

Hydrologische Grundlagen für das Hochwasserschutzkonzept Menznau (LU) - Seewag



Spuren des Hochwassers vom 8. Juni 2007 an der Seewag beim Birkenwegsteg, Foto: Oeko-B AG (2007)

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

Bericht: 13/182

Reinach, Juni 2014

1 Einleitung	2
1.1 Problemstellung.....	2
1.2 Vorgehen.....	2
1.3 Gebietskennwerte.....	4
1.4 Gewährsleute.....	4
2 Verwendete Daten und Unterlagen	5
3 Historische Hochwasser	7
3.1 Einleitung.....	7
3.2 Angaben zur Ausbaugeschichte in Menznau.....	7
3.3 Abflusskapazität der Seewag und des Rickenbachs in Menznau.....	7
3.4 Die historischen Hochwasser an der Seewag und am Rickenbach.....	7
3.5 Schlussfolgerungen.....	10
4 Beurteilung der Abflussreaktion des Gebiets	11
4.1 Einleitung.....	11
4.2 Geologie und Hydrogeologie.....	11
4.3 Böden.....	12
4.4 Abflussprozesse und Abflusstypen auf natürlichen (nicht überbauten) Flächen.....	13
4.5 Abflussreaktion der Siedlungsgebiete.....	16
4.6 Abflussreaktionskurven.....	16
5 Abflussberechnungen	18
5.1 Einleitung.....	18
5.2 Grundlagen und Aufbau des Modells QArea.....	18
5.3 Modellverifikation.....	20
5.4 Niederschlag-Szenarien.....	21
5.5 Abflussberechnungen ohne HWRB.....	22
6 Hochwasserabflüsse definierter Jährlichkeit	23
6.1 Einleitung.....	23
6.2 Rickenbach in Menznau beim BP 5.....	23
6.3 Seewag in Menznau beim BP 6.....	23
6.4 Hochwasserabflüsse ohne HWRB.....	26
7 Wirkung der HWRB Hackbrätt und Rickenbach	27
7.1 Einleitung.....	27
7.2 Beckenberechnungen.....	27
7.3 Hochwasserabflüsse mit HWRB.....	27
7.4 Schlussfolgerungen.....	28
8 Anhang	29

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Die Seewag entwässert oberhalb des Zuflusses des Schwarzenbachs ein ca. 19 km² grosses Einzugsgebiet (EZG) des östlichen Napfrandgebiets und mündet bei Willisau in die Wigger (Abb. 1.1). Das Gebiet besteht aus einem Haupttal mit geringem Gefälle und etlichen vor allem von Westen her zufließenden steilen Bächen. Im Oberlauf liegt ein kleiner See (Tuetesee) mit seinen Zuflüssen, der bei Hochwasser als Rückhaltebecken wirkt. Zwischen Tuetesee und dem Ort Menznau wurde in einer bestehenden Mulde (Hackbrätt) ein Hochwasserrückhaltebecken (HWRB) erstellt. In Menznau unterquert die Seewag den Bahnhof und ist im Dorf teilweise eingedolt. Zudem fliesst hier der Rickenbach zu, an dem gegenwärtig ein HWRB erstellt wird. In Menznau ist es verschiedentlich schon zu Überflutungen gekommen. Das HWRB am Rickenbach soll die Abflüsse dämpfen und Menznau vor Hochwasser besser schützen.

Im Rahmen der Überprüfung der Funktionsweise des HWRB Hackbrätt durch Holinger hat sich gezeigt, dass die Hydrologie bei Hochwasser (Zusammenspiel aller Gewässer) für Menznau nicht ausreichend geklärt ist. Im Auftrag des Kantons LU wird Holinger deshalb ein Hochwasserschutz-(HWS)-Konzept für Menznau erarbeiten, wobei als wichtige Grundlage die hydrologischen Verhältnisse untersucht werden sollen. Auch für das in Vorbereitung befindliche HWRB Rickenbach ist eine Überprüfung der hydrologischen Grundlagen (Colenco, 2007) sinnvoll.

An der Seewag gibt es keine Abflussmessungen. Daher können die massgebenden Abflussspitzen und -volumen nicht ohne weiteres ermittelt werden. Für die Herleitung der massgebenden Abflussspitzen und -volumen an verschiedenen Stellen des EZG muss daher eine umfassende Untersuchung durchgeführt werden, die verschiedene hochwasserrelevante Aspekte beleuchtet.

1.2 Vorgehen

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

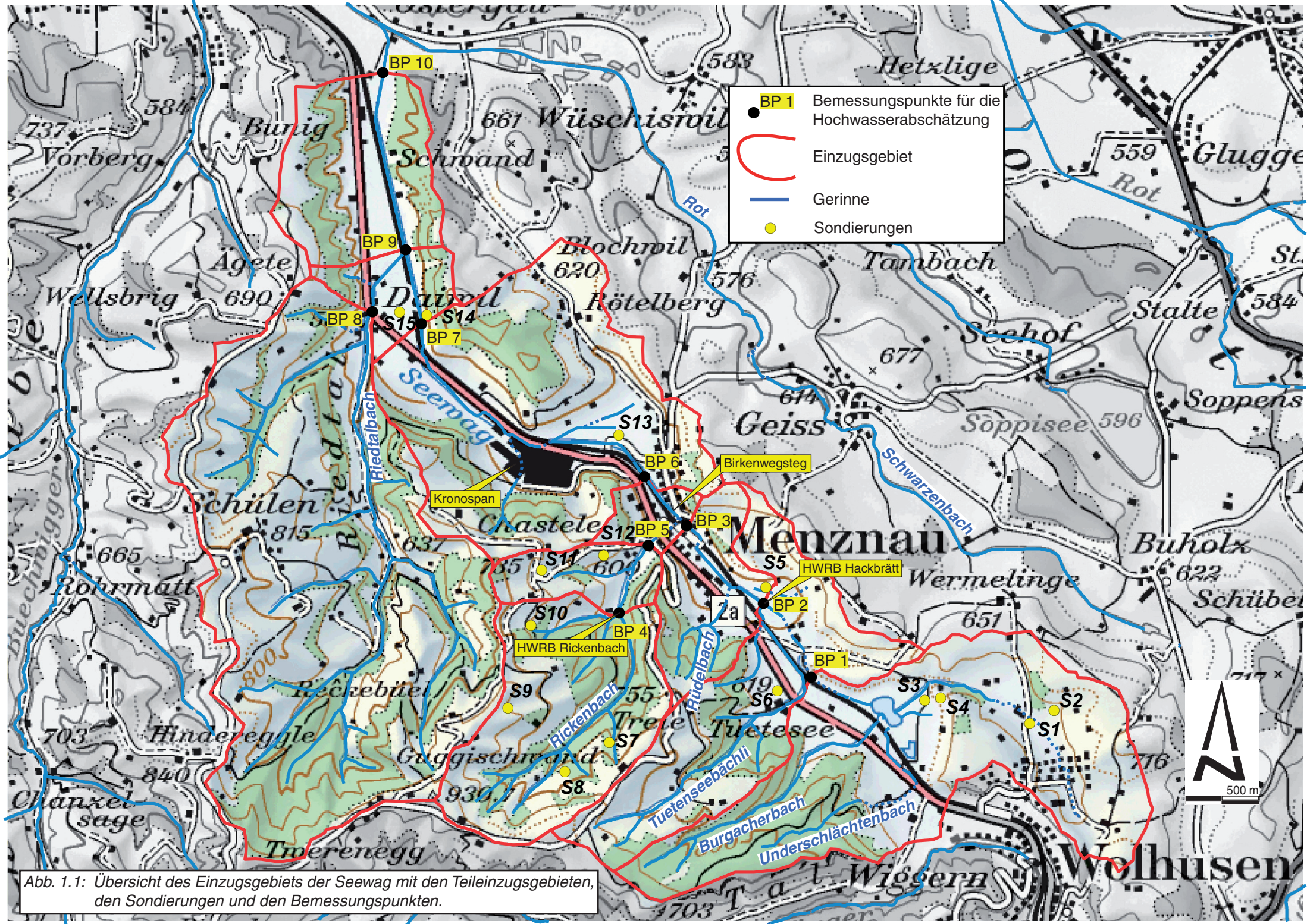


Abb. 1.1: Übersicht des Einzugsgebiets der Seewag mit den Teileinzugsgebieten, den Sondierungen und den Bemessungspunkten.

1.3 Gebietskennwerte

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

Tab. 1.1: Gebietskennwerte

Höchster Punkt im Einzugsgebiet (EZG) (Twerenegg)	981 m ü. M.
Tiefster Punkt im EZG (Ischlagmatt)	555 m ü. M.
EZG oberhalb BP 1: Seewag Tuetesee	3.3 km ²
EZG oberhalb BP 2: Seewag HWRB Hackbrätt	5.1 km ²
EZG oberhalb BP 3: Seewag vor Zufluss Rickenbach	5.9 km ²
EZG oberhalb BP 4: Rickenbach bei proj. HWRB	1.8 km ²
EZG oberhalb BP 5: Rickenbach in Menznau	2.2 km ²
EZG oberhalb BP 6: Seewag nach Zufluss Rickenbach	8.3 km ²
EZG oberhalb BP 7: Seewag vor Zufluss Riedtalbach	11.4 km ²
EZG oberhalb BP 8: Riedtalbach in Daiwil	5.8 km ²
EZG oberhalb BP 9: Seewag nach Zufluss Riedtalbach	17.6 km ²
EZG oberhalb BP 10: Seewag vor Zufluss Rot	18.8 km ²

1.4 Gewährsleute

Folgende Personen haben uns bei unseren Untersuchungen mit Informationen zu Hochwasser an der Seewag und seiner Zuflüsse unterstützt:

- Blum Beat (Gemeindeammann Menznau)
- Hollenstein Roland (Holinger AG, Winterthur)
- Näf Moritz, Jg. 1944 (eh. Gemeindeammann Menznau)
- Paravicini Gianni (vif, Kanton Luzern)
- Schaltegger Alfred (vif, Kanton Luzern)

2 Verwendete Daten und Unterlagen

- AF Consult (2011): 10187.1 – Verbauung Rickenbach – Gemeinde Menznau – Hochwasserrückhaltebecken. Bericht Bauprojekt. 1944.101. Juni 2011. Auftraggeber: Verkehr und Infrastruktur vif des Kt. LU.
- Bürkli A., Fuchs J., Schröter J. (1946): Geschichte der Gemeinden Malters und Schwarzenberg. Buchdruckerei Räber & Cie., Luzern.
- Colenco (2005): Hochwasserrückhalt im Rickenbach – Gemeinde Menznau. Machbarkeitsstudie Nr. 3436.1. Auftraggeber: Verkehr und Infrastruktur vif des Kt. LU.
- Colenco (2007): Memorandum Hydrologie vom 18. Juli 2007. Auftraggeber: Verkehr und Infrastruktur vif des Kt. LU.
- Desserich und Partner (1997): Gemeinde Menznau - Genereller Entwässerungsplan (GEP) Gewässer – Zustandsbericht.
- EJPD, Eidg. Justiz- und Polizeidepartement (1980): Bodeneignungskarte der Schweiz 1 : 200'000.
- Entlebucher, diverse Ausgaben.
- Entlebucher Anzeiger, diverse Ausgaben.
- Geotechnisches Institut (2012): Karte der seismischen Baugrundklassen des Kanton Luzern. Auftraggeber und Aufsichtsbehörde: Verkehr und Infrastruktur (vif), Naturgefahren, Kanton Luzern.
- Hilker N., Badoux A., Hegg, Ch. (2008): Unwetterschäden in der Schweiz im Jahre 2007. Wasser, Energie Luft. 100. Jg., 2008, Heft 2, Baden.
- Holinger (2014): Hydraulik Durchlassbauwerk HWRB Hackbrätt. Technischer Kurzbericht. Auftraggeber: Verkehr und Infrastruktur vif des Kt. LU. Luzern, 24. Januar 2014.
- J. Auchli AG (2005): Korrektur der Seewag und Zuflüsse – 10162: Tuetseebach / Hochwasserrückhaltebecken. Gemeinde Menznau. Hydraulische Berechnung. Auftraggeber: Verkehr und Infrastruktur vif des Kt. LU.
- J. Auchli AG (2006a): Korrektur der Seewag und Zuflüsse – 10162: Tuetseebach / Hochwasserrückhaltebecken. Gemeinde Menznau. Technischer Bericht aufgrund Vorabklärung Bund und Ergebnisse Einspracheverhandlungen. Auftraggeber: Verkehr und Infrastruktur vif des Kt. LU.
- J. Auchli AG (2006b): 10162: Tuetseebach / Hochwasserrückhaltebecken. Gemeinde Menznau. Volumenberechnung. Auflageprojekt. Auftraggeber: Verkehr und Infrastruktur vif des Kt. LU.
- Jäckli H., Kempf Th. (1972): Hydrogeologische Karte der Schweiz 1 : 100'000. Blatt Bözberg - Beromünster. Hrsg. Schweiz. Geotechnische Kommission.
- Kanton Luzern, Amt für Raumentwicklung, Wirtschaftsförderung und Geoinformation des Kantons Luzern (rawi) (2013): diverse Geodaten des Kantons Luzern.
- Kienzler P. & Naef F. (2008): Subsurface storm flow formation at different hillslopes and implications for the 'old water paradox'. *Hydrol. Processes* 22, 104–116 (2008). http://www.scherrer-hydrol.ch/publikationen/publikationen_kienzler.htm
- Lanz-Stauffer, H. und C. Rommel (1936): Elementarschäden und Versicherung. Studie des Rückversicherungsverbandes kantonal-schweizerischer Feuerversicherungsanstalten zur Förderung der Elementarschadenversicherung, Band 2. Selbstverlag des Rückversicherungsverbandes. Bern.
- Luzerner Tagblatt, diverse Ausgaben.
- Meier J. (1939): Die Unwetter in der Schweiz 1900 – 1950.
- MeteoSchweiz: Niederschlagsdaten verschiedener Starkregenereignisse. Witterungsberichte und Annalen, diverse Jahre.
- Naef F., Scherrer S., Frauchiger R. (2004): Wie beeinflusst die Siedlungsentwicklung von Zürich-Nord die Hochwasser der Glatt? *Wasser Energie Luft*, 96, 11/12, 331-338.

- Naef F., Scherrer S., Zurbrügg C. (1999): Grosse Hochwasser – unterschiedliche Reaktion von Einzugsgebieten auf Starkregen. Hydrologischer Atlas der Schweiz, Blatt 5.7.
- Oeko-B AG (2007): Kanton Luzern, Ereignisdokumentation Unwetter 8. Juni 2007, Fotodokumentation Menznau, Diverse Gewässer. 28. August 2007.
- Röthlisberger G. (1991): Chronik der Unwetterschäden in der Schweiz. Berichte WSL, Berichtnummer 330.
- Scherrer AG (2004): Bestimmungsschlüssel zur Identifikation von hochwasserrelevanten Flächen. Im Auftrag des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz.
- Scherrer AG / Soilcom GmbH (2012a): Hydrologische Grundlagen an den Seitenbächen der Kleinen Emme (Unterlauf). Auftraggeber: Dienststelle Verkehr und Infrastruktur des Kt. LU (vif).
- Scherrer AG / Soilcom GmbH (2012b): Massgebende Hochwasserabflüsse an der Ilfis und an verschiedenen Seitenbächen. Auftraggeber: Tiefbauamt des Kt. Bern, Oberingenieurkreis IV, Dienststelle Verkehr und Infrastruktur des Kt. LU (vif).
- 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.
- Siegfriedkarten: Blatt 198, Hergiswil (1890, 1895, 1901, 1916, 1931, 1941) und Blatt 199, Ruswil (1891, 1895, 1898, 1902, 1906, 1913, 1931, 1941). Massstab 1:25'000. Eidg. Topogr. Bureau.
- Staatsarchiv Kt. Luzern (1914), Verhandlungsprotokoll d. Regierungsrates des Kantons Luzern vom 19. Dezember 1914.
- Staatsarchiv (1915 – 1917): AKT 410E/1204 Seewaggenossenschaft Menznau: Genehmigung der Statuten. Landabtretung, Kaufvertrag, Gerichtsentscheid. \ Seewagkorrektur: Bundessubventionen. Rechnung von Franz Josef Trucco, Bauunternehmen, Luzern., 1915-1917 (Archiveinheit).
- Staatsarchiv Kt. Luzern (1916): Brief von Frz. Jos. Trucco, Unternehmer Luzern an den Kantonsingenieur J. G. Fellmann, Luzern vom 9. November 1916.
- Staatsarchiv Kt. Luzern (1917): Brief des Gemeinderat Menznau an den h. Regierungsrat des Kanton Luzern. Menznau, den 25. August 1917.
- StorMe. Ereigniskataster Naturgefahren. Kt. Luzern.
- Thürig X. (1870): Die Heimathskunde für den Kanton Luzern. Zweite Lieferung. Malters. Verlag von F. J. Schiffmann's Buchhandlung.
- U.S. Army Corps of Engineers (2010): Hydrologic Engineering Center, River Analysis System (HEC-RAS), Version 4.1.0.
- Vaterland, diverse Ausgaben.
- VBS, Eidgenössisches Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport, Bundesamt für Landestopographie swisstopo, Landesgeologie (2012): Compilation des Blatts 1149 Wolhusen.
- Willisauer Bote, diverse Ausgaben.
- WSL, Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (2013): Ereignisdokumentation Hochwasserschäden in der Gemeinde Willisau und Menznau (1972-2012).

3 Historische Hochwasser

3.1 Einleitung

Abflussmessungen liegen an der Seewag und ihrer Zuflüsse keine vor. Durch die Untersuchung historischer Hochwasser lassen sich Hinweise über Häufigkeit, Grösse und Verlauf von Hochwasserereignissen zusammentragen. Mit Informationen aus Zeitungen, Archiven, Fotos und verbürgten Angaben konnte ein Beobachtungszeitraum von 170 Jahren erschlossen werden. Dadurch können Abflussspitzen historischer Hochwasser abgeschätzt und statistisch besser eingeordnet werden.

3.2 Angaben zur Ausbaugeschichte in Menznau

Auf der ersten Siegfriedkarte von 1890 sind in der Ebene oberhalb Menznau neben der Seewag verschiedene Entwässerungsgräben erkennbar. Mit dem Bau der Bahnlinie zwischen Huttwil und Wolhusen wurden erste Anpassung am Gewässernetz im Tal der Seewag vorgenommen (Siegfriedkarte von 1895). Mit der in den Jahren 1915 bis 1917 vorgenommenen Seewag-Korrektion (Staatsarchiv 1915 – 1917) begegnete man der zunehmenden „Versumpfung“ der Talebene v. a. oberhalb des Dorfes Menznau. Das damals erstellte Seewaggrinne mit dem Stollen und dem eingedeckten Zufluss des Rickenbachs im Dorfbereich blieb seither mit wenigen Ausnahmen unverändert und damit auch deren Abflusskapazität. Vom September 2008 bis Juli 2009 wurde der Damm des HWRB Hackbrätt erstellt, das im Sommer 2010 in Betrieb genommen wurde. Gegenwärtig ist der Bau des HWRB Rickenbach im Gange (Abb. 1.1).

3.3 Abflusskapazität der Seewag und des Rickenbachs in Menznau

Zur Einordnung vergangener Hochwasser ist es wichtig, die Abflusskapazität der Gerinne zu kennen. Die im Februar 2014 an der Seewag durchgeführten Gerinnevermessungen (von Höltinger AG, Roland Hollenstein zur Verfügung gestellt) und ergänzende Vermessungen wurden dazu beigezogen. Mit Hilfe des 1-D Programms HEC-RAS (U.S. Army Corps of Engineers, 2010) wurden verschieden grosse Abflüsse simuliert. Am Rickenbach wurden die Kapazitätsangaben von Colenco (2005) entnommen.

3.4 Die historischen Hochwasser an der Seewag und am Rickenbach

Im Anhang 1 sind sämtliche Informationen über historische Hochwasser detailliert zusammengestellt. Die ältesten Angaben zu Hochwasserschäden reichen bis ins Jahr 1842 zurück. Abbildung 3.1 zeigt dazu einen Überblick. Die Grösse der einzelnen Hochwasser wurde gemäss den Kriterien in der Tabelle 3.1 charakterisiert. Neben den Abflussschätzungen einzelner grösserer Hochwasser aufgrund detaillierter Angaben wurden sämtliche zusammengetragenen Informationen zu den Hochwassern im EZG betrachtet und unter Berücksichtigung der im Laufe der Zeit veränderten Abflussverhältnisse gewertet. Nachfolgend werden die als gross oder sehr gross eingestufteten Hochwasser an der Seewag und am Rickenbach beschrieben.

Historische Hochwasser an der Seewag und am Rickenbach in Menznau

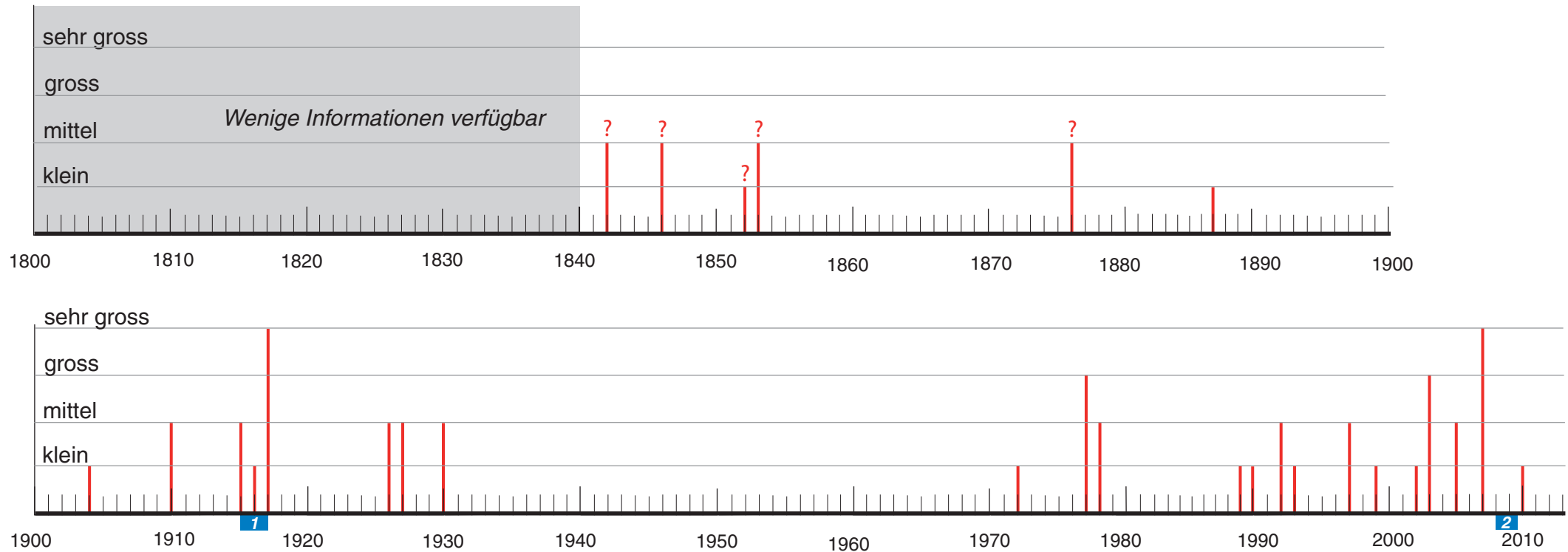


Abb. 3.1: Historische Hochwasser an der Seewag und am Rickenbach in Menznau seit 1842. Charakterisierung der Grösse einzelner Hochwasser anhand der untersuchten Quellen.

Korrektionsbauten: **1** Seewag-Korrektion.
2 Bau des Hochwasser-Rückhaltebeckens Hackbrätt.

Tab. 3.1: *Einordnungskriterien zur Wertung historischer Hochwasser an der Seewag und am Rickenbach.*

	Seewag bei BP 3 (5.9 km ²)	Rickenbach bei BP 5 (2.2 km ²)	Seewag bei BP 6 (8.3 km ²)	Beschreibung
nicht klassiert	< 0.5 m ³ /s	< 1.5 m ³ /s	< 2 m ³ /s	Hochwasser nicht erwähnt oder unbedeutend
klein	0.5 – 1.5 m ³ /s	1.5 – 3 m ³ /s	2 – 4.5 m ³ /s	Hochwasser erwähnt, keine Überschwemmungen
mittel	1.5 – 2.5 m ³ /s	3 – 4.5 m ³ /s	4.5 – 7 m ³ /s	leichte Überschwemmungen (evtl. Schäden an Ufern und Landwirtschaftsflächen)
gross	2.5 – 3.5 m ³ /s	4.5 – 6 m ³ /s	7 – 9.5 m ³ /s	Überschwemmungen und Sachschäden (v.a. an Gebäuden)
sehr gross	> 3.5 m ³ /s	> 6 m ³ /s	> 9.5 m ³ /s	grosse Überschwemmungen und Sachschäden

Am **19. August 1917** ereignete sich ein fast zweistündiges heftiges Gewitter mit wolkenbruchartigem Regen. In der Folge floss der Wiggernbach als „wilder Strom von 1 – 2 m Höhe“ auf der Kantonsstrasse durch Wolhusen und richtete grosse Schäden an (Scherrer AG / Soilcom GmbH, 2012a). Auch Menznau wurde mit der neu korrigierten Seewag von dem Unwetter schwer heimgesucht. Der Rickenbach führte viel Geschiebe und Holz, trat bei der Dorfbrücke über die Ufer und floss vielerorts in Keller und Ställe. Auch Rüdél-, Tuetensee-, Burgacher- und Underschlächtenbach traten über die Ufer und übersarten grosse Flächen. In den damaligen Berichten wird kein Vergleich zu früheren Ereignissen gezogen und als ein Ereignis, „das seit Menschengedenken nicht mehr erlebt“ beschrieben.

Moritz Näf erinnert sich an ein Schadenshochwasser in den 1970er-Jahren, das den Ereignissen vom 7. Juni 2003 und 8. Juni 2007 vom Ablauf her ähnlich, aber kleiner war. Damals uferte der Rickenbach aus und floss auf die Kantonsstrasse. Der Schaden war aber nicht so gross, weil der Rickenbach, anders als 2003 und 2007, viel weniger Geschiebe führte. Dabei handelt es sich sehr wahrscheinlich um das Gewitter vom **24. Juni 1977**. Die Ereignisdokumentation der WSL (2013) berichtet von unterhöhlten Strassen und mit Wasser gefüllten Kellern in Menznau sowie von Ausuferungen des Riedtalbachs auf Kulturland in Daiwil.

