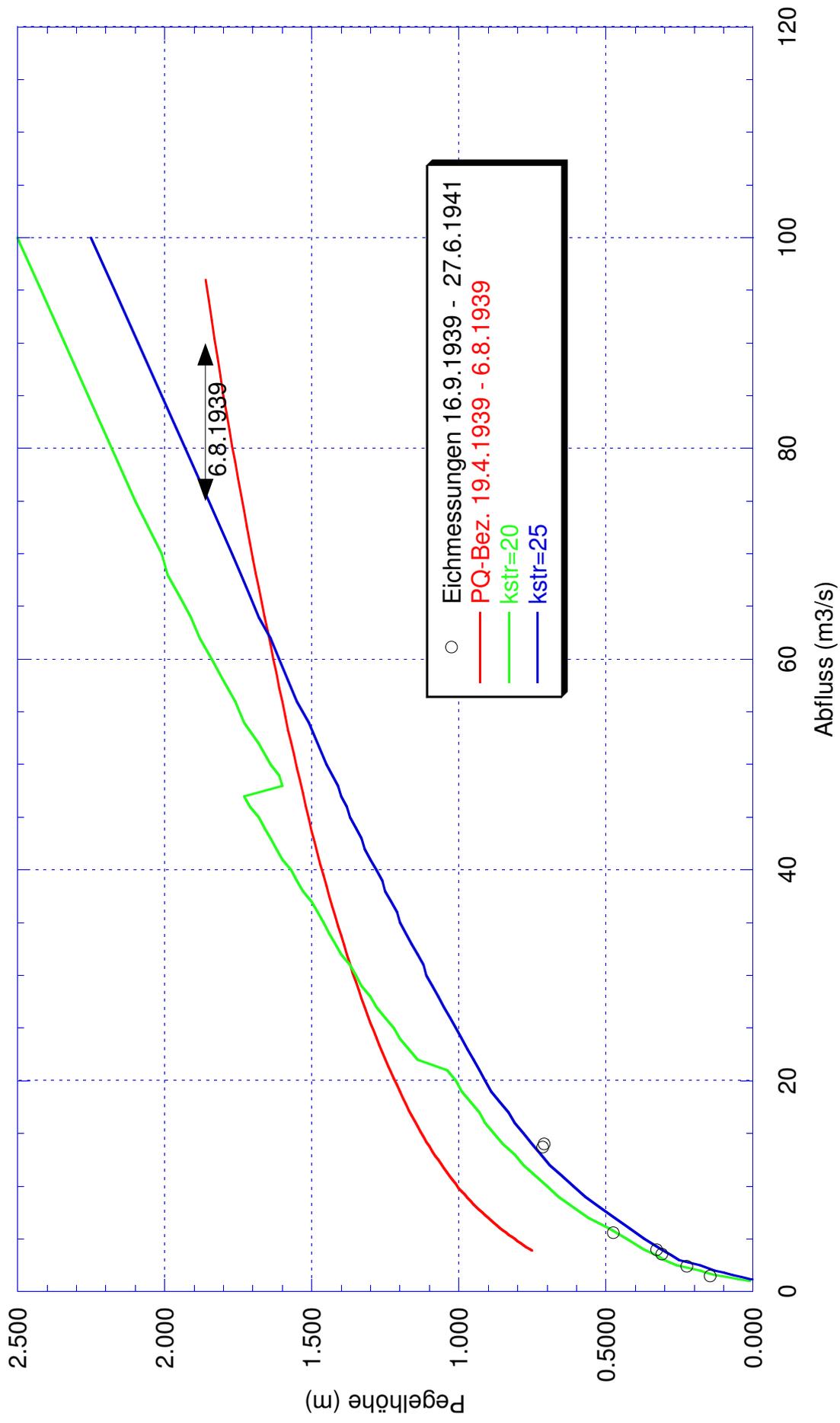
9 Anhang



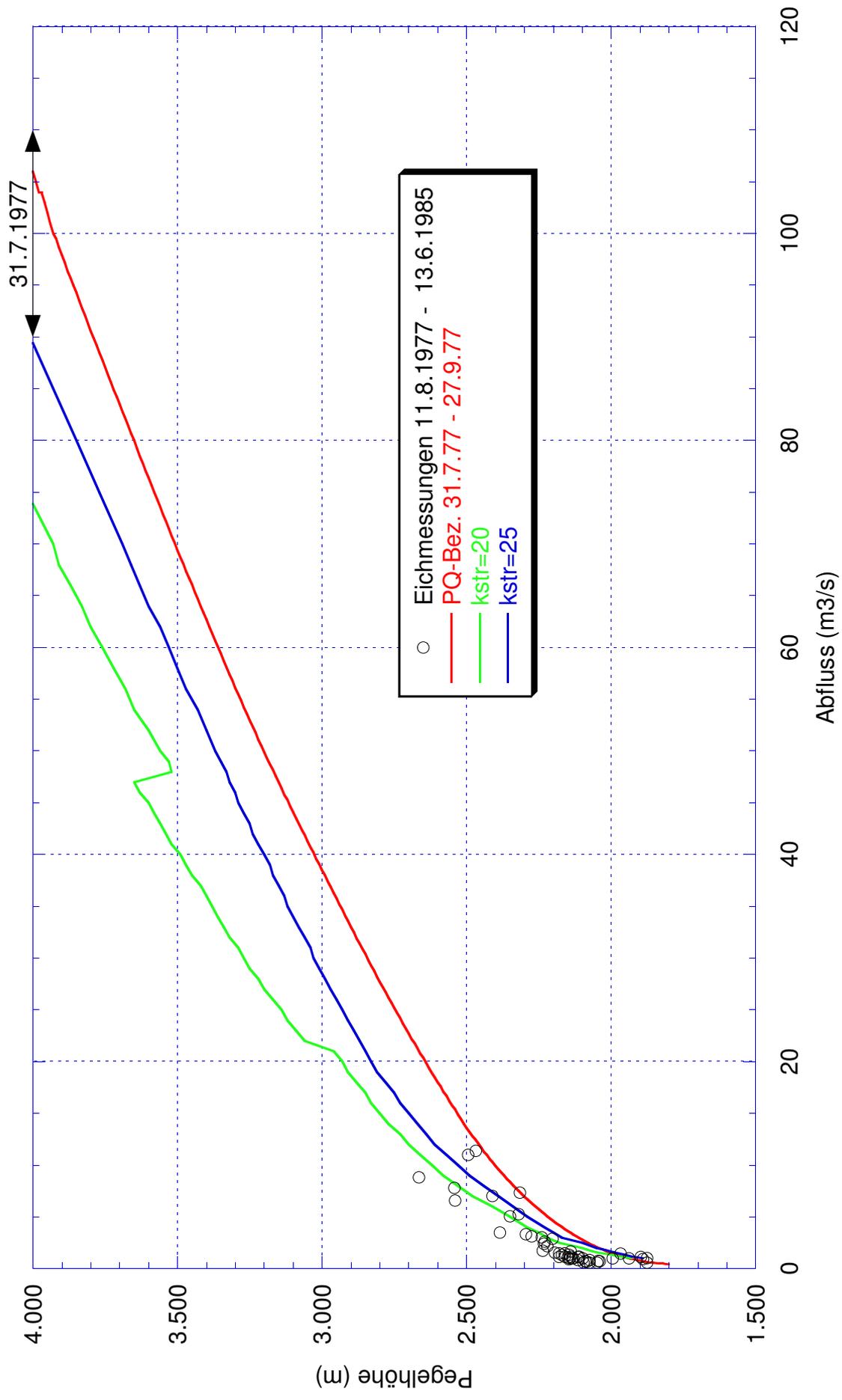
Anhang 3.1: Die gültige Pegel-Abfluss-(PQ-)Beziehung des BAFU am Pneumatik-Pegel Bürülen, Galgenwäldli und die Eichmessungen. Die Eichmessungen reichen bis 24 m³/s, oberhalb davon ist die PQ-Beziehung unsicher.



Anhang 3.2: Die Eichmessungen, die mit unterschiedlichen Rauheitswerten mit HEC-RAS gerechnet und die gültige Pegel-Abfluss-(PQ-)Beziehung beim Pegel Bürglen oberhalb Brugg (1930 - 1984). Die Abflussspitze des Hochwassers vom 29.10.1935 wurde auf 70 - 85 m³/s geschätzt.



Anhang 3.3: Die Eichmessungen, die mit unterschiedlichen Rauheitswerten mit HEC-RAS gerechnet und die gültige Pegel-Abfluss-(PQ-)Beziehung beim Pegel Bürglen oberhalb Brugg (1930 - 1984). Die Abflussspitze des Hochwassers vom 6.8.1939 wurde auf 75- 90 m³/s geschätzt.



Anhang 3.4: Die Eichmessungen, die mit unterschiedlichen Rauheitswerten mit HEC-RAS gerechnet und die gültige Pegel-Abfluss-(PQ-)Beziehung beim Pegel Bürglen oberhalb Brügg (1930 - 1984). Die Abflussspitze des Hochwassers vom 31.7.1977 wurde auf 90 - 110 m³/s geschätzt.

Datum	Schächten	Reuss	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1275	-	m	Schneeschnmelze und Dauerregen	Nach grossem Schnee und Kälte im Februar brachten die Hochwasser die Reuss, Aare, Emme, Limmat, den Rhein und andere Flüsse in unerhörtem Masse zum Überfließen und taten grossen Schaden.	Schaller-Donauer (1937)
1277	m-g	-	Gewitter	Hochgewitter im Urnerland, deren zufolge der Schächten ausbrach. (...)	Schaller-Donauer (1937)
1343, Juni	sg	m	Schneeschnmelze und Dauerregen	Im Mai und Juni entstanden wegen starkem Regenwetter und Schneeschnmelze starke Überschwemmungen. Der Schächten brach Mitte Juni aus und richtete grossen Schaden in Bürglen, Altdorf und in einem Teile von Schattdorf an. Auch die Reuss schwoill hoch an und der See stieg dermassen, dass am 29. Juni das Wasser in der Barfüsserkirche in Luzern bis an den Hochaltar ging, was vorher noch nie geschehen war, und wurde so hoch, dass es daselbst ein geladenes Schiff getragen hätte.	Schaller-Donauer (1937)
1354	m-g	-	?	Ausbruch des Schächten	Schaller-Donauer (1937)
1460	m-g	-	?	1460 brach der Schächten aus, so dass man von der steinernen Brücke hinter Loretto das Wasser mit der Hand schöpfen konnte.	Schaller-Donauer (1937)
1511, Sommer	-	m	Dauerregen	Im Sommer regnete es 5 Wochen lang und die Gewässer taten grossen Schaden. Die Reuss, Limmat, Aare und Rhein erreichten eine gewaltige Höhe.	Schaller-Donauer (1937)
1515, August	g	-	Dauerregen	Die Wasser des Schächten überfluteten mit solcher Gewalt das Gelände von Altdorf, dass dessen Bewohner in höchster Not eine Prozession mit allen Reliquien veranstalteten und auf St. Johanni eine jährliche Almosenspende gelobten.	Schaller-Donauer (1937)
1526	-	m	?	Ausbruch der Reuss in Ursern und Uri.	Schaller-Donauer (1937)
1528	-	k-m	?	Überschwemmungen der Reuss in Ursern. Die Brücken zu St. Peter und in Zumdorf wurden weggerissen.	Schaller-Donauer (1937)
1530, Juni/Juli	-	m-g	Schneeschnmelze und Dauerregen	Die Reuss brach aus in Uri und Ursern. In der Schöllenen und zu Schmidigen in Hospental wurden Brücken weggerissen.	Schaller-Donauer (1937)
1552, 20.1.	-	m	?	Grosse Überschwemmung durch die Reuss.	Schaller-Donauer (1937)
1556, September	m-g	-	Gewitter	Im September Stürme und Wolkenbrüche, die einen Ausbruch des Schächten zur Folge hatten.	Schaller-Donauer (1937)
1566	-	k-m	Schneeschnmelze und Dauerregen	Bei der Schneeschnmelze wurden die Flüsse und Seen ungewöhnlich gross und traten überall Überschwemmungen ein. In Luzern fuhr man mit Schiffen bis zur Barfüsserkirche. Von der Hof- und Kappelbrücke aus konnte man das Wasser mit den Händen erreichen. (...) Die Überschwemmung dauerte 30 Tage und hinterliess Fieber und Krankheiten, besonders in den Bodengemeinden von Uri. Von den Überschwemmungen blieb hier auch fast kein Tal verschont.	Schaller-Donauer (1937)

Datum	Schächten	Reuss	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1570, September	-	g	Dauerregen	Am 11., 12., 13. und 25. April fiel ein tiefer Schnee, und vom Mai bis Oktober war fast ständig Regenwetter. Das führte zu Teuerung und im September zu einer grossen Wassernot. In Uri wurden fast alle Brücken weggerissen und der Pass über den Gotthard wurde dermassen beschädigt, dass die Anwohner ihn mit grossen Unkosten fast ganz neu wieder erstellen mussten.	Schaller-Donauer (1937)
1575, Mai	-	g-sg	Schneeschmelze und Dauerregen	Im Mai bei der Schneeschmelze gab es eine grosse Wassernot in Uri. Häuser, Leute, Vieh, Güter und Brücken wurden weggerissen.	Schaller-Donauer (1937)
1591, Mai	k	-	Gewitter	Hochwasser Schächten	Schaller-Donauer (1937)
1600, 24.6.	g	-	?	Der Schächenbach überflutete in diesem Jahre mit solcher Gewalt das Gelände von Altdorf, dass seine Bewohner in höchster Not eine Prozession mit allen Reliquien der Pfarrkirche von Altdorf veranstalteten und auf Sonntag vor St. Johannistag eine jährliche Almosenspende gelobten.	Schaller-Donauer (1937)
1609, Juni	-	m	Schneeschmelze und Dauerregen	Im Juni kam wieder Regen und Schnee in den Bergen. Die Reuss stieg an und von überall her kamen Klagen und Jammer über Wasserschaden und Teuerung.	Schaller-Donauer (1937)
1618, 25.8.	m-g	-	Dauerregen	Der Schächten brach aus und verursachte starke Verheerungen.	Schaller-Donauer (1937)
1630, Mai	m-g	-	Schneeschmelze und Dauerregen	In diesem Jahre fiel ein grosser Schnee am 19. Mai, der an den Bäumen und Saaten grossen Schaden anrichtete. Ein Ausbruch des Schächens nötigte Bürglen und Schattdorf zur Anlegung eines neuen Steuerrodels für die Wehrarbeiten.	Schaller-Donauer (1937)
1640, 21.9.	-	m-g	Dauerregen	Am 21. September begann in Ursern eine grosse Wassernot. Viele Einwohner flohen mit Weib und Kind, trotz dem furchtbaren Regen, in die Berge. Man musste eine Wache stellen bei der St. Johannkapelle, damit niemand über die Brücke mehr ging, bis dann der Pfarrer mit dem hl. Sakrament die Fluten besegnete. Im Tale selbst wurden drei steinerne Brücken gebrochen und die Strasse bei St. Anna und am Gotthard bei den Köpfen und auf dem Sand unterbrochen. Viele Matten zu Realp, Schmidigen, Steinbergen, zu Risen, Bätz, im Mattenfeld und im Kilchenfeld wurden mit Geschiebe überlegt. (...) Die stiebende oder Twärenbrücke und die Tanzenbeinbrücke in der Schöllenen wurden derart beschädigt, dass man vier Wochen lang mit dem Vieh und den Saumpferden von Andermatt aus über den Berg und das Riental hinunter gehen musste, bis der Schaden wieder behoben war. In Erstfeld wurde ein Bittgang nach der Jagdmatt eingelobt wegen der Wasserfluten, die drei Tage und Nächte das Dorf bedrohten.	Schaller-Donauer (1937)
1647, 18.10.	-	m	Dauerregen	Mitte Oktober trat wiederum starker Regen in einem Teile der Eidgenossenschaft ein, welcher u. a. in Uri am 18. Oktober eine verheerende Überschwemmung des Urserntales und bei Altdorf verursachte.	Schaller-Donauer (1937)
1673, Sommer	m-g	-	Dauerregen	Um den St. Peter- und Paulstag war wegen langem Regenwetter grosse Wassergefahr und sind neben vielen Lawinenstürzen mit Schaden auch die Bürgler und Schattdorfer Schächtenbrücken weggerissen worden.	Schaller-Donauer (1937)

Datum	Schächen	Reuss	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1700	-	m	?	Wegen grossem Wasserschaden musste der grosse Bogen der Häderlibrücke in der Schöllenen durch die Mauerer von Ursern neu erstellt werden und wurden zum letzten Male in Andermatt ob der alten Kirche 13 Rottannen gefällt zur Reparatur der Twärenbrücke (stiebenden Brücke).	Schaller-Donauer (1937)
1705	-	m	Schneeschnmelze ?	Es entstand im August eine grosse Hitze und Tröckne, die einen starken Gletscherrückgang zur Folge hatte. Um den Gotthard herum schwoilen dadurch die Bergwasser so an, dass die Reuss und der Tessin viele Brücken und Wegstücke wegrissen und dadurch grossen Schaden anrichteten. In der Schöllenen zwischen der Teufelsbrücke und Göschenen fiel wegen dem Hochwasser ein Stück des Gotthardpasses in der Länge von 20 Klaffer ein, (...) Diesem Föhnsturm folgte zu Anfang des Wintermonats wieder ein grosser Wasserschaden, der in Uri ganze Güter übersarte und andere mit Grund und Boden wegführte.	Schaller-Donauer (1937)
1707, 13.8.	-	g-sg	Gewitter	1707entstand am 13. August ein furchtbares Unwetter im Urner Oberland, so dass man vermeinte, der jüngste Tag sei gekommen. Es regnete dermassen, dass in kurzer zeit die Was-ser anschwoilen. Um 1 Uhr nachmittags fing es an und um 5 Uhr erreichte die Hochflut schon die Brücke in Hospental. Eine Mühle samt Haus und all ihrer Fahrhabe, Eigentum des Meisters Johannes Schmid, wurde weggerissen. Viele Strassen und Brücken verschwand-en in den wilden Fluten und viele Matten und Felder wurden gänzlich mit Geschiebe über-deckt.Der Unteralpbach drohte bei Andermatt auszuberehen und das Dorf zu verheeren. Das Wasser der Reuss wälzte sich durch die Schöllenen, wo die Twärenbergbrücke wieder weggerissen wurde. Die Hochflut vernichtete das Tal hinunter viele Häuser, Mühlen, Schmieden, Brücken und Strassenteile und verursachte von Erstfeld an eine furchtbare Ü-berschwemmung des Talbodens. Der Schaden wurde auf über 50'000 Gulden geschätzt. Dieses Unwetter war die Hauptursache des Durchbruches des Urnerloches.	Schaller-Donauer (1937)
1720, Juni	g	g	Schneeschnmelze und Dauerregen	Als dann im Juni der Schnee schmolz, gab es starke Überschwemmungen durch die Reuss und den Schächen und der Talboden wurde derart überflutet, dass man in Flüelen beim Plattiried sich einschiffen musste. Die Reuss tat auch grossen Schaden in Seedorf, von wo man wegen dem hohen Wasserstande weder nach Altdorf, noch nach Flüelen mehr gehen konnte. Aber nicht nur die Reuss, sondern auch die andern Flüsse in der Schweiz traten über die Ufer und verursachten grossen Schaden, so die Goldach, Linth, Limmat, Kander und Aare.	Schaller-Donauer (1937)
1726, 18.-19.9.	m-g	g	Schneeschnmelze und Dauerregen	Vom 4. August bis zum 16. September war beständig helles und heisses Wetter. Am 18. September fiel ein hoher Schnee in den Alpen, dann fing es am folgenden Abend stark und warm zu regnen an. In Uri schwoilen die Reuss und die andern Gewässer unheimlich an und taten grossen Schaden. In Altdorf liefen die Wasser des Schächens und der andern Bäche mitten durch den Flecken. Brücken und Stege wurden weggerissen. In Bürglen wurden ein Haus, eine Mühle und eine Säge weggespült.	Schaller-Donauer (1937)
1739, Ja-nuar	m	-	?	Grosser Ausbruch des Schächens.	Schaller-Donauer (1937)

Datum	Schächen	Reuss	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1740, 3.-9.	-	k	?	(...) Das verunsachte am 3. September in Ursern und Uri eine grosse Wassernot, die grossen Schaden an Strassen, Allmenden und Gütern anrichtete (...)	Schaller-Donauer (1937)
1762, 8.-11.7.	sg	g-sg	Dauerregen	<p>Furchtbarste Wasserkatastrophe der letzten Jahrhunderte. (...) Uri: Mit Ausnahme des Urserntales wurde das ganze Urnerland betroffen, „...die Leute erwarteten ihren völligen Untergang...“. Ausbrüche von Reuss (die ganze Reusstalebene stand unter Wasser), Schächten, Kerstelenbach und allen Bergbächen. (...) „... der Schächten kann so dick wie Brei aus dem Tale hervor und wurde von einer Breite weiter als einen Büchschuss...“</p> <p>Am Donnerstag den 8. Juni [vermutlich Juli gemeint] begann ein heftiger Regen, der sich steigerte bis zum Samstag und sich mit Ausnahme von Ursern, wo er nur geringfügig fiel, über die ganze Urschweiz ergoss. (...) In Ersfeld wurden fast alle Häuser unter Wasser gesetzt und das Land mit Sand und Steinen überschüttet. Die Reuss erreichte am 9. um Mitternacht die Pfarrkirche, die lange stark bedroht war. (...) Die Reuss durchbrach die Leitschachwahr, beschädigte auch die andern Wehren und führte die Kapelle in der Seewadensamt einem neuen Wohnhaus weg. (...) Die Reuss brach auch aus bei Attinghausen, Altdorf und Seedorf und setzte die ganze Talebene unter Wasser. (...) Vom Schutzengelabend an bis zum andern Morgen waren von Wassen bis Seedorf fast alle Brücken weggerissen. (...) Furchtbar hauste auch der Schächten. Im Schächental entstanden durch den Regen grosse Erdschlipfe und der Schächten kam dick wie Brei aus dem Tale hervor und wurde bei Hartolfingen von einer Breite „weiter als einen Büchschuss“. Schon in Unterschächten begann der grosse Schaden, wo einige Läden Säge vernichtet wurden. In Spiringen konnte man mit knapper Not die Kirche retten. In Unterschächten wurden grosse Landstücke weggefressen. Die steinerne Brücke in Loretto hielt der Wasserflut stand, jedoch wurden in der Hartmannsrüti ein Laden und in Bürglen die Säge und das Wirtshaus von dem Schächten mitgenommen, wobei die Bewohner sich nur mit wenigen Habseligkeiten retten konnten. Dann brach der Schächten ob der Pulvermühle aus, lief durch die Kirchenmatte hinunter in die Bürgler- und Schattdorfer-Allmend und Rieder und teilte sich dann in drei Ströme gegen die Reuss zu, das Gelände mit Geschiebe überdeckend. In Hartolfingen wurden durch den Ausbruch zwei Häuser, eine Mühle, eine Säge, ein Laden und eine Öle vernichtet, wobei eine Person den Tod fand. Im Siechensand wurden dem Nachtwächter sein Haus und Mättli mitgenommen und mussten 16 weitere Häuser geräumt werden. Gegen Altdorf riss der Schächten ein Stück der grossen Wehre bei der Rüti weg. Die Säumen und Reisenden mussten den Weg über die Lorettobrücke nehmen. Die Leute in Riemenstalden erwarteten ihren völligen Untergang. Steine samt Schutt, Sand und Morast stürzten von den Höhen herab und ein gewaltiger Wasserstrom machte gräuliche Verwüstungen. (...)</p>	Röthlisberger (1991)
					Schaller-Donauer (1937)

