

Hydrologische Grundlagen für die Erneuerung der Gefahrenkarte am Rotbach und Seitenbäche in Emmen



*Der Hochwasser führende Rotbach bei Waltwil am 8. August 2007
(Foto: www.feuerwehr-emmen.ch).*

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

Bericht: 19/256

Reinach, Juli 2019

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	2
1.1 Problemstellung.....	2
1.2 Vorgehen.....	2
1.3 Gewährsleute.....	2
1.4 Gebietskennwerte.....	4
2 Verwendete Daten und Unterlagen	5
3 Abflussmessungen	7
3.1 Pegel Rotbach – Emmen-Neuhüsern.....	7
3.2 Schlussfolgerungen.....	9
4 Historische Hochwasser	10
4.1 Einleitung.....	10
4.2 Die historischen Hochwasser am Rotbach und am Schwinibach.....	10
4.3 Schlussfolgerungen.....	13
5 Beurteilung der Abflussreaktion	14
5.1 Einleitung.....	14
5.2 Geologie, Hydrogeologie und Böden.....	14
5.3 Massgebende Abflussprozesse und Abflusstypen.....	17
5.4 Abflussreaktionskurven.....	18
6 Abflussberechnungen	22
6.1 Einleitung.....	22
6.2 Grundlagen und Aufbau des Modells Qarea.....	22
6.3 Verifikation des Modells.....	24
6.4 Niederschlags-Szenarien.....	28
6.5 Abflussberechnungen.....	30
7 Hochwasserabflüsse definierter Jährlichkeit	31
7.1 Einleitung.....	31
7.2 Rotbach beim Pegel Emmen-Neuhüsern (BP 13).....	31
7.3 Schwinibach in Inwil (BP 23).....	32
7.4 Hochwasserabflüsse am Rotbach und seinen Seitenbächen.....	33
7.5 Hochwasserabflüsse an ausgewählten Klein-EZG.....	34
Anhang	35

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Der Rotbach entwässert ein Einzugsgebiet (EZG) von ca. 80 km² nördlich des Unterlaufs der Kleinen Emme und nördlich der Reuss. Das EZG liegt in verschiedenen Gemeinden (Ruswil, Malters, Neuenkirch, Luzern, Emmen, Rothenburg, Rain, Eschenbach, Hochdorf, Ballwil, Hohenrain, Buchrain und Inwil, Abb. 1.1) und ist hügelig mit einem Höhenunterschied von 410 – 770 m ü. M. Geologisch gesehen dominieren die Obere Süsswassermolasse, Moräne oder fluviale Sedimente der Reuss. Das Gebiet ist weitgehend ländlich, durchsetzt mit kleinen Dörfern und Weilern und wird vor allem landwirtschaftlich genutzt. Die Orte Emmen und Rothenburg haben urbanen Charakter und weisen stellenweise stark versiegelte Flächen auf. Nordöstlich von Emmen liegt auf der flachen Reussterrasse ein Militärflugplatz. So ist bezüglich Geologie, Böden und Landnutzung von einem Mosaik von unterschiedlich zum Hochwasser beitragenden Flächen auszugehen. Dies beeinflusst die Hochwasserentstehung massgeblich.

In Emmen-Neuhüsern (BP 13) betreibt der Kanton Luzern seit Juli 1996 eine Abflussmessstation (EZG: 27.2 km²). Die Messperiode ist zwar zu kurz, um Hochwasserabflüsse unterschiedlicher Jährlichkeit statistisch herzuleiten. Dennoch sind diese Messjahre wertvoll, weil in dieser Zeitspanne einerseits grössere Niederschläge das Gebiet getroffen haben (z.B. Aug. 2005 und Aug. 2007) und damit die Gebietsreaktion auf Niederschlag untersucht werden kann. Andererseits können mit dem Niederschlag-Abflussmodell verschiedene Hochwasserereignisse nachgerechnet und damit das Modell geeicht werden. Dies setzt allerdings voraus, dass die Abflussmessungen im Hochwasserbereich verlässlich sind.

1.2 Vorgehen

Der vorliegende Bericht stellt die Resultate der durchgeführten Untersuchungen dar. Im Kapitel 2 sind die verwendeten Daten und Unterlagen zusammengestellt. Die Auswertung der Pegelmessungen in Emmen-Neuhüsern werden im Kapitel 3 behandelt. Kapitel 4 zeigt die aus den Erkundungen der historischen Hochwasser gewonnenen Erkenntnisse. In Kapitel 5 wird das EZG nach seiner Abflussbereitschaft beurteilt. Darauf aufbauend erfolgen die Berechnungen mit einem Niederschlag-Abfluss-Modell (NAM) (Kap. 6). Im Kapitel 7 werden die Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit hergeleitet, indem sämtliche Resultate am Rotbach-Pegel in Emmen-Neuhüsern (BP 13) sowie am Schwinibach (BP 23) in Frequenzdiagrammen zusammengefügt werden. Die Hochwasserabflüsse an den übrigen Bemessungspunkten (BP) werden mit dem NAM übertragen. Anschliessend werden für ausgewählte Klein-EZG (Abb. 1.1) die Hochwasserabflüsse mit einer Übertragungsformel bestimmt.

1.3 Gewährsleute

Folgende Personen haben uns bei unseren Untersuchungen mit Informationen unterstützt:

- Arnold Philipp, Teamleiter Umwelt und Energie, Kanton Luzern
- Banz Franz, Leiter Werkdienst, Inwil
- Füglistler Alois, Kommandant Feuerwehr Oberseetal
- Gusterer Cornelia, Projektleiterin Verkehr und Infrastruktur, Kanton Luzern