Ein heftiges Gewitter im Raum Twerenegg¹ liess am Abend des **7. Juni 2003** den Burgacher-, den Tuetensee-, den Rüdél- und den Rickenbach ausuferen. An zahlreichen Orten wurden Strassendurchlässe mit Kies und Holz verstopft. Bei der Kronospan überflutete die Seewag die Geleise. Der Schwarzenbach überschwemmte die Strasse zwischen Geiss und Menznau. Colenco (2005) schätzte den Spitzenabfluss des Geschiebe und Holz führenden Rickenbachs im Dorfbereich auf 3 – 6 m³/s.

Am **21. August 2005** lösten dreitägige ergiebige Niederschläge auf der Alpennordseite grosse bis extreme Hochwasser aus. Auch im EZG der Seewag fielen grosse Niederschläge (115 mm in 2 Tagen, Anhänge 2 + 3.1), welche aber an der Seewag und am Rickenbach lediglich zu einem mittleren Hochwasser ohne Ausuferungen führten.

¹ Colenco (2005) wertete die Radarbilder des Ereignisses aus. Aufgrund der damaligen niedrigen Auflösung der Pixel von 2 km x 2 km = 4 km² war die räumliche Verteilung des Niederschlags im 2.2 km² grossen EZG des Rickenbachs nicht darstellbar.

Das Gewitter am Abend des **8. Juni 2007** hatte eine ähnliche Ausdehnung wie 4 Jahre zuvor, hatte aber eine deutlich grössere Schadenwirkung und ist vergleichbar mit dem Ereignis vom 19. August 1917. Gemäss den Radarbildern fielen in den EZG des Tuetensee-, Ricken- und des Riedtalbachs lokal über 100 mm in 2 Stunden (Anhang 3.2)². Underschlächten-, Tuetensee-, Rüdél-, Rickenbach und Seewag uferten in der Folge aus. Letztere zwei überschwemmten drei Viertel des Dorfes Menznau. Auch das Areal der Kronospan wurde durch Hängbäche unter Wasser gesetzt. Colenco (2007) schätzte den Spitzenabfluss des Geschiebe und Holz führenden Rickenbachs im Dorfbereich auf 7 – 8 m³/s. Aufgrund der auf einem Foto sichtbaren Wasserstandsspuren oberhalb des Bahnhofs und der von der Holinger AG durchgeführten Gerinnevermessung konnte die Abflussspitze der Seewag oberhalb des Zuflusses des Rickenbachs (BP 3) auf 3 – 3.5 m³/s geschätzt werden. In gleicher Weise konnte die Abflussspitze der Seewag unterhalb des Zuflusses des Rickenbachs dank Fotos beim Birkenwegsteg (siehe Titelbild) und unterhalb davon (BP 6) auf 10 – 11 m³/s geschätzt werden.

3.5 Schlussfolgerungen

Aus den Erkundungen historischer Hochwasser lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Durch die Recherchen über historische Hochwasser eröffnet sich ein Beobachtungszeitraum von ca. 170 Jahren.
- Ausschliesslich Gewitter erzeugten an der Seewag und ihrer Zuflüsse grosse Hochwasser. Lange andauernde Niederschläge wie im August 2005 führten zu keinen grossen Hochwassern.
- Die grössten Hochwasser am Rickenbach und an der Seewag in Menznau der vergangenen 170 Jahre ereigneten sich am 19. August 1917 und am 8. Juni 2007. Am 8. Juni 2007 wurde Abflussspitzen von 7 – 8 m³/s am Rickenbach (BP 5) und 3 – 3.5 m³/s (BP 3) resp. 10 – 11 m³/s (BP 6) an der Seewag abgeschätzt.
- Das Hochwasser vom 7. Juni 2003 mit einer am Rickenbach in Menznau abgeschätzten Abflussspitze von 3 – 6 m³/s war das drittgrösste im Beobachtungszeitraum.
- Am Riedtalbach und an der Seewag unterhalb Menznau konnten keine Hochwasserspitzen abgeschätzt werden.

² Ein Vergleich der Radarauswertung (ca. 55 mm in Wolhusen) mit den in Wolhusen am Boden gemessenen 43 mm (Anhang 2) zeigt, dass die Radarwerte zu hoch liegen.

4 Beurteilung der Abflussreaktion des Gebiets

4.1 Einleitung

Wie viel Wasser bei Starkregen in den Boden eindringt und vorübergehend zurückgehalten wird und wie viel Wasser sofort abfließt, hängt von der Gebietsausstattung ab (Geomorphologie, Geologie, Böden, Vegetation, Landnutzung). Welche Abflussprozesse bei Starkregen ablaufen, wurde detailliert mittels Berechnungsversuchen untersucht (Scherrer, 1997; Naef et al., 1999. Kienzler & Naef, 2008). Darauf aufbauend wurde ein Bestimmungsschlüssel entwickelt, der die Identifikation hochwasserrelevanter Flächen erlaubt (Scherrer AG, 2004). Die Beurteilung des EZG der Seewag nach der Abflussbereitschaft lehnt sich eng an diesen Bestimmungsschlüssel an.

4.2 Geologie und Hydrogeologie

Die geologischen und hydrogeologischen Grundlagen stammen aus VBS (2012), Jäckli & Kempf (1972), Geotechnisches Institut (2012) und Kanton Luzern (2013).

Die Seewag verläuft am Rande des Napf-Hügellandes in einem glazial geformten Tal Richtung NNW. Das Tal hat bei Wolhusen eine Höhe von etwa 600 m ü.M. und bei der Einmündung der Rot immer noch 560 m ü. M. und ist damit wenig geneigt (Gefälle < 1%). In Daiwil mündet der Riedtalbach in die Seewag, jenes EZG ist das grösste Seitengewässer. Westlich des Haupttales reicht der Hügelzug mit der Twerenegg fast 400 m über den Talboden. Dieses Gebiet ist durch Kuppen, Abdachungsflächen, Gräben und Steilhänge geprägt. Östlich des Haupttales sind die Höhenunterschiede viel geringer (ca. 100 m). Dieser Teil ist kupiert und besitzt nur wenige Steilhänge.

Das luzernische Napfgebiet und sein nördliches Vorland zwischen Luthern- und Seewagtal war während der letzten maximalen Vergletscherung, mit Ausnahme einer kleinen Lokalvergletscherung am Napf selbst, eisfrei. Die fluvialen Geländeformen mit den zahlreichen, tief in die mehrheitlich anstehenden Sandsteine und die im Nagelfluh eingeschnittenen Gräben blieben daher erhalten. Die Front des Reussgletschers befand sich bei seinem letzten Maximalstand am Ostrand des Seewagtales. Das Seewagtal selbst war während dieser Zeit eine randglaziale Abflussrinne für die Schmelzwässer aus der Gletscherfront. Diese erodierten die Molasse bis in eine Tiefe von 20 bis 40 m unter der heutigen Talsohle. Später wurde das Tal wieder mit glaziofluvialen und fluvialen Sedimenten bis auf das heutige Niveau aufgefüllt (Geotechnisches Institut, 2012).

Den Untergrund des EZG bildet hauptsächlich die Obere Süsswasser-Molasse (OSM), welche im Gebiet vor allem aus Sandsteinen, untergeordnet aus Mergel und Nagelfluhbänken besteht (Anhang 4.1). Die OSM zeigt sich vor allem in Gräben und Steilhängen SW resp. W des Haupttales. Unterhalb Menznau liegt rechts- und linksseitig des Haupttales OSM. Die Molasse ist an wenigen Stellen, vor allem in Bacheinschnitten und Steilhängen, aufgeschlossen. Meist ist sie aber von einer (geringmächtigen) Moränendecke der Würmvereisung überlagert. Im Unterlauf, unterhalb von Daiwil, schliesst auf einer Höhe von ca. 600 m ü. M. unter der OSM die Obere Meeresmolasse (Sandsteine) an.

Östlich des Haupttales liegt ein schmaler Streifen aus glazial geprägten Hügeln (z.T. Drumlins) und Mulden. Das glazial geprägte Haupttal wurde durch Bachschotter und Schwemmsedimente der seitlichen Zuflüsse aufgefüllt. Wahrscheinlich überlagerten die Seitenbäche die früher abgelagerte Flussschotter. Oberhalb Menznau wurden Übertiefungen teilweise mit Se-

dimenten (Schottern, Seesedimenten, Schwemmlehme) aufgefüllt. So liegen Seeablagerungen beim Tuetesee mit angrenzendem Torfgebiet und weiter unten das entwässerte Moorgebiet von Hackbrätt.

Der Jahresniederschlag variiert in diesem Gebiet zwischen 1'200 mm und 1'400 mm. Im Gebiet der Molasse aber auch der Moräne liegen unzählige, meist gefasste Quellen (Anhang 4.1), die von den verschiedenen Höfen als Trinkwasser oder für das Vieh (Weidebrunnen) genutzt werden. Oberhalb Menznau hat es lokale Grundwasservorkommen. In und unterhalb Menznau liegt das Grundwasser 10 bis 20 m unter Flur (Kanton Luzern, 2013).

4.3 Böden

Im EZG der Seewag gibt es keine Bodenkarte, die über die Beschaffenheit der Böden Auskunft geben würde. Die Bodeneignungskarte der Schweiz (EJPD, 1980) gliedert das Gebiet im wesentlichen in 4 Bodentypen:

- G3, östlich vom Haupttal, Rücken, flache Drumlins: Braun-, Parabraunerden, z.T. vergleyst
- J1, Talboden mit feinkörnigen Alluvionen: Braunerden, Alluvialböden, z.T. vergleyst.
- N1, Hanglagen < 25%, Kuppen und flache Hänge: Braunerden, Regosole, z.T. vergleyst.
- N2, Hanglagen < 35%: Braunerden, z.T. vergleyst.
- N3, Steilhänge > 35%: Braunerden, Regosole, z.T. vergleyst.

Diese stark generalisierte Information ist für eine Beurteilung der Böden ungenügend. Daher wurden 15 Sondierungen (S1 – S15) abgeteuft, um Informationen über den Aufbau der Böden zu erhalten. Mit der Schlagsonde nach Pürckhauer (Kerndurchmesser 2 cm) wurden diese Sondierung vorgenommen. Die Lage der Sondierungen ist in Abbildung 1.1 eingetragen und die Profile sind im Anhang 4.2 dargestellt und im Anhang 4.3 kurz beschrieben. Diese Profile wurden nach Infiltration, Speichervermögen und zu erwartendem Abflussprozess beurteilt und bilden die Grundlage für die Kartierung des Gebiets nach der Abflussbereitschaft. Aufgrund der geologischen und hydrogeologischen Karte, der Bodeneignungskarte und der Sondierungen ergab sich ein Bild über die räumliche Verteilung und Eigenschaften der Böden im EZG.

Sehr verbreitet sind Böden, die aus Moräne (und darunter liegender OSM) entstanden sind und meist aus siltig-lehmigen bis sandig-siltigen Feinmaterial bestehen. Sie sind normal durchlässig und kaum vernässt. Selbst in Muldenlagen sind Vernässungszeichen in den Böden nicht (S9, S11: Braunerden) oder kaum ausgeprägt. Dieses Ausgangsmaterial scheint nur vereinzelt zu Stauwasser beeinflussten Böden zu führen. Wo längere Hänge entwässern, treten am Hangfuss oder in Verflachungen punktuell oberflächliche Vernässungen auf (S10, Braunerde-Gley). An Hängen mit mittlerer Neigung sind die Böden recht tiefgründig resp. es liegt Moräne über der Molasse oder die Molasse ist verwittert (S12: Braunerde). An steileren Hängen liegt nur noch wenig Moräne über der Molasse oder sie fehlt gänzlich, wodurch die Böden flachgründiger sind. In steilen Hängen mit Hangneigungen von ca. 50% wie bei S7, S8 und S14 sind Braunerden entstanden, die eine Mächtigkeit von nur noch ca. 50 cm aufweisen. Bei S4 (Ranker-Braunerde) beträgt die Mächtigkeit sogar nur noch 30 – 40 cm. In sehr steilen Hängen³ wie beispielsweise am Rickenbach unterhalb S7 dürfte die Mächtigkeit ebenfalls in dieser Grössenordnung liegen.

In der Drumlin-Landschaft auf der Ostseite des Haupttales weisen Böden in Muldenlagen z.T. Rostflecken auf (S2, pseudovergleyte Braunerde). Auf den von Moräne überdeckten Hügelzügen dürften durchlässige Braunerden und Regosole entstanden sein, die zusammen mit dem durchlässigen Untergrund ein sehr grosses Speichervermögen zeigen. Da in Muldenlagen und

³ Diese Hänge waren aber aufgrund des Schnees nicht zugänglich.

ebenen Talflächen die Böden nur langsam entwässern, sind die Böden zwischen den Hügelzügen oft feucht bis nass (S1: Braunerde-Gley, S5: Gley und S13: Pseudogley). Sie weisen eine gehemmte Durchlässigkeit und geringeres Speichervermögen auf. In Tallagen mit fluvialen Ablagerungen, wo der Grundwasserabstand gross ist, sind sandig-siltige, durchlässige und speicherfähige Braunerden entstanden (S15).

Die Speicherfähigkeit der Böden im EZG der Seewag wird im Wesentlichen von der Hangneigung bestimmt. Sind beispielsweise die Hänge sehr steil (> 50%), fehlt meist über der Molasse die Moränendecke und die Mächtigkeit und das Speichervermögen der sandig-siltigen Böden ist mässig bis gering. Vernässte Böden mit geringem Speichervermögen liegen vor allem in Mulden über Moräne und in Gebieten mit hohem Grundwasserstand. Angesichts des Jahresniederschlages zeigen die Böden im Seewag-EZG nur schwache Anzeichen von Staunässe. Dies bedeutet, dass die Böden weitgehend durchlässig sind und gut drainieren.

4.4 Abflussprozesse und Abflusstypen auf natürlichen (nicht überbauten) Flächen

Der Grossteil des Seewag-EZG besteht aus unbebauten Flächen (95.7%). Die Beurteilung der „natürlichen“ Flächen stützt sich im Wesentlichen auf die geologische Karte und vor allem auf die durchgeführten Bodensondierungen. Gemäss den in Tabelle 4.1 aufgeführten Kriterien wurden Prozesse, welche einen ähnlich starken Beitrag zur Entstehung von Hochwasser leisten, kartiert und zu sog. Abflusstypen zusammengefasst (Abb. 4.1). Diese dienen als Grundlage für die Abflussberechnungen mit dem Niederschlag-Abfluss-Modell QAREA.

Nassflächen werden rasch gesättigt (Prozess: Oberflächenabfluss aufgrund rasch sich sättigender Flächen, SOF1) und tragen wie undurchlässige Flächen (Oberflächenabfluss aufgrund Infiltrationshemmnissen, HOF1, 2) rasch zum Abfluss bei. Ihre Flächenausdehnung ist allerdings im Seewag-EZG gering und beschränkt sich auf die geneigten Nassflächen rund um den Tuetensee (Abflusstyp 1: 0.6 % Flächenanteil).

Feuchte Mulden und die unteren Teile langer Hänge weisen in Bachnähe ein geringes Feuchtedefizit auf und sättigen sich bei Starkregen (verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund der Sättigung: SOF2). Drainierte Flächen an Hängen oder sehr flachgründige Böden in sehr steiler Lage lösen raschen Abfluss im Boden aus (SSF1). Diese Flächen tragen leicht verzögert zur Entstehung von Hochwasser bei (Abflusstyp 2, 8.9 %).

Flachgründige bis mässig tiefgründige Böden oder Böden mit mässiger bis guter Durchlässigkeit werden gesättigt und es bildet sich verzögerter Oberflächenabfluss (SOF2 - 3). Auf flachgründigen Böden an steilen bewaldeten Hängen und in stau- oder hangwasserbeeinflussten Böden entsteht verzögerter Abfluss im Boden (SSF2). Gesättigte oder nahezu gesättigte Böden in flacher Lage reagieren mangels Geländeneigung nur langsam. Sie alle gehören dem Abflusstyp 3 an (26.3 %).

Ein Grossteil der Böden im EZG sind gut durchlässig und auch speicherfähig. Bei Starkregen werden sie erst nach sehr ergiebigen Niederschlägen gesättigt (Oberflächenabfluss aufgrund sich langsam sättigender Flächen, SOF3; stark verzögerter Abfluss im Boden SSF3). Solche Flächen tragen daher stark verzögert und nur mässig zum Hochwasser bei (Abflusstyp 4, 54.8 %). Im günstigen Fall sickert das Niederschlagswasser in den durchlässigen Untergrund (Tiefensickerung, DP, Abflusstyp 5, 5.2 %).

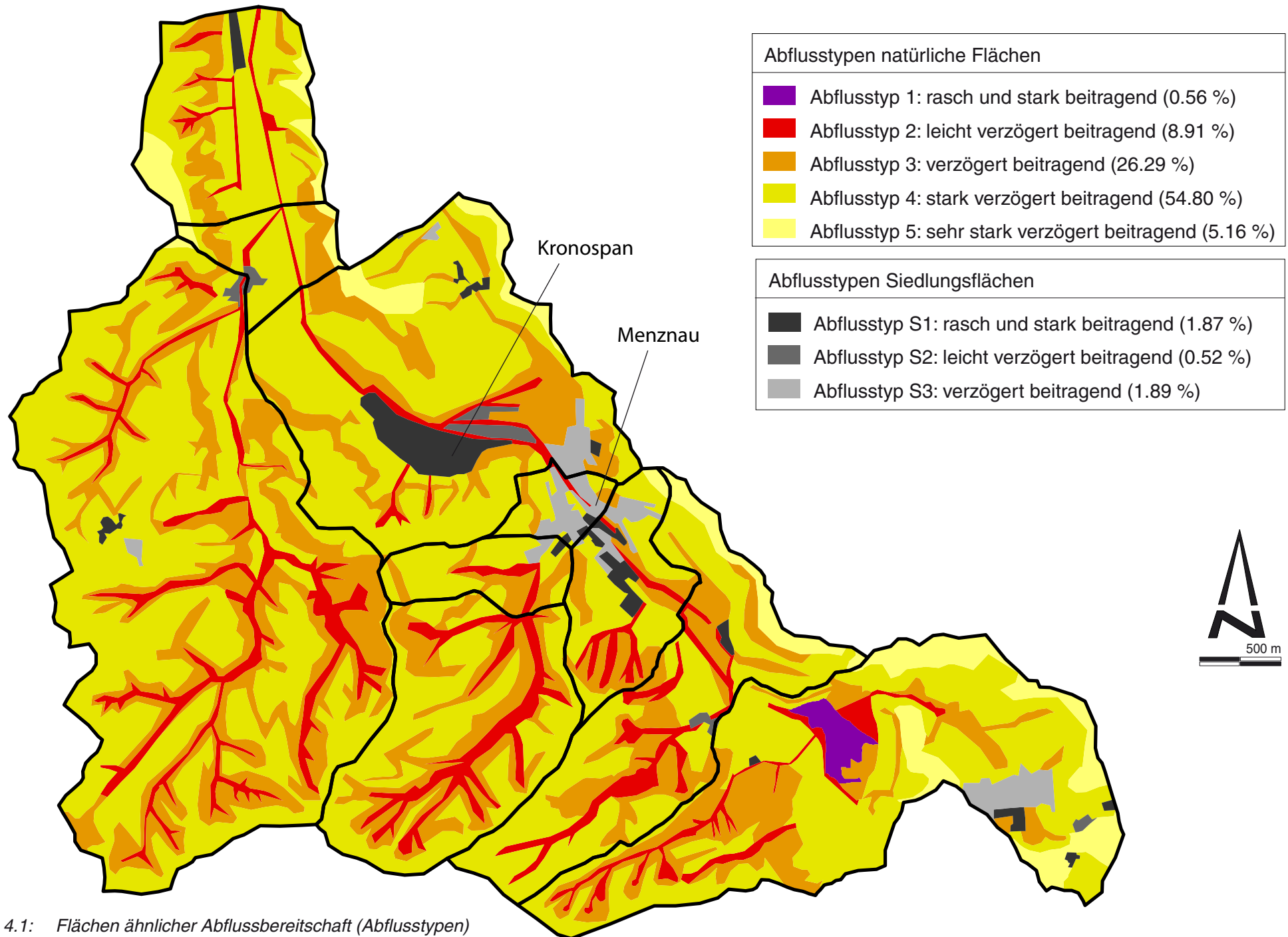


Abb. 4.1: Flächen ähnlicher Abflussbereitschaft (Abflusstypen) im Einzugsgebiet der Seewag.

Tab. 4.1: *Dominante Abflussprozesse, Gebietseigenschaften und Abflusstypen im EZG der Seewag.*

Abflusstyp	Abflussreaktion	Dominante Abflussprozesse	Massgebende Gebietseigenschaften	Flächenanteil am EZG	
				(km ²)	(%)
1	Rasch und stark beitragende Flächen	Oberflächenabfluss aufgrund von Infiltrationshemmnissen (HOF1)	Schwach durchlässige Böden mit Gefälle, verrutschte Gerinneflanken.	0.10	0.56
		Sofortiger gesättigter Oberflächenabfluss (SOF1)	Nassflächen wie Moore an geneigter Lage.		
2	Leicht verzögert beitragende Flächen	Leicht verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund von Infiltrationshemmnissen (HOF2)	Schwach durchlässige Böden mit geringem Gefälle.	1.68	8.91
		Leicht verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund sich langsam sättigender Flächen (SOF2)	Vernässte Böden im Bereich von Quellmulden, Moore an geneigter Lage, Seen.		
		Rascher Abfluss im Boden (SSF1)	Flachgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fließwegen über schwach durchlässigem Fels mit grossem Gefälle.		
3	Verzögert beitragende Flächen	Verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund sehr langsam sich sättigender Böden (SOF2 - SOF3)	Flachgründige bis mässig tiefgründige Böden mit mässiger bis guter Durchlässigkeit.	4.94	26.29
		Verzögerter Abfluss im Boden (SSF2)	Nasse Flächen in ebener Lage. Mässig tiefgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fließwegen über Fels oder Moräne, Flächen in Gerinnenähe, drainierte Böden in flacher Lage.		
4	Stark verzögert beitragende Flächen	Sehr stark verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund sehr langsam sich sättigender Böden (SOF3)	Tiefgründige Böden mit guter Durchlässigkeit.	10.31	54.80
		Stark verzögerter Abfluss im Boden (SSF3)	Tiefgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fließwegen.		
5	Sehr stark verzögert beitragende Flächen	Tiefensickerung (DP)	Tiefgründige gut durchlässige Böden oder flachgründige, gut durchlässige Böden auf durchlässiger Geologie (Moräne, Schotter).	0.97	5.16
		Sehr stark verzögerter Abfluss im Boden (SSF3)	Tiefgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fließwegen, gerinnefern.		
Total				18.00	95.72

Die Karte der Abflusstypen ist ausgesprochen kontrastreich. Während in der Drumlin-Landschaft eher stark bis sehr verzögert reagierende Flächen dominieren, sind in den Steilhängen und Gräben des Rickenbachs und des oberen Riedtalbachs die Abflusstypen 2 und 3 dominant, d.h. diese Bereiche zeigen eine wesentlich stärkere Abflussbereitschaft. Im gesamten EZG machen die Abflusstypen 1 - 3 35.8% aus. Sie spielen bei der Abflussbildung bei Starkregen eine entscheidende Rolle. Die Abflussreaktion der Seewag wird aufgrund der kartierten Abflusstypen als mässig beurteilt. Ein wesentlicher Grund dafür sind die speicherfähigen und gut durchlässigen Böden im EZG. In Teil-EZG ist die Reaktion jedoch mässig bis stark.

4.5 Abflussreaktion der Siedlungsgebiete

Die überbauten Flächen im EZG haben einen Anteil von nur 4.3%. Die Beurteilung basiert auf den Erfahrungen der Glatzstudie (Naef et al., 2004). Wichtige Kriterien waren dabei die Bebauungsdichte und die Geländeneigung. Die Siedlungsflächen wurden in drei verschiedene Abflusstypen mit unterschiedlicher Abflussreaktion unterteilt (Tab. 4.2), welche ebenfalls als Grundlage für die Abflussberechnungen mit dem Niederschlag-Abfluss-Modell Q_{AREA} dienen.

Tab. 4.2: Klassierung der Siedlungsflächen nach Abflusstypen im EZG der Seewag.

Abflusstyp	Abflussreaktion	Massgebende Gebietseigenschaften	Flächenanteil	
			(km ²)	(%)
S1	rasch und stark beitragend	sehr dicht bebaute Flächen leicht geneigte, dicht bebaute Flächen stark geneigte, mässig dicht bebaute Flächen	0.35	1.87
S2	leicht verzögert beitragend	ebene, dicht bebaute Flächen leicht geneigte, mässig dicht bebaute Flächen geneigte, locker bebaute Flächen	0.10	0.52
S3	verzögert beitragend	geneigte, locker bebaute Flächen leicht geneigte, mässig dicht bebaute Flächen	0.36	1.89
Total			0.81	4.28

4.6 Abflussreaktionskurven

Abbildungen 4.2 und 4.3 zeigt die Abflussreaktionskurven für natürliche Flächen und Siedlungsgebiete. Auf der Grundlage von Beregnungsversuchen (Scherrer, 1997) wurden den fünf Abflusstypen der natürlichen Flächen je eine Abflussreaktionskurve zugeordnet. Die Kurven beschreiben den Anteil des abfliessenden Niederschlags in Abhängigkeit der Niederschlagsmenge. Eingezeichnet sind die Spitzen- und die Volumenabflusskoeffizienten. Letztere zeigen, dass von den flächenmässig dominierenden Abflusstypen 3 und 4 der natürlichen Flächen (26.3% resp. 54.8 % des EZG) bei einem Niederschlag von 100 mm rund 30 % resp. 10 % abfliesst. Die Abflusstypen (Abb. 4.1) und die Abflussreaktionskurven (Abb. 4.2 und 4.3) sind eine wichtige Grundlage für das Niederschlag-Abfluss-Modell (NAM). Sie beschreiben im Wesentlichen die Abflussbildung des Gebiets.