Datum	Schächchen	Reuss	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1763	m-g	m-g	?	Lusser schreibt über dieses Jahr „... da führte die Reuss, hochangeschwellen, eine solche Menge Geschiebe aus dem obern Reusstal herbei, dass sie dasselbe auf der Ebene nicht mehr fortzubringen vermochte und ihr Bett so damit anfüllte, dass bei Ripshausen die Fluten das linke Ufer durchbrachen, einige Häuser zerstörten und sich ein neues geräumiges Rinn-sal durch die schönsten Matten gruben, indes der noch wildere Schächchen bei Bürglen meh-rere Häuser wegfrass und viele schöne Wiesen zwischen Altdorf und Schattdorf hoch mit Schutt bedeckte.“	Schaller-Donauer (1937)
1765, Juli	g	-	Gewitter	Am 15. Juli schwoll infolge eines Unwetters im Schächental der Schächchen an und riss eine Brücke samt den Wuhren weg. Ein Joseph Bricker, der einen Pfahl zur Sicherung einschla-gen wollte, ertrank. Am 21. wurde im Schlamm des Schächchens nahe bei Altdorf die 60jährige Tochter des Florian Schmid sel. tot aufgefunden.	Schaller-Donauer (1937)
1768, 17.7.	m	k	Gewitter, Dauer-regen	Am 14. Juli brachen hintereinander drei starke Gewitter los, dann kam der Dimmerföhn, dem ein starker Regen folgte. In der Nacht vom 16. Juli gingen in Witschwanden zwei Erdschlipfe los, die Steine wie Stubenöfen mit sich führten. Diese fielen in den Schächchen, der selbst schon stark angeschwollen war und nun durch die Steine gestaut wurde. Durch den Wasserschwall wurde die Brücke bei der Schächchenkapelle gebrochen und die wehren ob und unter der Schattdorferbrücke zerrissen. Am 17. war die Wassernot am höchsten; auch die Reussging hoch, trotzdem es in den Bergen geschneit hatte.	Schaller-Donauer (1937)
1772, 16.9.	-	k-m	Gewitter	Am 16. September entstand ein heftiges Gewitter, das Überschwemmungen und Wassernot der Reuss entlang verursachte.	Schaller-Donauer (1937)
1777, 9.8.	-	k	Gewitter	Schwerer noch waren die Verwüstungen, als am 9. August Unterschächchen von einem Wol-kenbruch heimgesucht wurde. Anderthalb Stunden lang goss und prasselte ein furchtbarer Regen hernieder und verursachte Erdbrüche und Überschwemmungen, durch welche viele schöne Matten vernichtet und darunter die sogenannte „Höll“ in eine Wüste verwandelt wur-de.	Schaller-Donauer (1937)

1779, 29.10.	sg	g-sg	Dauerregen	(...) begann nach einem 15stündigen Regen eine Wasserkatastrophe von grossem Ausmasse. Die Meienreuss brach aus und beschädigte die im Talboden liegenden Güter (...) Von Amsteg bis Flüelen trat die Reuss über ihre Ufer und zerstörte Stege und Wuhren. (...) In Amsteg wurde die grosse Brücke abgestossen, wobei das eine Joch aufrecht in die Reuss getragen wurde. Die Häuser von Amsteg konnten dabei kaum gerettet werden. (...) Die Reuss selbst, durch den reissenden Zufluss der wilden Bergbäche angetrieben, riss die Wuhren an vielen Orten ein, nahm die Brücke über die stille Reuss und viele Stege weg und überschwemmte den ganzen Talboden. Am meisten Schaden richtete der Schächchen an. In Unterschächchen wurde das Land bis zur St. Annakapelle unter Wasser gesetzt und in Spiringen und Bürglen grosser Schaden angerichtet. Die Verheerungen durch Überschwemmung waren grösser als 1762, da viele damals unbetroffene Güter nun auch noch beschädigt wurden. Die mit grossen Kosten wieder erstellten Gebäude wurden noch ärger hergenommen. (...) Auch der Anfang und das Ende der Schattdorferbrücke wurde zertrümmert, jedoch der mittlere Teil stehen gelassen.	Schaller-Donauer (1937)
Datum	Schächchen	Reuss	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1781, 28.6.	m-g	-	Dauerregen	Nach einem einige Tage dauernden Regen durchbrach am 28. Juni der Schächchen die meisten und stärksten Wuhren. In der folgenden Nacht wurde der grösste Teil der Altdorferbrücke eingerissen. Der Schächchen teilte sich in vier bis fünf Ströme, die bis an die Reuss tiefe Gräben aufrissen oder hohe Föhren niederlegten. (...) Erst am 1. Juli konnte mit vieler Mühe und Arbeit der Schächchen wieder in sein Bett zurückgeleitet werden, wobei ein Mädchen, das von Altdorf nach Schattdorf wollte, vom Schächchen mitgerissen wurde und ertrank.	Schaller-Donauer (1937)
1783, 2.8.	k	-	Gewitter	Am 2. August entstand ein furchtbares Unwetter über Bürglen, Schattdorf, Erstfeld, Attinghausen und Seedorf. (...) Der Gosmerbach in Bürglen und der Fätschbach im Riedertal richteten grossen Kulturschaden an und füllten de Schächchenbach derart mit Geschiebe, dass dieses den untern Teil der steinernen Brücke zu Brügg erreichte und man auf dieser das Wasser mit den Händen erreichen konnte. Noch am 4. war hinter der Brücke ein See vorhanden, da dass Wasser noch nicht abfliessen konnte.	Schaller-Donauer (1937)
1784, 17.- 28.8.	m-g	k-m	Dauerregen	(...) Dann begann eine Schlechtwetterperiode und vom 17. bis zum 28. August fielen fast immer Schnee, Regen oder Ungewitter mit Blitz und Donner. (...) Am 21. August durchbrach die Reuss erstmals die Wuhren, jedoch ohne grossen Schaden anzurichten. (...) Auch der Schächchen tobte am 22. August unter grossem Getöse unheimlich daher und machte einen Durchbruch um den andern. Der Hauptdurchbruch geschah im Thörgarten. Auf über 600 Klafter Länge wurden bis zum Ausfluss in die Reuss die Wuhren beidseitig durchbrochen, weil das Bachbett derart mit Geröll ausgefüllt war, dass das Wasser sich einen andern Weg suchen musste. Die Flut lief zu beiden Seiten in die Güter hinaus, stiess eine Menge Gestein und Geröll mit sich und wurde dadurch wieder in sein Bett zurückgedrängt. (...)	Schaller-Donauer (1937)
1795, Juli	m	k	Dauerregen	Nach langer Regendauer sind die Flüsse und Bäche in Uri im Juli stark angeschwollen. Doch einzig der Schächchenbrach aus und ging über seine Wuhren, besonders oberhalb Altdorf.	Schaller-Donauer (1937)

1831, 9.8.	m-g	m-g	Dauerregen	Fürchterliche Überschwemmungen in der Innerschweiz, (...), infolge mehrtägiger Regengüsse. (...) Uri: Ausbrüche von Reuss, Schächen und vielen Nebenbächen mit unermesslichen Schäden im Reusstal (Wassen bis Flüelen) im Maderaner- und Schächental, im Isental und Sisikon, „...ein Viertel der Bevölkerung verlor Hab und Gut...“ (...) (Überschwemmung im Schächental)	Röthlisberger (1991)
------------	-----	-----	------------	---	----------------------

Datum	Schächen	Reuss	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1834, 27.8.	m-g	m-g	Gewitter	Katastrophale Überschwemmungen in weiten Gebieten der Alpen infolge gewaltiger Hochgewitter. (...) Uri: Verwüstungen im Urserental, Maderanental, im Reusstal von Amsteg bis Seedorf/Flüelen sowie im Schächental. Fast alle Brücken wurden fortgerissen und die Gott-hardstrasse mehrmals unterbrochen. (Verklausage und Flutwelle des Schächens). Durch die Auswertung historischer Quellen konnte die Grössenordnung der grössten Hochwasser (1834, 1839, 1868) im 19. Jahrhundert eingegrenzt werden: 1834 Qmax: 560 – 650 m ³ /s Im Kanton Uri begannen die Verwüstungen bereits oben im Urserental. Durch den Kerstenbach wurden der Reuss überdies gewaltige Wassermengen zugeführt, wodurch diese von Amsteg abwärts fast alle Brücken wegriss, an verschiedenen Stellen die Dämme durchbrach und allen anliegenden Gemeinden gewaltige Schäden zufügte. (...) Was die beiden grossen, östlichen Seitentäler des Kantons Uri betrifft, das Schächental und das (...) Kärsleertal, so war es ein grosses Glück, dass die beiden Thäler durchströmen, bekannten Waldbäche diesmal nicht ihre ganze verheerende Gewalt äusseren, da sonst das ganze Reusstal dem tobenden Elemente anheim gefallen wäre. Der Schächentalbach war zwar ausgetreten und hat in Unterschächen einige Verheerungen den frühern beigefügt, allein nicht von grossem Belang; (...).	Röthlisberger (1991) VAW (1989) Lanz-Stauffer und Rommel (1936) Pestalozzi-Hirzel (1934)
1839, 15.9.+5.-6.10.	m	m-g	Dauerregen	Erneute Hochwasserverheerungen in den Alpen infolge schwerer Regenfälle und Schneeschmelze durch Südwinde. (...) Uri: Fast alle Gemeinden erlitten Schäden. Schwerpunkte waren das Urserental, das Reusstal von Amsteg bis Attinghausen, das Maderaner- und das Schächental. (Wasserschäden im Schächental) Durch die Auswertung historischer Quellen konnte die Grössenordnung der grössten Hochwasser (1834, 1839, 1868) im 19. Jahrhundert eingegrenzt werden: 1839 Qmax: 560 – 650 m ³ /s Im Kanton Uri wurden alle Gemeinden betroffen mit Ausnahme derer im nordwestlichen Zipfel des Kantons (Seelisberg, Bauen, Isenthal). Die grössten Schäden wurden durch die Reuss in den Gemeinden Silenen, Erstfeld, Attinghausen und Altdorf angerichtet. Durch den Schächens (...) wurde viel Schaden angerichtet.	Röthlisberger (1991) VAW (1989)
1846, 22.-23.8	m	-	?		Lanz-Stauffer und Rommel (1936) Sandri (1987)
1860, 1.-2.9.	m	k-m	Dauerregen	Verheerende Hochwasser im Reusstal, (...) Ursachen waren anhaltend schwere Regenfälle und eine durch Föhn ausgelöste Schneeschmelze im Gebirge. Uri: Überschwemmungen im Urseren-, Schächens- und Urner Reusstal (...) In diesem Jahr wurde Uri dreimal von schweren Hochwassern heimgesucht, nämlich am 17.8., 1.-2.9. und erneut am 26.9. (...) (Schäden in Spiringen, Unterschächens)	Röthlisberger (1991)

Datum	Schächten	Reuss	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1868, 27.9-4.10.	k	sg	Gewitter? und Dauerregen	Katastrophale Wasserverheerungen in den Kantonen Tessin, Graubünden, St. Gallen, Uri und Wallis. Ursachen waren heftige Gewitter mit sintflutartigen Regengüssen und durch Föhn einsetzende Schneeschmelze in höheren Lagen. (...) Uri: Schwere Schäden verursachte die Reuss, hauptsächlich ab Amsteg, der Kärstelen-, Balanggen- und Gruonbach. Der Schächten blieb fast ruhig. Durch die Auswertung historischer Quellen konnte die Grössenordnung der grössten Hochwasser (1834, 1839, 1868) im 19. Jahrhundert eingegrenzt werden: 1868 Qmax: 700 – 750 m ³ /s	Röthlisberger (1991) VAW (1989)
1873, 1.-2.8.	k-m	-	Gewitter	In der Zeit vom 27. September bis 5. Oktober schwere Wolkenbrüche in einem grösseren Teil der südöstlichen Hochalpen. Die Wasserfluten und das von ihnen mitgeführte Geschiebe richteten in den Kantonen Tessin, Graubünden, St. Gallen, Wallis und Uri gewaltige Verheerungen an. Im Kanton Uri verursachte besonders der Kerstelenbach bei seiner Einmündung in die Reuss in der Gegend von Amsteg (Gemeinde Silenen) bedeutende Schäden, woselbst auch einige Häuser weggerissen wurden. Von Amsteg bis Altdorf stand ein grosser Teil des Reusstales unter Wasser. Nach Silenen wies Erstfeld die grössten Schäden auf. Überschwemmungen im (...) Urner Reuss- und Schächenthal (Spiringen, Bürglen) (...)	Lanz-Stauffer und Rommel (1936)
1877, 13.-14.2	k-m	k-m	Dauerregen und Schneeschmelze	Überschwemmungen auf der Alpennordseite infolge heftiger Regengüsse und einsetzender Schneeschmelze. (...) Uri (Verkläusung der Reuss und Gruonbach durch Lawinen). (...) Auch aus dem Schächenthal läuft uns die Nachricht ein, dass der stark angeschwollene und wild daher brausende Schächten die dorthin führende Strassen bedeutend beschädigt und für längere Zeit für Fuhrwerke unbenutzbar gemacht habe. (...)	Lanz-Stauffer und Rommel (1936) Urner Wochenblatt, 17.2.1877
1882, Sommer	k	-	Gewitter	Schäden in Bürglen, Unterschächten).	Röthlisberger (1991)

Datum	Schächen	Reuss	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1885, Ende Nov.	k	-	Dauerregen und Schneeschmelze	Mit weithin hörbarem Gepolter der Steine und in furchtbaren Wogen brauste der Schächen hervor aus seiner Schlucht. Sein angestammter revolutionärer Geist regte sich zwar wieder, doch hielt er sich, wenn auch unwillig, in den von der Obrigkeit gesetzten Grenzen. Eine Zeitlang freilich hatte man Grund zum Bangen gehabt, er möchte dieselben überschreiten und dann weiss Gott, was noch geschehen wäre. Bei Brügg hat er zwar neues, aber doch eng begrenztes Übel angerichtet und in Spiringen vier Güterbesitzer geschädigt. Dafür aber in Schwanden bei Unterschächen den Streit zwischen dem Bezirk und den Güterbesitzern geschlichtet, weil er in sein altes Bett zurückgekehrt ist, das ihm beim früheren Hochwassern verleidet war.	Uerner Wochenblatt, 5.12.1885
1887, 29.5.	m	-	?	Schwere Hochwasser wegen einsetzender Schneeschmelze und starken Regenfällen. In Uri wurden Brücken und Wege weggerissen und viele Heimwesen übersaart (u.a. durch die Meienreuss, den Schächen und den Balankenbach) (...). (Schäden in Bürglen, Unterschächen). Witterung: Zur Ergänzung früherer Berichte über die rauhe Witterung des Mai erwähnen wir, dass hierorts im ganzen Monat nur 6 regenfriele Tage waren. Die Menge des gefallenen Regens beträgt 168 Liter m2. (...) Die Massen stützten mehrheitlich in den vom Schächen gebildeten See und peitschten sein Wasser über den Schutt hinaus, so dass der Schächen abermals fürchterlich anschwell und sehr bedeutenden Schaden anrichtete. Bei Trudelingen, zwischen Bürglen und Spiringen, erreichte er die Fahrstrasse und riss eine Strecke derselben mit sich fort. Dieselbe bleibt auch für Fussgänger auf einige Tage unpassierbar (...). Es ist wohl so ziemlich allgemeine Meinung, dass die Gefahren, welche vom Schächen her drohen, noch weit Schlimmeres verursachten könnten, als wir seit Pfingsten hierzulande erlebt haben.	Röthlisberger (1991)
1888, 31.7.-3.8.	k	k	Dauerregen	Verklausung und anschliessender Durchbruch des Schächenbaches. 3 Heimwesen wurden zerstört, 6 Personen und deren Vieh fanden dabei den Tod. Überschwemmungen, Rüfenniedergänge und Rutschungen infolge anhaltender, heftiger Regentfälle. In Uri übersarten Reuss, Schächen und viele Nebenbäche zahlreiche Heimwesen. (Schäden in Unterschächen, Spiringen, Bürglen) Den ganzen Sommer hindurch hatte es im Übermass geregnet. (...) In der Nacht vom 1. August begann es nachhaltig und giessartig zu regnen. Die Bäche und Flüsse schwollen rasch an und wo eine Rinne war, füllte sie sich mit rauschendem Wasser. Bald boten Reuss und Schächen Gefahr. Ihre schlammigen Wogen wälzten sich in wilder Hast fort und rissen Dämme und Wuhren ein. Der Schächen unterspülte am Fusse von Spiringen die Strasse auf 100m, so dass der Wagenverkehr eingestellt werden musste. Unterhalb der Schächenbrücke bei Schattdorf verliess er aber sein Bett und schlug seinen Lauf durch den sogenannten Regierungsschächen ein.	Uerner Wochenblatt, 4.6.1887 Uerner Wochenblatt, 18.6.1887 Röthlisberger (1991) Röthlisberger (1991) Uerner Wochenblatt, 4.8.1888

Datum	Schächen	Reuss	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1896, 7.- 8.3.	k	k	?	Der Regen fiel in Strömen und die Gewässer schwellen an und von den Bergen lösten sich die Lawinen und Schaden gab es überall. (...) Reuss und Schächen hielten sich zwar brav und die Verbauungen der Wildbäche erprobten sich ebenfalls und trugen Vieles, recht Vieles bei zur Dämmung.	Uerner Wochenblatt, 14.3.1896
1897 5.- 7.9.	m	-	Dauerregen	Bedeutende Hochwasser und Rutschungen beidseits der Alpen infolge ununterbrochener Regenfälle und Wolkenbrüche. In Uri brachen unter anderem der Schächen, Balanken- und Gruonbach aus.	Röthlisberger (1991)
1900, 21.- 28.8.	k	k	Dauerregen	Überschwemmungen in der Süd- und Zentralschweiz infolge heftiger und anhaltender Regenfälle. (...) Im ganzen Urnerland kam es durch die Reuss, Schächen und anderen Bächen zu Wasserschäden, (...)	Röthlisberger (1991)
1901, 4.- 12.4.	k	k	Dauerregen und Schneeschmelze	Der Föhn, das Gewitter und die Regengüssen der letzten Tage schwellten die Bäche und Flüsse derart an, dass sie eine gefährdende Gestaltung annahmen. Der Schächen tobte wie rasend, sein Rauschen das Geröll der Steine war weithin hörbar. Doch hat er zum Glück die Ufer nicht übertreten.	Uerner Wochenblatt, 1.9.1900
1901, 2.8.	k	k	Gewitter	Hochwasser, Überschwemmungen und Rutschungen (...) infolge einsetzender Schneeschmelze, verbunden mit starken Niederschlägen und Gewitter. Im Urnerland hatten Reuss, Schächen und Kerstelenbach Hochwasser (...)	Röthlisberger (1991)
1904	m	-	Schneeschmelze	Gewitter in der Zentral- und Ostschweiz verursachen Hochwasser in den Kantonen Uri (Reuss- und Schächen) (...)	Röthlisberger (1991)
1906, Juli	k	-	Gewitter	Ausbruch Schächen Hochwasser Schächen	Röthlisberger (1991) Röthlisberger (1991) Röthlisberger (1991)

Datum	Schächchen	Reuss	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1910, 14.-15.6.	g-sg	k	Dauerregen	<p>Angaben zum Ereignis Hochwasserkatastrophen in 21 Kantonen der Alpennordseite. Ursachen waren extreme Regenfluten und Wolkenbrüche. Verschärfte wurde die Situation durch eine abnorme Schneeschmelze auf die ohnehin schon gesättigten Böden. (...) Die totale Schadenssumme erreichte die Höhe von 16 Millionen Franken, eine für die damalige Zeit ungeheure Summe. (...) Reuss: Katastrophal getroffen wurden das ganze Schächental und der untere Teil des Urner Reusstales von Amsteg an abwärts. Eine Rufe im Bannwald ob Altdorf verschüttete ein Wohnhaus. (...)</p> <p>(...) Die Schädigung, welche durch den Schächchen verursacht worden sind, ist viel ernsterer Natur. Hart betroffen wurden hauptsächlich das Schächental und die Talstrecke des Schächchens vor dem Ausfluss in die Reuss. Schon in den obersten Teilen des Einzugsgebietes, im Seitenarm des Brunnischächchens, begann die erodierende und verheerende Kraftwirkung des Schächchens, ohne dass jedoch durch dieses Erosionsmaterial eine Katastrophe um Unterlauf des Schächchens hervorgerufen worden wäre.</p> <p>(...) Der Schächchen bedrohte im Dorf Unterschächchen zwei Häuser, riss mit einer einzigen Ausnahme alle Brücken und Stege weg und riss auch die Dorfwehren teilweise ein. Die eigentliche Materialaufnahme, welche dem Unterlauf so verhängnisvoll wurde, entfällt auf die Strecke Unterschächchen-Guggibach. In dieser Strecke liegt das gefährliche Erosionsgebiet des Schächchens, und es ist auch dies jener Teil des Schächchenlaufes, in welchem durch Mündung der übrigen Wasserarme die Wassermenge sich stark vermehrt und infolge des riesigen Talgefälles (bis zu 11%) mit ungeheurer Wucht zu Tale stürzt. Das bisherige, natürliche Bachgerinne, welches einem ordentlichen Hochwasser zweifelsohne Stand gehalten, wurde überflutet, die natürlichen Versteinerungen des Gerinnes dadurch zum Teil ihres Haltes beraubt und festgelagerte Blöcke im Gerinne selbst fortbewegt. Die Wassermengen griffen dann in der Folge ihre Ufer und die anliegenden Talhänge an, brachten ungeheures Erosionsmaterial mit sich fort, rissen Waldstücke in das Bachbett hinein, stauten dann wieder ihre Erosionsmassen zu Geschiebehügeln, suchten ihre Flusslauf seitwärts vorbei zu wälzen und rissen mit sich fort, was nicht Felsen war. Die vorhandenen Sperren bei Spiringen wurden versperrt und durch Geschiebe aufgefüllt, das Wasser seitwärts gedrängt und die Flügel durch Umgehung zum Teil zerstört, ohne dass ein Sperrfundament angegriffen oder gebrochen worden wäre. Andere Wuhrbauten längs der Strasse wurden unterkolt und fortgerissen, die Strasse selbst an mehreren Stellen und auf längere Strecken von den Fluten zerstört. Der Schächchenbach hat sich grösstenteils ein ganz neues Bett gesucht und zum Teil enorme Geschiebemassen abgelagert. (...)</p> <p>Die Verwüstungen des Schächchens erreichten ihre volle Stärke erst im Unterlaufe von Bürglen an und wirkten besonders verderblich oberhalb des Maschinenhauses des Elektrizitätswerkes, wo die konkave Seite des Ufers angegriffen wurde, dem nur durch energische Gegenmassregeln begegnet werden konnte.</p>	Röthlisberger (1991)
				Härry (1911)	