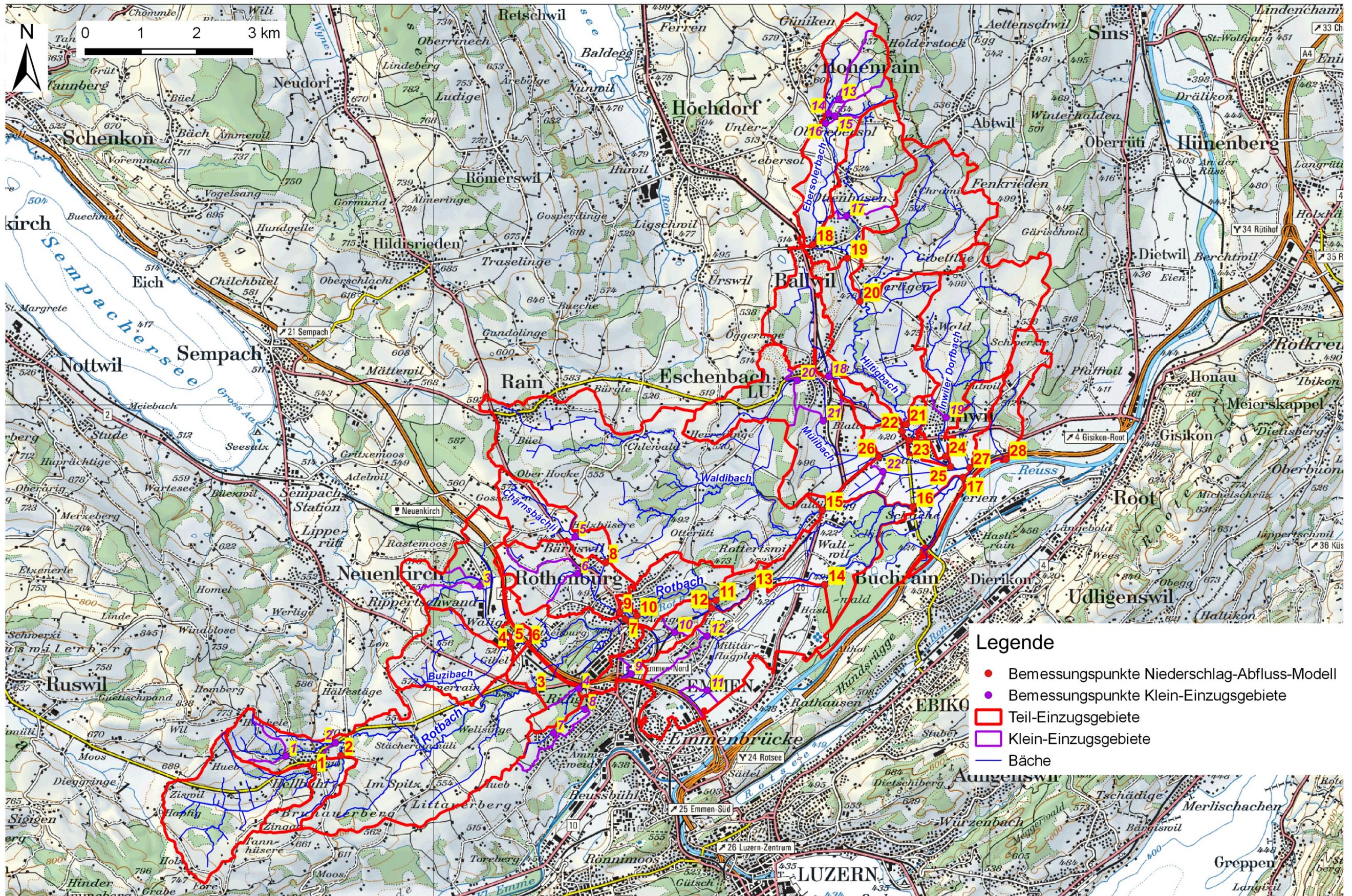


Abbildung 1.1: Übersicht über die Teil-Einzugsgebiete des Rotbachs mit den Bemessungspunkten.

1.4 Gebietskennwerte

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

Tab. 1.1: Gebietskennwerte am Rotbach.

Höchster Punkt im Einzugsgebiet (Hunkele)	773 m ü. M.
Tiefster Punkt im Einzugsgebiet (Mündung Rotbach in Reuss)	410 m ü. M.
EZG oberhalb BP 1: Rotbach in Hellbühl	3.5 km ²
EZG oberhalb BP 2: Rotbach bei Sageli	4.3 km ²
EZG oberhalb BP 3: Rotbach bei Lohrensäge	12.3 km ²
EZG oberhalb BP 4: Buzibach bei Station Rothenburg	2.2 km ²
EZG oberhalb BP 5: Buzibachzufluss aus Wahligen	2.4 km ²
EZG oberhalb BP 6: Buzibach bei Autobahn	4.9 km ²
EZG oberhalb BP 7: Rotbach in Rothenburg oberhalb Zufluss Chärnsbächli	20.3 km ²
EZG oberhalb BP 8: Chärnsbächli in Chärnsmatt	1.5 km ²
EZG oberhalb BP 9: Chärnsbächli in Rothenburg	3.8 km ²
EZG oberhalb BP 10: Rotbach in Rothenburg unterhalb Zufluss Chärnsbächli	24.2 km ²
EZG oberhalb BP 11: Rotbach bei Mittler Hüsle oberhalb Zufluss Spirbächli	25.6 km ²
EZG oberhalb BP 12: Spirbächli bei Mittler Hüsle	1.2 km ²
EZG oberhalb BP 13: Rotbach beim Pegel Emmen, Neuhüsern	27.2 km ²
EZG oberhalb BP 14: Augrabene in Waltwil	4.7 km ²
EZG oberhalb BP 15: Waldibach in Waldibrugg	12.2 km ²
EZG oberhalb BP 16: Rotbach in Schache	46.8 km ²
EZG oberhalb BP 17: Rotbach oberhalb Zufluss Schwinibach	48.9 km ²
EZG oberhalb BP 18: Ebersolerbach in Ballwil	3.1 km ²
EZG oberhalb BP 19: Gerligenbach in Ballwil	6.0 km ²
EZG oberhalb BP 20: Brandbach in Gerligen	3.8 km ²
EZG oberhalb BP 21: Hiltigbach oberhalb von Inwil	13.7 km ²
EZG oberhalb BP 22: Hündlebach oberhalb von Inwil	2.2 km ²
EZG oberhalb BP 23: Schwinibach oberhalb Zufluss Inwiler Dorfbach	16.1 km ²
EZG oberhalb BP 24: Inwiler Dorfbach unterhalb von Inwil	4.7 km ²
EZG oberhalb BP 25: Schwinibach unterhalb Zufluss Inwiler Dorfbach	20.9 km ²
EZG oberhalb BP 26: Mülibach in Mettlen	4.3 km ²
EZG oberhalb BP 27: Schwinibach oberhalb Mündung in Rotbach	27.7 km ²
EZG oberhalb BP 28: Rotbach oberhalb Mündung in Reuss	78.0 km ²
Klein-EZG oberhalb BP 1: Kellenbach oberhalb von Hellbühl	0.60 km ²
Klein-EZG oberhalb BP 2: Kellenbach unterhalb von Hellbühl	1.2 km ²
Klein-EZG oberhalb BP 3: Zufluss aus Bärtiswilerbach	0.43 km ²
Klein-EZG oberhalb BP 4: Riffigbach bei Autobahn	0.33 km ²
Klein-EZG oberhalb BP 5: Chärnsbächli in Holzhüsern	1.2 km ²
Klein-EZG oberhalb BP 6: Bertiswilerbach	0.80 km ²
Klein-EZG oberhalb BP 7: Augrabene in Schönbühl	0.25 km ²
Klein-EZG oberhalb BP 8: Augrabene in Listrig	0.39 km ²
Klein-EZG oberhalb BP 9: Spirbächli bei Schaubhus	0.31 km ²
Klein-EZG oberhalb BP 10: Spirbächli bei Adlige	0.84 km ²
Klein-EZG oberhalb BP 11: Augrabene bei Bänihüsli	0.18 km ²
Klein-EZG oberhalb BP 12: Kolbebach in Kolben	0.35 km ²
Klein-EZG oberhalb BP 13: Bach bei Dörndle	0.64 km ²
Klein-EZG oberhalb BP 14: Ebersolerbach oberhalb Zufluss aus Grütwald	1.4 km ²
Klein-EZG oberhalb BP 15: Zufluss aus Grütwald	0.33 km ²
Klein-EZG oberhalb BP 16: Ebersolerbach unterhalb Oberebersol	1.8 km ²
Klein-EZG oberhalb BP 17: Gorgebach in Ballwil	2.0 km ²
Klein-EZG oberhalb BP 18: Hündlebach in Eschenbach	1.7 km ²
Klein-EZG oberhalb BP 19: Inwiler Dorfbach oberhalb von Inwil	4.3 km ²
Klein-EZG oberhalb BP 20: Eschenbacher Dorfbach oberhalb von Eschenbach	1.6 km ²
Klein-EZG oberhalb BP 21: Eschenbacher Dorfbach unterhalb von Eschenbach	2.2 km ²
Klein-EZG oberhalb BP 22: Zufluss aus Mettlemoos	0.34 km ²