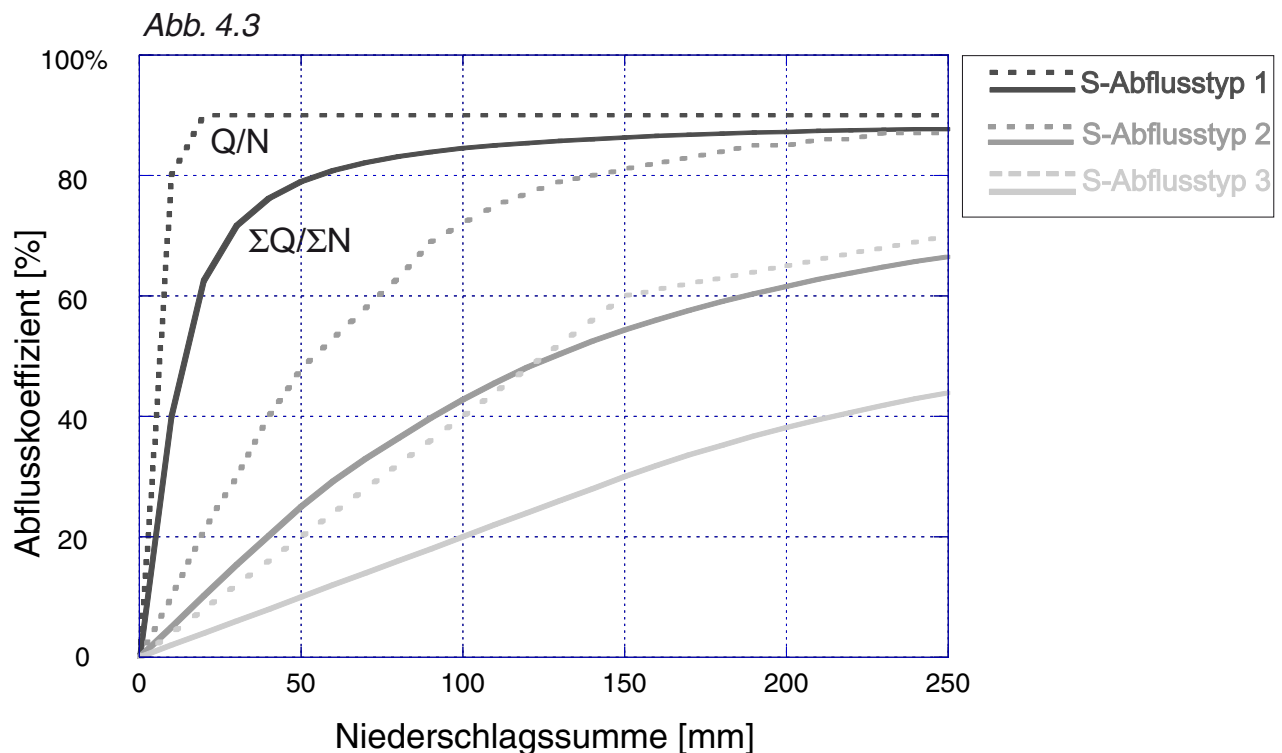
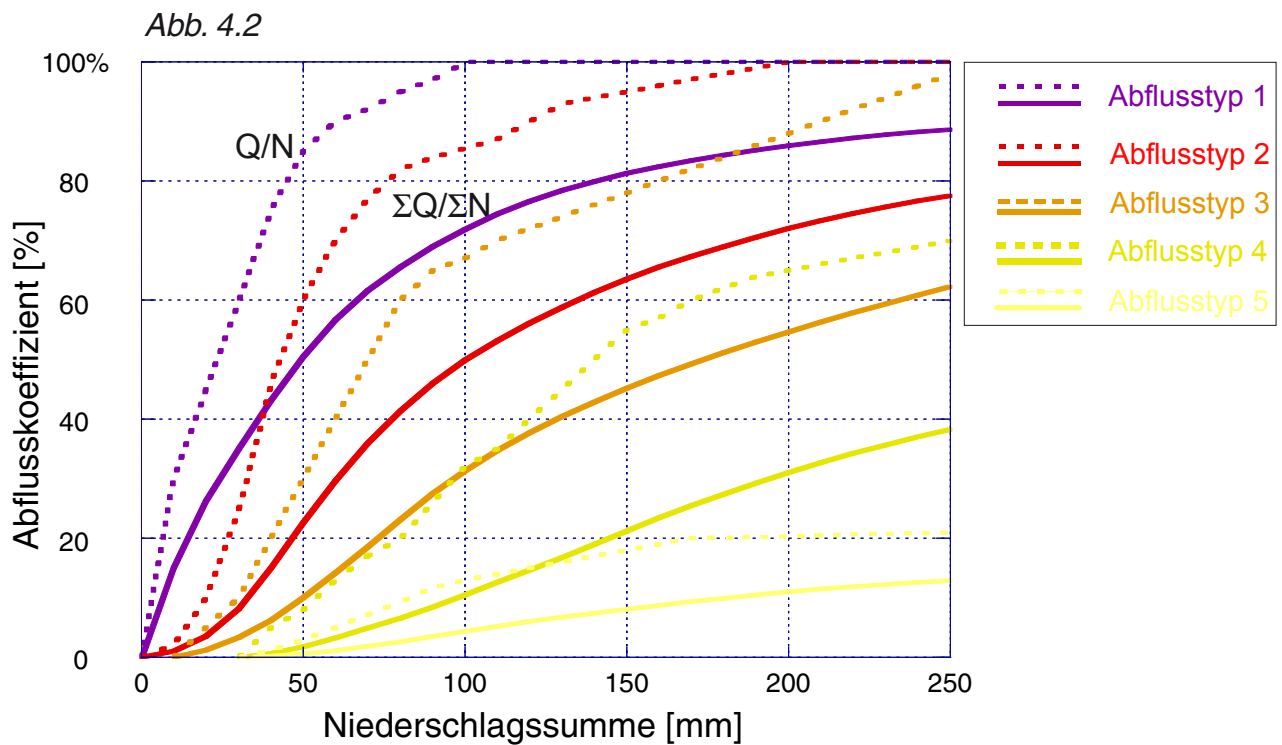


Abb. 4.2, 4.3:

Die Abflussreaktionskurven für natürliche Flächen (Abb. 4.2) und für Siedlungsflächen (Abb. 4.3). Sie definieren den Anteil des abfließenden Niederschlags in Abhängigkeit der Niederschlagssumme. Eingezeichnet ist der Spitzenabflusskoeffizient (Q/N , strichliert) und der Volumenabflusskoeffizient ($\Sigma Q/\Sigma N$, ausgezogene Linie).

5 Abflussberechnungen

5.1 Einleitung

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

5.2 Grundlagen und Aufbau des Modells Q_{AREA}

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

- Das NAM basiert auf der Klassifizierung der **Abflussbereitschaft** der Teileinzugsgebietsflächen (Abflusstypen, Abb. 5.1b) und den dazugehörigen Abflussreaktionen (Abflussreaktionskurven, Abb. 5.1c, Kap. 4.6).
- Die **Fliesszeiten** bis zum Teileinzugsgebietsausgang (Isochronen) und die Fliesszeiten in den Gerinnen wurden berücksichtigt (Abb. 5.1d).
- **Niederschläge:** Zur Simulation von Landregen aber auch kurzen Gewitterniederschlägen kann das Gebiet gleichmässig überregnet werden oder auch nur Teile davon (Abb. 5.1e).

Ein Schema des eingesetzten Modells ist im Anhang 5 zu finden. Der gefallene Niederschlag wird aufgeteilt in Direktabfluss und in den Boden infiltrierendes Wasser. Das infiltrierte Wasser wird im Boden gespeichert und verzögert wieder abgegeben. Die Reaktion dieser Bodenspeicher wird mit linearen Speichern modelliert. Für jeden Abflusstypen wird eine eigene Speichercharakteristik angenommen. Der Direktabfluss erfährt auf dem Weg ins Gerinne eine Verzögerung durch Retention (Oberflächenspeicher), welche ebenfalls mit einem linearen Speicher simuliert wird.

Das im Sommer 2010 in Betrieb genommene HWRB Hackbrätt (BP 2) wurde im Modell mit einer einstauabhängigen Drosselcharakteristik berücksichtigt (Anhang 6.1). Die Einstauvolumina wurden J. Auchli AG (2006b) und die Einstau-Abflussbeziehung Holinger (2014) entnommen. Die einstauabhängige Drosselcharakteristik für das in Bau befindliche HWRB Rickenbach (BP 4) wurde von Alfred Schaltegger (vif, Kt. LU) zur Verfügung gestellt (Anhang 6.2). Die HWRB können im Modell zur Simulation der früheren Verhältnisse ausgeschaltet werden.

Auch der natürliche Tuetesee wirkt als Rückhaltebecken. Der Abfluss wird durch eine Eindolung von etwa 400 m Länge auf einen Abfluss von ca. 0.5 m³/s gedrosselt (vgl. auch J. Auchli AG, 2006a). Im Extremfall wäre ein zusätzlicher Aufstau des Tuetesees um ca. 4 m und ca. 500'000 m³ Rückhalt möglich. Dieser Sachverhalt wurde im Modell beim BP 1 berücksichtigt.

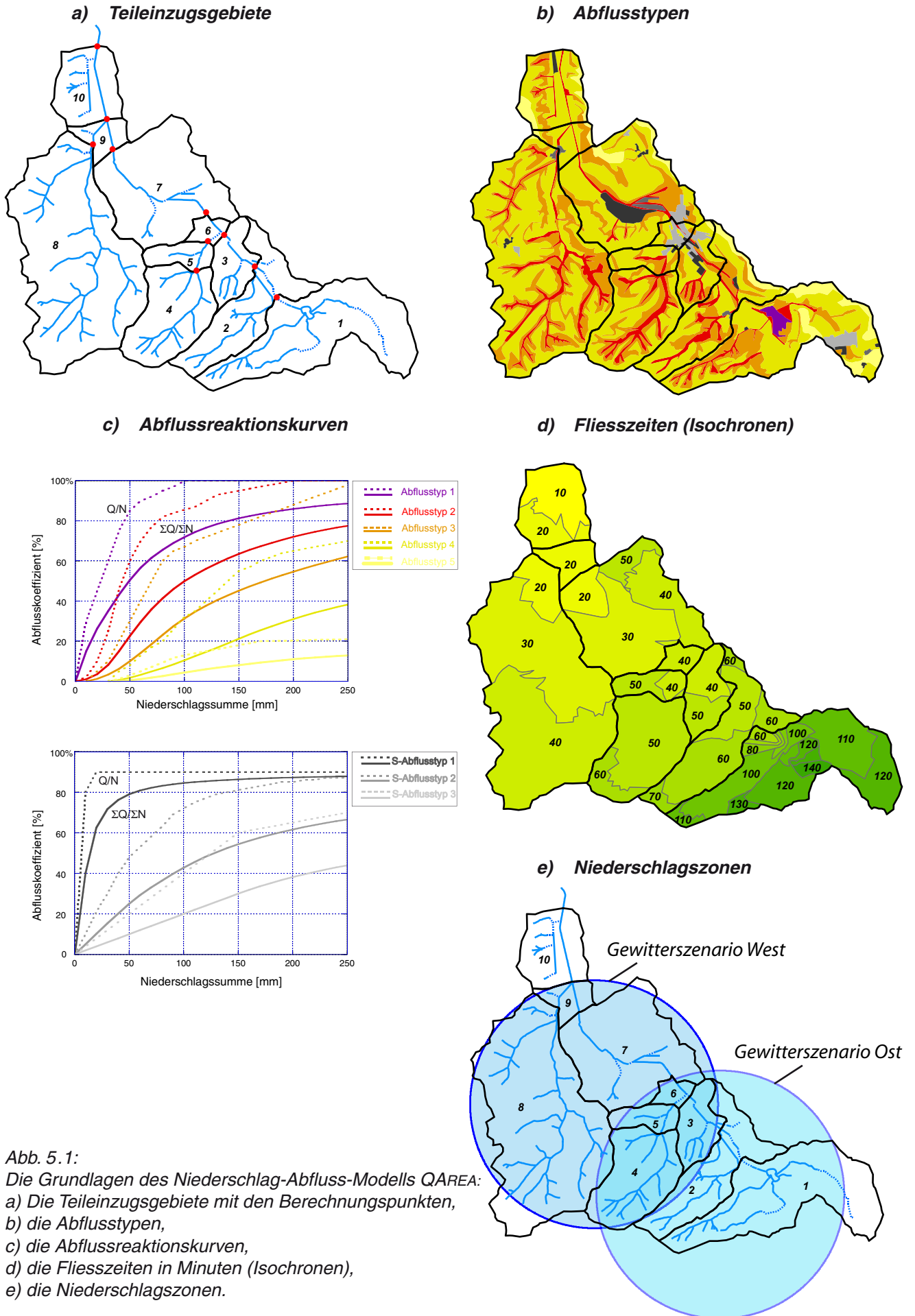


Abb. 5.1:
Die Grundlagen des Niederschlag-Abfluss-Modells QAREA:
a) Die Teileinzugsgebiete mit den Berechnungspunkten,
b) die Abflusstypen,
c) die Abflussreaktionskurven,
d) die Fließzeiten in Minuten (Isochronen),
e) die Niederschlagszonen.

5.3 Modellverifikation

Für die Modellverifikation wurden die Hochwasser vom 21. August 2005 (Anhang 7.1) und vom 8. Juni 2007 (Anhang 7.2) nachgerechnet.

5.3.1 Hochwasser vom 21. August 2005

Beim Hochwasser vom 21. August 2005 liegen keine konkreten Beobachtungen vor. Obwohl die Niederschlagsmenge gross war, ufernten die Seewag und der Rickenbach aber nicht aus, die vorhandenen Gerinnekapazitäten wurden also nicht überschritten. Dieses „Nicht-Ereignis“ diente als Anhaltspunkt zur Modellverifikation, bei der folgende Voraussetzungen gegeben waren:

- Es waren ein Niederschlagsereignis, welches die ganze Region betraf. Es wurde die zeitliche Niederschlagsverteilung der hoch aufgelöst messenden kantonalen Station Wolhusen für den Niederschlagsinput verwendet.
- Aufgrund der vorliegenden Daten der umliegenden Tagessammler konnte die räumliche Niederschlagsverteilung mittels Interpolation abgeschätzt und für den Niederschlagsinput verwendet werden (Anhang 3.1).

In der Simulation des Hochwassers werden die abgeschätzten Gerinnekapazitäten an der Seewag im Bereich der BP 3 und BP 6, wie beobachtet, nicht überschritten. Am Rickenbach beim BP 5 wurde die geschätzte Gerinnekapazität nur leicht überschritten.

5.3.2 Hochwasser vom 8. Juni 2007

Beim Hochwasser vom 8. Juni 2007 gibt es eine Fülle an Abfluss-Beobachtungen. Die Abschätzung des Niederschlagsinputs war hingegen schwieriger:

- Es waren ein Gewitterereignis mit einer hohen räumlichen Variabilität, die mit den Beobachtungen der Bodenstationen nicht wiedergegeben werden kann. Daher wurde die räumliche Niederschlagsverteilung aus Radarbildern der MeteoSchweiz ermittelt (Anhang 3.2).
- Es wurde die zeitliche Niederschlagsverteilung der hoch aufgelöst messenden kantonalen Station Wolhusen für den Niederschlagsinput verwendet.
- Ein Vergleich der in Wolhusen gemessenen Niederschlagssumme von 43.1 mm (Anhang 2) mit der an gleicher Stelle aus den Radarbildern ermittelten Summe von 55 mm zeigt, dass die Radardaten die tatsächlich gefallene Niederschlagsmenge überschätzen. Die aus den Radarbildern ermittelte Niederschlagsverteilung (Anhang 3.2) wurde daher um den Faktor $43.1/55$ reduziert.

Die am Rickenbach (BP 5) beobachtete, hohe Abflussspitze konnte vom Modell gut nachvollzogen werden. Die an der Seewag beobachteten Abflussspitzen (BP 3 und BP 6) wurden in der Simulation hingegen leicht überschritten.

Insgesamt sind die Nachrechnungen der Hochwasser plausibel und das Modell kann daher für die Extrapolation verwendet werden.

5.4 Niederschlag-Szenarien

5.4.1 Räumliche Niederschlagsverteilung

Niederschläge haben eine zeitliche (Dauer und Intensität des Niederschlags) und eine räumliche Verteilung (Überregnung des Gebiets). Bei langandauernden Niederschlagsereignissen (> 4 h Dauer) wurde für die Herleitung der Szenarien angenommen, dass das ganze 18.8 km² grosse EZG gleichmässig überregnet wird.

Die Zentren von Konvektionszellen, in denen die Niederschlagsmaxima von kurzen Starkniederschlägen (≤ 4 h Dauer) fallen, sind auf wenige km² begrenzt. Daher wurden zwei massgebende Gewitterszenarien für die Niederschläge mit einer Dauer von vier Stunden oder weniger festgelegt (Abb. 5.1e):

- Gewitterszenario West: Die Teil-EZG 3 bis 9 werden voll, die übrigen (nicht voll berechneten) Teil-EZG mit halbierten Niederschlagsintensitäten überregnet.
- Gewitterszenario Ost: Die Teileinzugsgebiete (TEZG) 1 bis 6 werden voll, die übrigen (nicht voll berechneten) TEZG mit 70 % der Niederschlagsintensitäten überregnet⁴.

5.4.2 Zeitliche Niederschlagsverteilung und Niederschlagsintensitäten

Südwestlich des EZG der Seewag liegt die Regenmessstation Napf der MeteoSchweiz, die seit 1978 die Niederschläge in hoher Auflösung misst. In Scherrer AG / Soilcom GmbH (2012b) wurden diese Daten statistisch ausgewertet. Diese Statistik eignet sich gut zur Abschätzung kurzer Niederschläge < 24 h Dauer, weil die meisten Regenmessstationen im Umkreis des EZG nur Tagesniederschläge registrieren und die daraus statistisch hergeleiteten Niederschlagsintensitäten für Messintervalle < 24 Stunden daher unsicher sind.

Ein Nachteil der für die Jahre 1978 – 2011 erstellten N-Statistik vom Napf ist die im Vergleich zu langjährigen auf Tagesniederschlägen basierenden Statistiken verhältnismässig kurze Messreihe. Die Statistiken von Langnau (1899 – 2011) und Marbach (1899 – 2011) (Scherrer AG / Soilcom GmbH, 2012b) weisen für Tages- und Mehrtagesregen etwas tiefere 100- und 300-jährliche Werte auf als beim Napf, dessen Werte somit auf der sicheren Seite liegen. Daher wurde sowohl für die kurzen als auch für die langen Niederschläge die Statistik vom Napf verwendet.

Bei kurzen Niederschlägen bis 4 h Dauer wurde eine zeitliche Dreiecksverteilung angenommen mit der Niederschlagsspitze nach einem Drittel der Niederschlagsdauer. Für die 12 h-, 24 h- und 48 h-Niederschläge wurde eine gleichmässige zeitliche Verteilung (Blockregen) verwendet. Tabelle 5.1 zeigt die für die Modellrechnungen verwendeten Werte:

⁴Beim Gewitterszenario West werden die nicht voll berechneten TEZG zu 50 % beregnet, beim Gewitterszenario Ost zu 70 %. So ist gewährleistet, dass trotz unterschiedlicher Grösse des überregneten Haupt-Niederschlagsgebiets bei beiden Szenarien gleich viel Niederschlag auf das gesamte EZG fällt.

Tab. 5.1: Die für die Modellrechnungen verwendeten Niederschlagswerte (Napf, 1978 – 2011).

Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlagsdauer [h]	Wiederkehrperiode [Jahre]	Zeitliche Verteilung des Niederschlags	Niederschlagsmenge [mm]	Max. Niederschlagsintensität [mm/h]
0.5h30j_dreieck	0.5	30	Dreieck	44.6	133.9
1h30j_dreieck	1	30	Dreieck	54.0	94.5
2h30j_dreieck	2	30	Dreieck	57.0	53.5
4h30j_dreieck	4	30	Dreieck	63.2	30.6
12h30j_block	12	30	Blockregen	87.7	7.3
24h30j_block	24	30	Blockregen	127.6	5.3
48h30j_block	48	30	Blockregen	164.6	3.4
0.5h100j_dreieck	0.5	100	Dreieck	65.2	195.6
1h100j_dreieck	1	100	Dreieck	75.4	131.9
2h100j_dreieck	2	100	Dreieck	78.6	73.7
4h100j_dreieck	4	100	Dreieck	85.0	41.2
12h100j_block	12	100	Blockregen	110.6	9.2
24h100j_block	24	100	Blockregen	160.1	6.7
48h100j_block	48	100	Blockregen	193.7	4.0
0.5h300j_dreieck	0.5	300	Dreieck	92.1	276.4
1h300j_dreieck	1	300	Dreieck	102.1	178.6
2h300j_dreieck	2	300	Dreieck	105.2	98.6
4h300j_dreieck	4	300	Dreieck	111.5	54.0
12h300j_block	12	300	Blockregen	136.6	11.4
24h300j_block	24	300	Blockregen	195.4	8.1
48h300j_block	48	300	Blockregen	220.1	4.6

5.5 Abflussberechnungen ohne HWRB

Anhang 8.1 zeigt die Resultate der Modellrechnungen mit ausgeschalteten HWRB Hackbrätt (BP 2) und HWRB Rickenbach (BP 4) zur Herleitung der massgebenden Hochwasserabflüsse vor 2010 und dient als Basis zur Erstellung eines HWS-Konzepts. Fett gedruckt sind die grössten Abflüsse. Die Berechnungen zeigen, dass für Wiederkehrperioden von 100 und 300 Jahren kurze Gewitterniederschlägen von bis zu einer Stunde Dauer die grössten Abflussspitzen erzeugen. Bei den häufigeren Ereignissen sind ab BP 6 24-stündige Niederschläge massgebend. Die Resultate der Abflussberechnungen sind damit im Einklang mit den Beobachtungen historischer Hochwasser (vgl. Kap. 3.5).

6 Hochwasserabflüsse definierter Jährlichkeit

6.1 Einleitung

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

6.2 Rickenbach in Menznau beim BP 5

Die Erkundung der historischen Hochwasser (Kap. 3) öffnet einen grossen Beobachtungszeitraum von 170 Jahren. Es sind allerdings nur vom sehr grossen Hochwasser vom 8. Juni 2007 und vom grossen Hochwasser vom 7. Juni 2003 Abflussspitzen bekannt (blaues und graues Rechteck in Abb. 6.1):

- Das Hochwasser vom 8. Juni 2007 erreichte am Rickenbach in Menznau eine Abflussspitze von 7 - 8 m³/s. Es war das grösste oder (nach dem Hochwasser vom 19. August 1917) das zweitgrösste der vergangenen 170 Jahre und wurde als 85 – 170-jährliches Ereignis eingestuft.
- Das Hochwasser vom 7. Juni 2003 mit einer am Rickenbach in Menznau abgeschätzten Abflussspitze von 3 – 6 m³/s war das drittgrösste der vergangenen 170 Jahre (57-jährlich); über die letzten 100 Jahre betrachtet ist es, vorsichtiger eingestuft⁵, immer noch ein 33-jährliches Ereignis.

Die Berechnungen mit den Modellregen erweitern die Erkenntnisse aus den historischen Hochwassern und sind in Abbildung 6.1 violett dargestellt. Sie ermöglichen die Abschätzung seltener Hochwasser.

Die roten Linien markieren den Unsicherheitsbereich für die vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit. Ein HQ₁₀₀ liegt beim BP 5 demnach im Bereich von 6.5 – 8 m³/s.

6.3 Seewag in Menznau beim BP 6

Der Rickenbach bestimmt die Hochwasserabflüsse der Seewag nach seiner Einmündung. Das Hochwasser vom 8. Juni 2007 wurde analog zum Rickenbach mit einer beobachteten Abflussspitze von 10 – 11 m³/s als 85 – 170-jährliches Ereignis eingestuft (Abbildung 6.2). Vom Hochwasser 2003 konnte leider kein Abfluss rekonstruiert werden. Unter Einbezug der Modellrechnungen wurden die vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit mit roten Linien markiert. Ein HQ₁₀₀ liegt beim BP 6 demnach im Bereich von 10 – 11.5 m³/s.

⁵ Es ist denkbar, dass ein Hochwasserereignis dieser Grössenordnung im 19. Jahrhundert nur eine kleine Schadenwirkung hatte und deshalb nicht erkannt oder kleiner eingestuft wurde.