Datum	Schächen	Reuss	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1910, 14.-15.6.				<p>Angaben zum Ereignis</p> <p>Der Fluss schwemmte dann so viel Geschiebe an, dass dieses bald einen sicheren Uferschutz bot. (...)</p> <p>Im Unterlauf des Schächens, von Bürglen bis zur Einmündung in die Reuss, wo das Schächbett im Beharrungszustand sein sollte und sich wohl mehr als ein Jahrhundert der auf seinem natürlichen Schuttkegel erstellten künstlichen Eindämmung anbequemte hatte, sollten nun all die riesigen Erosionsmassen abgeschoben werden. Im ersten Stadium der Hochwasserperiode gelangten die vom Mittellauf gelieferten Schuttmassen bis zur Einmündung in die Reuss. Durch allzu grosse Übersättigung mit Erosionsmaterial wurde aber schliesslich die Stosskraft des Schächens doch gebrochen und der Abschub des Materials verunmöglichlicht.</p> <p>Das Geschiebe lagerte sich vor dem Flusstück vor der Brücke ab und füllte das Bett bis beinahe zur Höhe der Brücke. Der Abfluss war gehindert und die Folge ein Ausfluss des Wassers gegen die Altdorfer Seite und die eidgenössischen Munitionsfabrik, wo er teilweise durch den Bahndurchlass beim weissen Haus zwischen Bahnlinie und Reuss gegen Norden floss. Ein anderer Teil floss längs des Bahndammes ab, durch den Bahneinschnitt nach dem Bahnhof Altdorf.</p> <p>Die Ausfüllung des Bachbettes mit Geschiebe dauerte indessen bis zum Morgen, den 16. Juni, fort. Da der Ausweg nach rechts vom Flusse versperrt worden war, brach der Schächchen nur unterhalb der Brücke gegen Schattdorf hin aus und floss teilweise gegen die Rütli, dem alten Flussbett entlang, teils über die Landstrasse.</p> <p>Am Morgen des 17. Junis wurde die Ausflusstelle nach rechts vom Flusse durchbrochen und das Gebiet gegen die Munitionsfabrik oder das Schattdorfergebiet zu retten sei. Da sich das Hochwasser etwas gemindert hatte und die Grundeigentümer die Zusage auf Entschädigung bekamen, wurden die Notwuhren auf der Seite gegen Schattdorf gesprengt und das Wasser ergoss sich nun durch das Gelände von Schattdorf, hauptsächlich gegen die Rütli. Der Schaden zeigte sich hier hauptsächlich durch Wegnehmen des Humus, Runsenbildung und Kies- und Schlammablagerung. Durch den Rückstau der stillen Reuss wurden dann noch weitere Gebiete betroffen. (...)</p>	Härry (1911)
				<p>(...) Trotzdem der Regen längst aufgehört hat, kommt immer noch einen gewaltige Wassermenge mit Geröll und Schutt vom Schächental her. (...) Urner Truppen arbeiten, um das Wasser von Schattdorf abzuhalten und auf die Altdorfer Seite, d.h. gegen das Terrain der Munitionsfabrik abzulenken. Das sei auch der Grund, dass die Station Altdorf und ein Teil der Bahnstrecke wieder unter Wasser geraten sei.</p>	Berner Tagblatt, 23.6.1910
				<p>(...) Rechnet man die gefallenen Regenmenge zu 96.5 mm in 24 Stunden und nimmt man in Anbetracht des Schmelzwasser des Schnees 5/4 dieser Zahl an, so erhält man 121 mm in 24 Stunden und bei einem Einzugsgebiet von 109.5 km² eine Wassermenge von 153 m³/s, was mit den damals gemachten Beobachtungen übereinstimmt. (...)</p>	Eidg. Oberbauinspektorat (1914):

Datum	Schächen	Reuss	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1910, 14.- 15.6.				<p>Aber nicht nur in Altdorf hatte einen bewegten Tag, auch in allen Gemeinden der Umgebung war grosse Wassernot. Am wütesten hauste der Schächen auf seinem ganzen Laufe von Unterschächen bis zur Mündung. Dick und trüb kam er dahergerollt, mehr als meterhohe Wellen und mit Donneregepolter mächtige Steine daher rollend. Bewurzelte Tannen schwimmen wie Zündhölzer auf den Wogen. In der eidgenössischen Munitionsfabrik wurde schon früh um 5 Uhr [15.6.1910] Alarm gegeben. Dasselbst drohte der Schächen an einer Stelle durchzubrechen, wo sich eine Tränkstelle befunden. Eine Stauung im Bett drängte die Wasser erst recht nach dieser Seite und wirklich brachen sie durch, die Gegend beim Brestenegg überflutend, so dass die Arbeiter, die morgens in die Fabrik wollten, über Bahndamm und Schächenbrücke hingelangen konnten. Gegen Mittag nahm der Wasserdruck zu und bald schoss der ganze Schächen ob und unter den Fabrikgebäuden durch gegen die Bahnlinie, in das Gut Rubrist dasselbe weiterherum überschwemmend und von da der Bahnlinie entlang gegen die Allmend. Um 1 Uhr war die Seedorferstrasse bei den Waisenhausgaben vom Schächenhochwasser überflutet. Um 3 Uhr wälzte sich ein reissender Strom durch Rubrist der Linie zu, diese selbst war zum Bachbett geworden, das man nicht mehr überschreiten konnte. Atinghausen war vollständig von Altdorf abgeschnitten. Die Station Altdorf war über 50 cm tief im Wasser. Gegen 4 Uhr sah es auf der Schattdorfer Schächenbrücke traurig aus. Wütend wälzte er sich daher, (...) Oberhalb der Brücke gelang es ihnen, unterhalb aber waren ihre Mühen umsonst, nachts brach der Schächen vollständig durch und wälzte sich gegen den Grünenwald und Schattdorf. (...) Nachts ca. 10 Uhr blies man in Altdorf wieder Alarm. Der Schächen bricht nach Schattdorf durch! Tatsächlich hatte sich der Bach einen Weg unmittelbar unterhalb der Brücke gebahnt und ergoss sich nun mit aller Wucht gegen den Grünenwald und Schattdorf. Das arg gefährdete Wirtshaus konnte gehalten werden, aber man hatte das Erdgeschoss voller Wasser, in Eile flüchtete man, was man konnte. Die Strasse bis zum Brüggele ist bis aufs Steinbett eingefressen und gibt Zeugnis von der Gewalt des reissenden Stromes, den die Strasse eine zeitlang bildete. Weiter unten gegen die Rüti zu brach der Schächen nochmals aus, einen Moment bedrohte er ein allein stehendes Häuschen, dessen Bewohner sich in Todesangst flüchteten, unterdessen aber füllte das schmutzige, schlammige Wasser die Wiesen bis weit hinunter. (...) Der Schächen ist heute Freitag vormittags abermals bei der Munitionsfabrik ausgebrochen und fliesst gegen die Bahnlinie und die Station. Das Haus von Bahnwärter beim Brestenegg ist rings umspült. (...) Die Station Altdorf gerät neuerdings unter Wasser.</p>	<p>Urner Wochenblatt, 18.6.1910</p>

Datum	Schächchen	Reuss	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1910, 14.-15.6.				<p>1888/ 1889 wurde ein erstes Verbauungsprojekt (...) aufgestellt. Es umfasste auf einer Strecke vom Bergsturz (Spiringen) an abwärts bis Trudelingen eine Anzahl nicht zusammenhängender Längsverbauungen sowie Sperren in der Falllinie von Spiringen. Die Hochwasserkatastrophe vom 14.-17. Juni zerstörte diese Bauten nahezu vollständig. (...) Besonders stark betroffen war das Schächengebiet: „Ein trostloses Bild der Verwüstung markierte den Weg des Schächens von Unterschächchen bis in die Reuss. Die Talsperren sind grösstenteils verschwunden, nur die kleinste ist noch erhalten. Das entfesselte Element führte besonders am 15. und 16. Juni zahllose Tannen und andere Waldbäume mit sich, die bei den Sperren sich stauten und den Wasserstrom nach links und rechts ablenkten. Hatte sich dann das Wasser in die Uferböschungen eingegraben, war ein Angriffspunkt geschaffen und die Zertrümmerung der Verbauung begann von der Seite her...“ (nach einem Bericht des damaligen Baudirektors Josef Wipfli, Erstfeld). Das Hochwasser hatte auch grosse Teile der Klausenstrasse weggerissen und brach im Unterlauf unterhalb der Gotthardstrasse auf die linke Seite aus. Aus den Plänen geht hervor, dass die Abflussekton der zerstörten Sperren ein Rechteckprofil aufwies und die horizontal verlaufenden Sperrenfügel nur schwach eingebunden waren. (...)</p>	Eidg. Amt für Strassen – und Flussbau (1977)
				<p>Der Schächchen hat sich endlich beruhigt, nachdem er noch die ganze Woche hindurch mehr oder minder alles in Aufregung gehalten hatte. Das Militär arbeitet, um den Schächchen vom Gebiet der Munitionsfabrik abzuleiten. Da das Bachbett bis zur Schattdorferbrücke hinauf mit Geschiebe angefüllt ist, muss das Wildwasser vorderhand seinen Abfluss durch Schattdorfergebiet nehmen. In Bürglen lässt sich jetzt die Wut des Schächchens kontaktieren. Das Bett ist mancherorts stark verbreitert, ganze Stücke Land sind weggerissen worden und im Schächchenbett zeigen riesige Steinblöcke, die durch das Wasser herangeholt worden, die enorme Gewalt der Strömung. Ein grosses Glück für die Läufergruppe um die Säge, dass das Terrain ob dem Maschinenhaus Stand gehalten, wäre da ein Durchbruch erfolgt – am Mittwoch schien er eine zeitlang unvermeidlich – so hätte der Schächchen nicht nur das Maschinenhaus des Elektrizitätswerkes Altdorf weggefegt, sondern unfehbar weiter unten eine Reihe von Gebäuden.</p> <p>Aus dem Schächenthal kamen viel sich widersprechende Berichte: nach den einen schienen der Schaden gewaltig gross zu sein, nach den andern lief alles glimpflich ab. Schwer beschädigt ist die Klausenstrasse, es wird eine Weile dauern, bis sie wieder in Stand gestellt ist. Ruiniert sind auch die kostspieligen Verbauungen des Schächchens unter Spiringen, alle Schwellen bis auf die unterste sind weggerissen. Man hat in den letzten Jahrzehnten den Schächchen zu fürchten verlernt. Schien der doch meist so zahm und harmlos und selbst dann ziemlich ungefährlich, wenn er Hochwasser führte. Jetzt hat man erkennen müssen, welche furchtbare Macht er ist, welche ungeheure Drohung er für den ganzen Altdorfer Boden war. Möge uns Gott vor weiterem Hochwasser bewahren, ganz besonders jetzt, da ein solches den angerichteten Schaden ins Ungeheure vergrössern müsste.</p>	Urner Wochenblatt, 25.6.1910

Datum	Schächen	Reuss	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1910, 14.-15.6.				<p>So furchtbar haben wir den Schächen noch nie wüten sehen. Wer diese furchtbare Gewalt, die ganze Strecken Ufer auf einmal wegriss, die grössten Tannen und Steine mit Leichtigkeit fortschwemmt, nicht mit eigenen Augen gesehen, der kann sich von ihr keine richtige Vorstellung machen. Die Gefahr ist noch keineswegs beschworen. In Unterschächen sind der Gebäude immer noch gefährdet. Die Verbauungen und Pfeiler bei Wyterschwanden, die soviel Geld kosteten, sind alle weggeschwemmt. Eine Strecke Strasse bei Wyterschwanden ist verschwunden.</p> <p>Vom Schächenbach. Der Überschwemmung der schönsten Wiesen Schattdorferseits beim Adlergarten konnte immer noch nicht Einhalt getan werden. Einige Häuser mussten geräumt werden. In der Nacht auf den Freitag brach der Bach wieder nach Altdorfersee aus, teilweise gegen die Munitionsfabrik, die Bahnlinie und die Bahnstation Altdorf abfließend. Auf den Abend werden Hilfstruppen von Andermatt erwartet.</p> <p>Freitagnachmittags 3 Uhr, hört man Notschüsse der Munitionsfabrik, die Gefahr wächst hier neuerdings. Das Gasthaus Walter Fürst droht einzustürzen.</p> <p>In der Morgenröthe des 15. Juni kam der Schächen dahergerast, in Wirklichkeit „Fels und Tanne brechend“. Er richtete drinnen im Schächentale an Ufern und Wehren grossen Schaden an, allein die eigentliche Verheerungszone begann erst mit Bürglen. Mit ziemlichem Fall kommt er in tiefem Tale gegen das Maschinenhaus des Elektrizitätswerkes angestürmt, über Stock und Stein, ungebündelt, ungedämmt, nachdem ein Teil seines Wassers ihm abgezapft worden, damit er Altdorf beleuchte und den Fleissigen arbeiten helfe. Unter der Bürgler Schächenbrücke durch, zieht er dann über Hartolfigen gegen Schattdorf, dann durch das Gebiet der eidgenössischen Munitionsfabrik, um sich bei Attinghausen der Reuss in die Arme zu werfen.</p> <p>Wie er Mittwoch angestürmt kam von Brügg her, das spottet jeder Beschreibung. Das ganze Felsenbett bis zum Rande voll; braun, dick vor Schlamm das Wasser. Und wie das wogt und strudelt und tost! Hoch auf spritzt die braune Brühe, wo Felsen im Wege liegen. Und im Wasser rollt und kollert es dumpf: die grossen Steine, welche des Wassers Wucht vorwärts rollt mit ungeheurer Kraft. Und das bohrt und gräbt an den Ufern, wo es auch nur den mindesten Anhalt findet; da ist im Nu ein Stück weggerissen und Stück um Stück sinkt das Ufer ein. Tannen sinken, unterfressen, vom Boden losgelöst, langsam um, tauchen die Äste ins Wasser und vorwärts geht die Fahrt – man sah gewaltige Tannen samt Ästen und Wurzeln wie Zündhölzer auf einem Bache, dahertrieben.</p> <p>Ob dem Maschinenhause in Bürglen macht der Schächen einen Bogen. Bald war ein ziemliches Uferstück gegen das Haus hin weggefressen, immer wütender kam das Wasser daher, schlug über die Ufer und zwar in solcher Menge, dass morgens zirka 5 Uhr schon das Maschinenhaus einen Meter hoch im Wasser stand. Noch ein oder zwei Stunden, und um das Haus und die Maschinen war's geschehen. Aber damit wäre es des Übels noch nicht genug. Würde ein Durchbruch erfolgt sein, so wären die Häuser bei der weiter unten befindlichen Säge auf das schwerste gefährdet worden.</p>	Gotthard-Post, 18.6.1910
					Imhof (1910)

Datum	Schächen	Reuss	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1910, 14.- 15.6.				<p>Angaben zum Ereignis</p> <p>Es gelang zum Glück, dem weiteren Einfressen des Schächens ob dem Maschinenhause Einhalt zu tun mittelst versenkter Tannen; gehoffen hat auch der Schächens selber, denn er rollte riesige Steine heran und legte sie als Uferschutz vor die gefährdete Stelle. So blieb das Unheil vermieden.</p> <p>Etwas weiter unten befand sich der Einlauf des Dorfbaches, der einen Teil von Altdorf mit Kraft versieht. Das morsche und reparaturbedürftige Kett wurde weggerissen, Unterbau und Bett. Stark gefährdet waren auch die Häuser des Herrn Gemeindegemeinschafters Denier, unterhalb der Brücke. Der Schächens hatte ein grosses Stück des Vorlandes, 20 bis 3 Meter weggerissen und stand hart an den Häusern. Auch da konnte durch Versenken von Tannen welche die Wucht des Wassers brachten, dem Unheil gewehrt werden. (...) Der Schächens ist nicht mehr ein Bach, sondern ein entfesselter, wütender Strom von unberechenbarer Gewalt.</p> <p>Von Bürglen zog der Schächens, mitreissend was ihm Wege stand, gegen Schattdorf und die Munitionsfabrik, deren Gebiet er von der Schattdorfer Schächensbrücke an fast bis zur Müendung durchfliesst. Gewaltige Mengen Geschiebe brachte er aus dem Schächentale heraus und lagerte sie weiter unten, wo er nicht mehr das starke Gefälle des Oberlaufes besitzt, ab. In wenig Stunden hatte er sein Bett bis beinahe zur Schattdorfer Schächensbrücke hinauf ausgefüllt, das mit Wucht heranströmende Wasser fand keinen Weg mehr. Nur brach es gegen die eidgenössische Munitionsfabrik, Altdorfer Seite aus; schon in der Morgenfrühe des 15. Juni vermochten die Arbeiter, welche in die Fabrik wollten, den gewohnten Weg bei Attinghausen nicht mehr zu begehen, (...). Im Verlaufe des Vormittags wurde die Durchbruchstelle breiter und breiter und an den Nachmittagen war die Gegend nördlich der Munitionsfabrik hoch unter Wasser. Ein Teil desselben floss durch den Bahndurchlass beim Weissen Haus und westlich der Bahnlinie, zwischen dieser und dem Reussdamm gegen Norden. Bereits um 1 Uhr des 15. schoss ein breiter trüber Strom längs des Reussdamms gegen die Allmend hinunter, über die Seedorferstrasse und über die untenliegende Allmend. Ein anderer Arm des Schächens floss rechts der Bahndammes ab, überschwemmte das Gut Ruberst, machte die eingeschrittene Bahnlinie zum reissenden Fluss, setzte den Bahnhof Altdorf tief unter Wasser und vereinigte sich auf der Allmend mit dem anderen Arm. (...) Am Abends des 15., die Wut des Schächens hatte sich um nichts vermindert, suchte das Wasser einen Ausweg gegen Schattdorf. (...) Durch die Nacht koste es mit unverminderter Stärke. Der Regen hatte am Nachmittag gottlob aufgehört, aber noch hing es grau und drohend vom Himmel herab. Mit Bangen legte sich zur Ruhe, wer dies konnte.</p>	Imhof (1910)

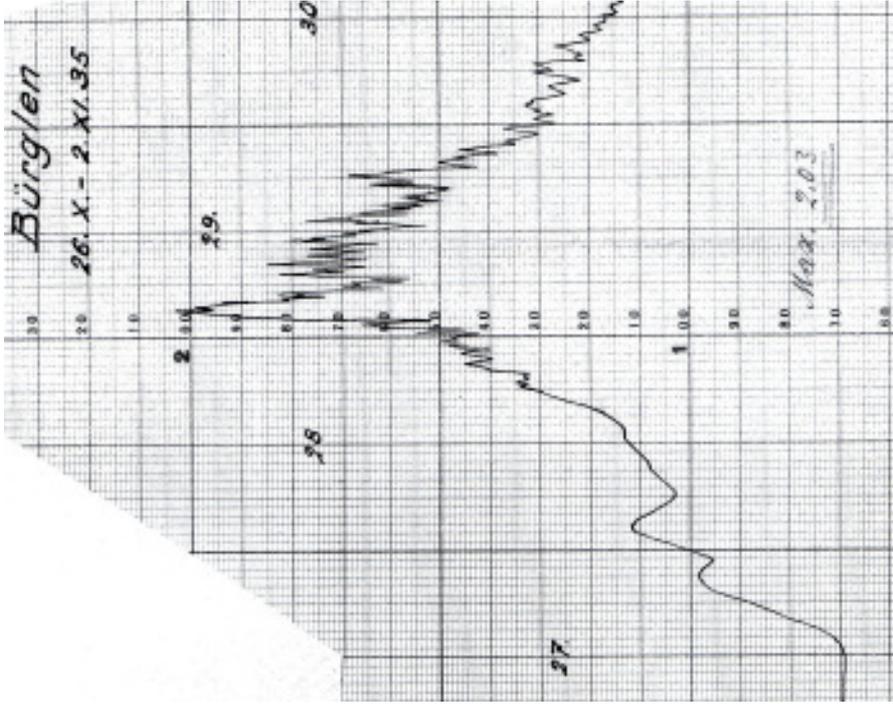
Datum	Schächen	Reuss	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1910, 14.- 15.6.				<p>Für die Anwohner des Schächens hingegen war es eine Nacht des Schreckens und der Angst. Der Schächen tobte am 16. noch immer, wenn auch die Wucht der Wasser sich um einiges verminderte. In Bürglen war alle Gefahr vorüber, dagegen setzte es ein hartnäckiges altes Schächenbett mit Geschiebe und zwang das Wasser, einen Abfluss nach rechts oder links zu suchen. (...) In der Nacht vom 15. auf den 16. brach der Schächen, dem der Ausweg nach rechts versperrt, gegen Schattdorf hin aus. Er umflutete die Häuser bei der Schächenbrücke unterhalb der Strasse, ergoss sich in breitem Strome teilweise gegen die Rütli, dem alten Bett entlang, hinunter auf tiefer liegendem Gelände, teils über die Landstrasse bis zum Adlergarten, die Strasse bis aufs Steinbett reinfegend und da und dort tiefe Löcher herausfressend. – Den vereinten Anstrengungen gelang es, wenigstens die Häuser zu schützen, über die Matten hinunter aber ergoss sich am Donnerstag ein Strom. (...) Freitag früh wandte sich der Schächen wiederum nach rechts, brach ob der ersten Durchbruchsstelle abermals in das Gebiet der Munitionsfabrik ein, setzte abermals deren Gebiet unter Wasser, ebenso die am Bahndamm liegenden Güter, die Bahnlinie und die Station Altdorf. Wieder stand auch die Allmend zwischen Altdorf und Seedorf unter Wasser.</p> <p>(...) Gottlob hatte sich der Schächen einigermassen gelegt, sodass für den noch nicht betroffenen wichtigen Teil von Schattdorf keine unmittelbare Gefahr bestand, der Schaden konnte nur das Gebiet der Rütli betreffen; da allerdings war er immer noch gross genug, denn der Wert der überschwemmten und weiters gefährdeten Güter wird in die Hunderttausende gehen; (...)</p> <p>Nun aber überflutete der Schächen die ganze Rütli, ein weites Gebiet; die Erde wurde teilweise weggeschwemmt, tiefe Rinne in die Matten eingefressen, an andern Orten aber die Wiesen hoch mit zähem Schlamm und mit Kies überführt, so dass sie in jedem Falle vollständig entwertet und zugrunde gerichtet sind. Die Überschwemmung der Rütli durch den Schächen hatte aber noch eine andere Folge, das ungestüme Schächenwasser stauete die langsam und glatt daherfließende Reuss und deren Wasser überschwemmte ihrerseits wieder das Umgele, sodass sich das betroffene Gebiet wohl über eine Quadratkilometer ausdehnte. Der Schaden für Schattdorf ist enorm. Im Schächental hat der Schächen ebenfalls nicht unbedeutlichen Schaden angerichtet. Aber er ist nicht so bedeutend, wenn man ihn mit dem vergleicht, was in Schattdorf und Altdorf geschehen ist. (...) Der Schächen bedrohte im Dorf Unterschächen zwei Häuser, die geräumt werden mussten, riss mit Ausnahme einer einzigen alle Brücken und Stege weg und riss auch die Dorfwehre teilweise ein. Auf dem Laufe gegen Bürglen hinaus vergriff sich Wildwasser an den gewaltigen Sperrern und Verbauungen bei Spirringen, die erst vor einigen Jahren unter grossem Kosten erbaut worden sind. Der Schächen wühlte sich in die Ufer ein, frass sich zwischen Ufer und Mauerwerk durch und hatte er das fertig gebracht, so war es um die stärkste Zyklopenmauer geschehen. Bloss die unterste hielt der Wasserwut stand. (...)</p>	Imhof (1910)
1913, 30.- 31.7.	k	-	Gewitter	Hochwasser Schächen	Röthlisberger (1991)