2 Verwendete Daten und Unterlagen

- Arnet X. (1881): Die Niederschläge in Luzern in den Jahren 1861 – 1880, Anhang No. 1 zum Jahrgang 1881 der Annalen der schweizerischen meteorologischen Centralanstalt.
- Brunner H., Wüest O. (1983): Bodenkarte Hochdorf mit Erläuterungen. Hrsg. Eidg. Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau, Zürich – Reckenholz.
- Brunner H., Ruef A. (1988): Bodenkarte Luzern mit Erläuterungen. Hrsg. Eidg. Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau, Zürich – Reckenholz.
- Das Vaterland, diverse Ausgaben.
- www.feuerwehr-emmen.ch, aufgerufen am 9.4.2019.
- www.feuerwehr-oberseetal.ch, aufgerufen am 8.4.2019.
- Geiger H., Zeller J., Röthlisberger G. (1991): Starkniederschläge des schweizerischen Alpen- und Alpenrandgebietes, Bd. 7, Hrsg. von der Eidg. Anstalt für Wald, Schnee und Landschaft.
- Jäckli H., Kempf Th. (1972): Hydrogeologische Karte der Schweiz 1 : 100'000. Blatt Bözberg - Beromünster. Hrsg. Schweiz. Geotechnische Kommission.
- Kanton Luzern (2019): Diverse Unterlagen (Gewässerkataster, Grundwasserabstandskarten, Höhenkurven 1 m Äquidistanz, Bodenkarten, Hydrometriedaten, etc.)
- Kopp J. (1945): Geologischer Atlas der Schweiz, Blatt Hochdorf. Hrsg. Geologische Kommission.
- Kopp J. (1962): Geologischer Atlas der Schweiz, Blatt Luzern. Mit Beiträgen von A. Buxtorf. Hrsg. Geologische Kommission.
- Kienzler P., Naef F. (2008): Subsurface storm flow formation at different hillslopes and implications for the 'old water paradox'. *Hydrological Processes*, 22, 104–116.
- Lanz-Stauffer H. und Rommel C. (1936): Elementarschäden und Versicherung. Studie des Rückversicherungsverbandes kantonal-schweizerischer Feuerversicherungsanstalten zur Förderung der Elementarschadenversicherung, Band 2. Selbstverlag des Rückversicherungsverbandes. Bern.
- Luzerner Tagblatt, diverse Ausgaben.
- Luzerner Zeitung, 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., Zurbrugg C. (1999): Grosse Hochwasser – unterschiedliche Reaktion von Einzugsgebieten auf Starkregen. *Hydrologischer Atlas der Schweiz*, Blatt 5.7.
- OLV Luzern (2009): Orientierungslaufkarte Schiltwald, Massstab 1 : 10'000, Äquidistanz 5 m.
- OLV Luzern (2012): Orientierungslaufkarte Lindenberg - Süd, Massstab 1 : 10'000, Äquidistanz 5 m.
- Röthlisberger G. (1991): Chronik der Unwetterschäden in der Schweiz. *Berichte WSL*, Berichtsnummer 330.
- Scherrer AG (2004): Bestimmungsschlüssel zur Identifikation von hochwasserrelevanten Flächen. Im Auftrag des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz.
- Scherrer AG (2011): Massgebende Hochwasserabflüsse und Beckenberechnungen an der Ron bei Ebikon (LU). Auftraggeber: Verkehr und Infrastruktur (vif) Kanton Luzern. Bericht 11-149.
- Scherrer AG (2015): Hydrologische Grundlagen für den Götzenthalbach in Dierikon (Kt. LU) unter Berücksichtigung des Hochwassers vom 7. Juni 2015. Auftraggeber vif Kt. LU, Bericht 15-202.

- Scherrer S. (1997): Abflussbildung bei Starkniederschlägen – Identifikation von Abflussprozessen mittels künstlicher Niederschläge. In: Mitteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich, Nr. 147.
- Scherrer S., Naef F. (2003): A decision scheme to indicate dominant flow processes on temperate grassland. In: Hydrological Processes, 17, 391-401.
- Scheuteri S. (2009): Auszug aus der Chronik: Entstehung und Entwicklung des Militärflugplatzes und Waffenplatzes Emmen seit 1924. Eidgenössisches Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport VBS, Luftwaffe, Flugplatzkommando Emmen. Juli 2009.
- Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen (1929): Die Unwetterkatastrophe vom 2. August 1927. Band 80, 1929, Heft 6.
- StorMe (2019): storme.buwal.admin.ch, abgefragt am 28.3.2019.
- Swisstopo, Bundesamt für Landestopographie (2018): Diverse Layer, Luftbilder, geocover-daten, etc., <https://map.geo.admin.ch>, aufgerufen März - Juni 2019.
- U.S. Army Corps of Engineers (2016): Hydrologic Engineering Center, River Analysis System (HEC-RAS), Version 5.0.1.
- WSL, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (2019): Schadendatenbank der Gemeinden Neuenkirch, Rothenburg, Emmen, Eschenbach, Inwil, Ballwil und Hohenrain (1972–2018).
- Zeller J., Geiger H., Röthlisberger G. (1978): Starkniederschläge des schweizerischen Alpen- und Alpenrandgebietes, Bd. 3, Hrsg. von der Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen.

3 Abflussmessungen

3.1 Pegel Rotbach – Emmen-Neuhüsern



Abb. 3.1:
Pegel Rotbach – Emmen-Neuhüsern am 17.4.2019
entgegen der Fliessrichtung.

Der Pegel Rotbach – Emmen befindet sich in Neuhüsern beim BP 13 (Abb. 1.1 und 3.1) und ist seit Juli 1996 in Betrieb. Der Radarpegel hängt an der Brücke der Rottertswilerstrasse.

Eine Messschwelle existiert nicht. Dennoch streuen die zwischen 2000 und 2019 erhobenen Eichmessungen nur wenig, was auf eine stabile Sohlenlage hinweist. Abbildung 3.2 zeigt die seit 1.1.2018 gültige Pegel–Abfluss–(PQ)–Beziehung. Die davor verwendeten PQ-Beziehungen weichen nur wenig davon ab. Die Eichmessungen reichen bis zu einem Hochwasserabfluss von $12.9 \text{ m}^3/\text{s}$. Die mit HEC-RAS (U.S. Army Corps of Engineers, 2016) mit $k_{\text{str}} = 24$, 26 und $k_{\text{str}} = 30$ gerechneten PQ-Beziehungen liegen ebenfalls im Bereich der Eichmessungen, ergeben aber bei Pegelständen $> 1.60 \text{ m}$ höhere Abflüsse als die linear extrapolierte Relation vom 1.1.2018 (Abb. 3.2). Die Jahresabflussspitzen werden daher entsprechend der mit $k_{\text{str}} = 26$ simulierten PQ-Beziehung korrigiert (Tab. 3.2).

Das grösste Jahreshochwasser innerhalb der Messperiode mit einer Abflussspitze von $46.4 \text{ m}^3/\text{s}$ ereignete sich am 21.8.2005. Nur 2 von 22 Jahreshochwasser ereigneten sich im Winterhalbjahr.