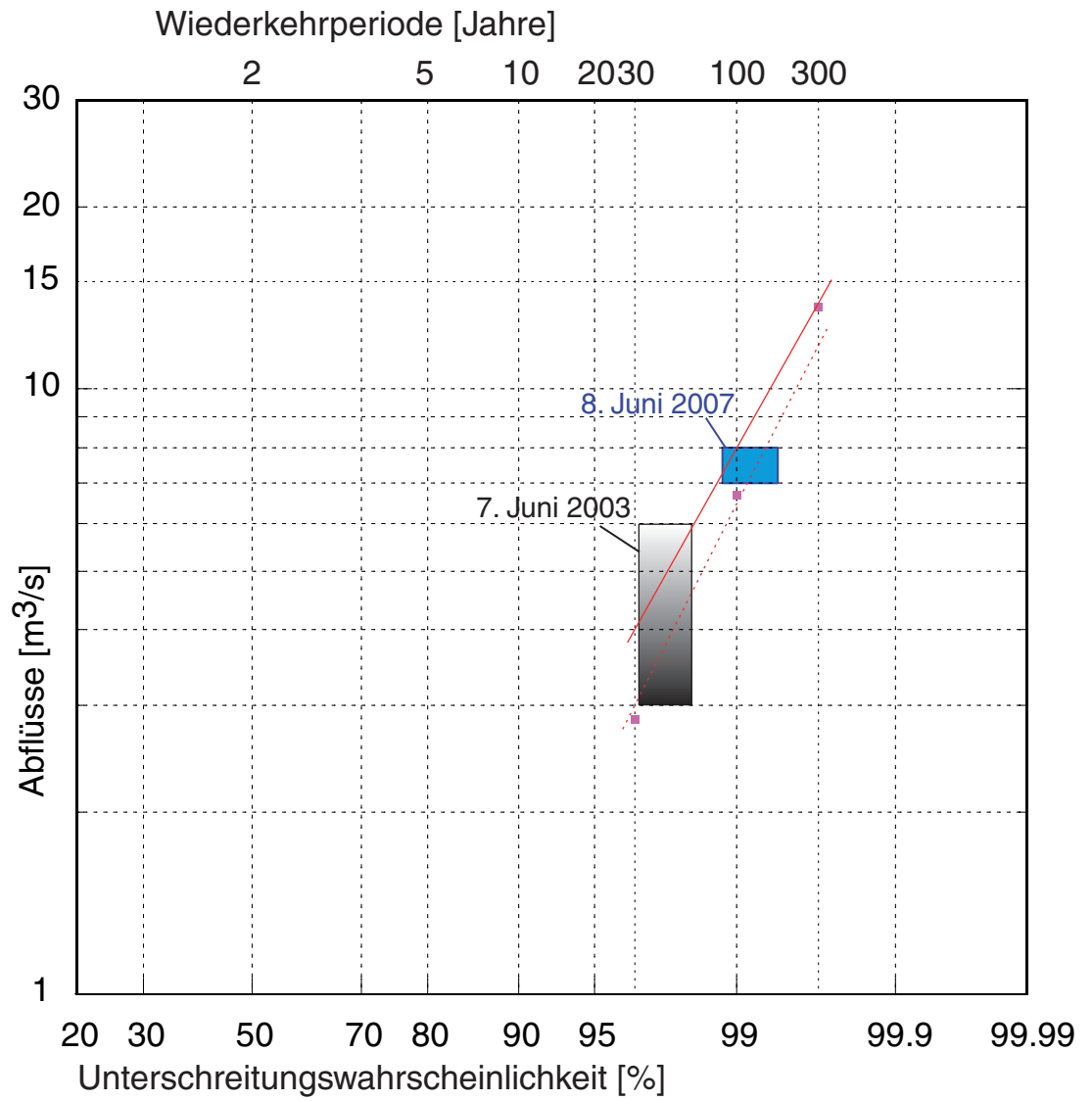


Abb. 6.1: Frequenzdiagramm des Rickenbachs in Menznau beim BP 5 (2.2 km²).
 Eingetragen sind die abgeschätzten Hochwasser der Jahre 2003 und 2007.
 Die rote Linie markiert die vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit.

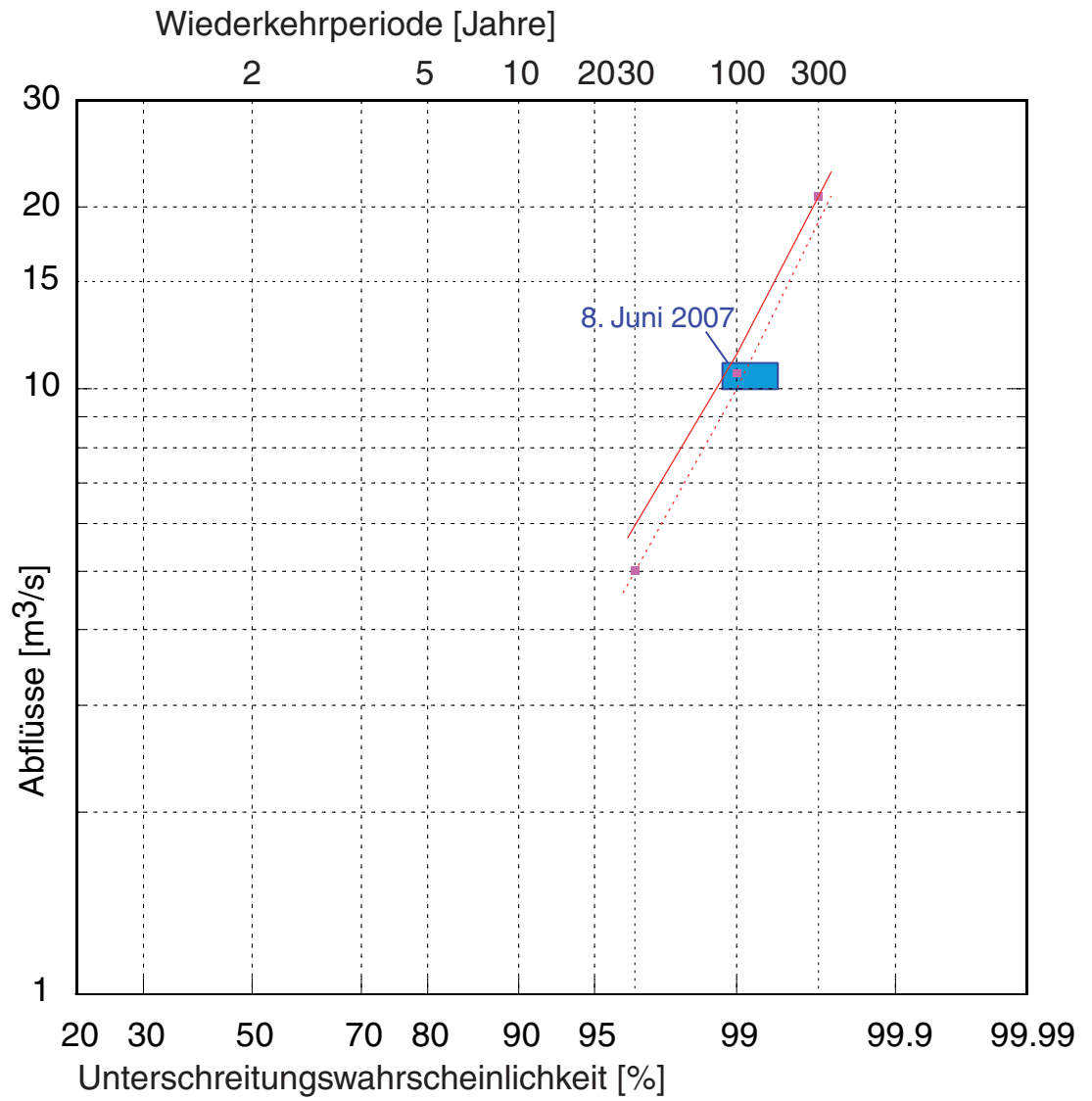


Abb. 6.2: Frequenzdiagramm der Seewag in Menznau beim BP 6 (8.3 km²).
 Eingetragen ist das abgeschätzte Hochwasser des Jahres 2007.
 Die rote Linie markiert die vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit.

6.4 Hochwasserabflüsse ohne HWRB

Unter Berücksichtigung der Modellrechnungen konnten die Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit für die übrigen Berechnungspunkte in analoger Weise festgelegt werden (Tabelle 6.1).

Während die 30- und 100-jährlichen Hochwasserabflüsse innerhalb des überblickbaren Zeitfensters von 100 Jahren liegen, ist die Festlegung der 300-jährlichen Hochwasserabflüsse eine unsichere Extrapolation. Die mit dem NAM errechneten Hochwasserabflüsse mit einer Wiederkehrperiode von 300 Jahren würden ausufern. Das Dämpfungsverhalten hängt dabei stark vom Abflussvolumen bei einem HQ_{300} ab.

Tab. 6.1: Die an der Seewag, Ricken- und Riedtalbach ermittelten Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit ohne die HWRB Hackbrätt (BP 2) und Rickenbach (BP 4).

BP	zugeordneter Gerinneabschnitt	HQ_{30} [m ³ /s]	HQ_{100} [m ³ /s]	HQ_{300} [m ³ /s]
1	Seewag Tuetesee (3.3 km ²)	0.5	0.5	0.5
2	Seewag HWRB Hackbrätt (5.1 km ²)	2.0 – 2.5	2.5 – 3.0	4.0 – 4.5
3	Seewag vor Zufluss Rickenbach (5.9 km ²)	2.5 – 3.0	3.5 – 4.0	6.5 – 7.0
4	Rickenbach bei proj. HWRB (1.8 km ²)	2.5 – 3.5	5.5 – 6.5	10.0 – 11.5
5	Rickenbach in Menznau (2.2 km ²)	3.0 – 4.0	6.5 – 8.0	12.0 – 14.0
6	Seewag nach Zufluss Rickenbach (8.3 km ²)	5.0 – 6.0	10.0 – 11.5	19.0 – 21.0
7	Seewag vor Zufluss Riedtalbach (11.4 km ²)	7.5 – 9.0	12.0 – 14.0	22.5 – 25.0
8	Riedtalbach in Daiwil (5.8 km ²)	5.0 – 6.0	8.5 – 10.0	16.5 – 18.5
9	Seewag nach Zufluss Riedtalbach (17.6 km ²)	13.0 – 15.0	21.0 – 24.0	39.0 – 43.0
10	Seewag vor Zufluss Rot (18.8km ²)	14.0 – 16.0	21.0 – 24.0	39.0 – 43.0

7 Wirkung der HWRB Hackbrätt und Rickenbach

7.1 Einleitung

Mit dem NAM kann die Wirkung des bestehenden HWRB Hackbrätt (BP 2) und des in Bau befindlichen HWRB Rickenbach (BP 4) untersucht und optimiert werden. Holinger (2014) zeigte auf, dass beim HWRB Hackbrätt „bereits bei Abflüssen um ca. 0.9 m³/s eine Füllung des Stauraums bis zum Stauziel die Folge ist und eine Optimierung des Durchlassbauwerkes HWRB Hackbrätt zwingend erfolgen muss“. Ursprünglich geplant war eine Drosselung auf 1.5 m³/s (J. Auchli AG, 2006a). In den nachfolgenden Beckenberechnungen wurde beim HWRB Hackbrätt mit dem Ist-Zustand (Drosselung auf 0.9 m³/s) gerechnet. Für das in Bau befindliche HWRB Rickenbach wurde die geplante Drosselcharakteristik verwendet (vgl. Kap. 5.2).

7.2 Beckenberechnungen

Anhang 8.2 zeigt die Resultate der Modellrechnungen unter Einbezug der HWRB Hackbrätt (BP 2) und Rickenbach (BP 4). Die Berechnungen zeigen, dass das HWRB Hackbrätt bereits bei einem HQ₃₀ gefüllt wird und damit seine Wirkung nicht entfaltet⁶. Das HWRB Rickenbach füllt sich mit der vorgesehenen Drosselcharakteristik bei einem HQ₁₀₀ zu 40% und wirkt wie vorgesehen; erst bei einem HQ₃₀₀ überläuft dieses HWRB.

7.3 Hochwasserabflüsse mit HWRB

Basierend auf den oben beschriebenen Beckenberechnungen ergeben sich die Hochwasserabflüsse in Tabelle 7.1. Im Unterschied zu Tabelle 6.1 (Hochwasserabflüsse ohne HWRB) wird nur die obere Grenze des Unsicherheitsbereichs angegeben. Dabei offenbart sich die fehlende Retentionswirkung des HWRB Hackbrätt. Das vorgesehene HWRB Rickenbach hingegen bewirkt die vorgesehene Dämpfung im Rickenbach und an der Seewag ab BP 6.

Tab. 7.1: Die an der Seewag, Ricken- und Riedtalbach ermittelten Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit unter Einbezug der HWRB Hackbrätt (BP 2) und Rickenbach (BP 4).

BP	zugeordneter Gerinneabschnitt	HQ ₃₀ [m ³ /s]	HQ ₁₀₀ [m ³ /s]	HQ ₃₀₀ [m ³ /s]
1	Seewag Tuetesee (3.3 km ²)	0.5	0.5	0.5
2	Seewag HWRB Hackbrätt (5.1 km ²)	2.5	3.0	3.5
3	Seewag vor Zufluss Rickenbach (5.9 km ²)	3.0	4.0	4.5
4	Rickenbach bei proj. HWRB (1.8 km ²)	1.5	3.0	5.0
5	Rickenbach in Menznau (2.2 km ²)	2.0	3.5	6.0
6	Seewag nach Zufluss Rickenbach (8.3 km ²)	6.0	7.5	9.0
7	Seewag vor Zufluss Riedtalbach (11.4 km ²)	9.0	11.5	15.5
8	Riedtalbach in Daiwil (5.8 km ²)	6.0	10.0	18.5
9	Seewag nach Zufluss Riedtalbach (17.6 km ²)	15.0	20.0	34.0
10	Seewag vor Zufluss Rot (18.8km ²)	16.0	21.0	34.0

⁶ Bei einem HQ₃₀₀ ergibt sich in den Modellrechnungen trotzdem eine kleine Dämpfung. Im Gegensatz zu den HQ₃₀- und HQ₁₀₀-Szenarien erzeugt bei einem HQ₃₀₀ ein 1h-Gewitter die grösste Abflussspitze, die im Gegensatz zur Ganglinie des 24h-Blockregens durch das HWRB Hackbrätt gedämpft wird (vgl. Anhang 8).

7.4 *Schlussfolgerungen*

Die Empfehlung von Holinger (2014) zur Optimierung der Drosselung des HWRB Hackbrätt bestätigt sich auch aus hydrologischer Sicht. Die vorgesehene Auslegung des HWRB Rickenbach hingegen sorgt für die vorgesehene Dämpfungswirkung am Rickenbach und an der Seewag.

Scherrer AG
Hydrologie und Hochwasserschutz

Dr. S. Scherrer

R. Frauchiger

Reinach, Juni 2014

Sachbearbeiter:

Roger Frauchiger, Dipl. Kult. Ing. ETH Zürich

Dr. Simon Scherrer, Dipl. Geograph Uni Basel

8 Anhang

- Anhang 1: Historische Hochwasser
- Anhang 2: Tagesniederschläge
- Anhang 3: Räumliche Niederschlagsverteilung
- Anhang 4: Geologie und Bodenprofile
- Anhang 5: Modellaufbau
- Anhang 6: Drosselcharakteristik
- Anhang 7: Modellverifikation
- Anhang 8: Beckenberechnungen

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1820, 26.6.	Gewitter	Hagelwetter mit Überschwemmungen. Bedeutende Schäden an Kulturen, Wegen, Stegen und Gebäuden. Betroffen wurden die Gemeinde Romoos sowie die Umgebung von Willisau.	Lanz-Stauffer & Rommel (1936)
1824, 30.7.	Gewitter	Gewaltiges Sturm- und Hagelwetter in einer grossen Unzahl von Gemeinden der Ämter Sursee und Willisau. Bedeutende Schäden an Kulturen, Wegen und Stegen.	Lanz-Stauffer & Rommel (1936)
1835, 18.5.	Gewitter	Wasserschäden an Ufern, Wuhungen und Brücken infolge Hochgewitters im Westen des Amtes Willisau (3 Gemeinden).	Lanz-Stauffer & Rommel (1936)
1842, 22.6., 6.8.	Gewitter	Hochgewitter in der Gegend des Steinhuser- und Menzbergs. Betroffen wurden die Gemeinden Wolhusen und Menznau. Es entstanden Hagel-, Wasser und Rutschungsschäden an Kulturen, Boden, Wegen und Stegen.	Lanz-Stauffer & Rommel (1936)
1846, 24.8.	Dauerregen	Im Spätsommer 1846, nach mehrwöchigem Regenwetter, trat die Emme wieder über die Ufer. Am 25. und 26. Juli wurden sämtliche Wuhren weggerissen. Am 26. Juli war die Brücke über die Emme nicht mehr befahrbar. [...] Am 24. August brach dann das Unheil vollends über das Tal herein. Die Brücke über die Emme wurde fortgerissen. Der Fluss brachte ungeheure Massen Holz, zerissene Brücken, Wuhren, Trümmer von Häusern, mächtige Bäume samt den Wurzeln mit sich. Ganze Strecken Land wurden weggeschwemmt. Bei Ettisbühl drohte die Emme, das Bett zu verlassen und ihren Weg über Äcker und Wiesen zu suchen. [...] Nur mit den grössten Anstrengungen gelang es, den Fluss in seinem Bette zu behalten.	Bürkli et al. (1946)
		Furchtbar wüthete die Emme im Spätsommer 1846. Starkes Regenwetter hielt mehrere Wochen an. Nicht nur die Schleusen des Himmels waren geöffnet, sondern es schien, als habe die Erde sich aufgethan, um das Wasser auszuspeien; denn auf trockenen Gründen, sogar auf festen Strassen traten Quellen zu Tage. Die erste Zerstörung entstand am 25. und 26. Juli 1846. Fast sämtliche Wuhren wurden weggerissen, und in der Nacht vom 25. auf den 26. Juli wurde die Brücke über die Emme [bei Ennigen] so ruiniert, dass dieselbe nicht mehr befahren werden konnte. [...] Indessen hielt das Regenwetter an. Am 24. August entstand der zweite und furchtbarste Auflauf der Emme. Wie ein gieriges Raubthier verschlang der wilde Strom die ungeschützten Ufer. Die Brücke wurde fortgerissen. Ungeheuer waren die Massen von Holz, welches vom Flusse fortgetragen wurde; zerissene Brücken, Stege, Wuhren, selbst Trümmer von Häusern, Saghölzer, mächtige Bäume samt den Wurzeln schwammen auf dem Strome. Ganze Strecken Schachen und Land wurden weggeschwemmt. Beim Ettisbühl machte die Emme mehrere hundert Fuss weit eine Bucht in das Land und drohte einzubrechen und den Lauf durch das Thal einzuschlagen. Zufälligerweise blieb an der gefährlichen Stelle eine lange Tanne in querer Lage durch den Strom stecken und drohte dem Fluss sein Bett zu verrammeln. Ungeheuer war der Schrecken. [...] Den muthigsten Anstrengungen gelang es endlich, die Tanne wieder los zu machen, und der Fluss blieb in seinem Bette.	Thürig (1870)
		Überschwemmungen in der ganzen Nordschweiz verursacht durch Wolkenbrüche und gewaltige Regengüsse. [...] Luzern: Überschwemmungen durch die Reuss, Emme und andere Bäche. Schwerpunkte waren das Entlebuch und die Regionen Willisau, Malters, Luzern, Hochdorf und Sursee.	Röthlisberger (1991)
		Hagelschäden und Überschwemmungen durch die Reuss und die Emme im Zentrum und Osten des Kantons. Schäden an Kulturen, Boden, Strassen, Brücken, auch umfangreichere Gebäudeschäden (feststellbar nur Fr. 3500).	Lanz-Stauffer & Rommel (1936)
		Das den 22. und 23. andauernde Regenwetter hat in der Umgebung von Luzern grossen Schaden angerichtet. Die Emme trat unter der Thorenbergerbrücke über die Ufer und überschwemmte ringsum Litaue Boden. Die neue Langnauer Brücke wurde fortgerissen. Gleiches verlautet von anderen Brücken. Diese angeschwollene Emme hat auch die Reuss über die Ufer getrieben. Ein Teil des Dorfes Emmen und seiner Umgebung lag unter Wasser. Ähnlich traurige Nachrichten werden aus anderen Gegenden des Kantons, namentlich aus dem Entlebuch vernommen.	Luzerner Zeitung, 24.8.1846
1850, 17.7.	Gewitter	Gewaltiges Sturm- und Hagelwetter über dem ganzen Kantonsgebiet. Bedeutende Schäden an Kulturen, Boden und Gebäuden.	Lanz-Stauffer & Rommel (1936)
1852, 17./18.9.	Dauerregen	Dieses Hochwasser gilt als eines der grössten des schweizerischen Mittellandes. Die Überschwemmungsgebiete reichten vom Boden- bis zum Genfersee. Ursache waren 52-stündige, ununterbrochene Regenfälle mit Hochgewitter. [...] Luzern: Verwüstungen durch die Wigger, Pfaffern, Rot und Kleine Emme.	Röthlisberger (1991)
		Im Überschwemmungsjahr 1852 führten auch verschiedene Flüsse im Kanton Luzern Wasserschäden herbei. Überschwemmungen ereigneten sich besonders im Nordwesten des Kantons im Gebiet der Roth, Pfaffnern und Wigger. Bei Altishofen wurde die Brücke über die Wigger zerstört, ebenso die Brücke über die Emme in Malters.	Lanz-Stauffer & Rommel (1936)
1853, 4./5.6. u. 4./5.9.	Gewitter	Infolge Hochgewitters Wasserschäden an Land, Ufern und Wuhungen in der Gegend Wolhusen-Menznau und in Luthern.	Lanz-Stauffer & Rommel (1936)

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1876, 10.- 12.6.	Dauerregen	Die zahlreichen und starken Niederschläge, die einen grossen Teil der Schweiz heimsuchten, verursachten auch im Kanton Luzern beträchtliche Schäden an Kulturen Strassen, Brücken und Wuhungen. Die Schäden trafen insbesondere das Amt Willisau daneben auch einige Gemeinden anderer Ämter.	Lanz-Stauffer & Rommel (1936)
1887, 15.7.	Gewitter	Sommer. Zahlreiche und teilweise räumlich ausgedehnte Gewitter in 30 Gemeinden der Ämter Willisau, Sursee, Entlebuch und Hochdorf. Ausgedehnte Schäden an Kulturen und Gebäuden [...] 15. Juli. Hagelschlag in Willisau-Land und Menznau. Schaden Fr. 137'250.	Lanz-Stauffer & Rommel (1936)
1904, 6.6.	Gewitter	Heftiges Gewitter, Hagel und wolkenbruchartiger Regen über Sursee, Willisau, Wiggertal und Hinterland, Wolhusen.	Meier (1939)
1910, 19.1.	Dauerregen, Schnee- schmelze	Überschwemmungen vor allem in der Westschweiz infolge einsetzender Schneeschmelze verbunden mit reichlichen Niederschlägen. [...] In der Innerschweiz wurden die Kantone Uri (u.a. Verklausung der Reuss durch die Bristenlau mit Durchbruch und Flutwelle), Obwalden und Luzern (Entlebuch, Willisau, Sursee) getroffen.	Röthlisberger (1991)
		Mehrere Gegenden des Kantons, besonders das Amt Willisau, wurden von schweren Wasserschäden heimgesucht.	Lanz-Stauffer & Rommel (1936)
		Überschwemmungen in vielen Gegenden des Kantons Luzern. Katastrophales Hochwasser in der Westschweiz, 3-tägiger Landregen von 100 – 200 mm.	Meier (1939)
1910, 14./15.6.	Dauerregen	Die grossen Wasserverheerungen, die in diesen Tagen die Schweiz heimsuchten, richteten auch im Kanton Luzern erhebliche Schäden durch Überschwemmungen an. [...] Amt Entlebuch: 9 Gemeinden, Schaden Fr. 192'075.	Lanz-Stauffer & Rommel (1936)
		Riesige Unwetterkatastrophe in der Schweiz (mit Ausnahme von Jurazone und Südschweiz) Rapide Schneeschmelze und wolkenbruchartiger Stauregen auf der Alpennordseite durch Zufuhr von feucht-warmen Luftmassen aus Nordeuropa. Verheerende Hochwasser führten: u.a. Kleine Emme. Alle von der Katastrophe verheerten Landesteile boten das gleiche Bild der Verwüstung: Vernichtete Kulturen, eingestürzte Wohnhäuser und Ställe, zerstörte Dämme, unterbrochene Strassen und Eisenbahnlinien, viele weggeschwemmte Brücken.	Meier (1939)
		Korrektion der Seewag und des Dorf- oder Rickenbaches in den Gemeinden Menznau und Willisau-Land; Projektgenehmigung. Verschiedene Hochwasser, speziell ein solches vom Jahre 1910, sowie die stetig zunehmende Versumpfung des Landes oberhalb des Dorfes Menznau gaben den interessierten Liegenschaftsbesitzern Veranlassung, das im Jahre 1891 ausgearbeitete Korrektionsprojekt wieder aufzugreifen.	Staatsarchiv, Verhandlungs- protokoll d. RR, 19.12.1914
		Menzna. (Einges. vom 15. Juni.) Als ich heute morgen die Kantonsstrasse Menznau-Wolhusen passieren wollte, musste ich wieder umkehren, denn die Strasse nahe beim Dorf lag in einem See. Auch das schöne Heugras sieht man nicht mehr. Traurig für die Bauern. Auch sah ich, wie die Schulkinder weite Umwege machen mussten, um dann wie nasse Mäuschen in die Schulbänke zu sitzen. Ebenso für die Fuhrwerke ist die Passage sehr gefährlich, weil auf beiden Seiten tiefe Gräben sind. Dieser See tritt fast bei jeder Regenperiode zum Vorschein, seitdem die Bahn das Tal durchzieht; denn der Damm staut das Wasser und unsere schönen Matten müssen versäufen. Da sollte doch einmal Abhilfe geschaffen werden; die h. Regierung möchte uns doch etwas Hand bieten und sich von dem Uebelstande einmal selbst überzeugen; der Gemeinderat aber sollte den Anstoss geben. Also Seewaagen-Korrektion vor!	Vaterland, 17.6.1910
1915, 10.6.	Gewitter	Hochgewitter mit Wasser- und Rutschungsschäden in Menznau, Schüpheim und Flühli.	Lanz-Stauffer & Rommel (1936)
1916, 8.11	Dauerregen	Infolge starken Niederschlägen hatten wir hier gestern ein starkes Hochwasser, sowohl der Seewage, wie auch des Rickenbaches. Schaden hat dasselbe zwar nicht angestiftet, jedoch muss ich sie auf einen Uebelstand aufmerksam machen. Es betrifft dies den Dorfbach. Beim Gitter der Einführung desselben in den Seewagstollen staute sich eine Unmasse Abfälle aller Art, die das Gitter vollständig vermachten. Wir entfernten alles; aber nach einer halben Stunde war schon wieder der gleiche Zustand, ich entfernte hierauf die Stäbe. Sollte das Hochwasser bei Nacht eingetretten sein, hätte dasselbe den Weg der Bahnlinie entlang eingeschlagen, was ja unter Umständen grosse Folgen nach sich hätte ziehen können.	Staatsarchiv, Brief Trucco, 9.11.1916
1917, 19.8.	Gewitter	Gewitter über dem Luzerner Hinterland und dem Entlebuch. Zwei Männer fanden bei einer Rutschung den Tod, zwei weitere Personen wurden bei Wolhusen vom Wiggerhochwasser fortgerissen.	Röthlisberger (1991)
		Gewaltiges Hochgewitter, besonders in der Gegend zwischen dem Napf und der Linie Wolhusen-Menzna. Enorme Wassermassen stürzten von den Bergen. Die Bäche traten über ihre Ufer. Bäume und Sträucher wurden entwurzelt, Äcker und Wiesen überführt, Strassen, Verbauungen und Gebäude beschädigt. An vielen Orten entstanden Rutschungen. (...) Von den Schäden in Wolhusen und Werthenstein entfielen Fr. 113'370 auf Staats- und Gemeindeeigentum sowie solches von juristischen Personen des Privatrechts.	Lanz-Stauffer & Rommel (1936)