Datum	Schächen	Reuss	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1921, November	k	-	Dauerregen	Überschwemmung in Bürglen	Röthlisberger (1991)
1928, 12.-19.2.	k	k	Dauerregen und Schneeschmelze	Überschwemmungen und Rutschungen (...) Uri (Reuss- und Schächental), (...)	Röthlisberger (1991)
1933, 21.-22.6.	k	k	Gewitter	Überschwemmungen und Rutschungen (...) Uri (Schächen- und Reusstal) (...)	Röthlisberger (1991)
1935, 29.10.	m-g	k	Dauerregen	Auch im Schächenthal machte sich das Unwetter bemerkbar. Bei Spiringen wurde die Klausenstrasse an zwei Orten verschüttet. Im Laufe des Nachmittags konnte die Strasse wieder frei gemacht werden. Glücklicherweise hat es in den Höhen angeschnitten, ansonst wäre wohl grosses Unheil eingetroffen. In Bürglen hatte man alle Hände voll zu tun, um der Wassernot zu wehren. Schächen Bürglen: 75 – 100 m ³ /s (Korrektur: 70 – 85 m ³ /s) Reuss Seedorf: 400 - 440 m ³ /s	Urner Wochenblatt, 24.6.1933
1937	k	-	Gewitter	Der letzte Sonntagabend bracht Altdorf ein Unwetter, wie man es seit dem Jahre 1910 nicht mehr hatte. In der schwülen Hitze eines richtigen Julitages hatten sich tagsüber schwere Wetterwolken zusammengeballt, die sich am Abend entluden. (...) Eine halbe Stunde goss es vom Himmel und verwandelte die Dorfstrasse in einen reissenden Fluss, der besonders im untern Dorfteil in Keller und Häuser eindrang. Da man in Attinghausen den Schächen überlaufen glaubte, wurde die Feuerwehr alarmiert und von der Pfarrkirche ertönte das Wasser ca. 40 – 50 cm hoch und musste herausgepumpt werden.	Hydrographisches Jahrbuch Urner Wochenblatt, 7.7.1937
1939, 6.8.	g	m	Dauerregen	Intensive Regenfälle verursachten in der Zentralschweiz (...) beträchtlichen Hochwasserschäden. Das ganze Urnerland verzeichnete zahlreiche Ruffenniedergänge und Überschwemmungen (Reussdammbrüche) (...). Gleichzeitig kam der Schächenbach in solcher Wucht, dass das ganze Gebiet zwischen Schattdorf, Ripshausen und Attinghausen durch die Wasserrückstände bis zu zwei Metern unter Wasser gesetzt wurde. Unterhalb des Schächenkanals wurde durch die ausgebrochenen Fluten ein Teil des Geländes zwischen Schächenbahnlinie und Reuss bis zum See unter Wasser gesetzt. Die Strasse nach Attinghausen und nach Seedorf ist unterbrochen. Die aufgebauten Feuerwehrmänner mussten (...) durch harte Arbeit ein Einbrechen des Schächenkanals verhindern sowie die Ufer der Stillen Reuss mit Bäumen, Blöcken und Steinen sichern. Die grösste Gefahr bestand mehrere Stunden unterhalb der Munitionfabrik, wo der Schächenbach gewaltige Schuttmengen zur Reuss trug und die Wasser der ausgebrochenen Reuss sich ein neues breites Bachbett gegraben haben. Innert 24 Stunden fielen am 5. und 6. August in Altdorf 82 mm Niederschlag. Schächen Bürglen: 85 – 110 m ³ /s (Korrektur: 75 – 90 m ³ /s) Reuss Seedorf: 500 - 550 m ³ /s	Röthlisberger (1991) Urner Wochenblatt, 9.8.1939
					Hydrographisches Jahrbuch

Datum	Schächen	Reuss	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1953, Ende Juni	k	k	Dauerregen	<p>Wolkenbruchartige Regenfälle führten in der Nordost- und Zentralschweiz zu bedeutenden Wasserschäden. Die Hochwasserstände erreichten teilweise diejenigen vom Juni 1910. (...)</p> <p>Im Gegensatz zu den Nachbarantonen blieb der Kanton Uri verschont, obwohl die Reuss und ihre Nebenflüsse als Folge der anhaltenden Regenfälle ebenfalls Hochwasser führen. Im Verlauf des Freitags ist nun allerdings die Lage an verschiedenen Orten bedrohlich geworden, da es am Donnerstag sowie die Nacht hindurch ununterbrochen regnete. (...) Bedrohlich scheint die Lage im Schächental zu sein, wo bereits einige „Ribenen“ zu Tal gefahren sind. Mit unheimlicher Geschwindigkeit schiesst die braune Flut talwärts, (...). Da von beiden Talseiten unzählige Wildwasser herabstürzten, besteht die Gefahr, dass der Schächchen durch Geschiebe gestaut wird. Im untersten Teil, wo der Fluss kanalisiert ist, hat er bereits die Steinsohle aufgerissen, und bei der Einmündung in die Reuss haben sich gewaltige Geschiebemassen angehäuft, so dass sich die mit Eilzuggeschwindigkeit dahinschiesenden Fluten zu mannshohen Wellen aufbäumen. Da die hochgehende Reuss vor Mündung des Schächchens ebenfalls Geschiebe abgelagert, besteht die grosse Gefahr, dass dieser zurückgestaut wird und das Areal der Munitionsfabrik sowie die Strassen und Eisenbahnbrücke überflutet.</p> <p>Schächchen Bürglen: 43 m³/s Reuss Seedorf: 310 m³/s</p>	Röthlisberger (1991) Neue Zürcher Zeitung, 27.6.1953
1977, 31.7.	g	k-m	Dauerregen	<p>Siniflutartige Regenfälle führten zu einer eigentlichen Unwetterkatastrophe im Kanton Uri. Unzählige Bachausbrüche, Murgängen, Rutschungen und Überschwemmungen waren die Folgen. Besonders schwer heimgesucht wurde das Schächental. (...)</p> <p>21:00 Uhr, 30.7.: Die frühe Nacht ist erfüllt vom Tosen und Rumoren des Schächchens und des Gangbaches. Überall bange Gesichter. (...) Alles Wasser des in der MFA ausgebrochenen Schächchenbaches läuft inzwischen Richtung Schattdorf. Militärisch Unterschutzung wird aufgefodert und auch zugesichert. (...) Noch fehlen grössteils die Maschinen, mit deren Hilfe die nach Schattdorf strömenden Schächchenbachfluten wieder der Reuss zugeführt werden könnten. (...) Immer noch fliesst aber als Folge des nächtlichen Dammbrechens Wasser Richtung Schattdorf.</p> <p>Schächchen Bürglen: 100 – 110 m³/s (Korrektur: 90 – 110 m³/s) Reuss Seedorf: 450 - 500 m³/s</p>	Hydrographisches Jahrbuch Röthlisberger (1991) Urner Wochenblatt, 13.8.1977

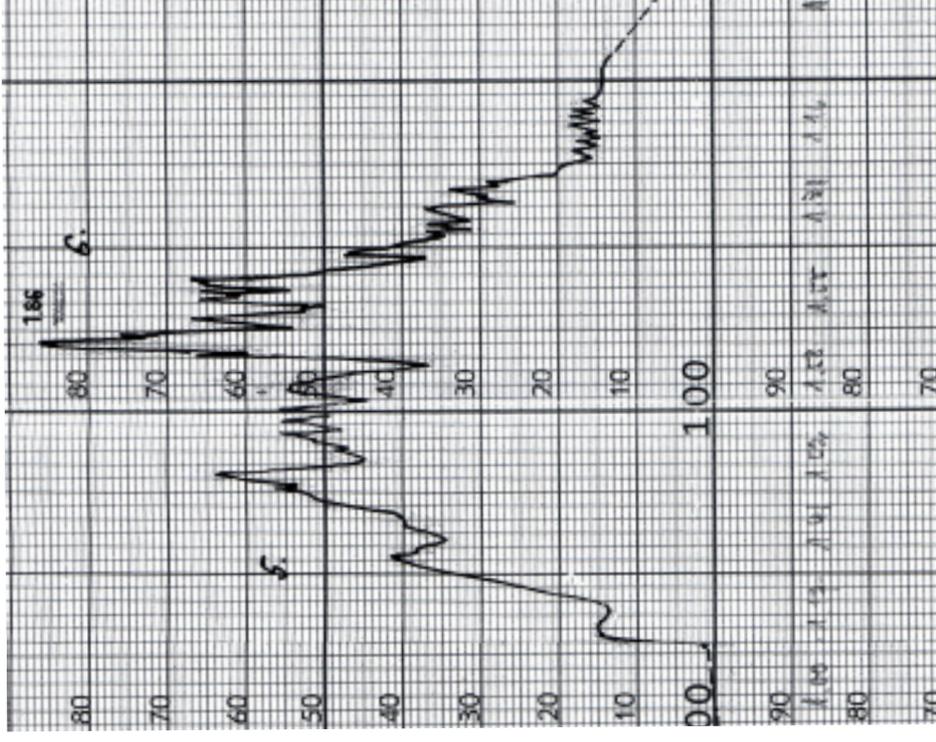
Datum	Schächten	Reuss	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1987, 25.8.	m	sg	Dauerregen	Über weite Gebiete anhaltend starke Regenfälle führten zu einer der schwersten Unwetterkatastrophen im Alpenraum. (...) der Kanton Uri wurde praktisch von der übrigen Schweiz abgeschnitten. Hunderte von Menschen mussten aus den bedrohten Gebieten evakuiert werden. Strassen, Brücken und Häuser wurden von den tobenden Fluten mitgerissen. Schwerpunkte im Kanton Uri waren (hauptsächlich durch die Reuss verursacht) die untere Reussebene (Flüelen, Seedorf, Attinghausen), das obere Reusstal (Gurtellen bis Schöllenen) sowie das Urserental. Schächten Bürglen: 55 – 61 m ³ /s (Korrektur: 55 – 85 m ³ /s) Reuss Seedorf: 700 - 770 m ³ /s Hochwasser 1987 mit 800 m ³ /s (rekonstruierter Abfluss mit intakten Dämmen)	Röthlisberger (1991)
2002, 16.11.	m	k	Dauerregen	Schächten Bürglen: 58 m ³ /s (Korrektur: 55 – 85 m ³ /s) Reuss Seedorf: 430 m ³ /s	Hydrographisches Jahrbuch VAW (1989)
2005, 23.8.	sg	m	Dauerregen	Schächten Bürglen: 165 m ³ /s (Korrektur: 120 – 130 m ³ /s) Reuss Seedorf: 532 m ³ /s	Hydrographisches Jahrbuch

Hochwasser vom 28./29.10.1935



Anhang 4.2: Hochwasser 28./29. 10. 1935: Kopie der Original-Pegelganglinie des Schächen (Station Schächen-Bürglen).

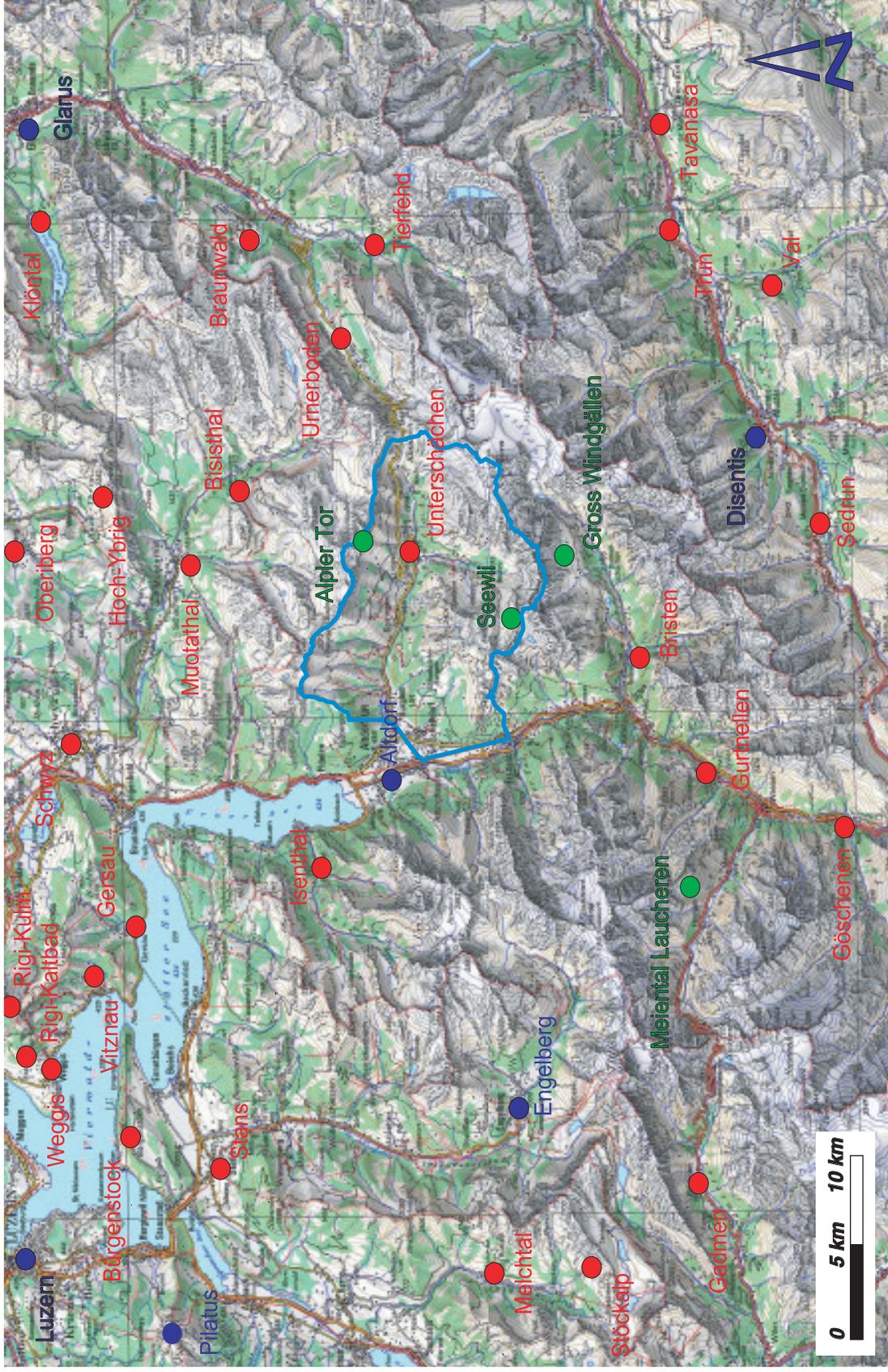
Hochwasser vom 5./6.8.1939



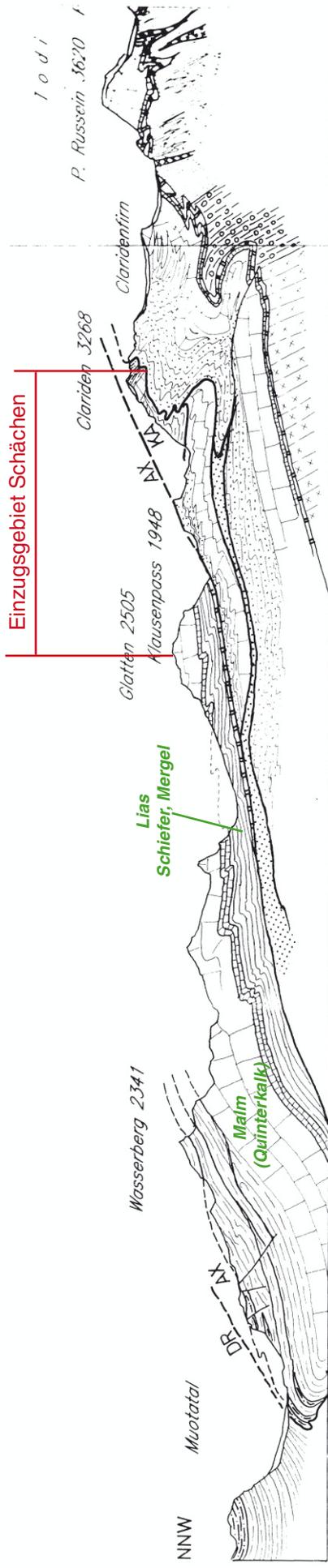
Anhang 4.3: Hochwasser 5./6.8. 1939: Kopie der Original-Pegelganglinie des Schächen (Station Schächen-Bürglen).

Niederschlagsstationen

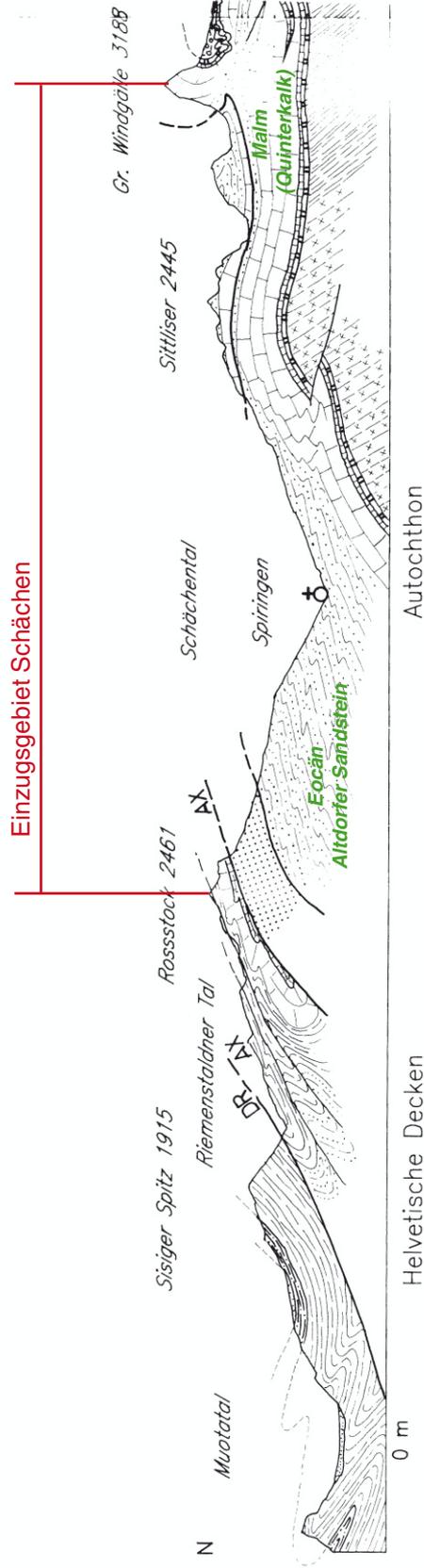
- IMIS Station
- Tagessammler
- ANETZ Station
- Einzugsgebiet



Anhang 4.4: Die für diese Untersuchung verwendeten Niederschlags - Messstationen. Zeitliche hochaufgelöst messen die ANETZ - Stationen (Meteoschweiz) und die IMIS - Stationen (Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung, SLF).