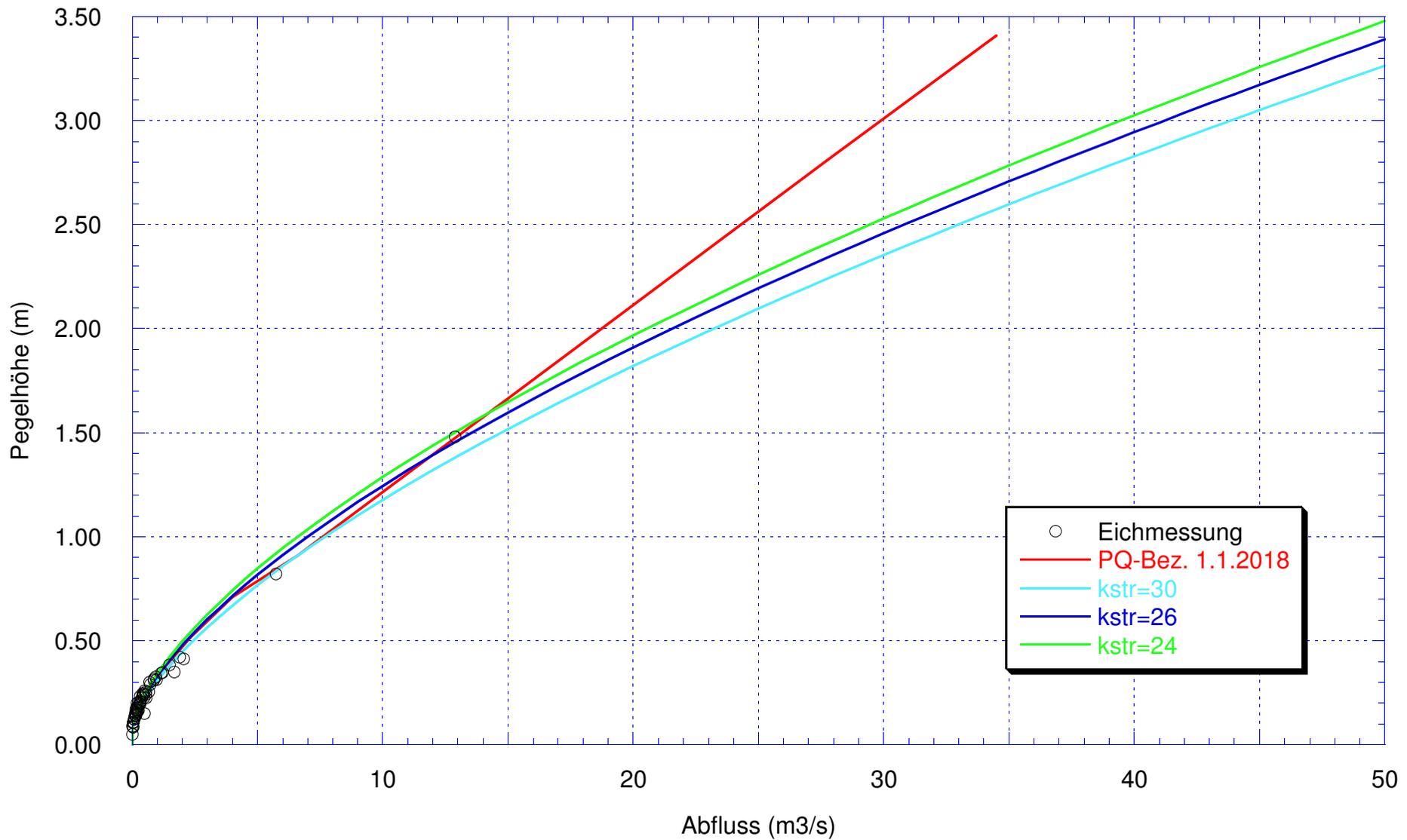


Abb. 3.2: Die Eichmessungen, die mit unterschiedlichen Rauigkeitswerten mit HEC-RAS gerechnet und die gültige Pegel-Abfluss-(PQ-)Beziehung am Pegel Rotbach-Emmen, Neuhüsern (LU11). Pegelnullpunkt: 424.704 m ü. M.

Tab. 3.2: Datum, Pegelstand, vom Kt. LU angegebene und korrigierte Abflüsse und Rangierung der Jahreshochwasser am Pegel Rotbach – Emmen-Neuhüsern sowie die Einteilung, ob die Hochwasser im Winter- oder Sommerhalbjahr auftraten.

Datum	Pegelstand [m]	Abfluss Kt. LU [m ³ /s]	Abfluss korrigiert [m ³ /s]	Rang	Winter-/Sommerhalbjahr
05.07.1997	3.196	25.7	45.5	2	Sommer
11.09.1998	1.276	9.1	10.4	21	Sommer
02.06.1999	2.148	17.5	24.2	8	Sommer
06.08.2000	1.319	11.3	11.0	20	Sommer
16.07.2001	2.031	19.3	22.1	12	Sommer
07.06.2002	2.700	26.7	34.8	4	Sommer
05.10.2003	0.906	6.7	5.9	22	Winter
03.06.2004	1.675	15.3	16.2	17	Sommer
21.08.2005	3.232	32.7	46.4	1	Sommer
18.09.2006	1.796	16.6	18.1	14	Sommer
08.08.2007	3.156	31.8	44.6	3	Sommer
03.07.2008	2.114	20.2	23.6	9	Sommer
05.07.2009	2.080	19.8	22.9	10	Sommer
29.07.2010	2.391	23.0	28.7	6	Sommer
08.07.2011	1.722	15.5	16.9	16	Sommer
01.09.2012	2.277	22.0	26.5	7	Sommer
01.06.2013	1.419	12.1	12.4	19	Sommer
11.07.2014	2.439	24.3	29.6	5	Sommer
04.05.2015	1.731	15.8	17.1	15	Sommer
14.05.2016	1.562	13.9	14.5	18	Sommer
15.12.2017	2.017	19.0	21.8	13	Winter
22.05.2018	2.031	19.1	22.1	11	Sommer

3.2 Schlussfolgerungen

Aus den Abflussmessungen lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Am Rotbach steht eine Messreihe von 22 Jahren zur Verfügung.
- Die PQ-Beziehung vom 1.1.2018 unterschätzt die Hochwasserabflüsse ab einem Pegelstand von 1.60 m. Daher wurden die Abflüsse mit der mit $k_{str} = 26$ simulierten PQ-Beziehung korrigiert.
- Das grösste gemessene Hochwasser am Rotbach in Emmen-Neuhüsern ereignete sich am 21.8.2005 (46.4 m³/s).
- Nur 2 von 22 Jahreshochwasser ereigneten sich im Winterhalbjahr. Die Daten eignen sich gut für diese Untersuchung.

4 Historische Hochwasser

4.1 Einleitung

Am Rotbach liegen Pegelmessungen seit Juli 1996 vor. Diese Messreihe ist zu kurz, um statistisch verlässliche Aussagen zu einem HQ_{100} zu machen. Durch die Untersuchung historischer Hochwasser lassen sich Hinweise über die Häufigkeit, Grösse und Verlauf von Hochwasserereignissen zusammentragen. Damit erhält man einen grösseren überblickbaren Zeitraum und bekommt Informationen auch zu den Abflüssen in den Seitenbächen des Rotbachs. Zudem gewinnt man Kenntnisse über die Entstehung grosser Hochwasser. Mit Informationen aus Zeitungen, Archiven und verbürgten Angaben konnte ein Beobachtungszeitraum von etwa 180 Jahren erschlossen werden. Neben dem Rotbach wurden die historischen Hochwasser des wichtigsten Seitenbachs, dem Schwinibach (BP 23, vor dem Zufluss des Höndlebachs auch Hiltig- oder Gerligenbach genannt) untersucht.

4.2 Die historischen Hochwasser am Rotbach und am Schwinibach

Im Anhang 1 sind sämtliche Informationen über historische Hochwasser am Rotbach in Emmen und Umgebung detailliert zusammengestellt. Die Grösse der einzelnen Hochwasser wurde gemäss den Kriterien in Tabelle 3.1 charakterisiert. Tabelle 3.2 zeigt einen Überblick mit der Einordnung der Hochwasser am Rotbach in Emmen und am Schwinibach in Inwil sowie dem auslösenden Niederschlag. Die älteste Angabe stammt aus dem Jahr 1846. Neben den Abflussschätzungen einzelner Hochwasser aufgrund detaillierter Angaben wurden sämtliche zusammengetragenen Informationen zu den Hochwassern im EZG betrachtet und unter Berücksichtigung der im Laufe der Zeit veränderten Abflussverhältnisse gewertet.