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1917, 19.8. Fortsetz.	Gewitter	<p>Letzte Sonntag Nacht, den 19. August, sind grosse Teile der Gemeinden Menznau und Wolhusen von einem katastrophalen Gewitter, wie man seit Menschengedenken nicht mehr erlebt, heimgesucht worden, weshalb denn auch die Verheerungen in den beiden Gemeinden geradezu grausig genannt werden dürfen. In der Gemeinde Wolhusen ist namentlich das Dorf sehr hart getroffen worden und sind leider auch Menschen ums Leben gekommen, in Menznau sind gottlob keine Menschenleben zu beklagen, dagegen ist der obere Teil des Dorfes überschwemmt und verwüstet worden, die Liegenschaften gegen Wolhusen, wie Rüdel, Tutensee, Burgacher, Unterschlechten etc. haben schon viel mehr gelitten, indem unmittelbar von Haus und Scheune grosse Flächen mit Geröll und Geschiebe überdeckt worden sind und das sogar im besten Baumgarten & Mattland, so dass dieselben für den diesjährigen Herbstnutzen, wie auch für den nächstjährigen Nutzen vollständig verloren sind, wenn nicht eine energische Abräumung stattfindet. [...] Am ärgsten hat aber das Unwetter in unserer Gemeinde auf dem Menznauerberg und auf dem Menzberg gewütet, denn unzählige Erdschlipfe sind niedergegangen, ja ganze Heimwesen verwüstet, einige davon scheinen ganz verloren oder wertlos geworden zu sein.</p>	Staatsarchiv, Brief Gemein- derat Menznau, 25.8.1917
		<p>Wolhusen, 20. d. Gestern Abend, in der Zeit von 8 - 11 Uhr, ging ein furchtbarer Wolkenbruch über das Entlebuch und insbesondere über die Gegend von Wolhusen nieder, der schwere Überschwemmungen und Schaden anrichtete. In Wolhusen ereigneten sich mehrere Unglücksfälle, denen nach bisherigen Feststellungen drei Männer und eine Magd zum Opfer gefallen sind. Der Dorfbach, die Wigger, trat über die Ufer. Das Wasser floss in eine grosse Zahl Häuser, füllte die Keller und Erdgeschosse und führte den Einsturz einer Scheune herbei. Die Bergungsarbeiten werden heute Nachmittag unter Zuziehung von Hilfsmannschaften aus Luzern fortgesetzt. Bisher konnten die Leichen von der Vermissten noch nicht geborgen werden, da das Auspumpen der Keller langsam vor sich geht. [...] Wolhusen, 20. d. Schweres Wasserunglück. Am Sonntag Abend um halb neun Uhr an ging über Wolhusen und die Höhen von Steinhäusern und Menzberg ein Gewitter nieder, das für den Talkessel von Wolhusen und speziell für die Ortschaft, wie dem Bericht des Tagblatts zu entnehmen, zur eigentlichen Katastrophe geworden ist. (...)</p> <p>Menznau, 20. d. Sonntag abends halb 9 Uhr ging über hiesige Gegend ein sehr schweres Gewitter. Der Regen floss in Strömen, sodass bald eine wahre Wassernot entstand. Der Rickenbach führte Saghölzer, Stöcke und eine Unmasse Geschiebe mit sich. Bei der Dorfbrücke kam er ins Stocken, trat über die Ufer und richtete dadurch gewaltigen Schaden an. Das Wasser trat vielerorts in Keller und Ställe. Die Feuerwehr hatte schwere Arbeit, um dem tobenden Element nur einigermaßen Einhalt zu tun. Am meisten hatten einige Keller im Oberdorfe, Neuhüsli, in der Käserei, in dem Gasthause zur Krone und zum Lamm zu leiden, welche ganz von Wasser angefüllt waren. Der letzte Abendzug der Huttwil-Wolhusen-Bahn konnte nicht mehr verkehren. Die Linie Wolhusen-Menznau war vom Wasser unterwühlt.</p>	Entlebucher, 22.8.1917
		<p>Die Katastrophe ist weit grösser, als der erste Eindruck sie einschätzte. [...] Der Bahndamm der Hinterländerlinie ist beim Durchlass des Wiggernbachs eingeknickt. Das Brückengewölbe ist zerrissen und der Bahnverkehr wohl für einige Zeit unterbrochen. Auch auf der Strecke nach Menznau ist die Strecke an mehreren Stellen beschädigt und unbefahrbar.</p>	Entlebucher, 25.8.1917
		<p>Furchtbare Wetterkatastrophe in Wolhusen. Ein Schreckenstag liegt hinter uns, der vierte in diesem Sommer. Sonntag abends um 8 Uhr entlud sich ein furchtbares Gewitter über unsere Gegend das wohl drei Stunden dauerte. Der Regen ergoss sich in Strömen vom Himmel. Der Wiggerbach, von Menzberg herkommend, trat über die Ufer und ergoss sich als Strom durch die Dorfstrasse, grosse entwurzelte Tannen, gewaltige Stein und Gesträuch mitführend. Die Kantonsstrasse wurde stellenweise aufgerissen, die schönen Gärten liegen unter hohem Schutt und Gehölz, die eisernen Zäune mit den Granitsockeln weggerissen, viele Häuser arg beschädigt. Das schöne Dorf sieht entsetzlich aus. Vier Menschenleben sind zu beklagen. [...] Menznau wurde von dem Unwetter ebenfalls schwer heimgesucht. Der Rickenbach führte Saghölzer, Stöcke und eine Unmasse Geschiebe mit sich. Bei der Dorfbrücke kam er ins Stocken, trat über die Ufer und richtete dadurch gewaltigen Schaden an. Das Wasser drang vielerorts in Keller und Ställe und die Feuerwehr hatte schwere Arbeit, um dem tobenden Element nur einigermaßen Einhalt zu tun. Am meisten hatten einige Keller im Oberdorfe, Neuhüsli, in der Käserei, in dem Gasthause zur Krone und zum Lamm zu leiden, welche ganz von Wasser angefüllt waren. Der letzte Abendzug der Huttwil-Wolhusen-Bahn konnte nicht mehr verkehren. Die Linie Wolhusen-Menznau war vom Wasser unterwühlt.</p>	Entlebucher Anzeiger, 22.8.1917
		<p>Unwetterkatastrophe in Wolhusen und Umgebung. Fast zweistündiges heftiges Gewitter, wolkenbruchartiger Regen und Erdrutsche. Katastrophales Hochwasser im Gebiet des Menzberges und des Wiggernbaches. Durch das Dorf Wolhusen wälzte sich ein wilder Strom (Wiggernbach) von 1 – 2 m Höhe und richtete grosse Verheerungen an. Alle Kellerräume und z.T. auch die Parterre der anstossenden Häuser wurden mit Wasser gefüllt (z.T. bis zum 1.Stock). Die Eisenbahnbrücke bei „Bethlehem“ wurde fortgerissen. Zwei Personen ertranken, zwei weitere kamen bei einer durch Erdrutsch verschütteten Scheune ums Leben. Zwischen Wolhusen und Menznau war die Bahnlinie auf grosse Strecken aufgerissen. Bahnhof Wolhusen überschwemmt. Riesiger Kultur- und Sachschaden. Schätzungsweise 100 – 200 mm Niederschlag.</p>	Meier (1939)
1926, 14.7.	Gewitter	Überschwemmungen in den Gemeinden Hergiswil, Menznau und Wolhusen. Schaden an Kulturland, Höhe unbekannt.	Lanz-Stauffer & Rommel (1936)

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1927, 17.6.	Gewitter	Gewitter mit Überschwemmungen und Erdschlipfen im Amt Willisau sowie in der angrenzenden Gemeinde Romoos (grosse Wasserschäden auch im Kanton Bern). [...] (u.a. Wasserschäden in Menznau).	Lanz-Stauffer & Rommel (1936)
1930, 7./8.6.	Gewitter	Pfingstsamstag, 7. Juni, abends 9-11 Uhr, Gewitter mit wolkenbruchartigen Niederschlägen im Napfgebiet und über dem Menzberg. [...] Am Pfingstsonntag, 8. Juni, abends, ging ein weiterer wolkenbruchartiger Regen über der gleichen Gegend nieder. Diesmal brachte vornehmlich die Enziwigger in Willisau Überschwemmungen. (Schäden u.a. auch in Menznau, Kulturen und Boden).	Lanz-Stauffer & Rommel (1936)
1972, 24.7.	Gewitter	Willisau-Land: Im Gebiet Ausbrüche der Luthern, Enziwigger, Buchwigger u.a. Die Luthern stieg um 1.5 m bis 2.0 m an. Grosse Schäden Gebäuden, Strassen, Bahn und Feldern, Ufer stellenweise um 3 - 4 m abgetragen. Verschiedene "Erdlauenen" (Erdschlipfe) u.a. in der Region Hergiswil, überflutete Strassen in Willisau. Zwischen Zell und Luthern Kantonsstrasse und Brücke weggerissen, Verkehrsunterbrüche. Stark betroffene Orte: a) im Einzugsgebiet der Luthern: Luthernbad, Luthern, Hüs wil, Zell, Gettnau; b) im Einzugsgebiet der Enzi- und Buchwigger: Hergiswil und Willisau (Stadt, Land).	WSL (2013)
1972, 22.11.	Dauerregen	Menzberg: Im Wiggergebiet (4000 m ³ Geröll im Mündungsgebiet, Korrekionsarbeiten; Wiggersanierung), Luthergebiet, Rotbachgebiet und im Gebiet der Kleinen Emme Bachausbrüche, Überschwemmung von Gebäuden, Strassen und Wiesen, verheerende Schäden an Kulturland, Strassen und Brücken; Erdschlipfe (wo?). Wird als grösste Flut seit 100 Jahren bezeichnet. Betroffene Orte: a) im Wiggergebiet: Menzberg, Hergiswil, Willisau, Daiwil, Tröllental, Alberswil, Schötz, Egolzwil, Nebikon, Altishofen, Dagmersellen, Reiden, Mehlsecken; b) im Luthergebiet: Luthern, Zell, Gettnau; c) im Rotbachgebiet: Grosswangen, Ettwiswil; d) im Gebiet der Kleinen Emme: Gemeinde Malters u.a. (hier arge Uferschäden). Im Nachtrag aufgeführte Orte: Romoos, Werthenstein und Wolhusen (Schäden an Güterstrassen und Hangrutschungen u.a.). Meteo: innerhalb von 10 Tagen d.h. vom 11. - 20.11.1972 190 mm Regen (wo genau?).	WSL (2013)
1975, 30.8.	Gewitter	Schwere Unwetter über dem Napfgebiet, dem Oberaargau und dem Luzerner Hinterland (Zell, Willisau).	Röthlisberger (1991)
		Willisau / Ostergau / Riedtal: Im Gebiet Ausbrüche der Wigger, der Rot des Rothbaches und zahlreicher Nebenbäche (nicht aber der Luthern); auch zahlreiche Erdschlipfe (speziell in der Region Zell, Hüs wil und Gettnau). Ganze Quartiere überschwemmt; schwere Schäden an Häusern, Mobiliar, Strassen und Kulturland (sowie an Tieren). Anmerkung: Region Luthern und Hergiswil weitgehend verschont geblieben (dank Verbauungen). Ursache (Meteo) Gewitter im Quellgebiet des Napfes sowie sintflutartige Regenfälle in der Nacht.	WSL (2013)
1977, 24.6.	Gewitter	Menznau: Keller unter Wasser, Strassen unterhöhlt. Daiwil: Riedtalbach überschwemmt bei Daiwil Kulturland.	WSL (2013)
		Moritz Näf (Jg. 1944) erinnert sich, dass sich neben den Schadenshochwassern vom 7.6.2003 und 8.6.2007 des Rickenbachs und Seewag in den 1970er-Jahren ein weiteres ähnliches Hochwasserereignis ereignete. Damals uferte der Rickenbach ebenfalls aus und floss auf die Kantonsstrasse. Der Schaden war damals aber nicht so gross, weil der Rickenbach viel weniger Geschiebe führte. Vor diesem Ereignis war nie etwas passiert. Das Hochwasser 2007 war grösser/schlimmer als das Hochwasser 2003 und das Hochwasser 2003 war grösser/schlimmer als das Hochwasser in den 1970er-Jahren.	Moritz Näf
1978, 7.8.	Dauerregen	Daiwil: Überschwemmung in Daiwil (Bachausbruch?). Wolhusen / Werthenstein: im Bereich Wolhusen/ Werthenstein Fabrik überflutet (weitere Objekte betroffen?); Anmerkung: im Gebiet Bachausbrüche (Wasserschäden). Wolhusen/ Werthenstein: im Bereich Wolhusen/ Werthenstein Fabrik überflutet (weitere Objekte betroffen?); Anmerkung: im Gebiet Bachausbrüche (Wasserschäden).	WSL (2013)
		Im Luzerner Hinterland, dem traditionellen Ueberschwemmungsgebiet, haben die Regenfälle zwar die Flüsse und Bäche hochgehen lassen, aber zu schweren Schäden kam es glücklicherweise nicht. Ueber die Ufer getreten ist beispielsweise der Bilbach im Raume Ruswil. [...] Bei Daiwil hat die Seewag die Strasse mit einigem Geröll beschenkt.	Luzerner Tagblatt, 9.8.1978
1980, 3.2.	Dauerregen	Twerenegg (Region Menzberg): Mehrere grosse Erdbeben; Kulturland, Wasserleitungen und Zufahrtstrassen zerstört. Betroffene Orte: Unter Waldegg, Bühl, Unter-Bergbühl, Chorb, Guteneegg, Twerenegg u. a. (alle genannten Orte separat aufgenommen).	WSL (2013)
1982, 23.7.	Gewitter	Anhaltende Regenfälle und Gewitter brachten 11 Kantone Überschwemmungen und Rutschungen. Hervorzuheben sind die Schäden im solothurnischen Schwarzbubenland, im Jura (Val Terbi bis Delémont), im luzernischen Napfgebiet und Ruswil sowie an der Waadtländer Riviera.	Röthlisberger (1991)
		Chabis: Wasserschäden (und Rutschungsschäden?) im Gebiet von Willisau-Land und hier vor allem im Gebiet Rohrmatt-Chanzelgraben und Chabis (alle separat aufgenommen).	WSL (2013)

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1983, 27.6.	Gewitter	Riedtal bei Daiwil: Erdersch durch einige 1'000 m ³ (?) evtl. nur 400 m ³ auf Riedtalstrasse; dabei wurde auch Bach gestaut (Verkläuserung) und in der Folge suchte sich dieser ein neues Bett. Wahrscheinlich trotz Verkläuserung kein schlimmer Durchbruch, da es vorgängig nicht stark geregnet hatte. Es handelt sich bei dem genannten Material um Material, das beim Bau der etwa 100 m oberhalb liegenden Strasse deponiert wurde (Abrutschen einer künstlichen Aufschüttung, d. h. menschliche Einwirkung).	WSL (2013)
1986, 20.6.	Gewitter	Willisau: Überschwemmungsschäden. Anmerkung: Im Kanton Luzern insgesamt 112 Notrufe (vor allem im Luzerner Hinterland und im Wiggertal). Schäden in Millionenhöhe; 45-Minuten-Gewitterregen; jeder Graben wurde zu einem Bach, Kanalisationen und Abläufe mit Geschiebe verstopft, Keller etc. überschwemmt. Anmerkung zu genereller Wetterlage von Ereignis 86.24 (aus TAGES ANZEIGER vom 23.06.1986): "Auf die Häufung von schweren lokalen Unwettern angesprochen, sagte ein Sprecher der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt in Zürich, dass die Schäden deshalb so gross seien, weil es während der letzten Tage und Wochen relativ windstill gewesen sei. Die Gewitterfront sei dadurch nicht wie üblich weitergezogen, sondern habe sich jeweils über einzelnen Regionen während längerer Zeit entladen. Zudem hätten eher östliche Winde geherrscht, was angesichts der Ausrichtung der Vegetation und baulicher Infrastruktur erfahrungsgemäss zu grösseren Schäden führe als die häufigeren Westwindgewitter."	WSL (2013)
1988, 16.6.	Gewitter	Schwere Gewitter zogen von Bern über das Emmental und Luzerner Hinterland gegen die Stadt Luzern und den Sempachersee hinweg. Schwerpunkte waren die Region Willisau sowie die Stadt und Agglomeration Luzern.	Röthlisberger (1991)
		Willisau: Überschwemmung; Ausbruch Enziwigger wegen "Nadelöhr". Ganzes Dorf überschwemmt, Oelunfall. Oberhalb von Willisau vermag die Enziwigger 60 m ³ /sec zu schlucken in der Stadt Willisau nur noch 20 m ³ /sec Wasser: Flaschenhals und Ausbrüche. Allein beim Druckereibetrieb "Willisauer Bote" Schäden von rund 2 Mio Fr. Anmerkung: Unwetter mit Schwerpunkt Willisau (Luzerner Hinterland) und Stadt Luzern. 1 Toter und enormer Sachschaden, zahlreiche Bahn- und Strassenunterbrüche; total 2500 Feuerwehrleute im Einsatz.	WSL (2013)
1989, 10.6.	Gewitter	Menzna: Ausbrüche zweier Bäche im Bereich Aebnetwald / Tuetensee; Schäden an Kulturen; Hauptstrasse und Bahnbetrieb unterbrochen. Anmerkung: Lokales Gewitter über der Region Menznau (LU).	WSL (2013)
1990, 13.2.	Dauerregen	Menzna: Überschwemmungen und Erdbeben. Anmerkung: zahlreiche Erdbeben und Überschwemmungen in Luthern (Region), Luthern-Bad, Willisau-Land, Zell, Hergiswil und Menznau/Menzberg.	WSL (2013)
1992, 21.7.	Gewitter	Menzna: Überschwemmte Keller, Strassen und Felder.	WSL (2013)
		Am vergangenen Dienstagabend entlud sich kurz nach halb sieben Uhr über dem Gebiet der Rohrmatt (Willisau-Land) ein heftiges Gewitter. Rund eine Stunde später trat im Gebiet Rüttsch/Walkimatt in Willisau die Buchwigger über die Ufer. Weil der Fluss sehr viel Holz mit sich führte, kam es bei einer Notbrücke im Gebiet Rüttsch zu einer Stauung. Als Folge davon wurden Menzbergstrasse, Vorstadt und Bahnhofgebiet überschwemmt. [...] Auch in Menznau musste die Feuerwehr ausrücken. Auf das Geleise der VHB wurde Geröll und Holz gespült, das von der Feuerwehr entfernt werden musste.	Willisauer Bote, 23.7.1992
1993, 30.7.	Gewitter	Menzna: Allgemeine Überschwemmung; Keller, Strassen, etc. Anmerkung: Im Luzerner Hinterland Gewitter mit Hagel.	WSL (2013)
1997, 2.7.	Gewitter	Am Tag des 2. Juli 1997 wurde Menznau von einem heftigen Niederschlagsereignis getroffen. Die Spuren waren am folgenden Tag noch gut sichtbar (Photo Anhang A1). Die Seewaage trat aus ihrem Bachbett, das Abflussniveau und der Abflussquerschnitt erhöhte sich stark und das Wasser wurde im Bereiche der Regenentlastungen zurückgestaut. Aufgrund der Spuren im Böschungsbereich wurde der Wasserstand während des Niederschlagsereignisses abgeschätzt. Daraus errechnete sich unterhalb der Regenentlastung RA II eine Wassermenge von 1'000 l/s.	Desserich und Partner (1997)
1997, 5./6.8.	Gewitter	Allgemeine Lage: Infolge heftiger Gewitter vom 05.08.1997 auf den 06.08.1997 wurden in den Kantonen BE, LU, AG, VD, VS, FR zahlreiche Keller und Strassen überschwemmt. Bahnlinie Wolhusen - Menznau: Das Geleise der Bahnlinie Wolhusen - Menznau wurde unterspült. Deshalb wurde die Strecke für einige Zeit unterbrochen.	WSL (2013)
		Am Dienstag, kurz vor Mitternacht, entlud sich über dem Gebiet Kanzelsagen in der Rohrmatt (Willisau-Land) ein heftiges Gewitter. Als Folge davon schwemmte die Buchwigger eine grosse Menge von Holz und Geröll mit sich, das sich verfang und den Bachlauf sperrte, so dass der Bach gegen 01.00 auf der Höhe des Dachdeckergeschäfts Müller an der Menzbergstrasse über die Ufer trat und hernach weite Teile von Willisau überschwemmte. [...] Der Zugverkehr der RM (Regionalverkehr Mittelland AG) funktionierte bis Menznau normal. Zwischen Menznau und Wolhusen musste der Reiseverkehr mit Bussen aufrecht erhalten werden, weil das Geleise unterspült wurde.	Willisauer Bote, 7.8.1997

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1999, 13.5.	Dauerregen	Wegen Überschwemmungen musste die Strasse von Menznau nach Geiss (Gde Menznau) vorübergehend gesperrt werden -> Ursache nicht bekannt (Seebildung od. Bachausuferung). Die anhaltenden, zum Teil starken Regenfälle in den vergangenen Tagen und Wochen haben auch in unserer Region zu bedrohlichen Pegelständen der verschiedenen Bäche geführt. Wegen Überschwemmungen musste die Strasse Menznau-Geiss vorübergehend gesperrt werden.	WSL (2013) Willisauer Bote, 15.5.1999
2002, 16.7.	Dauerregen	Menznau: Im Gebiet Awänd rutschte unmittelbar neben einer Strasse der Hang ab. Die Strasse wurde nicht beschädigt; ein Strommast hingegen kippte um. Der Hang wurde mit Holzkästen gesichert. Das Datum des Ereignisses ist nicht genau bekannt. In Willisau trat die Enziwigger beim Engpass bei der Friedhofbrücke über die Ufer, gleiches passierte später bei der Löwenbrücke. Rund 20 Keller wurden überschwemmt. So stand an der Ettiswilerstrasse der Keller und der Liftschacht unter Wasser. Eine Garage in der Adlermatte wurde bis an die Decke mit Wasser gefüllt, alles mit Schlamm überdeckt. Ein Keller am Schützenrain 2 wurde rund 2 m hoch mit Wasser gefüllt. Eine Waschmaschine wurde zerstört. Im Grund wurde ein leeres Ladenlokal von einer Schicht Schlamm und Sand bedeckt, als die Wigger über die Ufer trat. Der Keller des Restaurants Löwen wurde ebenfalls ca. 1.5 m hoch überschwemmt, ausserdem der Keller eines Blumengeschäfts. Da die Buchwigger nicht über die Ufer trat, blieb das Schadengebiet auf die Achse Friedhof-Adlermatte-Ettiswilerstrasse beschränkt. Das letzte Mal war die Wigger vor fünf Jahren in Willisau über die Ufer getreten. In Wolhusen stieg der Pegel der Kleinen Emme in der Nacht vom 15./16. kontinuierlich. Der Kanaleinlauf (für den Industriekanal) vor dem Schwellenübergang wurde vom Treibgut verstopft. Um ca. 2:20 riss das Wasser über die Hälfte der Schwelle bei der Kommetsrüti mit sich. Es mussten Ufersanierungen vorgenommen werden. Die Feuerwehr stand schon ab ca. 1:00 im Einsatz. Bei der Gawo Gasser wurde die Produktionshalle mit Schlamm durchspült und der Sitzungsraum im Untergeschoss 2 m hoch mit Wasser gefüllt. Die Schadenskosten lagen im sechsstelligen Bereich. Bei der Imbach Kies und Beton AG drang Wasser und Schlamm in die Werkstatt und den Tankraum ein. Verschiedene Keller wurden überflutet. Die Kleine Emme staute die einflussenden Bäche.	WSL (2013)
2003, 7.6.	Gewitter	Am Samstagabend gingen innert dreier Stunden über 150 Schadensmeldungen bei der Kantonspolizei Luzern ein. Die Schäden betrafen vor allem die Gemeinden Menznau, Buttisholz, Nottwil und Inwil, doch auch Wolhusen, Willisau, Grosswangen, Eschenbach, Ballwil und Perlen waren vom Gewitter stark betroffen. Ein heftiges Gewitter im Raum Twerenegg sorgte für Schäden im Gebiet des Tuetensee-, Rüdél-, Burgacher- und Rickenbaches. An zahlreichen Orten wurden Strassendurchlässe mit Kies und Holz verstopft. Der Tuetenseebach trug das Fundament der Zufahrtsstrasse zu zwei Höfen (Fischer/Vogel) z.T. weg. Oberhalb der Höfe zerstörte das Wasser die Mauer eines Auffangbeckens und trat über die Ufer. Der Keller eines Hofes wurde überschwemmt, Siloballen mitgerissen. Besonders betroffen war das Gehöft Tutensee. An der Rötelbergstrasse wurden die Keller der Mehrfamilienhäuser überschwemmt. Der verstopfte Auslauf eines Rückhaltebeckens des Rickenbaches musste aufgebrochen werden. Die Linie des Regionalverkehrs Mittelland / Mittellandbahn war in Menznau zeitweise unterbrochen. Bei der Kronospan überflutete die Seewage die Geleise; im Gebiet Laui/Sägerei unterspülte der Tuetenseebach das Trasse. Mehrere Wagen Schotter waren für die Instandstellung nötig. Auf der Strasse zwischen Geiss und Menznau verunmöglichte der Schwarzenbach die Durchfahrt. Die Hauptstrasse Wolhusen-Willisau musste während neun Stunden gesperrt werden, da die Bäche sie überfluteten. Felder wurden mit Schlamm, Geschiebe und Holz verwüstet. Ein Feuerwehrmann verletzte sich bei einem Einsatz mittelschwer am Knie. Der Tueteseebach fliesst von der Liegenschaft Tuetesee Richtung Ladensagi und da in die Seewag. Das bestehende Gerinne ist viel zu klein und es kommt alle paar Jahre zu Überschwemmungen. Die letzte grosse Überschwemmung war am 07.06.2003. Es entstand Sachschaden von mehreren hunderttausend Franken. Vor allem die Bahnanlagen der Regionalverkehr Mittelland waren von den Schäden betroffen. [...] 1912 erfolge eine Seewag-Korrektion. Die Seewag wurde abgesenkt und im Bereich vom Dorf Menznau in einen betonierten Stollen verlegt. Dadurch entstand neues Siedlungsgebiet für das Dorf Menznau. Aus topographischen Gründen ist die Ausdehnung des Siedlungsgebietes von Menznau sehr eingeschränkt. Im Siedlungsgebiet Schaubmatte / Lirenmoos entstanden Wohnsiedlungen und Gewerbebetriebe. Die Kapazität des Stollens genügte schon bald nicht mehr und es kam immer wieder zu Überschwemmungen im Gebiet Lirenmoos. Da die Talsohle sehr flach ist, sind die Überschwemmungen grossflächig. Dies wiederum hat grosse Sachschäden zur Folge.	WSL (2013) J. Auchli AG (2006a)