Profil B

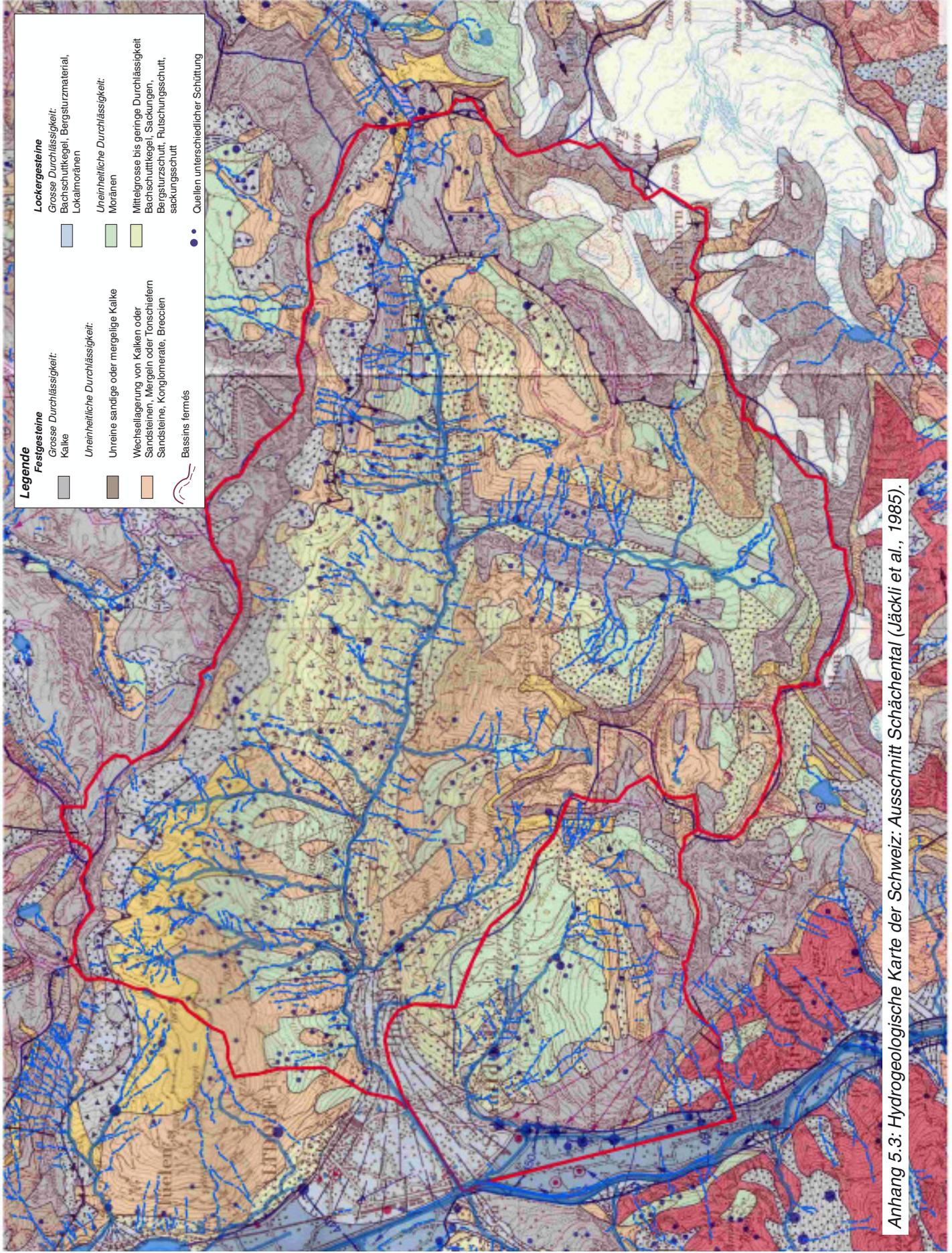


Profil A

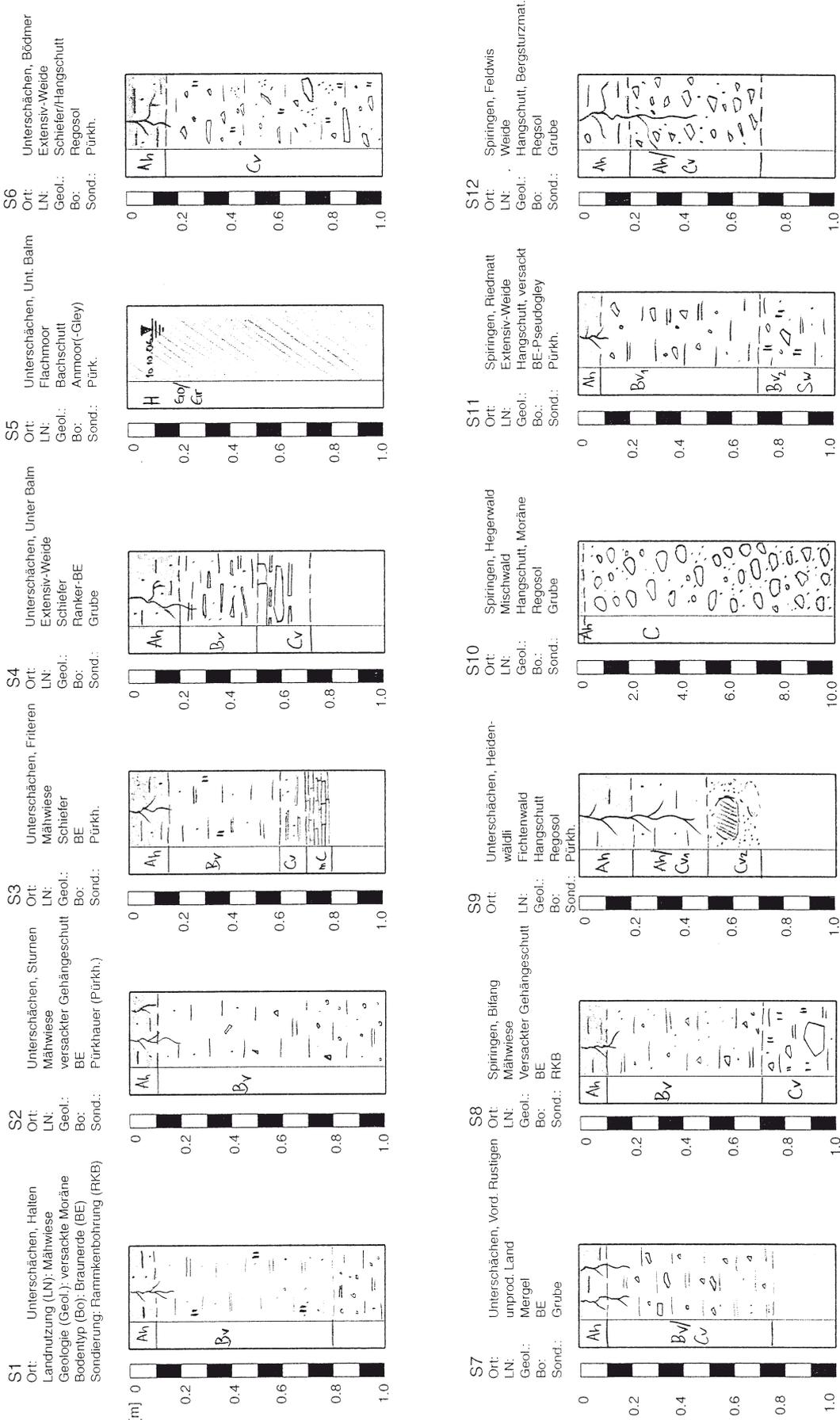
Anhang 5.1: Zwei geologische Querprofile durch das Schächental zeigen die Tektonik (AX = Axendecke, DR = Drusbergdecke, Hantke R., 1961).
 Profil A: Klausenpass, Profil B: Spirringen.

Anhang 5.2: Die geologischen Einheiten im Schächental und ihre lithologische Beschreibung. Die Beschreibung bezieht sich auf die geologische Karte Schächental (Brückner W., Zbinden P. (1987): Die Beurteilung der Durchlässigkeit erfolgt nach Jäckli et al. (1985).

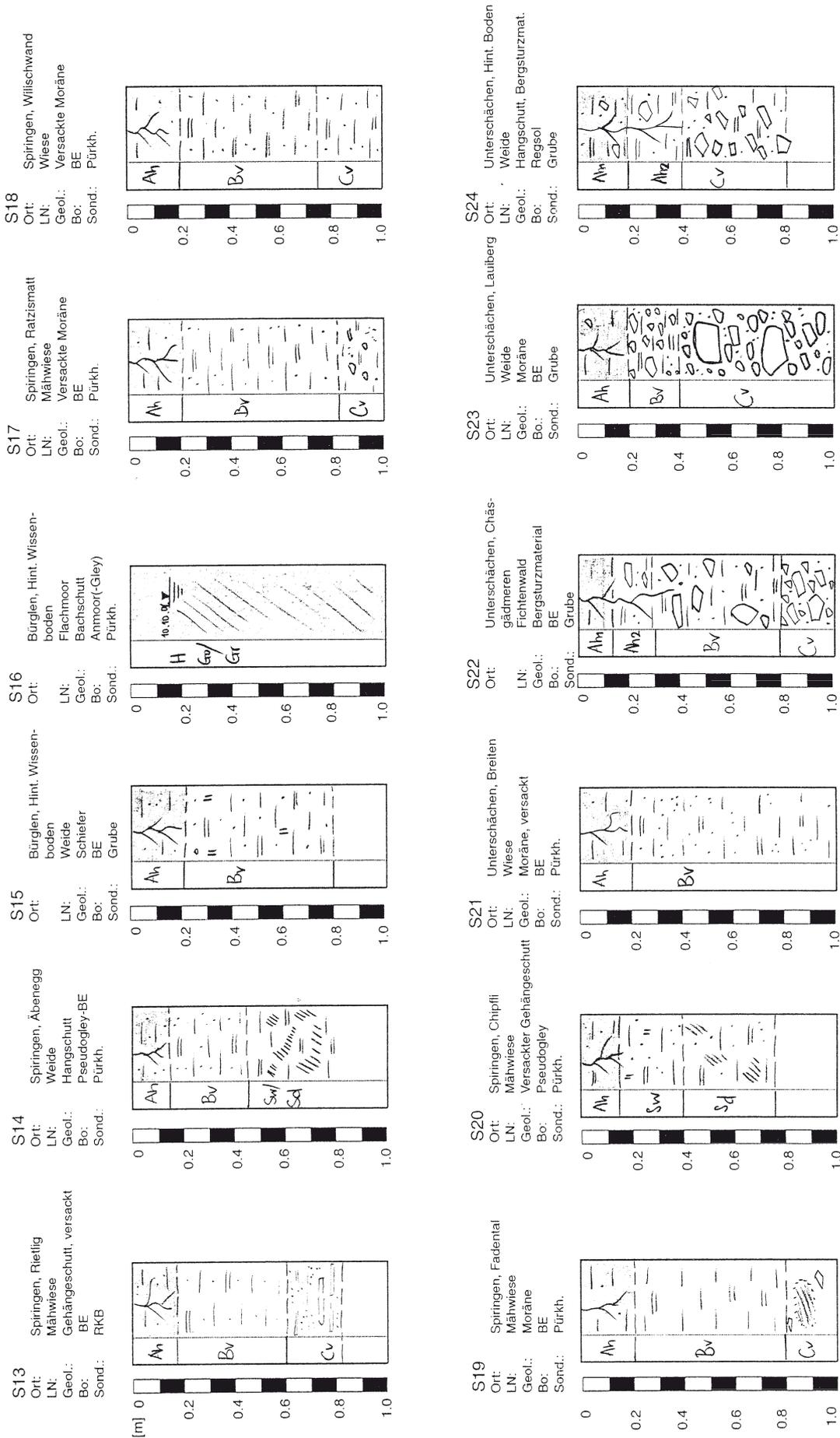
System	Serie	Formation	Beschreibung	Durchlässigkeit	Vorkommen (beispielhaft)
Quartär und rezente Ablagerungen		Hang- und Gehängeschutt	blockiges bis kiesiger Material	gross	weit verbreitet im Einzugsgebiet
		Bergsturzmaterial	grobblockiges bis feinblockiges Material	gross	Fuss der Felswände (Schächentaler Windgällen,
		Alluvionen	Bachschutt	gross	Entlang des Schächens, Schwemmkegel Bürglen-Aldorf
		Moräne	Kiese-Sande	gross	Brunni, Griess, Schattdorfer Berge, Teiftal, weite Teile der Nordflanke etc.
Tertiär		Wildflysch	grau-bräunliche Mergelschiefer, Tonschiefer, weniger Sandkalke	gering	Nordflanke: Oberlauf Holderbach, Guggibach und Gangbach
		Globigerinenmergel			
		Nummulitenkalke			
		Altdorfer Sandstein	Ton- und Mergelschiefer, untergeordnet Sandstein und Konglomerate	uneinheitlich	Südflanke, Bacheinschnitte der Nordflanke
	Taveyennaz Sandstein mit Schieferlagen		uneinheitlich	Hoch Fülen – Sittliser, Gross Spitzen, Chli Ruchen	
Kreide		Seewerkalk, Garschellaformation	dünnbankiger Kalk	gross	kleinräumig (Griesstock, Schärhorn)
		Schrattenkalk		gross	kleinräumige Vorkommen (Klausen)
		Drusbergschichten	Mergelschiefer und Mergelkalke	Stauer	kleinräumige Vorkommen (Griesstock)
		Helvetischer Kieselkalk	mittelbankiger Kalk mit dünnen Mergellagen	Leiter	kleinräumige Vorkommen (Griesstock, Schärhorn, Klausen)
		Öhrlichichten		uneinheitlich	Griesstock, Platti
		Zementseinschichten	Wechselagerungen aus gebankten Kalken und mergeligen Gesteinen	gross	kleinräumige Vorkommen
Jura	Malm und Dogger	Quinterkalk	bankige Kalke, z. T. stark verwittert	gross	ausgedehnte Vorkommen (Bälmeten, Gr. Windgällen, Gr. Ruchen, Brunnital, Klausen, Schächental. Windgällen)
		Schilt-Formation	oben massige Bänke gegen unten Tonlagen und Mergel	uneinheitlich	Lokal (Geissberg)
	Lias		Schiefer und Mergel		kleinräumig



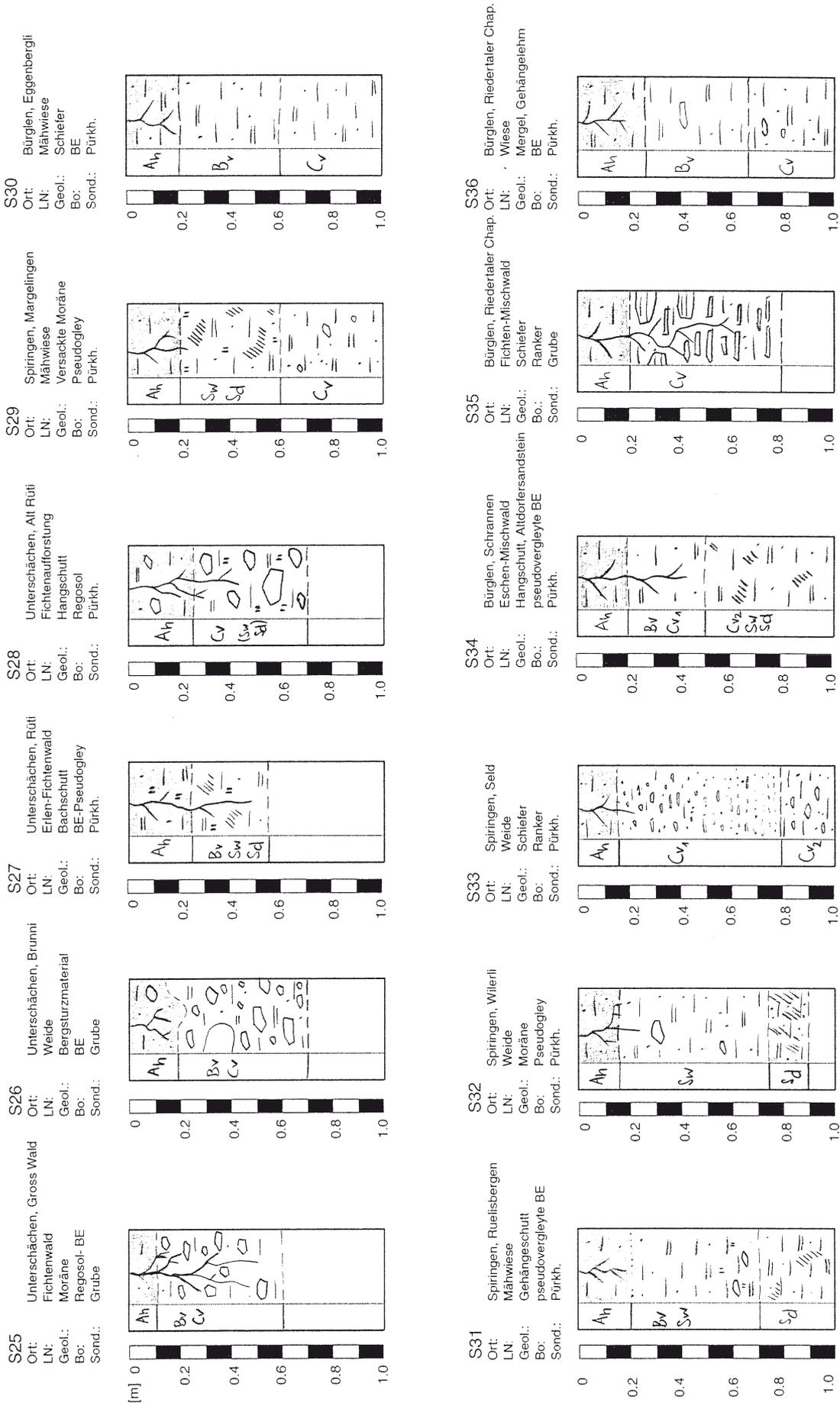
Anhang 5.3: Hydrogeologische Karte der Schweiz: Ausschnitt Schächental (Jäckli et al., 1985).



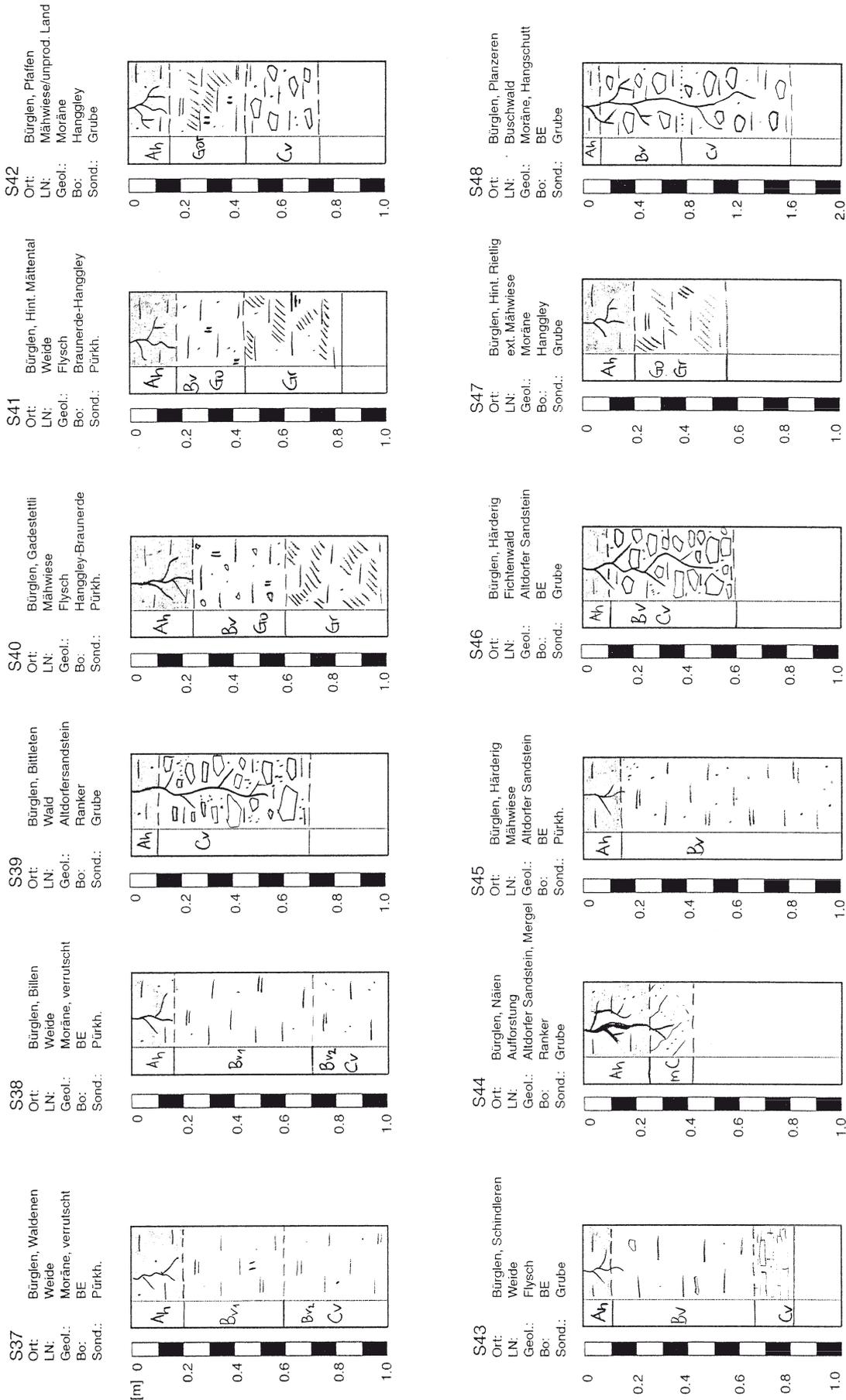
Anhang 5.4a: Die im Einzugsgebiet untersuchten Bodenprofile (S1-12) mit Angabe des Standorts, der Landnutzung, der Geologie, des Bodentyps und der Sondiermethode. Eine Beschreibung der Profile befindet sich im Anhang 5.5.



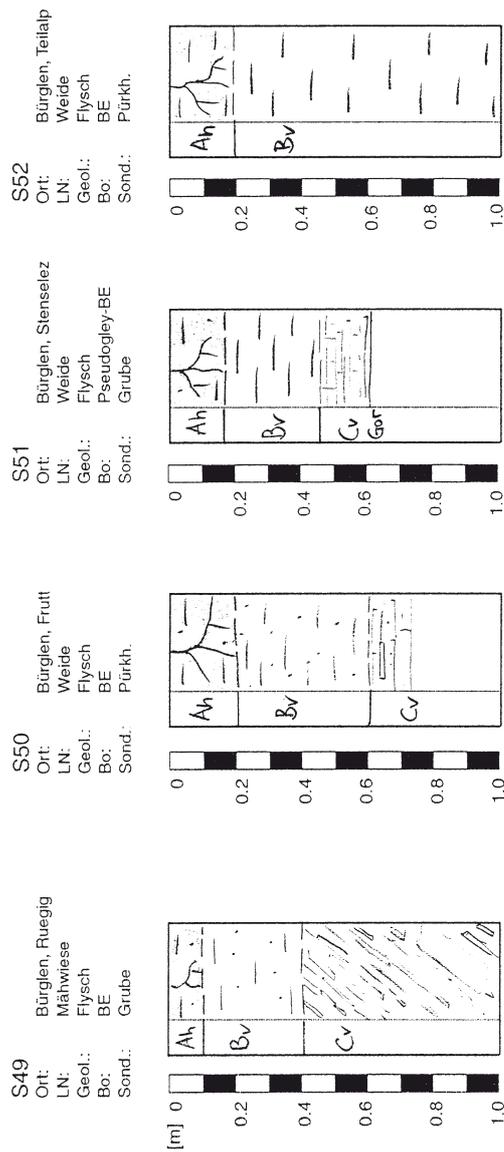
Anhang 5.4b: Die im Einzugsgebiet untersuchten Bodenprofile (S13-24) mit Angabe des Standorts, der Landnutzung, der Geologie, des Bodentyps und der Sondiermethode. Eine Beschreibung der Profile befindet sich im Anhang 5.5.