Tab. 3.1: Einordnungskriterien zur Wertung historischer Hochwasser am Rotbach in Emmen und am Schwinibach in Inwil.

	Rotbach beim BP 13 (m ³ /s)	Schwinibach beim BP 23 (m ³ /s)	Beschreibung
	27.2 km ²	16.1 km ²	
nicht klassiert (-)	< 12	< 6	Hochwasser nicht erwähnt oder unbedeutend.
klein (k)	12 – 24	6 – 12	Hochwasser am betreffenden Bach erwähnt oder vermutet.
mittel (m)	24 – 36	12 – 18	Hochwasser am betreffenden Bach erwähnt, lokal Überschwemmungen und Schäden.
gross (g)	36 – 48	18 – 24	Überschwemmungen und Sachschäden, Wasser auf der Strasse, Keller unter Wasser. Ebene zwischen Inwil und Reuss unter Wasser.
sehr gross (sg)	> 48	> 24	sehr grosse Überschwemmungen und Sachschäden, Wasser auf der Strasse, Keller und Erdgeschosse unter Wasser.

Nachfolgend werden einzelne als gross eingestuft Hochwasser des Rot- und des Schwinibachs beschrieben. Als "sehr gross" oder "katastrophal" wurde kein Hochwasser eingestuft. Bei grossen Hochwasser des 19. Jahrhunderts an der Kleinen Emme und Reuss wurde angenommen, dass auch die Abflüsse an Rot- und Schwinibach gross waren, auch wenn sie in den Quellen nicht explizit erwähnt wurden.

Beim Hochwasser vom **23./24.8.1846** wurde ein Teil des Dorfes Emmen durch die Kleine Emme und die Reuss unter Wasser gesetzt. Auch am **16.-18.9.1852** wurden die Bereiche entlang der Reuss überschwemmt. Ähnlich war es auch am **10.-12.6.1876** und am **2./3.9.1881**.

Explizit erwähnt wird der Schwinibach beim Hochwasser vom **18.-20.1.1910**, das ein Todesopfer zur Folge hat. Die ganze Gegend zwischen Inwil und der Reuss stand damals unter Wasser. Auch beim Hochwasser vom **14./15.6.1910** stand der Inwiler Schachen nach einem Dambruch bis zu 1.5 Meter unter Wasser.

Infolge eines Gewitters im Oberlauf des Schwinibachs gab es am **10.5.1936** grosse Überschwemmungen in Eschenbach und Ballwil. Das Rotbacheinzugsgebiet wurde am **11.7.1940** von einem schweren Gewitter getroffen; in der Folge wurde das Flughafenareal überschwemmt.

Der Dauerregen vom **22./23.11.1972** liess den Rotbach über die Ufer treten und auch die Ebene bei Inwil wurde zu einem 1.2 Meter hohen See aufgestaut, ein Ereignis, das gemäss den damaligen Augenzeugen zuletzt 1910 auftrat. Das Hochwasser vom **7.8.1978** liess den Rotbach bei Neuhüsere und Waltwil ausbrechen, zahlreiche Keller und Strassen wurden unter Wasser gesetzt.

Ein Gewitter über Emmen, Neuenkirch und Rothenburg liess am **16.6.1986** den Rotbach ausbrechen. Genau zwei Jahre später am **16.6.1988** brachte ein weiteres Gewitter den Rotbach und seine Zuflüsse Buzibach und Chärnsbächli zum Ausufer. Das Gewitter vom **10.7.1989** traf sowohl das EZG des Rot- als auch des Schwinibachs und führte vielerorts zu Überschwemmungen.

Ein Gewitter liess am **5.7.1993** alle Bäche in Inwil ausbrechen und führte auch zu Überschwemmungen in Ballwil und Eschenbach. Das Rotbach-EZG wurde dafür exakt vier Jahre später am **5.7.1997** von einem Gewitter getroffen, der Rotbach erreichte beim Pegel in Neuhüsere einen Abfluss von $45 \text{ m}^3/\text{s}$. Das Gewitter vom **6.6.2002** liess den Schwinibach durch den Rückstau des Rotbachs ausufer und die Ebene bei Inwil überschwemmen. Beim Pegel erreichte der Rotbach eine Abflussspitze von $35 \text{ m}^3/\text{s}$.

Der Dauerregen vom **21./22.8.2005**, der an vielen Orten des Kantons Luzern und auch der Schweiz zu katastrophalen Hochwassern führte, verursachte auch am Rot- und am Schwinibach ein grosses Hochwasser, wenn auch die Verhältnisse nicht katastrophal waren. Durch den extremen Wasserstand der Reuss wurde die Ebene von Inwil durch Rückstau tief unter Wasser gesetzt. Beim Pegel in Neuhüsere erreichte der Rotbach eine Abflussspitze von $46 \text{ m}^3/\text{s}$. Aufgrund der Informationen von Franz Banz konnte am Inwiler Dorfbach eine Abflussspitze von $8 - 12 \text{ m}^3/\text{s}$ abgeschätzt werden.

Am **8.8.2007** uferen nach Dauerregen der Rot- und Schwinibach sowie zahlreiche Zuflüsse aus. Beim Pegel in Neuhüsere erreichte der Rotbach eine Abflussspitze von $45 \text{ m}^3/\text{s}$. Dieses Hochwasser war gemäss den Angaben von Franz Banz am Schwinibach das grösste der vergangenen 25 - 50 Jahre; es konnte eine Abflussspitze von $20 - 24 \text{ m}^3/\text{s}$ abgeschätzt werden. Dank einer Fotodokumentation konnte zudem am Waldibach eine Abflussspitze von $16 - 20 \text{ m}^3/\text{s}$ abgeschätzt werden.

Tab. 3.2: Einordnung Historischer Hochwasser am Rotbach in Emmen und am Schwinibach in Inwil.

Datum	Niederschlag	Rotbach beim BP 13	Schwinibach beim BP 23
1846, 23./24.8.	Dauerregen	g	g
1851, Anf. Aug.	Dauerregen	m	m
1852, 16.-18.9.	Dauerregen	g	g
1866, 29.5.	Gewitter	-	-
1866, 12.6.	Gewitter	-	-
1876, 10.-12.6.	Dauerregen	g	g
1881, 2./3.9.	Dauerregen	g	g
1900, 29.7.	Gewitter	k - m	-
1910, 18.-20.1.	Dauerregen	g	g
1910, 14./15.6.	Dauerregen	g	g
1911, 17./18.5.	Gewitter	k - m	-
1927, 2.8.	Gewitter	k - m	k - m
1935, 29.5.	Gewitter	k - m	-
1936, 10.5.	Gewitter	-	g
1940, 11.7.	Gewitter	g	-
1972, 22./23.11.	Dauerregen	g	g
1973, 22.6.	Dauerregen	m	m
1975, 23.8.	Dauerregen	m	m
1978, 7.8.	Dauerregen	g	m
1981, 17.7.	Dauerregen	-	-
1982, 5.8.	Gewitter	k	k
1984, 9.8.	Gewitter	k	-
1986, 16.6.	Gewitter	g	-
1988, 26.5.	Gewitter	k	-
1988, 16.6.	Gewitter	g	-
1989, 10.7.	Gewitter	g	g
1990, 30.8.	Gewitter	-	-
1992, 21.7.	Gewitter	-	k
1992, 22.7.	Gewitter	k	-
1993, 23.6.	Gewitter	m	-
1993, 5.7.	Gewitter	-	g
1993, 3.8.	Gewitter	k	-
1994, 10.8.	Gewitter	-	-
1995, 25.12.	Dauerregen	k	k
1996, 2.8.	Gewitter	-	-
1997, 5.7.	Gewitter	g	-
1998, 21.7.	Gewitter	-	-
1999, 12./13.5.	Dauerregen	m	m
1999, 13.7.	Gewitter	-	-
2002, 6.6.	Gewitter	m	g
2003, 7.6.	Gewitter	-	-
2005, 15.8.	Gewitter	k	-
2005, 21./22.8.	Dauerregen	g	g
2006, 5.7.	Gewitter	-	-
2007, 21.7.	Gewitter	k	-
2007, 8.8.	Dauerregen	g	g
2010, 22.7.	Gewitter	k	-
2012, 7.6.	Dauerregen	k	-
2014, 11.7.	Dauerregen	m	k
2014, 14.7.	Gewitter	k	-
2014, 5.10.	Gewitter	-	-
2015, 1.-4.5.	Dauerregen	k	k
2016, 14.5.	Dauerregen	k	k
2017, 15.12.	Dauerregen	k	k
2018, 13.9.	Gewitter	-	-