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
2003, 7.6. Fortsetz.	Gewitter	Der Rickenbach auf dem Gemeindegebiet Menznau kann bei Starkniederschlägen zu Überflutungen im Dorfgebiet führen. Beim letzten grossen Gewitter im Jahr 2003 wurde der obere geräumte Geschiebesammler fast vollständig mit Material gefüllt und das Wasser überströmte und beschädigte den Abschlussdamm. Die Holzschwellen zwischen den beiden Geschiebesammlern wurden zum Teil weggerissen. Der untere Geschiebesammler verstopfte und überflutete, was bachabwärts zu Beschädigungen, Verstopfungen von Durchlässen und Überschwemmungen führte. [...] Die maximalen Wasserspiegel des Rickenbachs während des Ereignisses können anhand von Spuren (siehe Überflutungskarte) ziemlich zuverlässig ermittelt werden. Daraus kann anhand von Rückrechnungen auf den Abfluss geschlossen werden. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass Überflutungen auch infolge der Verklausungen von Durchlässen aufgetreten sind. Die aus der Rückrechnung geschätzten Abflüsse im Dorfbereich betragen zwischen 3 und 6 m³/s. [...] Bei der Bachrainbrücke (km 0.317) genügte gemäss Angabe von Ortsansässigen das Profil knapp. Mitgeführtes Gschwemmsel wie Bäume, Äste und ähnliches verklauste den Durchlass Schmiede (km 0.296). Dadurch trat das Wasser schneller über die Ufer und floss Richtung Dorf.	Colenco (2005)
		Schäden: Rickenbach: Überschwemmung / Übersarung nach Verklausung Brücke (180 / 140); Rüdel: Verklausung Ø 60 cm, Überschwemmung / Übersarung Bauernhof und Garagengelände; Schwandbach: Verklausung bei Ø 80 cm, Rückstau und weitere Ausbrüche, Übersarung Liegenschaft Tutensee; Burgacherbach: Überschwemmung / Übersarung; Vorder Unterschlächten: Überschwemmung / Übersarung; nicht kartiert: Rutschungen im Gebiet Twerenegg [...] Mehrere Niederschlagsmessungen: Chastelen: 33 mm/h; Waldacker 72 mm/h; Twerenegg: 55 mm/h [...] (Kartierung und Fotodokumentation der Schäden nach dem Ereignis).	StorMe
2005, 21.8.	Dauerregen	<p>Menznau: mehrere Keller ausgepumpt - ADSL - Leitung unterbrochen - Kantonsstrasse H2a zwischen Wolhusen und Menznau gesperrt. Schäden Wasserbau: Wigger Zuflüsse Schwellen, Uferverbauung und Profilerweiterung - Schäden Landwirtschaft (Prozesse unklar): Wege und Brücken, Wiederherstellung Kulturland. [...] mind. 92 Rutschungen (davon mind. 2 mit Übergang in Hangmure), 3 Hangmuren: - Versarung um die Gebäude Guggisschwandhüsli - etwa 17 verschüttet (davon 4 unterbrochen), 3 Strassen abgerutscht, 3 Strassen gesenkt/abgesackt, Randliche Risse an 1 Strasse, mehrere Strassen bedroht - 2 CKW-Stangen versart und gefährdet, 1 Wasserfassung defekt, 1 Wasserleitung defekt, 1 Wasserleitung betroffen, 1 Meteorwasserleitung betroffen - 1 Wanderweg zerstört - Wiesland betroffen. Schäden Wald: Rüebllispitz Absenkung Strasse, Fuchsloch Strassenunterbruch (Prozess?), Marbach Strassenunterbruch (Prozess?) Schäden Landwirtschaft (Prozesse unklar): Wege und Brücken, Wiederherstellung Kulturland.</p> <p>Willisau Stadt: Überschwemmungen der Enziwigger am 22.08.2005: - 2 Hochwasserwellen (01:00 und 07:00 Uhr), Austritte "im Grund" und an der Friedhofsbrücke, Überflutung gr. Gebiete im Zentrum von Willisau - einige Einwohner evakuiert - total 50 - 60 Objekte beschädigt (ca 40 Keller überflutet) - Heilpädagogische Schule, Volksschulen (eher Willisau Land) überflutet - Kantonsstrasse Willisau - Gettnau gesperrt - Strassen überflutet und gesperrt - Bahnlinie unterbrochen - ADSL - Leitung unterbrochen - Gebäudeversicherung erwartet gegen 1.3 Mio sFr; rund 250 - 300 Schadensmeldungen - vorrangig überflutete Keller, Garagen - weiter Übersarungen und Erosionen an Bächen am 23.08.05 (u.a. Buchwigger)</p> <p>Willisau Land: Übersarungen und Erosionen: - Bäche ausgewaschen, Verklausung, verstopfte Durchlässe, Böschung weggespült - Ufer an Buchwigger weggerissen - bei Rüttsch und Riedtal Übersarung innerhalb Gebäude; Gebäudevorplätze - Berufsbildungszentrum, Kantonsschule, Kindergärten geschlossen - ADSL - Leitung in Daiwil und Schülen unterbrochen - Übersarung offenes Land und Vorplätze Schäden Wasserbau: Wigger Zuflüsse Schwellen, Uferverbauung und Profilerweiterung Schäden Landwirtschaft (Prozesse unklar): Wege und Brücken.</p>	WSL (2013)
2006, 9./10.4.	Dauerregen	Die Feuerwehr musste am Sonntagabend (9.4.06) im Ostergau ein kleines Bächlein freilegen, damit das Wasser wieder abfliessen konnte. Zu vier Kleinsätzen wurde die Feuerwehr Menznau gerufen.	WSL (2013)
2006, 13.4.	Dauerregen	Die Regionalverkehr Mittelland AG (RM) musste die Strecke Menznau - Wolhusen für mehrere Stunden sperren, nachdem ein Erdbeben kurz vor Wolhusen die Geleise verschüttet hatte. Gemäss RM wurde danach ein Teil eines instabilen Hangs bei der Haltestelle Weid abgetragen. Am Vormittag hatte sich der völlig durchnässte Boden erstmals gelöst. Auch um 15:00 bewegte sich der Hang leicht. Bereits zwei Tage zuvor war der Hang ins Rutschen geraten.	WSL (2013)

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
2007, 8.6.	Gewitter	<p>Heftige lokale Gewitter gingen in der Nacht vor allem über dem Napfgebiet, der Stadt Basel und über einen Teil des Kantons Basellandschaft nieder. Gemäss Radarschätzungen fielen über dem Napf lokal mehr als 100 l Wasser pro m². Auch im Luzerner Hinterland brachten die Regenfälle Bäche zum Überlaufen. Zahlreiche Keller und Garagen wurden überflutet. Die Gebäudeversicherung des Kantons Luzern rechnete am 11.6.07 mit Schäden von 5 Mio. Fr. In Menznau sind zwei Bäche über die Ufer getreten und haben 3/4 des Dorfes überschwemmt. Die Seewag trat an mehreren Stellen über die Ufer und verursachte v.a. Schäden im Gebiet Rüdel und Lihrenmoos. Der Rickenbach brachte viel Schwemmholz, Geschiebe und Kies, wodurch die Kanalisation verstopft wurde. So kam es an verschiedenen Stellen zu Rückstaus, welche insbesondere die Keller unter Wasser setzten. Eine Familie musste wegen einer Gerölllawine evakuiert werden. Bei drei Familien stand das Wasser im Erdgeschoss knietief, in einem Keller lief ein Öltank aus. Peter Gut konnte sein Mobiliar nicht mehr in Sicherheit bringen (30 cm Wasser im Wohnzimmer und Boden zerstört). Auch in der Carrosserie-Spenglerei von Toni Glanzmann richtete das Wasser grossen Schaden an. Die ganze Autowerkstatt wurde überflutet, die Autos sind komplett fahruntüchtig. Die Firma Kronospan wurde stark in Mitleidenschaft gezogen. In der Mehrzweckhalle Menznau wurden der ganze Hallenboden und die Umkleideräume mit Schmutzwasser zugedeckt. Auch der Friedhof wurde überflutet. Zahlreiche Öltanks mussten ausgepumpt werden. Innert kürzester Zeit waren alle Zufahrtsstrassen zum Dorf mit Schlamm und Geschiebe überschwemmt und mussten gesperrt werden (z.B. Strasse Willisau - Menznau). Die Bahnstrecke Willisau - Wolhusen wurde unterspült und war bis am 11.6.07 nicht befahrbar. Bei der Feuerwehr Menznau gingen rund 60 Schadenmeldungen ein und sie stand mit rund 40 Personen im Einsatz - meist wegen überfluteter Keller. Die ersten Meldungen gingen nach 21 Uhr ein, Verstärkung kam von den Feuerwehren Sursee und Schötz. Im Gebiet Menzberg führte die Wigger Hochwasser. Der Wanderweg entlang des Flusses wurde weggespült. Insgesamt wurden 50 - 70 Keller überflutet bzw. gingen 150 Meldungen (2 Mio. Fr.) aus der Gemeinde Menznau an die Gebäudeversicherung Luzern. Aus den beiden Gemeinden Willisau und Menznau gingen 130 Schadensmeldungen an die Mobiliar (2.5 Mio. Fr.; gilt für Gewitter 8.-10.6.07). Für Sofortmassnahmen wie Entleerung der Geschieberückhaltebecken, Instandstellung der teilweise unterspülten Strasse entlang des Rickenbaches und die dort beschädigten Dämme des Rückhaltebeckens wurden 300'000 Fr. eingesetzt. Die gesamten Kosten für Hangsicherungen und Instandstellung von Bächen belaufen sich auf 1.5 Mio. Fr.</p> <p>[...] Die Gebäudeversicherung des Kantons Luzern rechnete am 11.6.07 mit Schäden von 5 Mio. Fr. Die Strasse und die Bahn Willisau - Menznau wurden unterbrochen. Dort musste eine Familie wegen einer Gerölllawine evakuiert werden. In Willisau trat die Buchwigger an mehreren Stellen (z.B. im Gebiet Rohrmatt) über die Ufer. Auf kleinem Raum hatten sich innert kurzer Zeit grosse Niederschlagsmengen konzentriert. Die Flut bahnte sich ihren Lauf von der Menzbergstrasse (Willisau Land) über den Mohrenplatz Richtung Vorstadt und Bahnhofstrasse (Willisau Stadt). Der Hochwasseralarm kam um 21:30 Uhr, rund eine Stunde später trat die Buchwigger über die Ufer. Die Gebäudeversicherung bekam aus Willisau (Land und Stadt) 100 Schadensmeldungen. Aus den beiden Gemeinden Willisau und Menznau gingen 130 Schadensmeldungen an die Mobiliar. Die Schäden durch Erdbeben und Überschwemmungen würden 200'000 Fr. übersteigen, laut E. Aregger vom Bauamt. Einzelne Güterstrassen wurden punktuell beschädigt. Beläge wurden unterspült, Strassen durch Erdbeben unterbrochen.</p> <p>[...] Willisau: Weit grösser als im Zentrum waren die Schäden in den ländlichen Aussenquartieren, wo die Überschwemmungen ihren Ursprung hatten. Im Bereich Rohrmatt / Schülen gingen rund 50 Erdbeben nieder (Menzbergstrasse). Im Restaurant Sagali mussten zehn Gäste die Nacht hindurch ausharren, weil Ihnen der Heimweg abgeschnitten war. Grosse Landflächen wurden in Mitleidenschaft gezogen. Auch zahlreiche Güterstrassen wurden beschädigt. Beim Menzberger Petschhof (Fam. Hurschler, 924 m ü.M.) wurde ein Drittel bzw. 4 ha des Landes zerstört. Im Gebiet gingen insgesamt 18 Rutschungen nieder, 4 auf der Schattseite und 14 auf der Sonnseite des Gehöfts. Es gab riesige, teilweise über 50 m lange Narben in der Landschaft. Mit dem Bagger wurden die Feldwege freigemacht. Für die Räumungsarbeiten wurde mit gegen 50'000 Fr. gerechnet. Die Schäden durch Erdbeben und Überschwemmungen würden 200'000 Fr. übersteigen, laut E. Aregger vom Bauamt. Einzelne Güterstrassen wurden punktuell beschädigt. Beläge wurden unterspült, Strassen durch Erdbeben unterbrochen. Anmerkung: Auf den 1.1.2006 haben die Gemeinden Willisau Stadt und Willisau Land fusioniert (heute: Gemeinde Willisau). Hier wurde versucht, die Schäden den alten Gemeindeflächen zuzuordnen.</p> <p>In Menznau LU sind z.B. Seewag und Rickenbach über die Ufer getreten und haben drei Viertel des Dorfes überschwemmt, wobei u.a. eine Autowerkstatt stark beschädigt wurde.</p>	<p>WSL (2013)</p> <p>Hilker et al. (2008)</p>

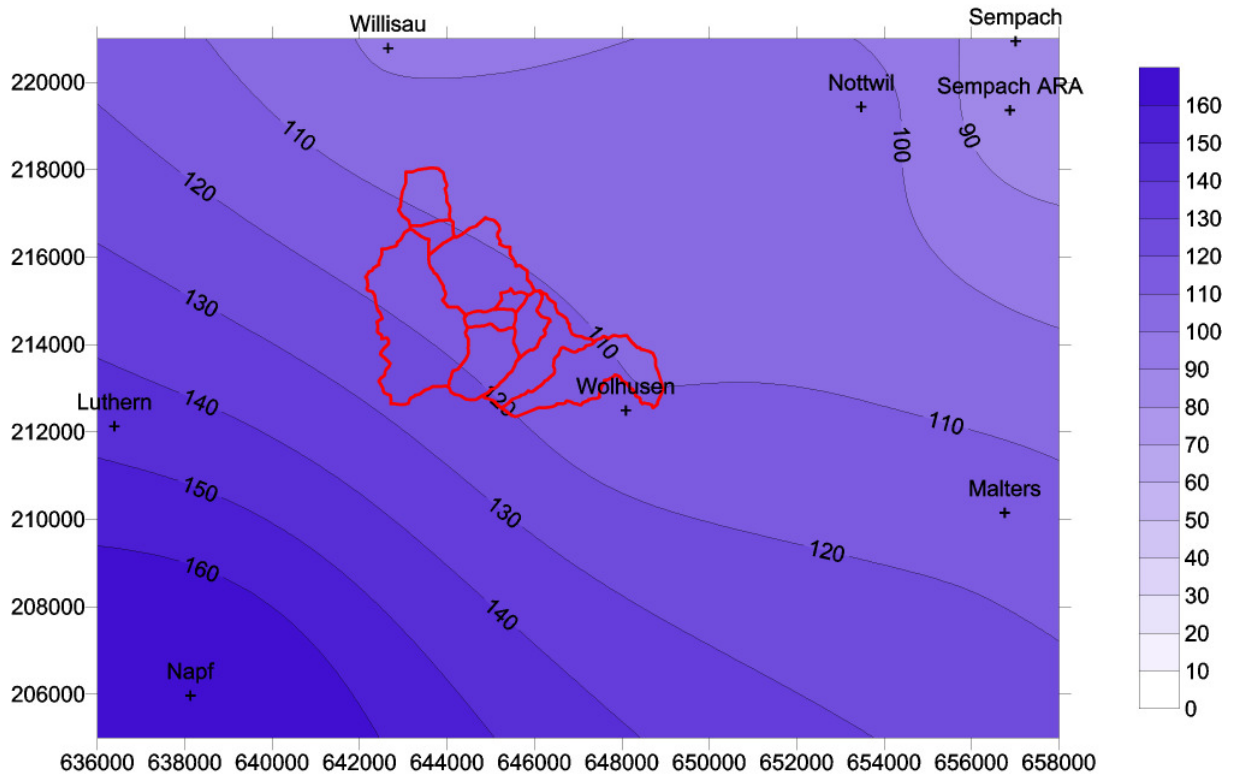
Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
2007, 8.6. Fortsetz.	Gewitter	<p>Am Abend des 8. Juni 2007 entluden sich in verschiedenen Gebieten der Schweiz und insbesondere im Napfgebiet heftige Gewitter. Im Raum Menznau führte der Rickenbach Hochwasser und richtete bedeutende Schäden an. [...] Beilage 3 zeigt die Überflutungskarte. Das Bild dokumentiert, dass ein grösserer Teil des Dorfes Menznau betroffen wurde (wesentlich grössere Überflutungen als im Jahre 2003, vgl. entsprechende Überflutungskarten). Insbesondere wurde der Bereich oberhalb des Chasteienbachs überflutet, wie aus der Photodokumentation in Beilage 4 klar hervorgeht. Das heisst, dass dort entsprechend den Kapazitätsberechnungen des Rickenbachs (Machbarkeitsstudie) mindestens 7 m³/s abgeflossen sind (vgl. auch Planunterlagen Machbarkeitsstudie, QP Nr. 509). Weiter wurde die rechte Böschungskante unterhalb der Holzbrücke überströmt, also gemäss den Berechnungen die Kapazität von 6.5 m³/s (vgl. QP 402 – 423) überschritten. Zudem wurde der Bereich des Zentrums des Dorfes Menznau oberhalb Bachrain bei QP 333 überflutet. Der Grund dafür ist vermutlich auf die Überströmung des Engpasses zwischen den Profilen QP 402 und vor allem QP 370 und QP 363 (Kapazität: 3 m³/s) zurückzuführen. Wie gross nun die Abflussspitze, bezogen auf das Einzugsgebiet [des Rickenbachs] von 2.26 km² weiter flussabwärts (Zentrum Menznau) tatsächlich am 8.6.2007 gewesen ist, ist schwierig zu sagen. (...) Aus den Abflusskapazitäten des Rickenbaches wird geschätzt, dass die Hochwasserabflussspitze im Dorf am 8.6.2007 im Minimum etwa 7 – 8 m³/s betrug.</p> <p>Rickenbach: Q_{max} = 8.0 m³/s. Zahlreiche seitliche Rutschungen im Tobel führten zu viel Schwemmholz. Oberer Geschiebesammler wurde vollständig gefüllt. Durchbruch Abschlussbauwerk bei oberem Geschiebesammler. Ausbruch ab unterem Geschiebesammler. Mündungsschacht bei Raiffeisen mit Schwemmholz verkeilt. Weitflächige Übersarungen / Überschwemmungen. Abgelagertes Geschiebe: oberer GS = 1400 m³, unterer GS = 1000 m³.</p> <p>Schlössligraben: Übersarung oberhalb Durchlass Chastelenstrasse. Überschwemmung bis altes Feuerwehmagazin.</p> <p>Älsnaugraben: West: Dambruch re bei Geschiebesammler. Überschwemmung Schützenhaus und Kronospan. Rückstau bei Kronospan oberhalb Halle 15 bis 3 m hoch. Durchbruch bei Fassade. Mitte: Rutschung verursacht Murgang in Gerinne. Übersarung Parkplatz. Ost: Übersarung / Überschwemmung bis Kantonsstrasse. Auch von Mulde Chanzel her.</p> <p>Weierweidgraben: Überlastung Eindolung wegen Verstopfung Gitter. Wasser in Landiblock.</p> <p>Seewag: Überschwemmung aufgrund Überlastung Gerinne im Gebiet Ladesagi, Laui, Lire, Dorf, Kronospan, Wasser in div. Keller bei Weiermatte. Wasser auf Holz- und Schnitzzellagerplatz Kronospan nis 80 cm tief.</p> <p>Zopfgraben: Übersarung Kulturland. Überschwemmung im Gebiet Zopf / Laui.</p> <p>Rüdelbach: Ausbruch bei Durchlass Traktorüberfahrt Rüdel. Übersarung Kulturland und Vorplatz Rüdelgarage. Wasser in Wohnhaus Rüdel und Rüdelgarage (oben und unten). Überschwemmung bis Kantonsstrasse.</p> <p>Tuetenseebach: Übersarung Kulturland. Schäden bei Liegenschaft Tuetensee und Bahnübergang. Überschwemmung via Bahngeleise bis Ladesagi (Lau / Lire. Sammler oberhalb Tuetensee vollständig gefüllt (ca. 400 m³).</p> <p>Vorder Unterschlächtegraben: Übersarung Kulturland. Wasser in Scheune.</p> <p>[...] (Kartierung und Fotodokumentation der Schäden nach dem Ereignis).</p>	Colenco (2007)
2007, 8.8.	Dauerregen	<p>Anhaltender Regen hat in der Schweiz Flüsse über die Ufer treten lassen, Keller geflutet und Strassen überschwemmt. Der Kanton Luzern rief am Abend des 8.8.07 den Kantonalen Krisenstab zusammen. Mehr als 1'500 Feuerwehrleute standen in der Nacht im ganzen Kanton im Einsatz. Am Mittag des 9.8.07 konnte der Krisenstab wieder Entwarnung geben. Die Gebäudeversicherung rechnete kurz nach dem Ereignis mit 600-800 Schadenfällen und einer Schadensumme von 6-8 Mio. Fr. Am stärksten betroffen waren die Gemeinde Littau und das Seetal. Rund 25 Feuerwehrleute standen in Menznau von 19 bis 1 Uhr nachts im Einsatz. Die Strasse Wolhusen-Menznau war teilweise überschwemmt. Die Feuerwehr sperrte eine Strassenseite zw. 21 und 24 Uhr. Im Bereich der Grastrocknungsanlage musste ein Geschiebesammler ausgebaggert und das Material abtransportiert werden. Auch an anderen Stellen in der Gemeinde mussten Schächte freigemacht werden. Die ganze Nacht war die Strecke Menznau-Geiss unpassierbar. Zu grossen Schäden an den Strassen kam es aber nicht, weil das Wasser nicht viel Schlamm mitführte. Sehr hoch stand das Wasser der Seewage. Im Lihenmoos wurden Sandsäcke verteilt. Schäden konnten so verhindert werden.</p> <p>[...] Im Umkreis von Wolhusen/Werthenstein kam es wegen Überschwemmungen zu Verkehrsbehinderungen. So war die Bahnlinie Wolhusen - Menznau noch am 10.8.07 unterbrochen (bei Gde. Werthenstein aufgenommen). Temporäre Strassensperrungen wurden auch nötig auf der Strasse zw. Wolhusen und Ruswil und der Buholzerstrasse. Nahe der Zugstrecke Wolhusen - Entlebuch ereignete sich ein kleiner Erdbeben (höchstens geringe Schäden).</p>	WSL (2013)

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
2010, 29.6.	Gewitter	Schwere Gewitter führten am Abend in Wolhusen vielerorts zu Überschwemmungen. Am schlimmsten war die Situation im Bahnhofsgelände, wo ein Bach die grossen Wassermassen nicht mehr abzuführen vermochte und den Bahnhofplatz und die Bahnhofstrasse von der Verzweigung Ruswil bis zum Restaurant Virus massiv unter Wasser setzte. Die Feuerwehr stand in den Gebieten Schwanden, Spital und Bahnhof mit 45 Mann bis 03:30 Uhr im Einsatz. Erst dann konnte die Strasse wieder für den Verkehr freigegeben werden. Sehr viel Schlamm und Gehölz hat die Schächte immer wieder verstopft. Gemäss Fotos auf der FW-Homepage standen auch einige Autos im Wasser (wahrscheinlich teilweise beschädigt). Im Spitalgebiet mussten viele Garagen und Keller ausgepumpt werden.	WSL (2013)
2010, 29.7.	Gewitter	Starke, andauernde Regenfälle führten im Kt. Luzern zu überschwemmten Strassen und Feldern. Rund 20 Feuerwehren standen im Einsatz. Bis am Abend des 29.7.2010 gingen bei der Gebäudeversicherung rund 50 Schadensmeldungen ein. Die Polizei verzeichnete etwa 200 Anrufe. Besonders betroffen war das Luzerner Hinterland, das Rottal, das Wiggertal und das Seetal. Teilweise wurden auch Verkehrswege unterbrochen - so auch in Willisau. Dort strömte der Müllitalbach auf die Kantonsstrasse. Ausserdem wurde die Baustelle Müllitalbach unter Wasser gesetzt und die Strecke Wydenmatt - Kreisel Alberswil wurde gesperrt.	WSL (2013)