Anhang 5.4c: Die im Einzugsgebiet untersuchten Bodenprofile (S25-36) mit Angabe des Standorts, der Landnutzung, der Geologie, des Bodentyps und der Sondiermethode. Eine Beschreibung der Profile befindet sich im Anhang 5.5.



Anhang 5.4d: Die im Einzugsgebiet untersuchten Bodenprofile (S37-48) mit Angabe des Standorts, der Landnutzung, der Geologie, des Bodentyps und der Sondiermethode. Eine Beschreibung der Profile befindet sich im Anhang 5.5.



Anhang 5.4e: Die im Einzugsgebiet untersuchten Bodenprofile (S49-52) mit Angabe des Standorts, der Landnutzung, der Geologie, des Bodentyps und der Sondiermethode. Eine Beschreibung der Profile befindet sich im Anhang 5.5.

Anhang 5.5: Die Eigenschaften der im Anhang 5.4 dargestellten Bodenprofile im Einzugsgebiet des Schächens (S1-S52) mit der Einschätzung von Infiltration und Speichervermögen und Angabe des zu erwartenden dominanten Abflussprozesses (RKB. = Rammkernbohrung, Pürkh. = Schlagsonde nach Pürkhauer, U, u = Silt, siltig; L, l = Lehm, lehmig; S, s = Sand, sandig; T, t: Ton, tonig; A = Oberboden, B = Unterboden, C = Ausgangsmaterial, H, h = organisches Material, m = Festgestein, Sw, Sd Bodenhorizonte von Pseudogleyböden. Prozesse: SSF (Subsurface Flow = Abfluss im Boden), SOF (Saturated Overland Flow = gesättigter Oberflächenabfluss), DP (Deep Percolation = Tiefensickerung), SOF1: rasch, SOF2: leicht verzögert, SOF3 stark bis sehr stark verzögert abfließend).

	Profilbeschreibung		Profilbeschreibung
S1	Unterschächen, Halten Braunerde, BE (Rammkernbohrung, RKB) Ah1: brauner Us, Mull Bv: beiger Lu, gegen unten etwas Grobsand Cv: beigebrauner Lu Infiltrationsvermögen (Inf.): normal Speichervermögen (Spv.): gross Prozesse (Proz.): SSF2	S2	Unterschächen, Sturnen BE (Pürkhauer, Pürkh.) Ap: brauner Us, Mull Bv: beigebrauner Us gegen unten Ls Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF2 (-3)
S3	Unterschächen, Friteren BE (Pürkh.) Ah1: brauner Us Bv: rötlichbrauner Lu mit Rost Cv: verwitterter Fels, Schiefer Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SSF1-2	S4	Klausen, Unter Balm BE (Pürkh.) Ah: dunkelbrauner Us Bv: brauner Lu mit viel Schiefer Inf.: normal Spv.: gering Proz.: SSF1
S5	Klausen, Unter Balm Anmoor (Pürkh.) Ah/H: organisches Material Inf.: gehemmt Spv.: gering Proz.: SOF1	S6	Klausen, Bödmer Regosol (Pürkh.) Ah: dunkelbrauner Us Cv: leicht siltiger grauer Grus (Grobsand mit Rost) Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SSF2 (-3)
S7	Klausen, Vorder Rustigen BE (Grube) Ah: brauner Us Bv/Cv: beigebrauner Ls Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SSF2	S8	Spiringen, Bifang BE (RKB) Ah: dunkelbrauner U Bv: beigebrauner Ls Cv: brauner Ls Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SSF2
S9	Unterschächen, Heidenwäldli Regosol (Grube) Ah1: dunkelbrauner Us, Moder, Fichten-nadeln Ah2/Cv1: dunkelbrauner Us mit viel organischem Material CV2: verwitterter Hangschutt / Bergsturzmaterial Inf.: normal Spv.: gross bis sehr gross Proz.: DP / SSF3	S10	Unterschächen, Hergerwald Regosol (Grube) Ah/Cv: dunkelbrauner U, Moder C: graue sandige Kiese mit viel Blöcken Inf.: normal Spv.: sehr gross Proz.: DP

S11	Spiringen, Riedmatt BE-Pseudogley (Pürkh.) Ah: dunkelbrauner Us Bv1: gelbbrauner Ls Bv2/Sw: Ls Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SOF2 / SSF2	S12	Spiringen, Feldwies Regosol (Grube) Ah: brauner U, Mull Ah/Cv: Kalksteinschutt Inf.: normal Spv.: sehr bis sehr gross Proz.: DP
S13	Spiringen, Rietlig BE (RKB) Ah: brauner Us Bv: beige-brauner Lu Cv: grauer, verwitterter Schiefer Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF2-3	S14	Spiringen, Äbenegg Pseudogley-BE (Pürkh.) Ah: brauner U, Mull Bv: beigebrauner Lu Sw/Sd: brauner Lu Inf.: leicht gehemmt Spv.: mässig Proz.: SOF2 (SSF2)
S15	Spiringen, Hint. Wissenboden BE (Grube) Ah: dunkelbrauner Us Bv: brauner Lu Inf.: normal bis leicht gehemmt Spv.: mässig Proz.: SSF2 (SOF2)	S16	Spiringen, Hint. Wissenboden Anmoor (Pürkh.) Ah/H: grau.-schwarzes organisches Material Wsp: 15 cm unter Flur (10.10.06) Inf.: gehemmt Spv.: gering Proz.: SOF1
S17	Spiringen, Ratzismatt BE (Pürkh.) Ah: dunkelbrauner U Bv: brauner Lu Cv: braun-grauer Ls Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3	S18	Spiringen, Wilischwand BE (Pürkh.) Ah: dunkelbrauner U Bv: brauner Lu Cv: brauner Lu Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SSF2-3
S19	Spiringen, Fadental BE (Pürkh.) Ah: dunkelbrauner Us Bv: brauner Lu Cv: grauer Gestein (Hangschutt) Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3/ SSF2	S20	Spiringen, Chipfli Pseudogley (Pürkh.) Ah: dunkelbrauner Lu Sw: brauner Lu Sd: grauer-brauner Lu Inf.: gehemmt Spv.: gering-mässig Proz.: SOF2
S21	Unterschächen, Breiten BE (Pürkh.) Ah: dunkelbrauner Us Bv: brauner Ls Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3/ SOF3	S22	Äsch, Chäsgädmeren BE (Grube) Ah1: dunkelbrauner Lu, Moder Ah2: dunkelbrauner Lu Bv: brauner Lu mit 40% Skelett Cv: Hangschutt Inf.: normal Spv.: gross bis sehr gross Proz.: SSF3 /DP
S23	Äsch, Lauiberg BE (Grube) Ah: dunkelbrauner Us Bv: brauner Ls/Lu Cv: Hangschutt aus 50% Skelett, Lu/Ls Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3	S24	Brunnital, Hint. Boden Regosol (Grube) Ah1: dunkelbrauner Lu Ah2: dunkelbrauner Lu Cv: Hangschutt, 40% Skelett Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3

S25	Brunnital, Gross Wald Regosol-BE (Grube) Oaf: Auflage aus schwarzbraunem Rohhumus Bv/Cv: rötlichbrauner Us Inf.: normal Spv.: sehr gross Proz.: DP	S26	Brunnital, Brunn BE (Grube) Ah: dunkelbrauner Us Bv/Cv: brauner Lu, 30% Skelett Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3 (DP)
S27	Brunnital, Rüti BE-Pseudogley (Pürkh.) Ah: dunkelbrauner Lu Bv/Sw/Sd: brauner, stellenweise grauer Lu Inf.: leicht gehemmt Spv.: mässig Proz.: SOF2	S28	Brunnital, Alt Rüti Regosol (Pürkh.) Ah: grau-brauner Lu Cv: grau-brauner Lu Inf.: normal bis leicht gehemmt Spv.: gross Proz.: SSF2/3
S29	Spiringen, Margelingen Pseudogley (Pürkh.) Ah: dunkelbrauner Lu Sw/Sd: brauner Lu mit grauen Flecken und Rost Cv: brauner Ls/Lt Inf.: leicht gehemmt Spv.: mässig Proz.: SOF2	S30	Spiringen, Eggenbergli BE (Pürkh.) Ah: dunkelbrauner Lu Bv: brauner Lu Cv: beige-brauner Lu Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SSF2
S31	Spiringen, Ruelisbergen Pseudovergleyte BE (Pürkh.) Ah: dunkelbrauner Us Bv/Sw: beigebrauner Lu Sd: braun-grauer Ls Inf.: leicht gehemmt Spv.: mässig Proz.: SOF2/SSF2	S32	Spiringen, Wilerli Pseudogley (Pürkh.) Ah: dunkelbrauner Lu Sw: brauner Lu Sd: grauer Ls Inf.: leicht gehemmt Spv.: mässig Proz.: SSF1 (2), SOF2
S33	Spiringen, Seld Ranker (Pürkh.) Ah: dunkelbrauner Us Cv1: grusartiges Schiefergemenge Cv2: brauner Ls mit Kies Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SSF2	S34	Bürglen, Schranken Pseudovergleyte BE (Pürkh.) Ah: dunkelbrauner Us Bv/Cv1: beigebrauner Lu Cv2/Sw/Sd: beige-grauer Lu Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SSF2
S35	Bürglen, Riedertaler Chappelen Ranker (Grube) Ah: dunkelbrauner Us Cv: grauer Grus mit viel Skelett Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF2	S36	Bürglen, Riedertaler Chappelen Pseudovergleyte BE (Pürkh.) Ah: dunkelbrauner Us Bv: brauner Lu Cv: beige-brauner Lu Inf.: leicht gehemmt Spv.: mässig Proz.: SSF2/SOF2
S37	Bürglen, Waldenen Ranker (Pürkh.) Ah: dunkelbrauner Us Bv1: brauner Lu Bv2/Cv: brauner Lu, dicht gelagert Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF2-3	S38	Bürglen, Billen BE (Pürkh.) Ah: dunkelbrauner Us Bv: brauner Lu Cv: brauner Ls, etwas dichter gelagert Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF2

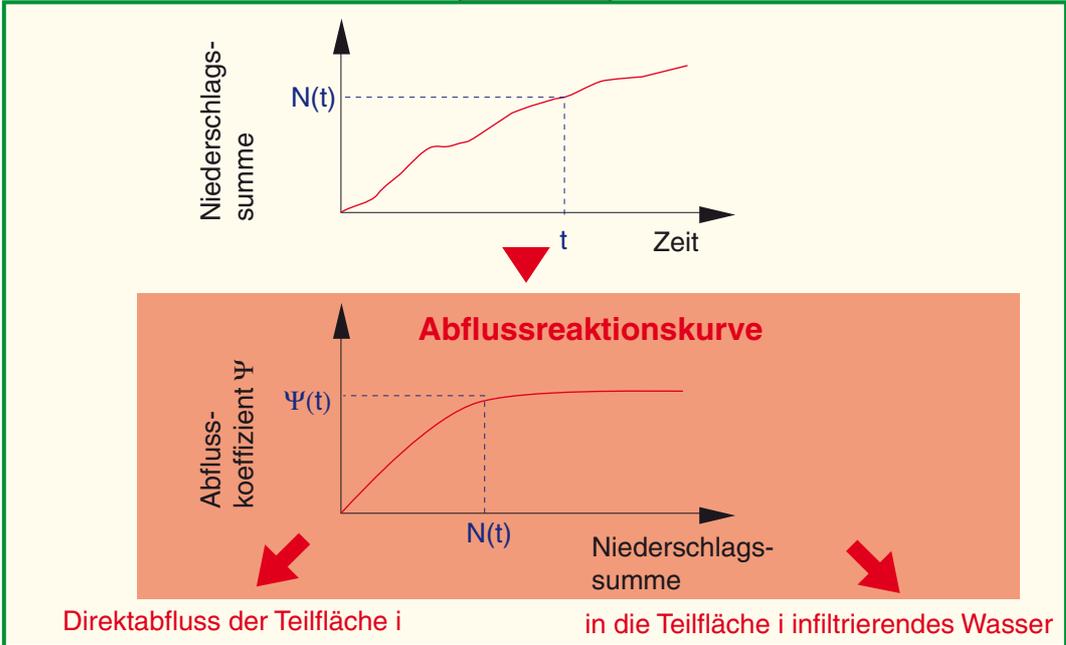
S39	Bürglen, Billeten Ranker (Grube) Ah: dunkelbrauner Us Cv: beiger Su mit 30-40% Skelett Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SSF2 (3)	S40	Bürglen, Gadestetli Hanggley-BE (Pürkh.) Ah: dunkelbrauner Us Bv/Go: brauner Us Gr: grauer Us, Inf.: leicht gehemmt Spv.: mässig bis gering Proz.: SSF1-2
S41	Bürglen, Hint. Mättental BE-Hanggley (Pürkh.) Ah: brauner Us Bv/Go: brauner Lu Gr: grau-brauner Us Inf.: gehemmt Spv.: mässig bis gering Proz.: SOF2	S42	Bürglen, Pfaffen Hanggley (Grube) Ah: dunkelbrauner Us Go/r: braun-grauer Lu Cv: graue Kiese, Steine und Blöcke Inf.: gehemmt Spv.: gering Proz.: SOF2/SSF1-2
S43	Bürglen, Schindleren BE (Grube) Ah: brauner Us Bv/Go: brauner U, wenig Skelett Cv: verwitterter Fels Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3	S44	Bürglen, Näien Ranker (Grube) Ah: dunkelbrauner Us mC: anstehender Fels Inf.: normal Spv.: gering Proz.: SSF1
S45	Bürglen, Härderig BE (Pürkh.) Ah: brauner Us Bv: beigebrauner Lu bis Ls, wenig Rost Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3	S46	Bürglen, Härderig BE (Grube) Ah: dunkelbrauner Us Bv/Cv: beige-brauner Us mit viel Skelett Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SSF2
S47	Bürglen, Hint. Rietlig Hanggley (Grube) Ah: brauner Us Go/r: graubrauner Lu Inf.: normal Spv.: sehr gering Proz.: SOF1	S48	Bürglen, Pflanzeren BE (Grube) Ah: dunkelbrauner Us Bv: brauner Lu mit viel Skelett Cv: braungrauer Lu mit viel Skelett, Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3
S49	Bürglen, Ruerig BE (Grube) Ah: dunkelbrauner Us Bv: brauner Us Cv: verwitterter Schiefer Inf.: leicht gehemmt Spv.: mässig Proz.: SSF2	S50	Bürglen, Frutt BE (Pürkh.) Ah: dunkelbrauner Us Bv: brauner Us Cv: verwitterter Schiefer Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF2
S51	Bürglen, Steinselez Pseudogley-BE (Grube) Ah: dunkelbrauner Us Bv: brauner U Cv/Gor: verwitterter Schiefer mit Us Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SSF1-2	S52	Bürglen, Teilalp BE (Pürkh.) Ah: brauner U Bv: brauner U Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3

Jede Teilfläche ist charakterisiert durch

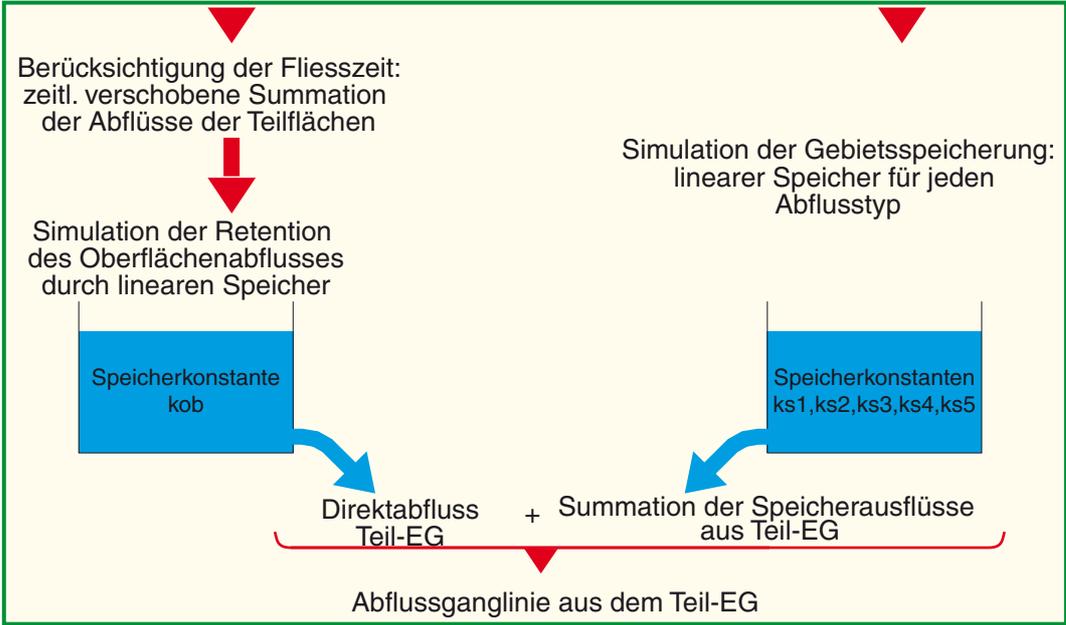
- Abflusstyp
- Niederschlagsganglinie
- Fließzeit bis zum Teil-EG-Ausfluss

dt=10 Min.