4.3 Schlussfolgerungen

Aus den Erkundungen historischer Hochwasser lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Die Recherchen über historische Hochwasser eröffnen einen Beobachtungszeitraum von etwa 180 Jahren. Die zusammengetragenen Hinweise sind ergiebig und hilfreich.
- Die Hochwasser vom 21./22.8.2005 und 8.8.2007 mit Abflussspitzen von 46 m³/s resp. 45 m³/s waren am Rotbach gross, aber nicht extrem. Abflüsse in dieser Grössenordnung wurden in der Vergangenheit mehrere Male erreicht; der Rotbach brach wiederholt aus.
- Das Hochwasser vom 8.8.2007 war am Schwinibach mit einer Abflussspitze von 20 - 24 m³/s das grösste der vergangenen 25 - 50 Jahre.

5 Beurteilung der Abflussreaktion

5.1 Einleitung

Bei einem Starkregen fliesst ein Teil des Niederschlags schnell ab. Das übrige Wasser infiltriert in den Boden, wo verschiedene Fliesswege vorhanden sind, die mit unterschiedlichen Fliessgeschwindigkeiten durchflossen werden. Die Hochwasserreaktion eines Baches auf Starkregen kann rasch bis verzögert verlaufen, je nachdem, wie viel Wasser sofort abfliesst und welche Fliesswege der infiltrierte Niederschlag im Boden nimmt.

Um zu beurteilen, wie sich EZG bei extremem Starkregen verhalten, sind Kenntnisse über die Abflussreaktion notwendig. Die Abflussreaktion eines EZG hängt neben dem Niederschlag und Vorregen vor allem davon ab, wie viel Wasser bei Starkregen in den Boden eindringt und vorübergehend zurückgehalten wird und wie viel Wasser sofort abfliesst (Abflussprozesse). Dies ist von der Gebietsausstattung abhängig (Geologie, Böden, Geomorphologie, Vegetation, Landnutzung u. a.). Welche Abflussprozesse bei Starkregen an natürlichen Hängen ablaufen, wurde detailliert mittels Beregnungsversuchen 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 der Abflussreaktion des Untersuchungsgebiets lehnt sich eng an diesen Bestimmungsschlüssel an.

5.2 Geologie, Hydrogeologie und Böden

Als geologische Grundlagen standen die Arbeiten von Kopp (1945 und 1962), Swisstopo (geocover-daten zur Geologie), Kanton Luzern (Grundwasser), Jäckli & Kempf (1972) zur Verfügung.

5.2.1 Tektonik, Geologie und Hydrogeologie

Tektonik: Das EZG des Rotbachs liegt im Bereich der nur ganz schwach gefalteten Mittelländischen Molasse. Die Schichten fallen sehr gering gegen Norden ein (Kopp 1945 und 1962). Die Grenze zur stark gefalteten subalpinen Molasse liegt südlich der Reuss.

Geologie: Der geologische Untergrund im EZG wird hauptsächlich durch die Obere Süsswassermolasse (OSM) und Moräneablagerungen der Würmvereisung gebildet (Abb. 5.1). Die OSM wird vor allem aus Mergel und untergeordnet Sandsteinzwischenlagen gebildet (braun, Abb. 5.1). Die OSM ist in Bachtobeln und in Steinbrüchen aufgeschlossen.

Der Reussgletscher hat mit seinen Vorstössen und Rückzügen die Landschaft stark geprägt. Das Gletschereis hat Senken ausgeschürft und Hügel abgeschliffen. So ist einerseits ein Gelände aus Rundhöckern entstanden (z.B. nördlich Inwil, östlich von Rain). Andererseits wurde Moräne abgelagert (gelb). Darin gibt es auch ausgedehnte Drumlingegebiete (überfahrene Moränenwälle), beispielsweise zwischen Eschenbach und Hohenrain. Zwischen diesen Hügeln liegen Senken oder sehr flache Gebiete, wo sich teilweise Moore entwickelt haben. Heute sind diese Flächen meist drainiert, aber immer noch recht nass (braun gestreift). Teilweise ist die OSM heute noch von einer geringmächtigen Moränenschicht bedeckt (braun schraffiert). Im Süden, nördlich der Reuss, besteht die Ebene aus jüngeren Reuss-Schottern (weiss) und Bachschuttalluvionen.