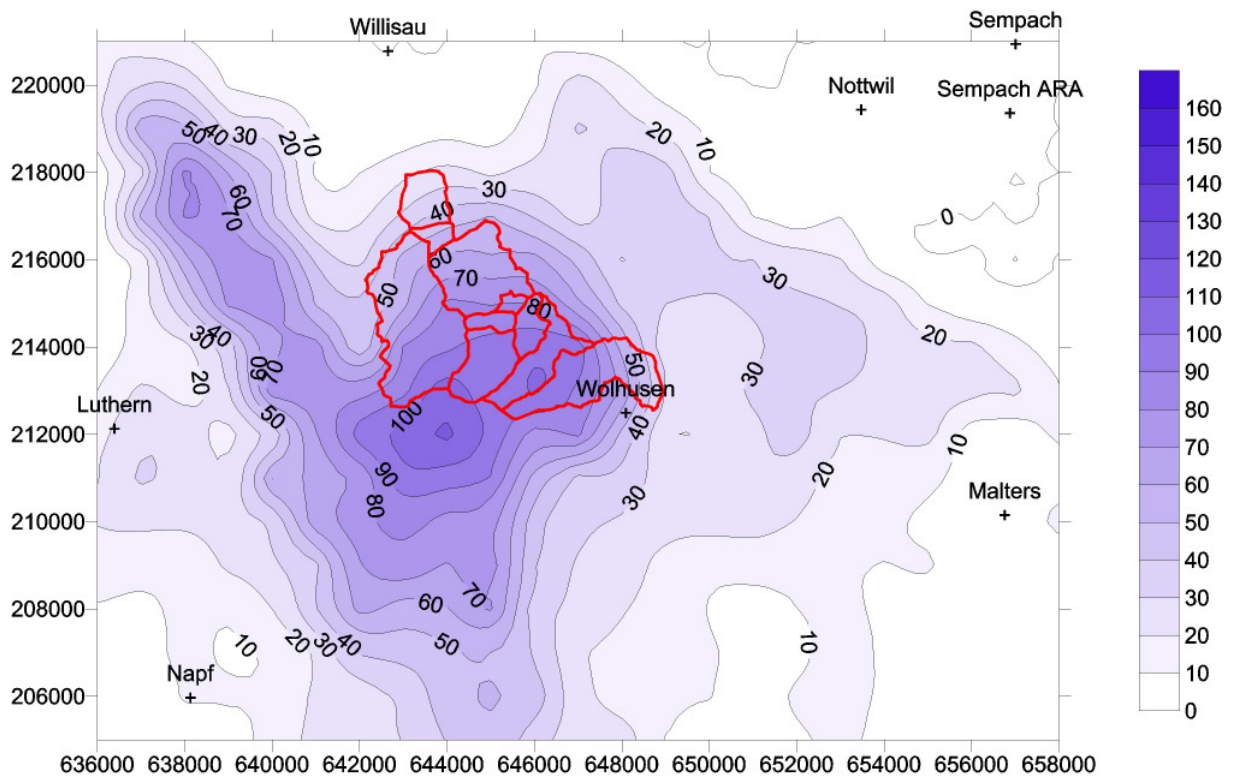
Nr. Station	6475 Napf	6630 Luthern	6800 Sempach	LU02 Malters	LU 04 Sempach ARA	LU 08 Willisau	LU 09 Wolhusen	agrometeo Nottwil	
Messperiode	1978 -	1882-1889; 1910-	1961 -	1999 -	1991 -	1991 -	2000 -	25.7.2003 -	
X	638130	636390	657010	656760	656880	642650	648090	653478	
Y	205970	212130	220940	210150	219360	220780	212490	219435	
Zeitintervall	7-7 Uhr	7-7 Uhr	7-7 Uhr	7-7 Uhr	7-7 Uhr	7-7 Uhr	7-7 Uhr	7-7 Uhr	
Statistik	keine	1910 - 1977	1961 - 1987	keine	keine	keine	keine	keine	
31.05.2003	6.4	2.6	3.5	0.6	5.0	18.9	2.8		5-jährlich
01.06.2003	0.0	0.4	0.0	0.1	0.0	0.0	1.0		10-jährlich
02.06.2003	2.4	11.0	7.0	7.0	5.1	0.2	22.8		20-jährlich
03.06.2003	12.8	1.0	0.0	1.5	1.0	0.5	0.2		50-jährlich
04.06.2003	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	5.8	0.0		100-jährlich
05.06.2003	23.0	39.8	15.0	20.8	14.3	10.0	10.5		
06.06.2003	3.4	3.5	2.0	4.9	1.8	2.0	2.0		
07.06.2003	22.3	0.2	27.0	2.1	17.4	0.0	37.5		
08.06.2003	8.4	17.2	10.5	13.2	11.6	1.5	20.9		
15.08.2005	23.6	9.8	24.8	17.2	20.5	13.7	18.7	14.8	
16.08.2005	1.3	1.2	0.0	1.5	1.3	0.5	1.8	1.4	
17.08.2005	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
18.08.2005	5.9	20.3	14.2	7.3	20.0	37.4	15.4	20.8	
19.08.2005	21.5	19.3	35.5	49.8	27.5	17.1	16.2	25.0	
20.08.2005	36.7	22.1	24.4	37.2	22.3	10.1	47.8	24.8	
21.08.2005	126.7	87.8	70.2	91.2	69.6	83.3	94.1	91.4	
22.08.2005	50.9	58.1	15.3	24.5	12.1	14.7	16.7	14.8	
23.08.2005	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	
21.-22.08.05	177.6	145.9	85.5	115.7	81.7	98.0	110.9	106.2	
20.-22.08.05	214.3	168.0	109.9	152.9	104.0	108.1	158.7	131.0	
01.06.2007	31.8	18.3	23.5	23.3	21.8	17.6	20.8	24.2	
02.06.2007	6.7	2.6	2.5	2.6	2.8	0.7	3.7	2.2	
03.06.2007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
04.06.2007	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	
05.06.2007	1.0	4.2	0.0	6.3	0.0	0.1	0.1	0.0	
06.06.2007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
07.06.2007	15.0	7.5	10.7	13.4	16.0	8.8	12.0	10.0	
08.06.2007	13.4	24.7	0.0	3.1	0.0	0.6	43.1	0.0	
09.06.2007	0.0	0.0	0.0	9.6	0.0	0.0	7.1	0.0	

Anhang 2:

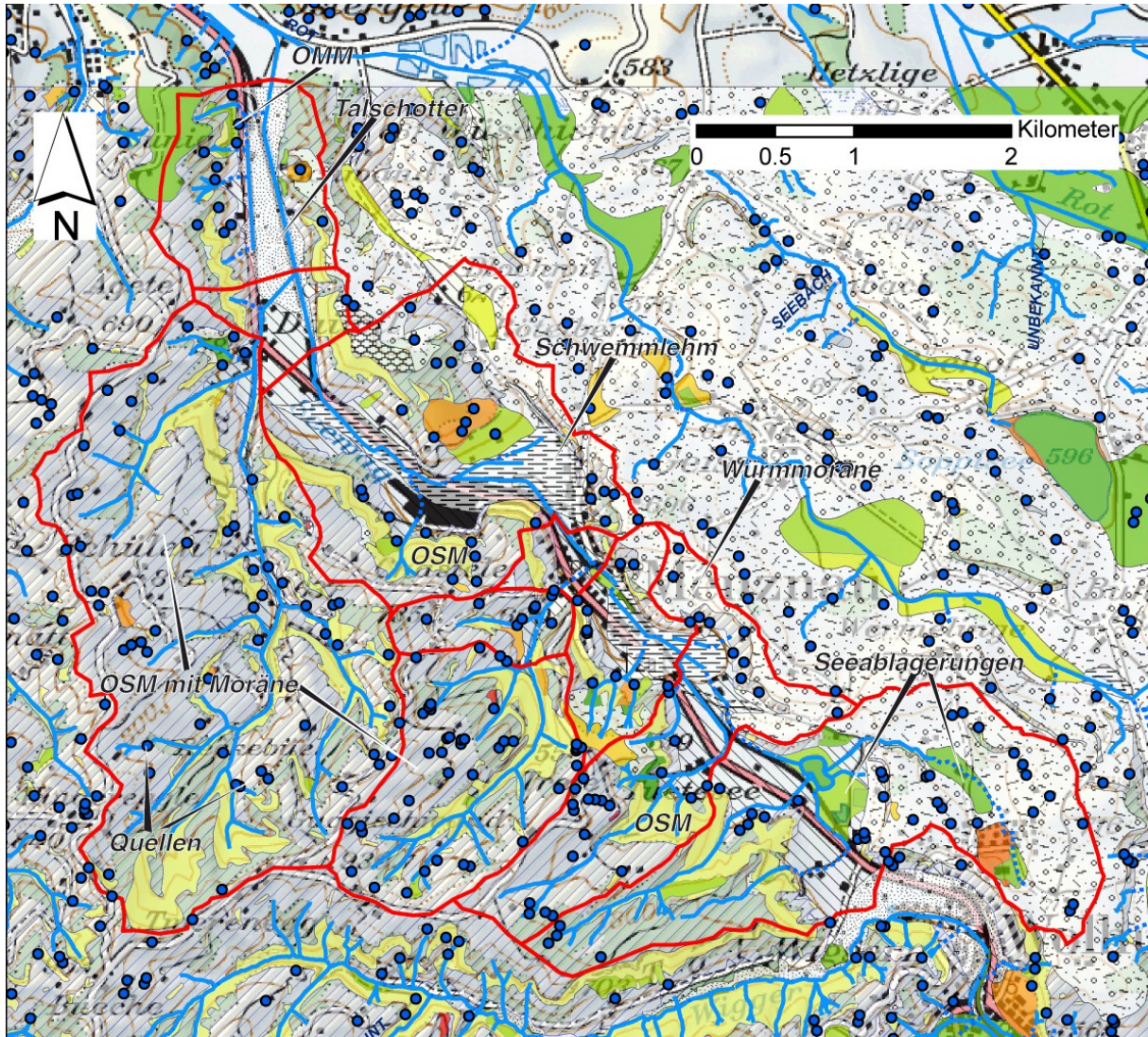
In der Umgebung von Menznau während mittlerer und grosser Hochwasser gemessene Niederschlagsmengen. 5-jährliche und seltenere Werte sind speziell markiert.



Anhang 3.1: Verteilung der Niederschlagssummen am 21. - 22. August 2005 aufgrund der Bodenstationen.

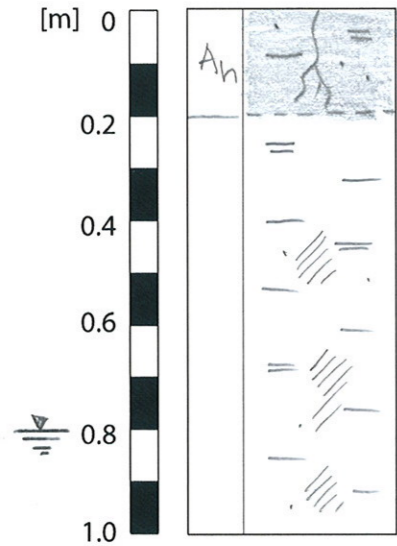


Anhang 3.2: Verteilung der Niederschlagssummen am 8. Juni 2007 aus Radarbildern.

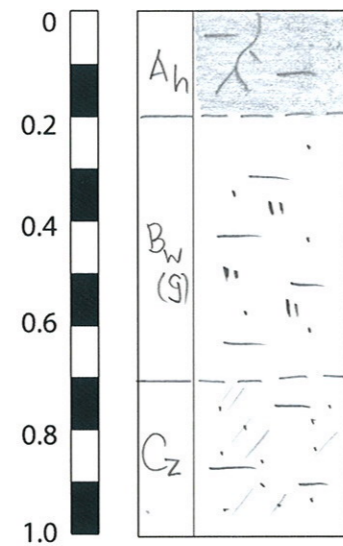


Anhang 4.1: Das Einzugsgebiet der Seewag mit dem Gewässernetz, den geologischen Einheiten und den Quellen (OSM = Obere Süsswasser-Molasse, OMM = Obere Meeres-Molasse).

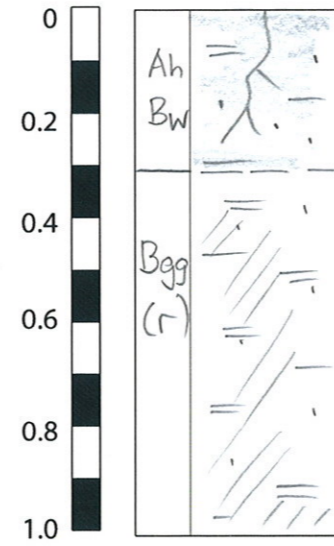
S1
 Ort: Hinder Hildeberg
 Landnutzung (LN): Mähwiese
 Geologie (Geol.): Rückzugsschotter
 Bodentyp (Bo): Braunerde-Gley (B-G)
 Sondierung: Pürckhauer (Pürckh.)



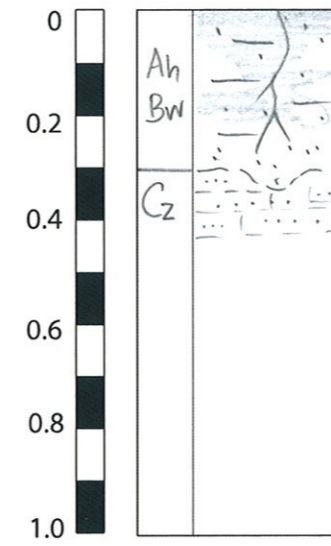
S2
 Ort: Sädelweid
 LN: Acker
 Geol.: Würmmoräne
 Bo: B, pseudovergleyt
 Sond.: Pürckh.



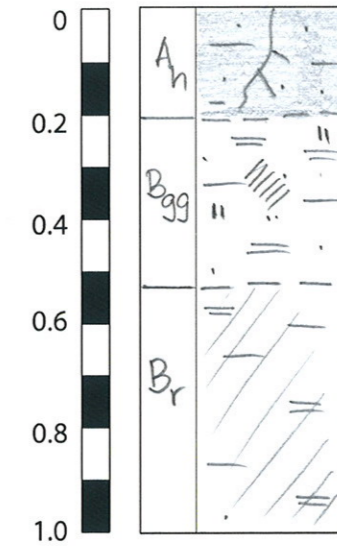
S3
 Ort: Seeburg
 LN: Mähwiese
 Geol.: Schwemmfächer
 Bo: Buntgley
 Sond.: Pürckh.



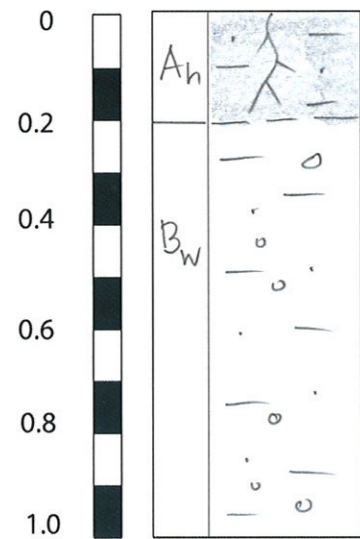
S4
 Ort: Hübeli
 LN: Weide
 Geol.: Sandstein der Oberen Süßwassermolasse (OSM)
 Bo: B, flachgründig
 Sond.: Grube



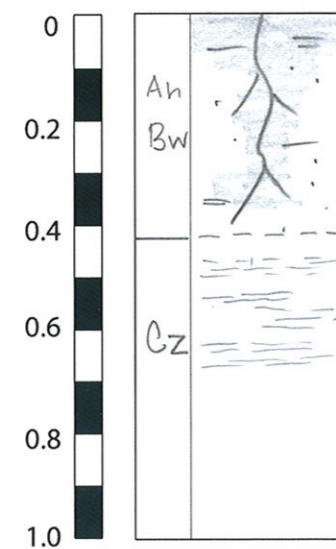
S5
 Ort: Hackbrätt
 LN: Mähwiese
 Geol.: Schwemmlehm
 Bo: B-G
 Sond.: Pürckh.



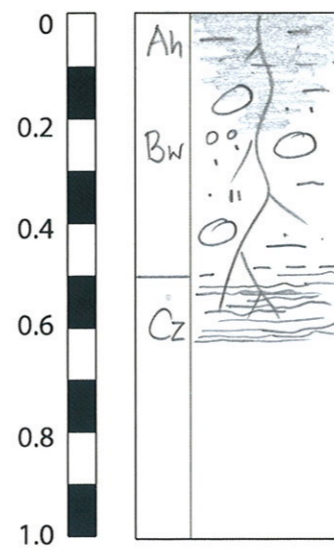
S6
 Ort: Tuetesee
 LN: Acker
 Geol.: Bachschutt
 Bo: B
 Sond.: Pürckh.



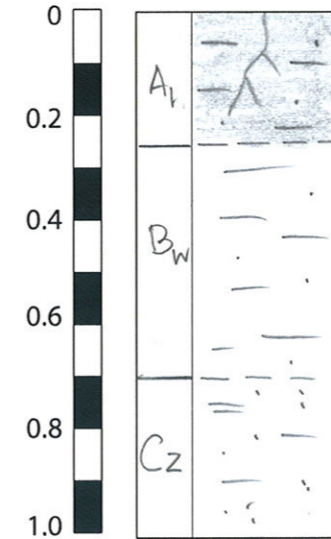
S7
 Ort: Obertreie
 LN: Fichtenwald
 Geol.: Mergel, Nagelfluh der OSM
 Bo: B
 Sond.: Pürckh.



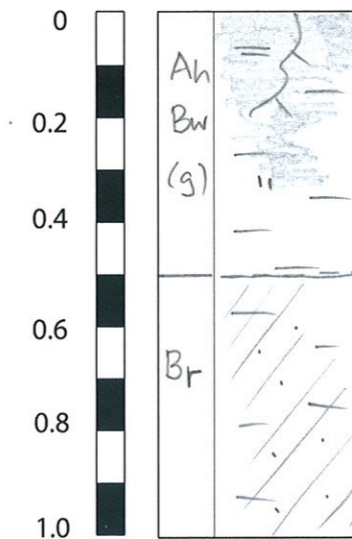
S8
 Ort: Monschin
 LN: Weisstannenwald
 Geol.: Mergel der OSM
 Bo: B, flachgründig
 Sond.: Grube



S9
 Ort: Guggiswand
 LN: Mähwiese
 Geol.: OSM
 Bo: B
 Sond.: Pürckh.

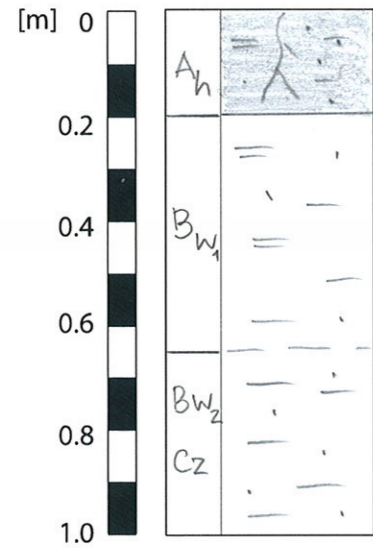


S10
 Ort: Under Chalchtare
 LN: Weide
 Geol.: OSM mit Moräne
 Bo: B-G
 Sond.: Pürckh.

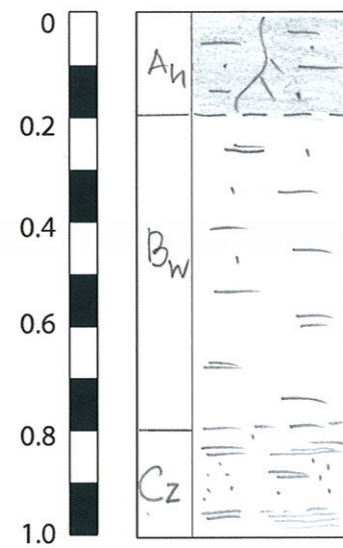


Anhang 4.2 Die im Gebiet der Seewag untersuchten Bodenprofile (S1-S10) mit der Angabe des Standorts, der Landnutzung, der Geologie, des Bodentyps und der Sondiermethode. Eine Beschreibung der Profile befindet sich im Anhang 4b.

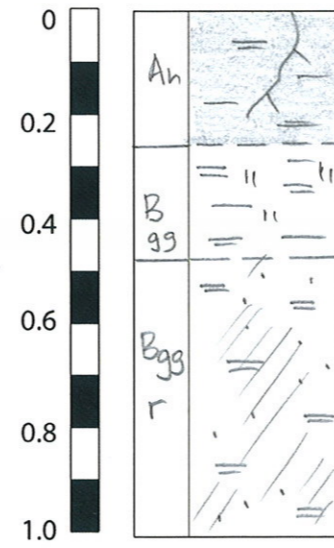
S11
 Ort: Chastele
 LN: Mähwiese/Weide
 Geol.: OSM mit Moräne
 Bo: B
 Sond.: Pürckh.



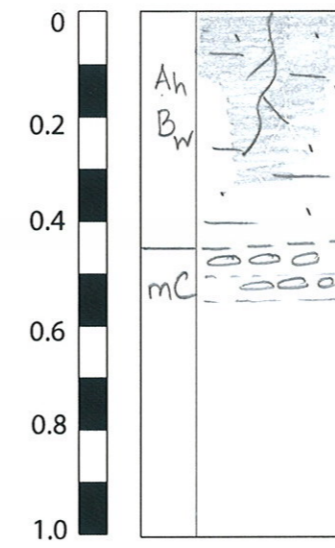
S12
 Ort: Chastele
 LN: Mähwiese
 Geol.: OSM mit Moräne
 Bo: B
 Sond.: Pürckh.



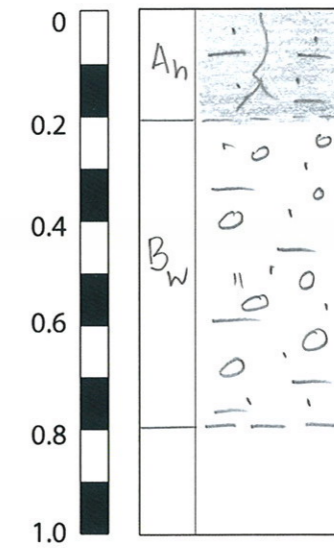
S13
 Ort: Moos
 LN: Mähwiese
 Geol.: Schwemmlern
 Bo: Pseudogley
 Sond.: Pürckh.



S14
 Ort: Daiwil
 LN: Weide
 Geol.: Nagelfluh der OSM
 Bo: B
 Sond.: Grube



S15
 Ort: Daiwil
 LN: Mähwiese
 Geol.: Bachschutt
 Bo: B
 Sond.: Pürckh.



Anhang 4.2 Die im Gebiet der Seewag untersuchten Bodenprofile (S11-S15) mit der Angabe des Standorts, der Landnutzung, der Geologie, des Bodentyps und der Sondiermethode. Eine Beschreibung der Profile befindet sich im Anhang 4b.

Anhang 4.3: Die Eigenschaften der im Anhang 4.2 dargestellten Bodenprofile im EZG der Seewag (S1-S15) mit der Einschätzung von Infiltration und Speichervermögen und Angabe des zu erwartenden dominanten Abflussprozesses
 (Abkürzungen siehe auch Legende 4.4: 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 = Tiefsickerung), SOF1: rasch, SOF2: leicht verzögert, SOF3 stark bis sehr stark verzögert abfließend).

	Profilbeschreibung		Profilbeschreibung
S1	Hinder Hiltberg, Rückzugsschotter, Mähwiese Braunerde-Gley (Pürckhauer) Ah: dunkelbrauner Us Bw/Bgg: dunkelbrauner Lu mit grauen Schlieren Wasserspiegel bei – 0.8 m Infiltrationsvermögen (Inf.): gehemmt Speichervermögen (Spv.): mässig bis gering Prozesse (Proz.): SOF2	S2	Sädelweid, Würmmoräne, Acker Braunerde (BE), pseudovergleyt (Pürckh.) Ap: brauner Us Bw(g): brauner Us Cz: brauner Su Inf.: normal Spv.: mässig - gross Proz.: SOF3 (SOF2)
S3	Seeburg, Schwemmfächer, Mähwiese Buntgley (Pürckh.) Ah/Bw: brauner Lu Bgg (r): graubrauner Lt Inf.: leicht gehemmt Spv.: mässig Proz.: SOF2	S4	Hübeli, Sandstein (OSM), Weide BE, flachgründig (Grube) Ah/Bw: brauner Us Cz: poröser grauer Sandstein Inf.: normal Spv.: gering Proz.: SSF1-2
S5	Hackbrett, Schwemmlehm, Mähwiese BE (Pürckh.) Gley: brauner bis dunkelbrauner Us Bgg: brauner Lu Br: grauer Lu Inf.: normal Spv.: gering Proz.: SOF1-2	S6	Tuetesee, Bachschutt, Acker BE (Pürckh.) Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Us mit Kies Inf.: normal Spv.: gross - sehr gross Proz.: DP/SOF3
S7	Obertreie, Mergel / Nagelfluh (OSM), Fichtenwald BE (Pürckh.) Ah/Bw: beigebrauner Ls Cz: verwitterter Mergel Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SSF2	S8	Monschin, Mergel (OSM, Moräne), Weissstannenwald BE, flachgründig (Grube) Ah: beigebrauner Us mit viel Kies Cz: beiger-Mergel Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SSF2
S9	Guggischwand, OSM, Mähwiese BE (Pürckh.) Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Us Cz: beiger Ls Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3 (SSF3)	S10	Under Chalchtare, OSM mit Moräne, Weide BE-Gley (Pürckh.) Ah: brauner Lu Bw (g): brauner Lu Br: grauer Us Inf.: gehemmt Spv.: mässig Proz.: SOF2
S11	Chastele, OSM mit Moräne, Mähwiese / Weide, BE (Pürckh.) Ah: dunkelbrauner Lu Bw: beige-brauner Lu Bw/Czg: beiger Us Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3	S12	Chastele, OSM mit Moräne, Mähwiese BE (Pürckh.) Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Lu Cz: verwitterter Mergel (beiger Ts) Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3
S13	Moos, Schwemmlehm, Mähwiese Pseudogley (Pürckh.) Ah: dunkelbrauner Ut Bgg: brauner Ut Bgg/r: graubeiger Ts Inf.: leicht gehemmt Spv.: mässig bis gering Proz.: SOF2	S14	Daiwil, Nagelfluh (OSM) mit Moräne, Weide BE (Grube) Ah/Bw: brauner bis dunkelbrauner Us C: kompakte Nagelfluh Inf.: normal Spv.: mässig bis gering Proz.: SSF1-2

Forts.