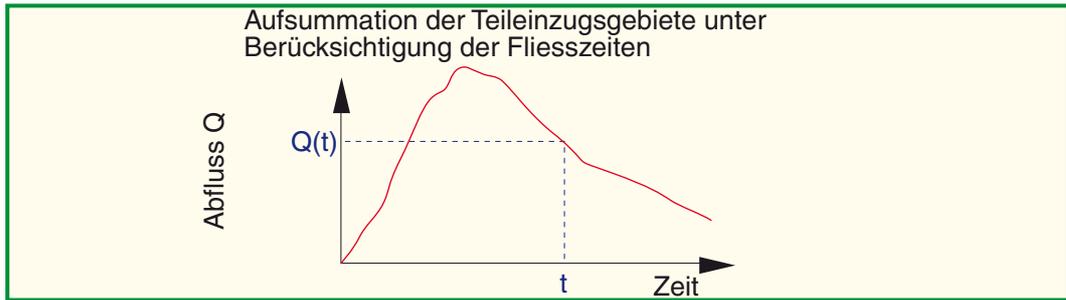
Stufe
Teilfläche



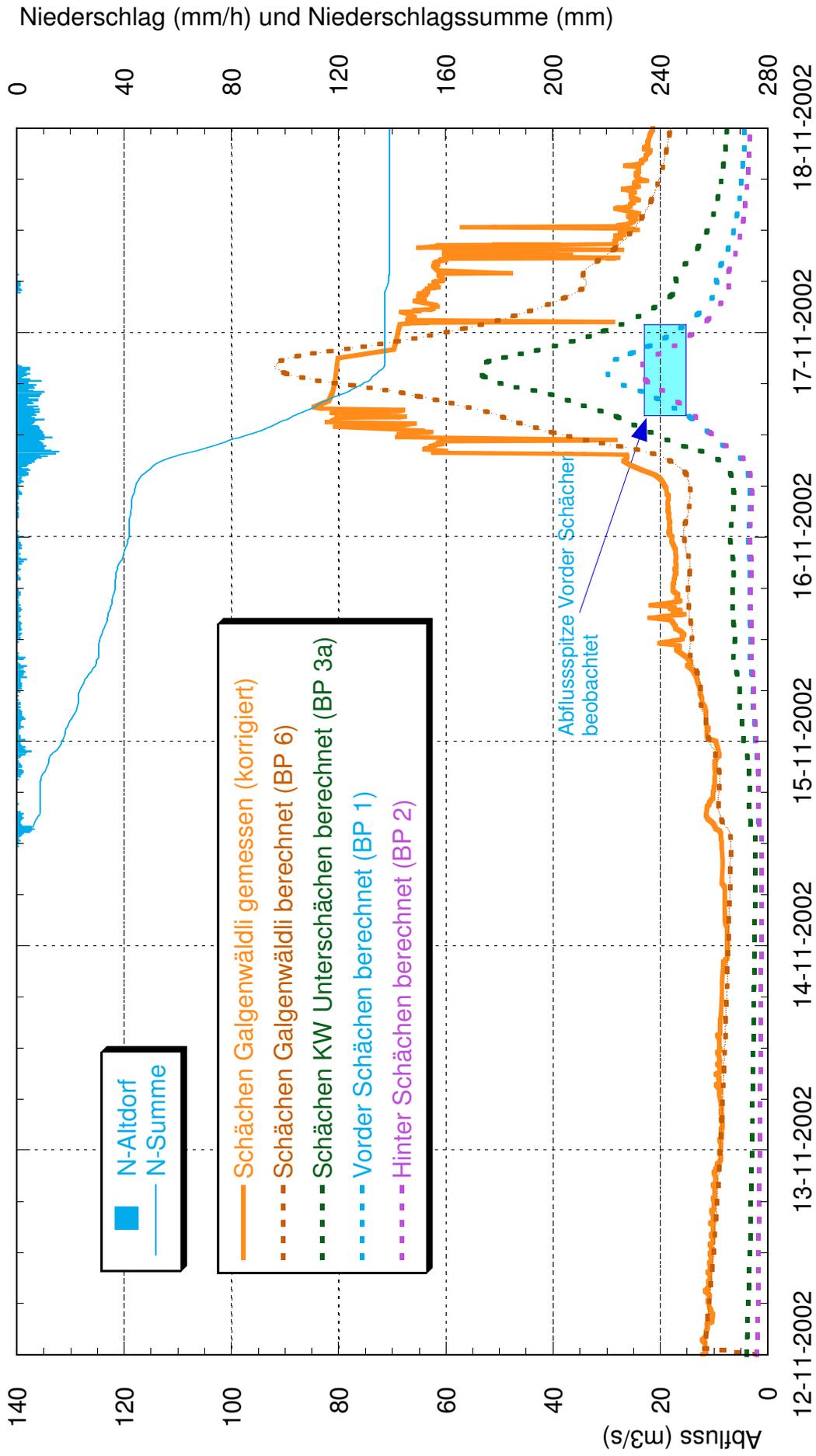
Stufe
Teileinzugs-
gebiet



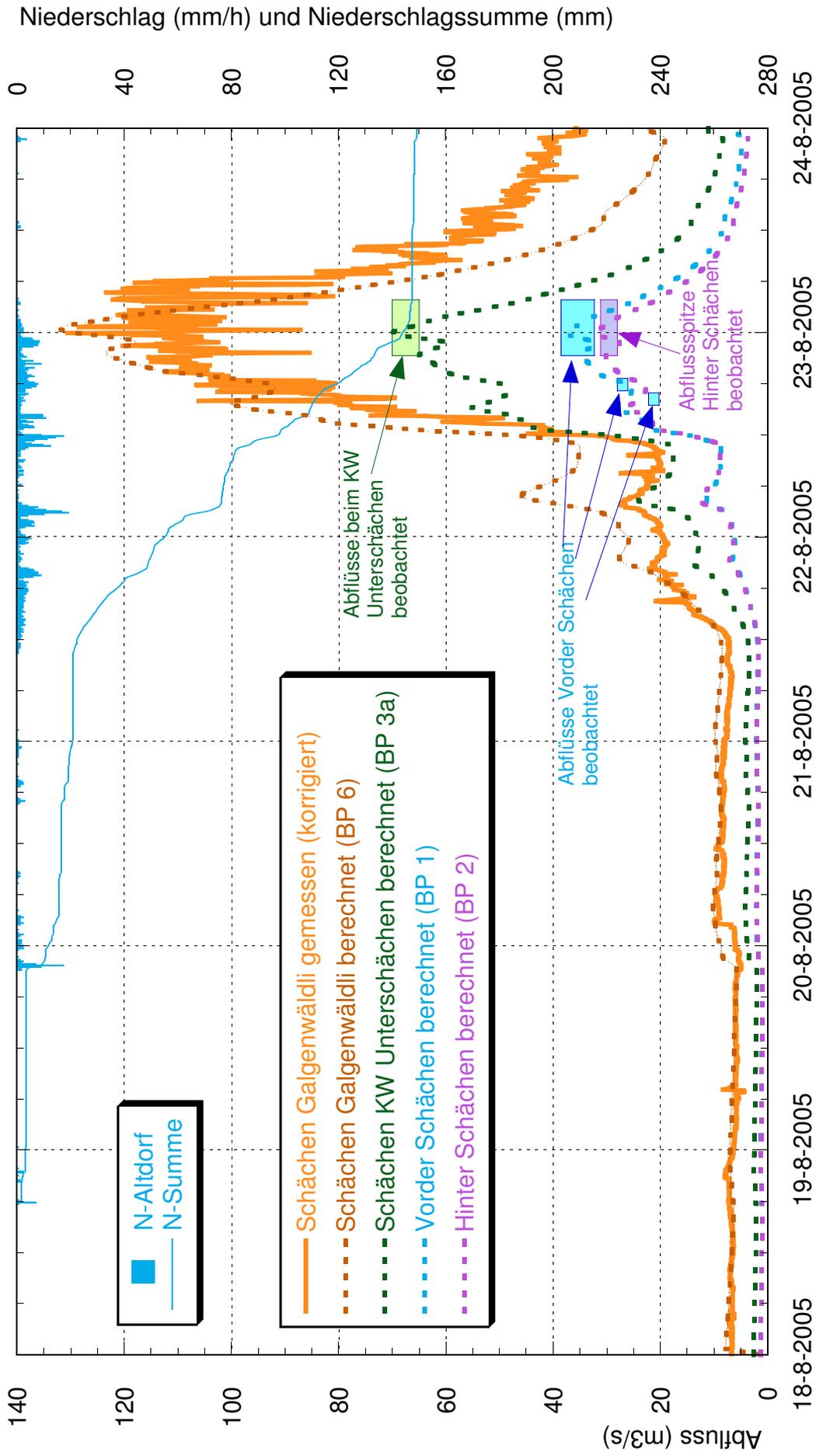
Einzugs-
gebiet



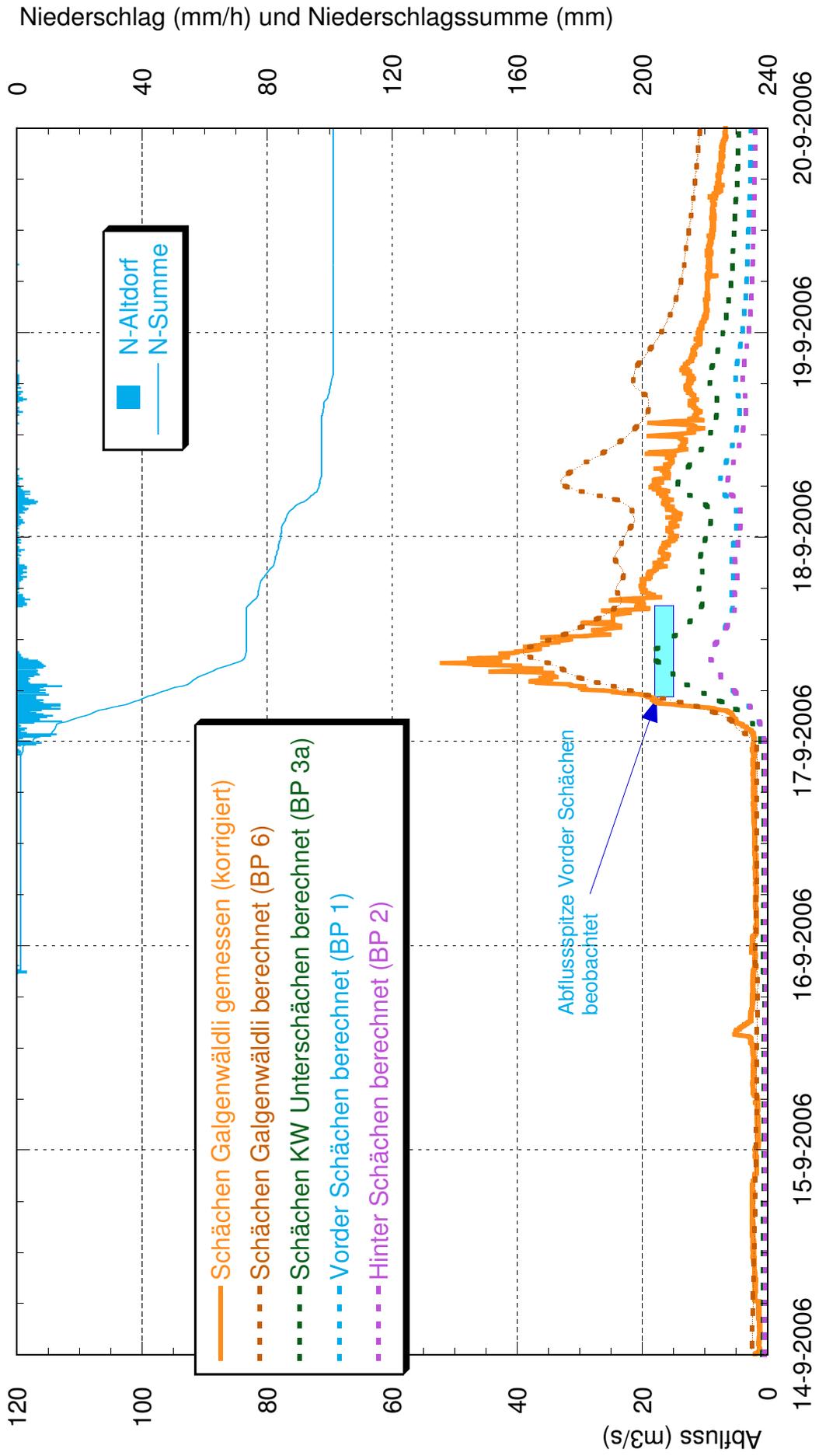
Anhang 6.1: Schematischer Aufbau des Niederschlags-Abfluss-Modells QArea. Zentrales Element ist die Abflussreaktionskurve, die für jede Teilfläche die Beziehung zwischen Niederschlagssumme und Abflusskoeffizient beschreibt.



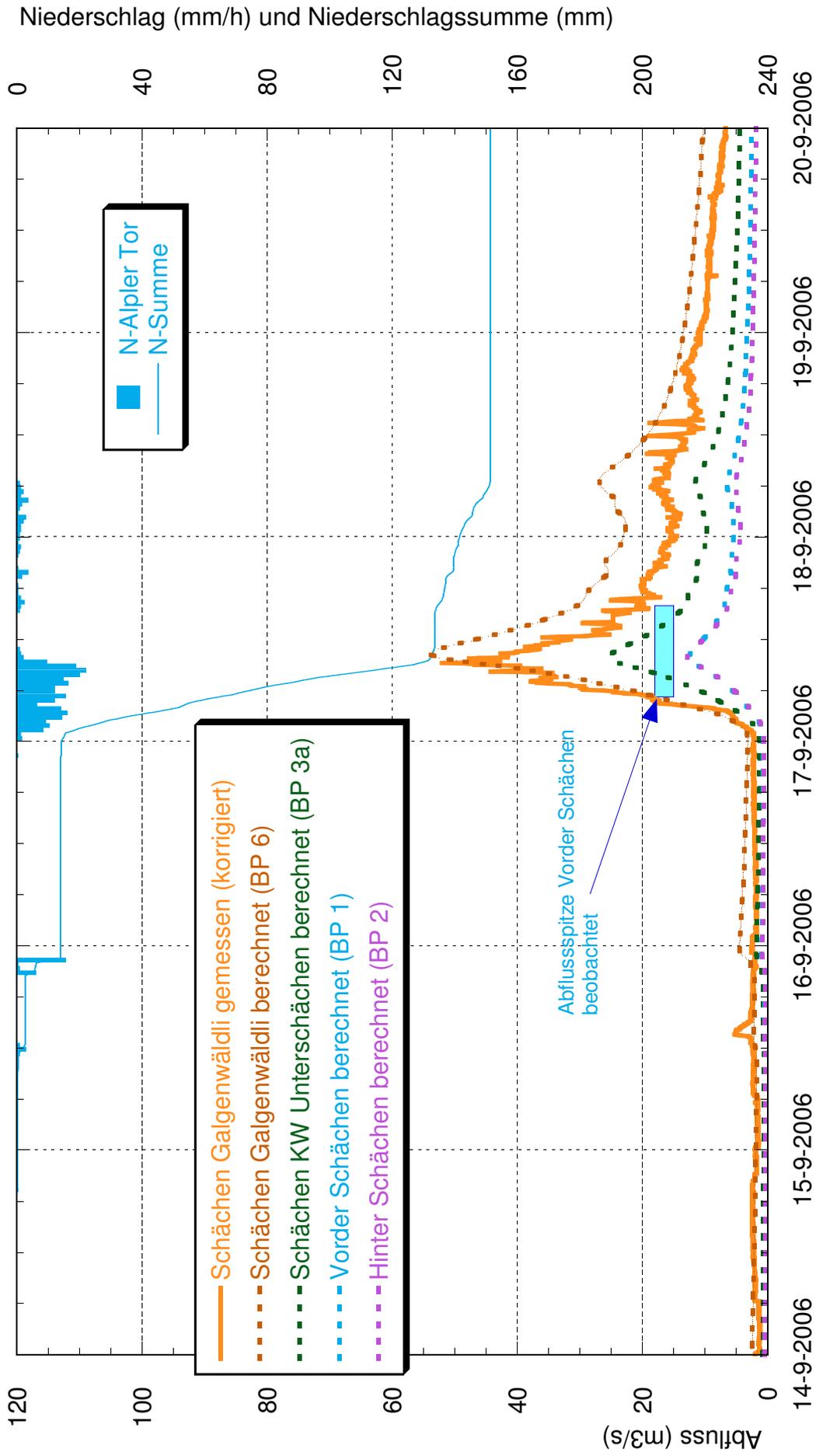
Anhang 6.2: Die am Pegel Galgenwäldli gemessene Abflussganglinie des Hochwassers vom 16.11.2002 und die Nachrechnung mit dem Modell QArea an verschiedenen Berechnungspunkten. Es wurde mit dem zeitlichen Niederschlagsverlauf der Station Altldorf gerechnet.



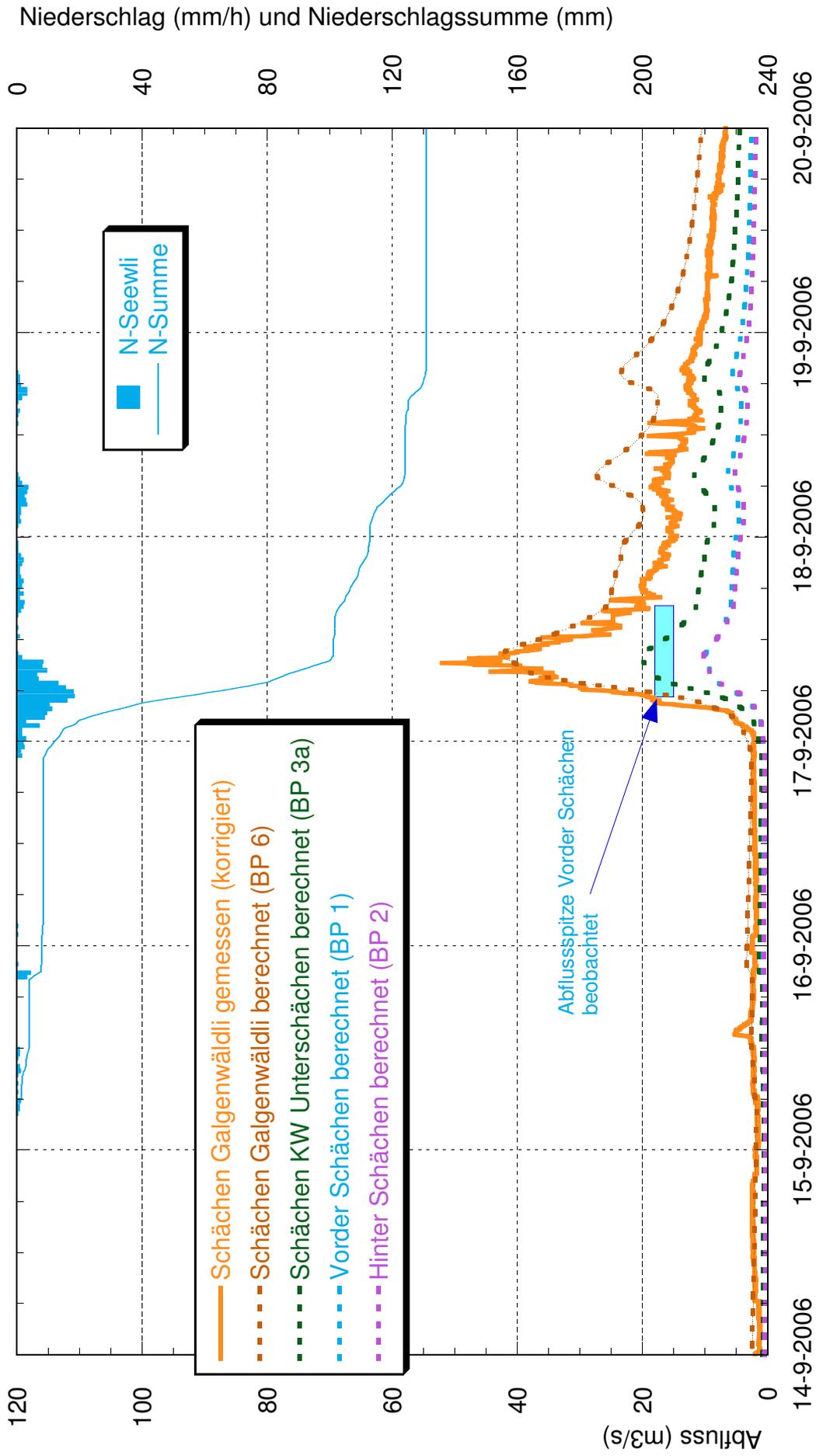
Anhang 6.3: Die am Pegel Galgenwäldli gemessene Abflussganglinie des Hochwassers vom 23.8.2005 und die Nachrechnung mit dem Modell QArea an verschiedenen Berechnungspunkten. Es wurde mit dem zeitlichen Niederschlagsverlauf der Station Altldorf gerechnet.



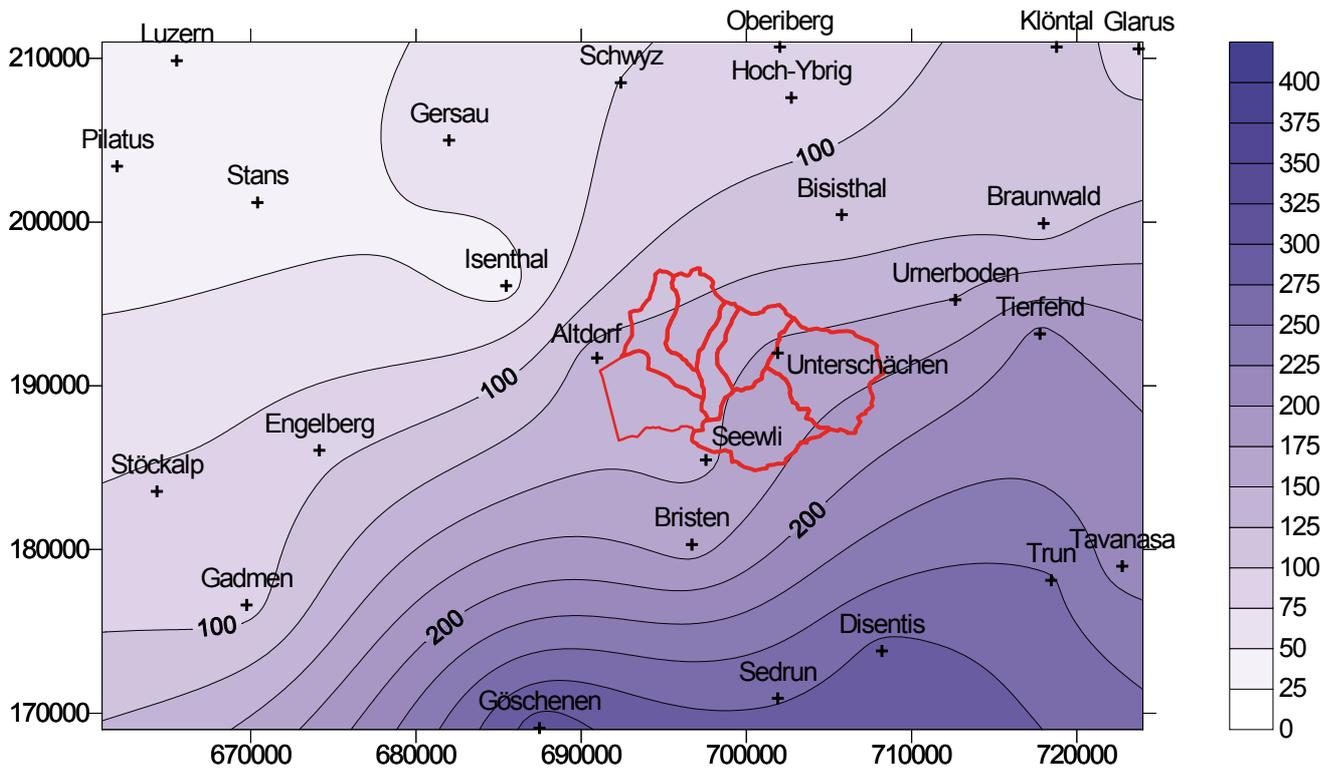
Anhang 6.4a: Die am Pegel Galgenwäldli gemessene Abflussganglinie des Hochwassers vom 17.9.2006 und die Nachrechnung mit dem Modell QArea an verschiedenen Berechnungspunkten. Es wurde mit dem zeitlichen Niederschlagsverlauf der Station Altendorf gerechnet.



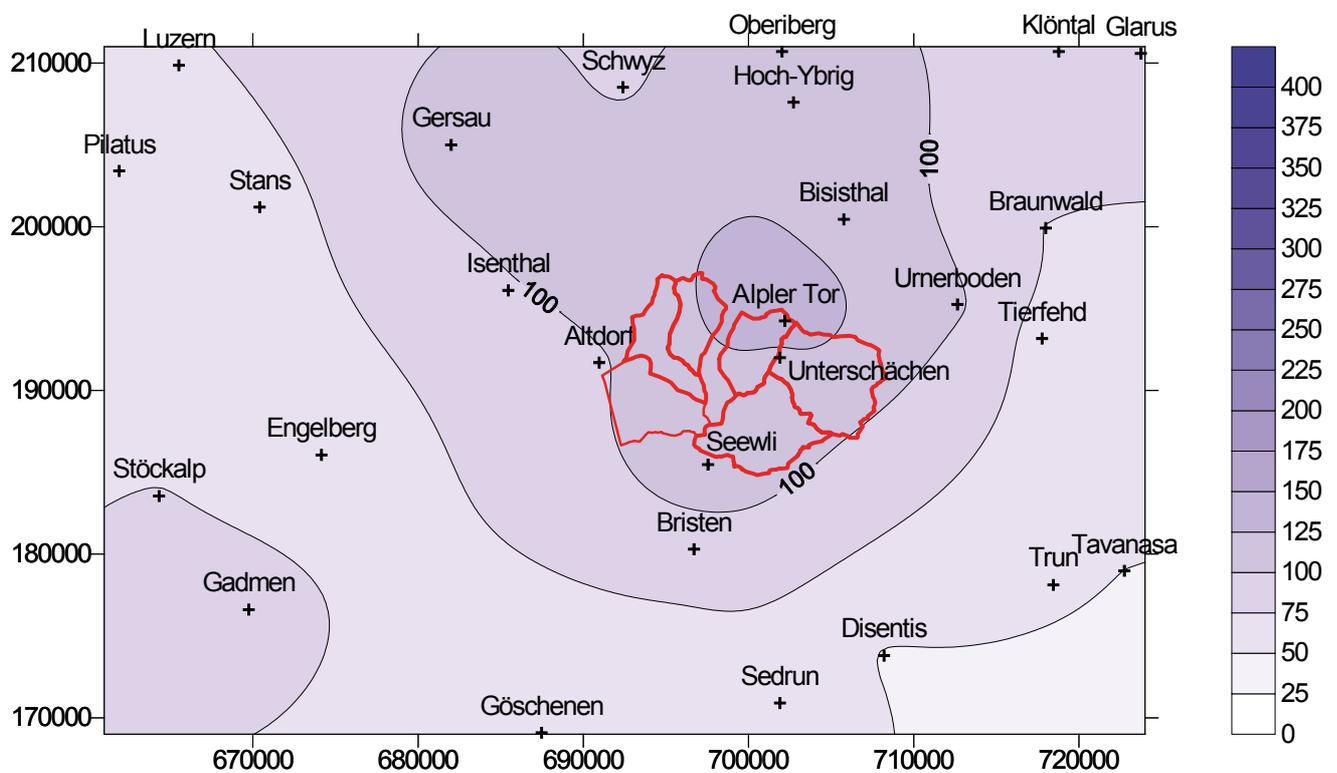
Anhang 6.4b: Die am Pegel Galgenwäldli gemessene Abflussganglinie des Hochwassers vom 17.9.2006 und die Nachrechnung mit dem Modell QArea an verschiedenen Berechnungspunkten. Es wurde mit dem zeitlichen Niederschlagsverlauf der Station Alpler Tor gerechnet..