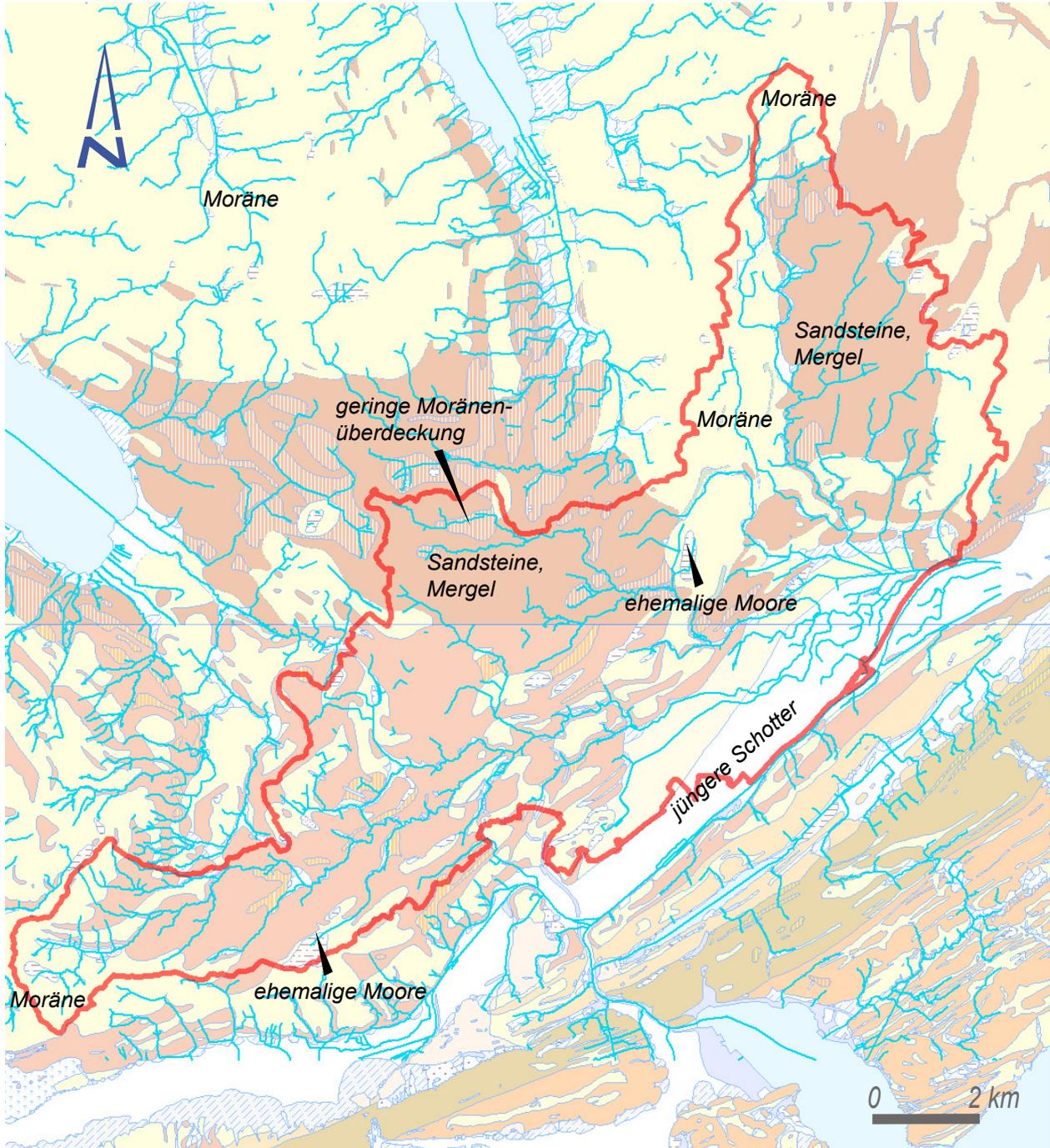


Abb. 5.1: Die geologischen Verhältnisse im Einzugsgebiet des Rotbachs.

Hydrogeologie: Die hydrogeologischen Verhältnisse im EZG des Rotbachs sind für die Bodenbildung prägend. Dabei spielt die Durchlässigkeit des Untergrundes eine zentrale Rolle. Jäckli & Kempf (1972) stufen die OSM im EZG als nahezu undurchlässig ein. Aber auch die Würmmoräne dürfte vielerorts vergleichsweise gering durchlässig sein. Die grosse Zahl an Drumlins zeigt, dass die Moräne bei einem Gletschervorstoss überfahren und dabei wahrscheinlich auch verdichtet wurde. Bei der Moräne dürfte es sich zumindest teilweise auch um kaum durchlässige Grundmoräne handeln. Der stauende Untergrundes dürfte ein wesentlicher Grund für das verbreitete Vorkommen stauwasser Böden sein (Kap. 5.2.2).

In den Schottern entlang der Reuss liegt ein mächtiger und ausgedehnter Grundwasserträger, der stark genutzt wird. Der Flurabstand ist vielerorts mit ca. 2 m gering. Ergiebige Quellen sind aufgrund der geringen Durchlässigkeit des Untergrundes selten, abgesehen von den Grundwasseraufstössen im Reusstal.

5.2.2 Böden

Im EZG des Rotbachs liegen verschiedene bodenkundliche Grundlagen vor: Die kleinmassstäblichen Bodenkarten Blatt Hochdorf und Luzern Bodenkarten 1 : 25'000¹ (Kt. LU; 2019) decken das ganze EZG ab, sind aber eher grob in ihrer Aussage. Die detaillierten Bodenkarten im Massstab 1 : 5'000 decken nur knapp 25% des EZG ab (um den Flugplatz Emmen und westlich der Autobahn A2).

Die vorgängige Auswertung der bodenkundlichen Grundlagen zeigte, dass die Böden im EZG des Rotbachs fast ausnahmslos von Stau- oder Grundwasser beeinflusst sind. Die nahe gelegenen, bereits für den Kanton LU untersuchten Einzugsgebiete (z.B. Ron, Dorfbach Buttisholz) zeigten hingegen weit weniger von Stauwasser geprägte Böden.

Um einen Überblick der Böden im EZG und einen Eindruck zur Qualität der nicht detaillierten Bodenkarten zu gewinnen, wurden im EZG des Rotbachs 44 Sondierungen mit einer Schlagsonde nach Pürckhauer (Kerndurchmesser 2 cm) abgeteuft (Lage der Sondierungen siehe Anhang 4.1). Die Bodenaufschlüsse R1 – R44 sind im Anhang 4.2a-n dargestellt und beschrieben.

Aus den bodenkundlichen Grundlagen und den Sondierungen ergibt sich folgendes Bild der Böden im EZG.: An 19 der 44 Standorte waren «nasse» Böden wie Gleye (Anz.: 3: R5, R12, R36), Buntgleye (Anz.: 6: R3, R13, R21, R34, R37, R44), Braunerde-Gleye (Anz.: 7: R8, R20, R24, R26, R28, R35, R41) und Pseudogleye (Anz.: R15, R16, R29). In der Mitte des EZG und im Norden kommen Braunderdeböden häufiger vor, aber auch sie sind oft von Stauwasser beeinflusst (Anz. 9: R1, R6, R10, R11, R17, R25, R31, R27, R29, R31). Nach Braunerden ohne Stauwassereinfluss wurde gezielt an dafür geeigneten Standorten gesucht. Sie kommen weit weniger vor als in anderen EZG des Mittellandes (Anz. 14: R2, R4, R7, R9, R14, R18, R19, R23, R30, R32, R33, R38, R39, R42).

Erschwerend für eine Beurteilung der Abflussbereitschaft ist, dass der Grad des Stauwassereinflusses sich nur schwer mit den Standorteigenschaften (z.B. Geländeformen) in Verbindung bringen lässt. Ein Grund, dass dies oft nicht ohne weiteres möglich ist, könnte an der räumlich stark variierende Durchlässigkeit des Untergrundes liegen.

Anhand der Bodenprofile und ihrer Charakteristik (Bodenmächtigkeit, Körnung, Bodendurchlässigkeit, Stauwasserhinweise) wurde am Standort das Infiltrations- und Speichervermögen beurteilt und auf den bei Starkregen stattfindenden Abflussprozess geschlossen. Die Übertragung auf die Fläche ist in Kapitel 5.3 beschrieben.

1 Diese beiden Landeskartenblätter stammen ursprünglich von Brunner & Wüest (1983) und Brunner & Ruef (1988).

5.3 Massgebende Abflussprozesse und Abflusstypen

5.3.1 Abflussprozesse

Die Beurteilung des Gebiets nach der Abflussbereitschaft stützt sich auf Erkenntnisse von Beregnungsversuchen. Für die Übertragung der am Standort identifizierten Abflussprozesse auf die Fläche dienten folgende Grundlagen: Sondierungen, Bodenkarten, geologische und topographische Karten, digitales Geländemodell (1 m - Höhenkurven), Grundwasser-Flurabstandskarten (Kt. LU, 2019), Orientierungslaufkarten (OLV Luzern 2009 und 2012).

Tabelle 5.1 zeigt die Kriterien zur Klassifizierung der Abflussbereitschaft der natürlichen Flächen. Abflussprozesse mit ähnlicher Abflussreaktion werden zu sog. Abflusstypen zusammengefasst. Folgende Abflussprozesse wurden im EZG des Rotbachs unterschieden:

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

Gesättigter Oberflächenabfluss (Saturation Overland Flow, SOF) tritt nach Sättigung des Bodens auf. Man unterscheidet zwischen raschem gesättigtem Oberflächenabfluss (SOF1), verzögertem (SOF2) oder stark verzögertem Oberflächenabfluss (SOF3). Dies gilt analog bei den anderen Abflussprozessen. Auf flachgründigen Böden mit darunterliegender Stauschicht oder feucht-nassen Böden auf geneigten Flächen mit geringem Speichervermögen erfolgt die Sättigung besonders rasch (SOF1). Dieser Prozess kommt im EZG kaum vor. SOF2 tritt hingegen wesentlich häufiger auf (vernässte Böden an leicht geneigten Lagen, sehr flachgründige Böden an Steilhängen, Bachsäumen). Im EZG hat es viele Gebiete die stau- oder grundwasserbeeinflusste Böden aufweisen. SOF3 ist in landwirtschaftlich genutzten Gebieten mit meist Braunerdeböden flächenmässig dominant.