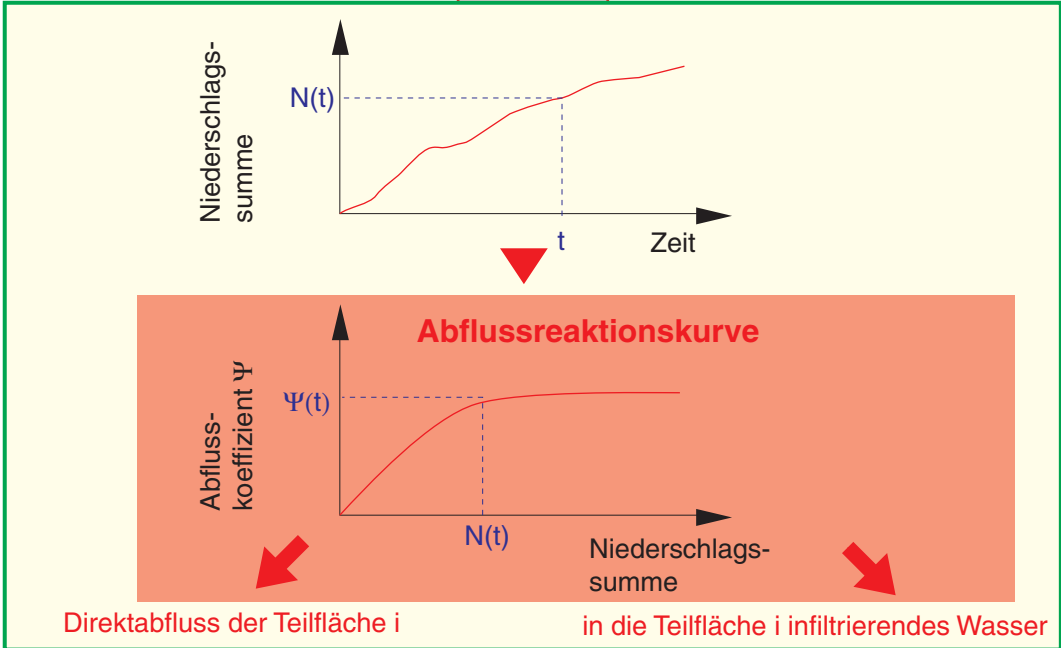
	Profilbeschreibung		Profilbeschreibung
S15	Daiwil, Bachschutt, Mähwiese BE (Pürckhauer) Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Us Inf.: normal Spv.: gross bis sehr gross Proz.: SOF3 (DP)		

Jede Teilfläche ist charakterisiert durch

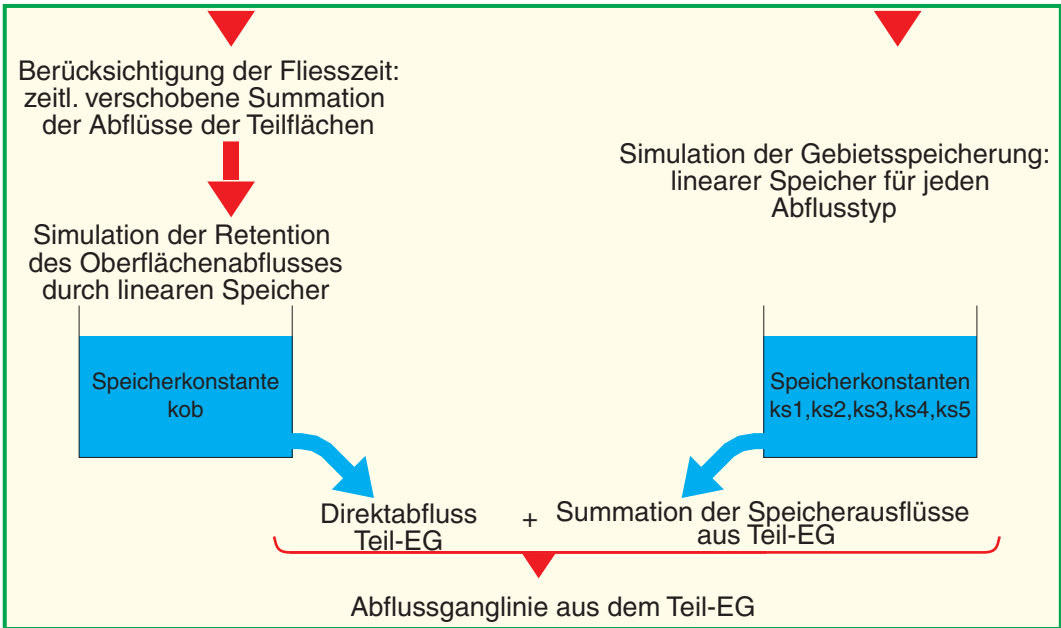
- Abflusstyp
- Niederschlagsganglinie
- Fließzeit bis zum Teil-EG-Ausfluss

dt=10 Min.

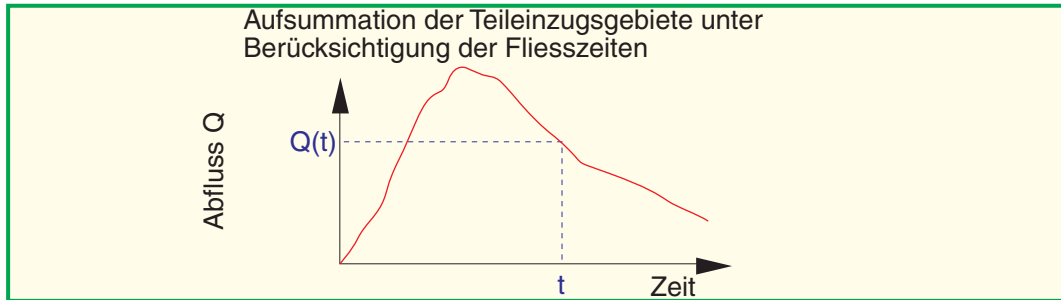
Stufe Teilfläche



Stufe Teileinzugs-gebiet



Einzugs-gebiet



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

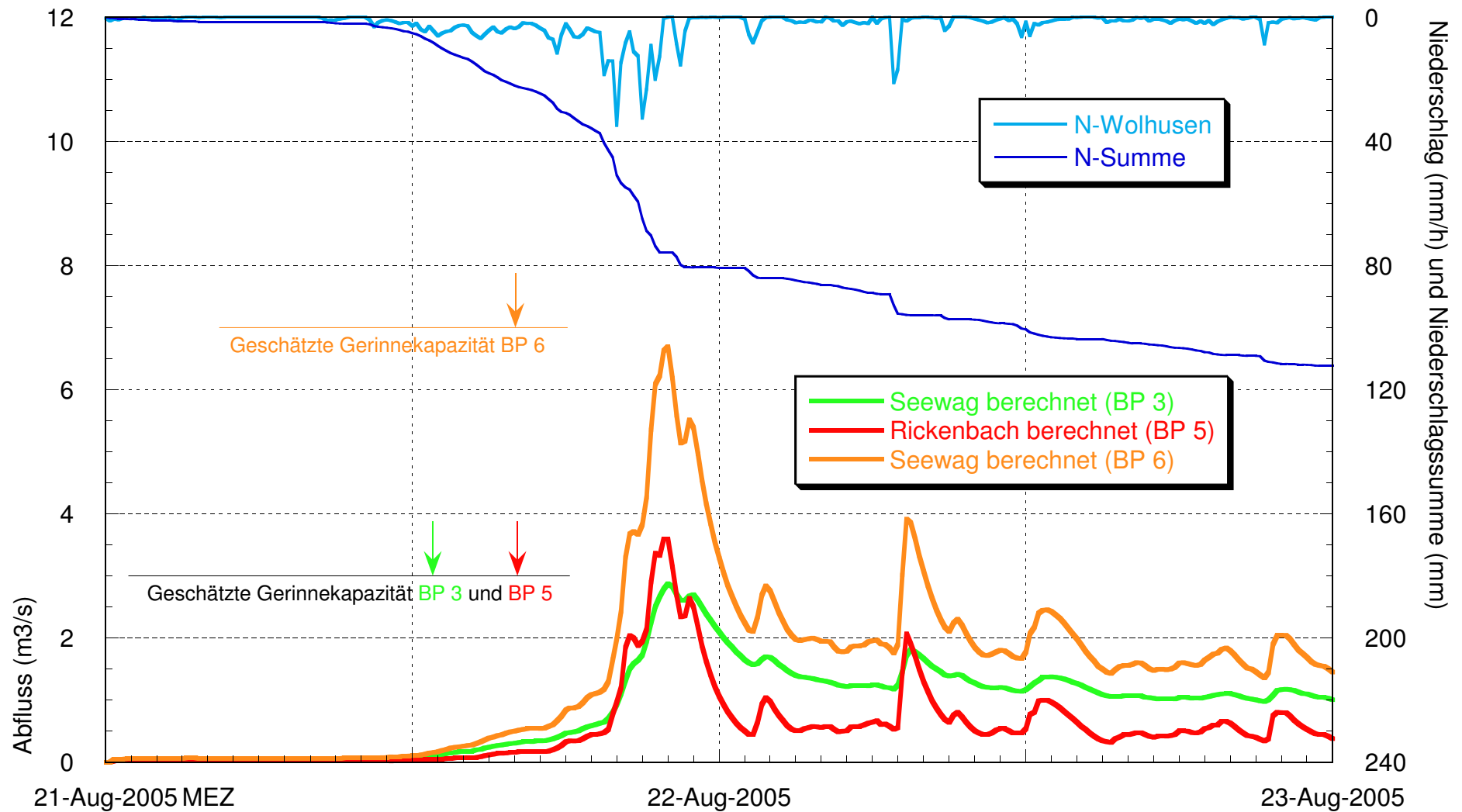


Pegel [m ü. M.]	Volumen [m ³]	Abfluss [m ³ /s]
594.77	0	0.000
595.30	0	0.300
596.20	1500	0.544
596.25	1615	0.556
596.50	3130	0.620
596.75	5910	0.682
597.00	10090	0.737
597.25	15410	0.790
597.50	21690	0.833
597.75	28900	0.875
598.00	37010	0.916
598.05	39000	0.925

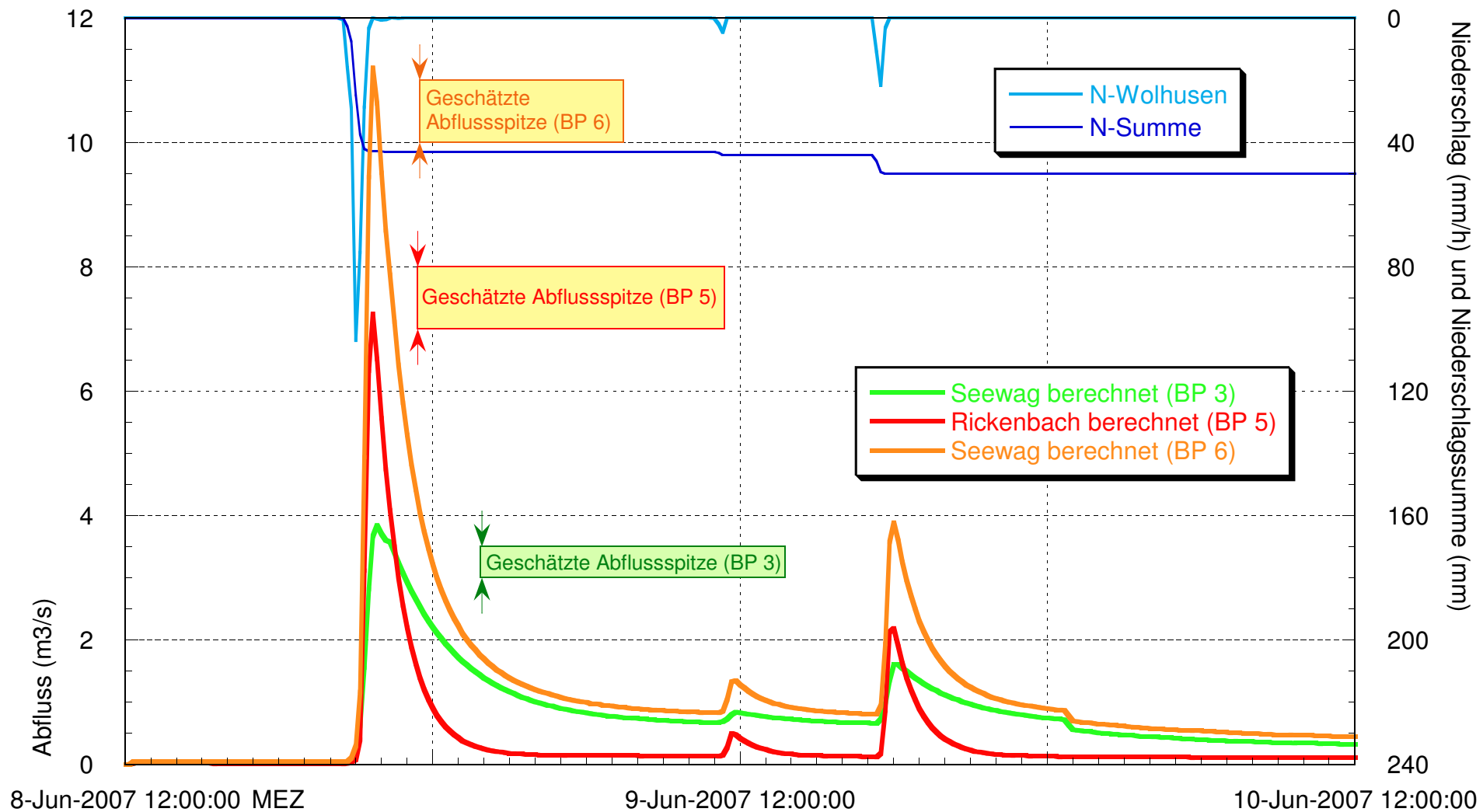
Anhang 6.1: *Im Modell berücksichtigte Drosselcharakteristik des HWRB Häckbrätt beim BP 2. Die Einstauvolumina wurden J. Auchli AG (2006b) und die Einstau-Abflussbeziehung Holinger (2014) entnommen.*

Pegel [m ü. M.]	Volumen [m ³]	Abfluss [m ³ /s]
617.00	0	0.00
617.50	712	0.88
618.00	1504	1.25
618.50	2383	1.53
619.00	3356	1.77
619.50	4430	1.98
620.00	5612	2.17
620.50	6950	2.34
621.00	8477	2.50
621.50	10206	2.65
622.00	12128	2.80
622.50	14207	2.93
623.00	16448	3.06
623.50	18853	3.19
624.00	21430	3.31
624.50	24189	3.42
624.90	26549	3.50

Anhang 6.2: *Im Modell berücksichtigte Drosselcharakteristik des HWRB Rickenbach beim BP 4. Zur Verfügung gestellt von Alfred Schaltegger (vif, Kt. LU).*



Anhang 7.1: Die mit dem Modell QArea nachgerechneten Abflüsse der Seewag und des Rickenbachs am 21./22. August 2005 an den Berechnungspunkten 3, 5 und 6 im Vergleich mit der Gerinnekapazität, die bei diesem Ereignis nicht überschritten wurde. Es wurde mit dem zeitlichen Niederschlagsverlauf der kantonalen Station Wolhusen gerechnet.



Anhang 7.2: Die mit dem Modell QArea nachgerechneten Abflüsse der Seewag und des Rickenbachs am 8. Juni 2007 an den Berechnungspunkten 3, 5 und 6 im Vergleich mit den Beobachtungen. Es wurde mit dem zeitlichen Niederschlagsverlauf der kantonalen Station Wolhusen gerechnet.

Anhang 8.1: Die Resultate der Berechnungen mit dem NAM QA_{REA} ohne die HWRB Hackbrätt (BP 2) und Rickenbach (BP 4).

Wiederkehr- periode [Jahre]	Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlags- szenario	Abflussspitzen [m³/s] bei den Berechnungspunkten										Füllung HRB [m³]	
			BP 1	BP 2	BP 3	BP 4	BP 5	BP 6	BP 7	BP 8	BP 9	BP 10	BP 2	BP 4
30	0.5h30j_dreieck	Gewitter Ost	0.50	1.07	1.54	2.03	2.43	4.07	4.81	0.99	5.78	5.92	0	0
	1h30j_dreieck	Gewitter Ost	0.50	1.31	1.92	2.38	2.87	4.92	5.81	1.39	7.22	7.42	0	0
	2h30j_dreieck	Gewitter Ost	0.50	1.32	1.95	1.99	2.40	4.43	5.29	1.32	6.67	6.87	0	0
	4h30j_dreieck	Gewitter Ost	0.50	1.42	2.07	1.74	2.09	4.29	5.18	1.38	6.63	6.85	0	0
	0.5h30j_dreieck	Gewitter West	0.16	0.28	0.91	2.03	2.43	3.51	5.02	3.09	8.01	8.10	0	0
	1h30j_dreieck	Gewitter West	0.20	0.34	1.09	2.38	2.87	4.17	6.06	3.94	10.06	10.17	0	0
	2h30j_dreieck	Gewitter West	0.20	0.35	1.03	1.99	2.40	3.62	5.42	3.59	9.12	9.22	0	0
	4h30j_dreieck	Gewitter West	0.22	0.38	1.03	1.74	2.09	3.29	5.09	3.56	8.83	8.94	0	0
	12h30j_block	gleichmässig	0.50	1.74	2.40	1.73	2.08	4.65	6.70	4.44	11.38	12.04	0	0
	24h30j_block	gleichmässig	0.50	1.99	2.69	1.74	2.12	5.02	7.49	5.03	12.81	13.67	0	0
48h30j_block	gleichmässig	0.50	1.73	2.29	1.35	1.65	4.11	6.18	4.09	10.53	11.28	0	0	
100	0.5h100j_dreieck	Gewitter Ost	0.50	2.12	3.46	5.40	6.46	10.06	11.64	3.28	14.81	15.20	0	0
	1h100j_dreieck	Gewitter Ost	0.50	2.48	3.89	5.55	6.70	10.74	12.48	3.66	16.20	16.65	0	0
	2h100j_dreieck	Gewitter Ost	0.50	2.41	3.74	4.41	5.31	9.20	10.87	3.24	14.21	14.63	0	0
	4h100j_dreieck	Gewitter Ost	0.50	2.31	3.47	3.48	4.20	7.90	9.49	3.03	12.67	13.12	0	0
	0.5h100j_dreieck	Gewitter West	0.28	0.51	1.87	5.40	6.46	8.68	11.97	8.32	19.97	20.13	0	0
	1h100j_dreieck	Gewitter West	0.33	0.62	2.07	5.55	6.70	9.16	12.93	9.29	22.30	22.49	0	0
	2h100j_dreieck	Gewitter West	0.33	0.62	1.90	4.41	5.31	7.55	11.02	8.08	19.27	19.46	0	0
	4h100j_dreieck	Gewitter West	0.36	0.67	1.80	3.48	4.20	6.25	9.53	7.25	17.11	17.32	0	0
	12h100j_block	gleichmässig	0.50	2.42	3.40	2.57	3.10	6.78	9.96	6.90	17.25	18.29	0	0
	24h100j_block	gleichmässig	0.50	2.65	3.64	2.47	3.02	6.96	10.55	7.30	18.29	19.57	0	0
48h100j_block	gleichmässig	0.50	2.04	2.73	1.68	2.06	5.00	7.60	5.13	13.06	14.01	0	0	
300	0.5h300j_dreieck	Gewitter Ost	0.50	4.26	6.89	11.54	13.84	20.97	24.16	8.04	31.89	32.76	0	0
	1h300j_dreieck	Gewitter Ost	0.50	4.53	7.14	10.79	13.04	20.37	23.75	8.15	31.97	32.91	0	0
	2h300j_dreieck	Gewitter Ost	0.50	4.07	6.40	8.25	9.95	16.83	19.85	6.87	26.88	27.72	0	0
	4h300j_dreieck	Gewitter Ost	0.50	3.69	5.63	6.11	7.39	13.34	16.08	5.91	22.28	23.13	0	0
	0.5h300j_dreieck	Gewitter West	0.50	1.14	3.70	11.54	13.84	18.22	24.74	18.15	42.16	42.56	0	0
	1h300j_dreieck	Gewitter West	0.50	1.17	3.76	10.79	13.04	17.49	24.45	18.44	42.94	43.35	0	0
	2h300j_dreieck	Gewitter West	0.50	1.14	3.36	8.25	9.95	13.88	20.08	15.49	36.06	36.46	0	0
	4h300j_dreieck	Gewitter West	0.50	1.17	3.04	6.11	7.39	10.83	16.40	13.03	30.07	30.46	0	0
	12h300j_block	gleichmässig	0.50	3.29	4.66	3.63	4.39	9.44	14.04	9.99	24.59	26.13	0	0
	24h300j_block	gleichmässig	0.50	3.42	4.73	3.28	4.02	9.14	14.03	9.87	24.52	26.26	0	0
48h300j_block	gleichmässig	0.50	2.31	3.12	1.96	2.41	5.77	8.83	6.03	15.25	16.37	0	0	

Anhang 8.2: Die Resultate der Berechnungen mit dem NAM QA_{REA} unter Einbezug der HWRB Hackbrätt (BP 2) und Rickenbach (BP 4).

Wiederkehr- periode [Jahre]	Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlags- szenario	Abflussspitzen [m³/s] bei den Berechnungspunkten										Füllung HRB [m³]	
			BP 1	BP 2	BP 3	BP 4	BP 5	BP 6	BP 7	BP 8	BP 9	BP 10	BP 2	BP 4
30	0.5h30j_dreieck	Gewitter Ost	0.50	0.66	1.01	1.40	1.67	2.81	3.48	0.99	4.37	4.51	4'705	1'986
	1h30j_dreieck	Gewitter Ost	0.50	0.70	1.22	1.66	1.98	3.37	4.20	1.39	5.48	5.67	7'434	2'920
	2h30j_dreieck	Gewitter Ost	0.50	0.71	1.23	1.58	1.88	3.28	4.10	1.32	5.40	5.58	7'733	2'574
	4h30j_dreieck	Gewitter Ost	0.50	0.73	1.27	1.54	1.85	3.28	4.15	1.38	5.60	5.81	9'667	2'424
	0.5h30j_dreieck	Gewitter West	0.16	0.28	0.91	1.40	1.67	2.64	4.08	3.09	6.97	7.05	0	1'986
	1h30j_dreieck	Gewitter West	0.20	0.32	1.09	1.66	1.98	3.17	4.94	3.94	8.82	8.93	106	2'920
	2h30j_dreieck	Gewitter West	0.20	0.33	1.03	1.58	1.88	3.03	4.76	3.59	8.45	8.55	155	2'574
	4h30j_dreieck	Gewitter West	0.22	0.35	0.98	1.54	1.85	2.98	4.76	3.56	8.47	8.58	315	2'424
	12h30j_block	gleichmässig	0.50	0.83	1.45	1.61	1.93	3.56	5.63	4.44	10.31	10.97	20'874	2'703
	24h30j_block	gleichmässig	0.50	1.99	2.68	1.69	2.06	4.92	7.34	5.03	12.46	13.24	39'000	3'049
48h30j_block	gleichmässig	0.50	1.73	2.29	1.34	1.64	4.10	6.17	4.09	10.52	11.27	39'000	1'783	
100	0.5h100j_dreieck	Gewitter Ost	0.50	0.79	1.85	2.50	3.06	5.18	6.61	3.28	9.56	9.92	15'247	8'495
	1h100j_dreieck	Gewitter Ost	0.50	0.81	2.11	2.68	3.30	5.70	7.41	3.66	10.89	11.34	18'751	10'543
	2h100j_dreieck	Gewitter Ost	0.50	0.81	1.98	2.57	3.17	5.45	7.05	3.24	10.36	10.78	18'662	9'325
	4h100j_dreieck	Gewitter Ost	0.50	0.83	1.89	2.51	3.06	5.22	6.80	3.03	9.95	10.38	21'618	8'622
	0.5h100j_dreieck	Gewitter West	0.28	0.43	1.77	2.50	3.06	4.93	8.05	8.32	16.02	16.18	811	8'495
	1h100j_dreieck	Gewitter West	0.33	0.52	1.91	2.68	3.30	5.46	9.06	9.29	18.39	18.58	1'331	10'543
	2h100j_dreieck	Gewitter West	0.33	0.52	1.71	2.57	3.17	5.17	8.55	8.08	16.80	17.00	1'368	9'325
	4h100j_dreieck	Gewitter West	0.36	0.56	1.58	2.51	3.06	4.93	8.17	7.25	15.72	15.92	1'710	8'622
	12h100j_block	gleichmässig	0.50	1.33	1.88	2.29	2.79	4.94	8.15	6.90	15.43	16.48	39'000	6'522
	24h100j_block	gleichmässig	0.50	2.65	3.64	2.34	2.88	6.82	10.41	7.30	18.15	19.43	39'000	6'989
48h100j_block	gleichmässig	0.50	2.04	2.73	1.66	2.04	4.99	7.59	5.13	13.05	13.99	39'000	2'924	
300	0.5h300j_dreieck	Gewitter Ost	0.50	1.40	3.55	3.46	4.67	8.67	11.85	8.04	19.58	20.46	39'000	25'395
	1h300j_dreieck	Gewitter Ost	0.50	2.09	3.62	4.71	5.61	9.07	12.39	8.15	20.61	21.54	39'000	26'549
	2h300j_dreieck	Gewitter Ost	0.50	1.86	3.19	3.43	4.59	8.32	11.35	6.87	18.38	19.22	39'000	24'551
	4h300j_dreieck	Gewitter Ost	0.50	2.13	2.81	3.36	4.31	7.60	10.33	5.91	16.52	17.35	39'000	22'605
	0.5h300j_dreieck	Gewitter West	0.50	0.68	3.16	3.46	4.67	8.29	14.80	18.15	32.46	32.88	5'619	25'395
	1h300j_dreieck	Gewitter West	0.50	0.69	3.21	4.71	5.61	8.69	15.56	18.44	34.05	34.47	6'275	26'549
	2h300j_dreieck	Gewitter West	0.50	0.68	2.82	3.43	4.59	7.97	14.16	15.49	30.13	30.53	6'128	24'551
	4h300j_dreieck	Gewitter West	0.50	0.69	2.53	3.36	4.31	7.33	12.86	13.03	26.40	26.79	6'752	22'605
	12h300j_block	gleichmässig	0.50	3.29	4.66	2.94	3.68	8.73	13.34	9.99	23.89	25.43	39'000	14'408
	24h300j_block	gleichmässig	0.50	3.42	4.73	3.00	3.73	8.85	13.74	9.87	24.23	25.97	39'000	15'442
48h300j_block	gleichmässig	0.50	2.31	3.12	1.95	2.39	5.75	8.81	6.03	15.23	16.35	39'000	4'25	