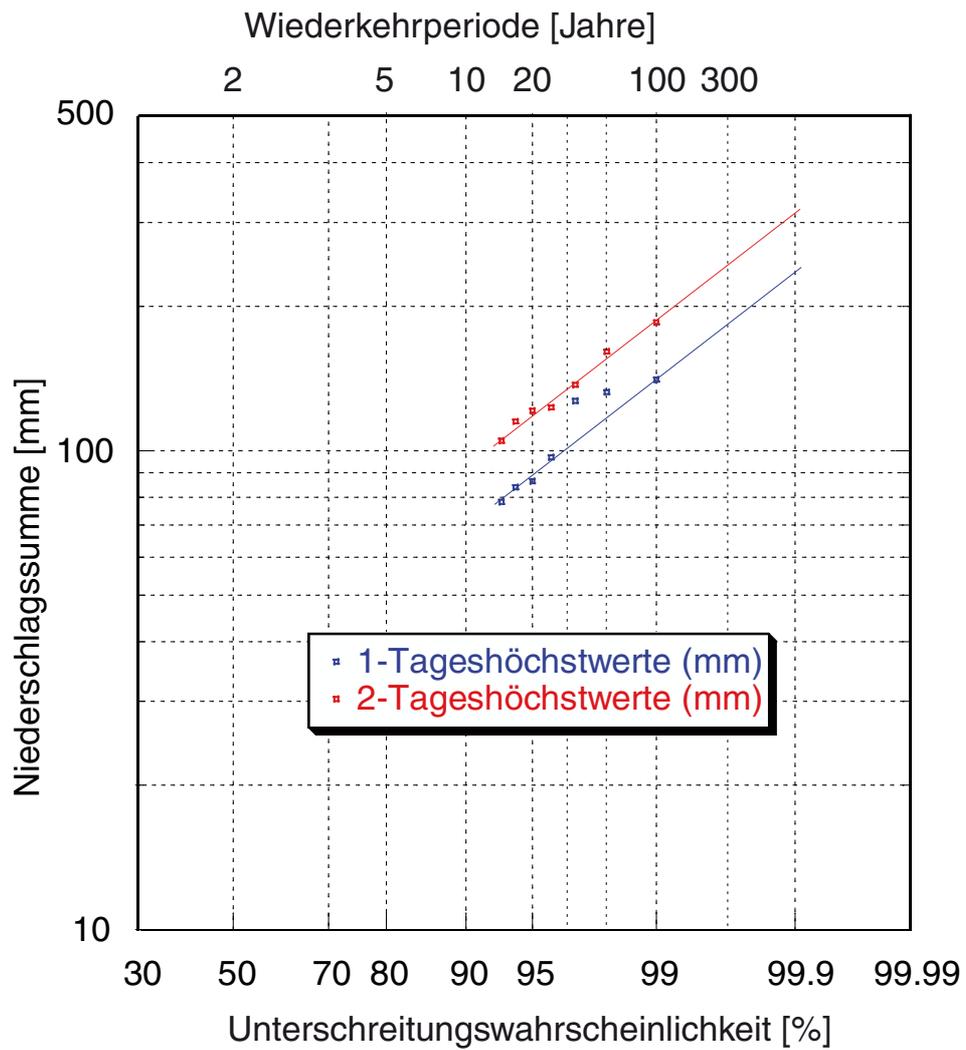
Anhang 6.4c: Die am Pegel Galgenwäldli gemessene Abflussganglinie des Hochwassers vom 17.9.2006 und die Nachrechnung mit dem Modell QArea an verschiedenen Berechnungspunkten. Es wurde mit dem zeitlichen Niederschlagsverlauf der Station Seewli gerechnet..



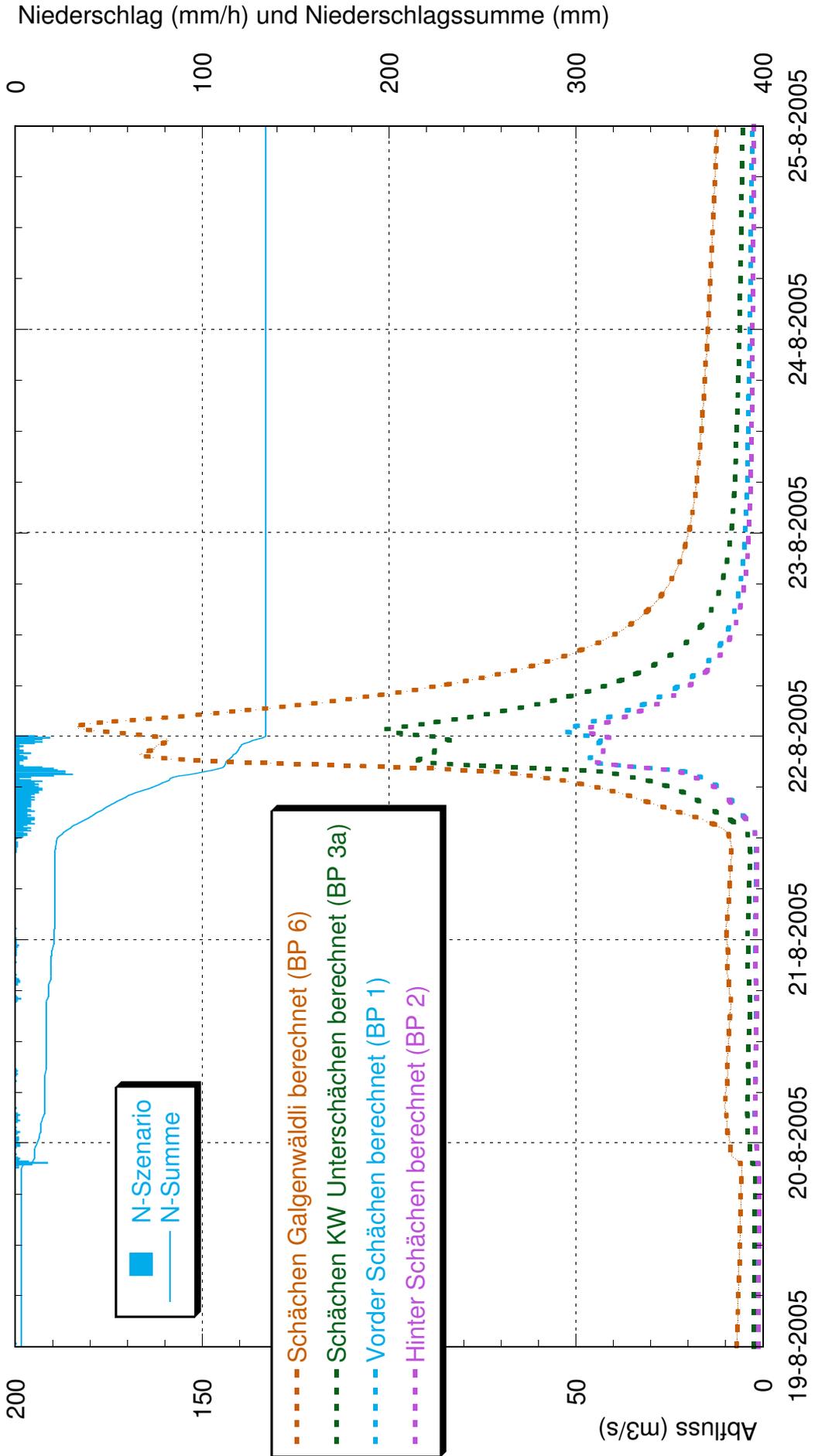
Anhang 6.5a: Räumliche Verteilung der Niederschlagssummen am 14.-16. November 2002 aufgrund der Bodenstationen.



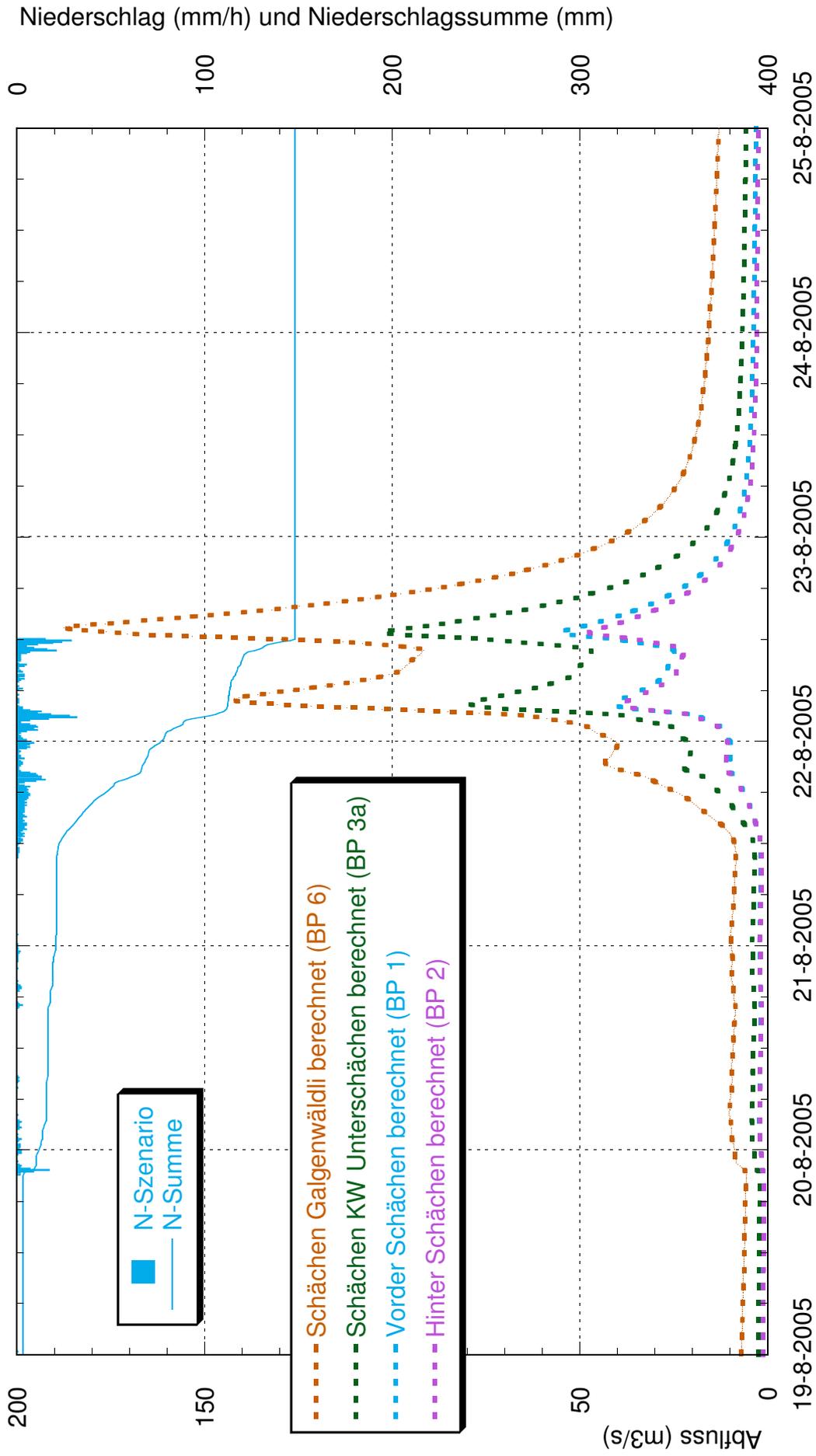
Anhang 6.5b: Räumliche Verteilung der Niederschlagssummen am 15.-17. September 2006 aufgrund der Bodenstationen.



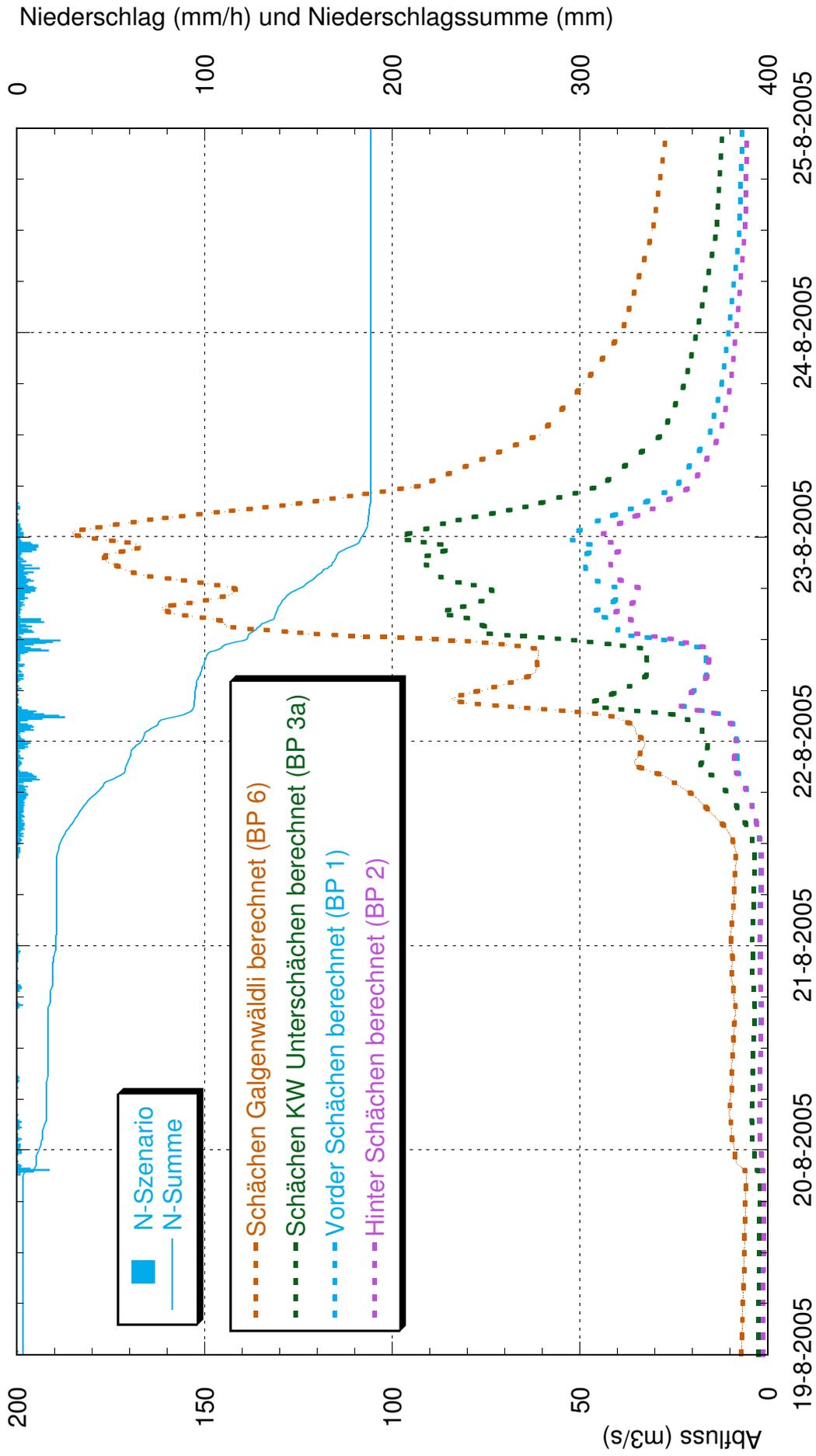
Anhang 6.6: Frequenzdiagramm der grössten gemittelten Niederschläge der Stationen Altdorf und Unterschächen. Um die Gebietsniederschläge annäherungsweise zu ermitteln, wurden die Werte von Altdorf und Unterschächen gemittelt.



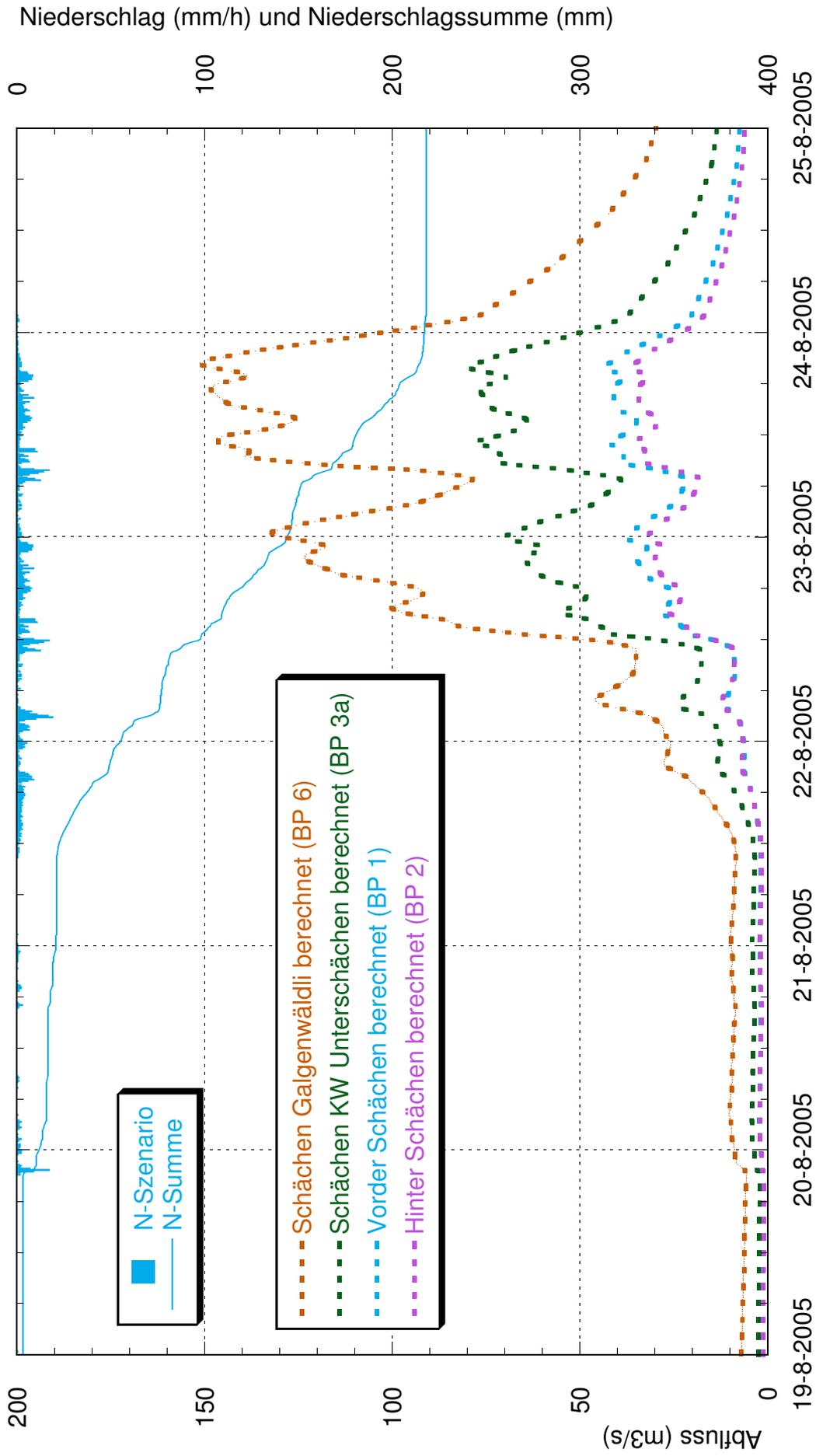
Anhang 6.7: Berechnung eines 300-jährlichen Hochwassers basierend auf dem Niederschlagsereignis vom August 2005 mit dem Modell QArea an verschiedenen Berechnungspunkten. Der zeitlichen Niederschlagsverlauf der Station Altdorf wurde am 21.8.2005 zwischen 12 Uhr und 24 Uhr soweit erhöht, dass der Gebietsniederschlag über 12 Stunden 160 mm ergibt.



Anhang 6.8: Berechnung eines 300-jährlichen Hochwassers basierend auf dem Niederschlagsereignis vom August 2005 mit dem Modell QArea an verschiedenen Berechnungspunkten. Der zeitlichen Niederschlagsverlauf der Station Altdorf wurde zwischen dem 21.8.2005 12 Uhr und 22.8.2005 12 Uhr soweit erhöht, dass der Gebietsniederschlag über einen Tag 180 mm ergibt.



Anhang 6.9: Berechnung eines 300-jährlichen Hochwassers basierend auf dem Niederschlagsereignis vom August 2005 mit dem Modell QArea an verschiedenen Berechnungspunkten. Der zeitlichen Niederschlagsverlauf der Station Altdorf wurde am 21. und 22.8.2005 soweit erhöht, dass der Gebietsniederschlag über 2 Tage 240 mm ergibt.



Anhang 6.10: Berechnung eines 300-jährlichen Hochwassers basierend auf dem Niederschlagsereignis vom August 2005 mit dem Modell QArea an verschiedenen Berechnungspunkten. Es wurde mit dem zeitlichen Niederschlagsverlauf der Station Altdorf gerechnet, welcher um 24 Stunden verlängert wurde. Der Gebietsniederschlag über 3 Tage beträgt 280 mm.

Anhang 7.1: Hydrologische Überlegungen zum Überlastfall

Die Überlegungen für die 300jährigen Hochwasser sind in Kap. 6.4.3 und im Anhang 6.7 – 6.10 aufgeführt. Im Zusammenhang mit den Hochwasserschutzmassnahmen stellt sich die Frage, wie ein Überlastfall aus hydrologischer Sicht aussehen könnte.

Dauer extremer Hochwasser:

Um wesentlich längere Hochwasser mit hohen Abflüssen zu erzeugen, sind Niederschläge von mehr als 3 Tagen notwendig, die anhaltend hohe Niederschlagsintensitäten aufweisen. Die Niederschlagsstatistiken (Zeller et al. 1978) zeigen, dass die Intensität langer Niederschläge nach 2 - 3 Tagen wesentlich abnimmt. Ein Abflussniveau von 180 m³/s über mehrere Tage ist daher nicht realistisch.

Abflussspitzen:

Bei einem Abflussniveau von 180 m³/s sind kurzzeitige Abflusszunahmen von 20 – 50% denkbar.

Historisch sind kurzfristige Abflusszunahmen beispielsweise aufgrund von Schwallwellen beschrieben (Schaller-Donauer, 1937: Hochwasser 17.7.1768)

"Am 14. Juli brachen hintereinander drei starke Gewitter los, dann kam der Dimmerföhn, dem ein starker Regen folgte. In der Nacht vom 16. Juli gingen in Witterschwanden zwei Erdschlipfe los, die Steine wie Stubenöfen mit sich führten. Diese fielen in den Schächen, der selbst schon stark angeschwollen war und nun durch die Steine gestaut wurde. Durch den Wasserschwall wurde die Brücke bei der Schächenkapelle gebrochen und die Wehren ob und unter der Schattdorferbrücke zerrissen. Am 17. war die Wassernot am höchsten; auch die Reuss ging hoch, trotzdem es in den Bergen geschneit hatte."