Abfluss im Boden (Sub-Surface Flow, SSF) ist zu erwarten, wenn im Boden hoch durchlässige Schichten über einer Stauschicht liegen oder Makroporen dem Wasser ein rasches laterales Fliesen ermöglichen. Diese bodenkundlich-geologisch günstigen Bedingungen für raschen Abfluss im Boden (SSF1), aber auch die Eigenschaften für verzögerten Abfluss im Boden (SSF2) sind im EZG nur in den steileren Waldpartien gegeben (z. B. flachgründige Gerinneflanken oder stark vernässten Wäldern). Stark verzögerter Abfluss im Boden (SSF3) dominiert in den meisten Waldgebieten.

Ist der Boden gut durchlässig und liegt er über sehr durchlässigem geologischen Untergrund (z.B. gut durchlässiger Fluss- oder Moräneschotter), kann über die Tiefensickerung (Deep Percolation DP) viel Wasser in Boden und Geologie eindringen. Dies ist an einigen Stellen im oberen Gebietsteil gegeben und auf Reusschotter.

5.3.2 Abflussreaktion der natürlichen Flächen

Abbildung 5.2 und die Tabellen 5.1 und 5.2 zeigen die Charakterisierung der Teilflächen des EZG nach der Abflussbereitschaft. 90.1% des EZG sind „natürliche“ Flächen (landwirtschaftlich genutzte Flächen oder Waldflächen). Flächen des Abflusstyps 1 (rasch und stark beitragende Flächen) kommen im EZG nur wenig vor (0.02%), Abflusstyp 2 (leicht verzögert beitragende Flächen) machen 8.2% aus. Gut sichtbar sind diese Bereiche der rasch und leicht verzögert beitragenden Flächen entlang der meisten Bäche. Dem Abflusstyp 3 (verzögert beitragende Flächen) wurden flachgründige Böden und Muldenlagen zugeteilt, Quellbereiche, Nassböden oder von Stauwasser geprägte Böden an Hanglagen (30.7%). Fast die Hälfte des EZG (46.7%) bestehen

aus stark verzögert beitragenden Flächen (Abflusstyp 4). Im günstigen Fall sickert das Niederschlagswasser in den durchlässigen Untergrund (Tiefensickerung, DP, Abflusstyp 5, 4.5 %).

Aufgrund dieser Verteilung kann die Abflussbereitschaft des Rotbach-EZG als mässig beurteilt werden. Diese Beurteilung bestätigt sich auch, wenn man die Abflusskoeffizienten (AK) der Hochwasser vom 21./22.8.2005, 8.8.2007 und 11.7.2014 berechnet, die im Kapitel 6.3 zur Eichung verwendet werden. Dazu wurden die Gebietsniederschläge für jedes Teil-EZG aus den Tageswerten der einzelnen Stationen mittels Interpolation bestimmt (Anhang 2) und diese mit dem Abflussvolumen über denselben Zeitraum beim Pegel in Emmen-Neuhüsern (abzüglich des Basisabflusses²) verglichen. Dies ergab AK von 73% (21./22.8.2005), 66% (8.8.2007) und 42% (11.7.2014).

5.3.3 Abflussreaktion der Siedlungsgebiete

Die Siedlungsflächen wurden gesondert kartiert. Die Beurteilung der Abflussbereitschaft basiert auf den Erfahrungen der Glattstudie (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. 5.2), welche als Grundlage für die Abflussberechnungen mit dem Niederschlag-Abfluss-Modell Q_{AREA} dienen.

Dem Siedlungstyp 1 gehören sehr dicht bebaute Flächen, leicht geneigte, dicht bebaute Flächen und stark geneigte, mässig dicht bebaute Flächen an, die 4.1% ausmachen. Dem Siedlungstyp 2 gehören ebene, dicht bebaute Flächen, leicht geneigte, mässig dicht bebaute Flächen und geneigte, locker bebaute Flächen an (3.4%). Die locker bebauten Siedlungsflächen (Siedlungstyp 3) machen den 2.4% aus.

Tab. 5.2: Klassierung der Siedlungsflächen nach Abflusstypen.

Abflusstyp	Abflussreaktion	Massgebende Gebietseigenschaften	Flächenanteil am EZG	
			(km ²)	(%)
S1	rasch und stark beitragend	sehr dicht bebaute Flächen leicht geneigte, dicht bebaute Flächen stark geneigte, mässig dicht bebaute Flächen	3.20	4.1
S2	leicht verzögert beitragend	ebene, dicht bebaute Flächen leicht geneigte, mässig dicht bebaute Flächen geneigte, locker bebaute Flächen	2.66	3.4
S3	verzögert beitragend	geneigte, locker bebaute Flächen leicht geneigte, mässig dicht bebaute Flächen	1.87	2.4
Total			7.73	9.9

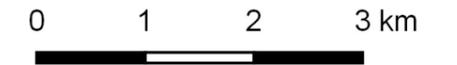
5.4 Abflussreaktionskurven

Abbildung 5.3 zeigt die Abflussreaktionskurven der Abflusstypen. Diese Kurven wurden von den bei Beregnungsversuchen beobachteten Abflusskoeffizienten abgeleitet (Scherrer, 1997). Abflussreaktionskurven beschreiben den Anteil des abfliessenden Niederschlags in Abhängigkeit der Niederschlagsmenge. Eingezeichnet sind die momentanen Abflusskoeffizienten (Q/N) und die Volumenabflusskoeffizienten ($\Sigma Q/\Sigma N$). Beim Abflusstyp 1 sind nach 50 mm Niederschlag 50% abgeflossen, beim Abflusstyp 2 25%, beim Abflusstyp 3 10% während bei den Abflusstypen 4 und 5 noch kaum Abfluss gebildet wurde. Die Kurvenschar beschreibt die Abflussbildung auf relativ trockenen Vorbedingungen.

2 Der Abfluss zu Beginn des Niederschlags.

Tab. 5.1: Dominante Abflussprozesse, Gebietseigenschaften und Abflusstypen der natürlichen Flächen im EZG des Rotbachs.

Abflusstyp	Abflussreaktion	Dominante Abflussprozesse	Massgebende Gebietseigenschaften	Flächenanteil am EZG	
				(km ²)	(%)
1	Rasch und stark beitragende Flächen	Oberflächenabfluss aufgrund von Infiltrationshemmnissen (HOF1)	Felsflächen mit Gefälle, steile Gerinneflanken	0.01	0.02
		Sofortiger gesättigter Oberflächenabfluss (SOF1)	Feucht- und Nassflächen und stark vernässte Böden an Hanglagen		
2	Leicht verzögert beitragende Flächen	Leicht verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund von Infiltrationshemmnissen (HOF2)	Schwach durchlässige Böden mit geringem Gefälle	6.43	8.2
		Leicht verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund sich langsam sättigender Flächen (SOF2)	Vernässte Böden im Bereich von Quellmulden, Flachmoore und Galeriewälder an geneigter Lage, Bachflanken und Gerinnesäume		
		Rascher Abfluss im Boden (SSF1)	Flachgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fliesswegen über schwach durchlässigem Untergrund mit grossem Gefälle, bewaldete Bachflanken		
3	Verzögert beitragende Flächen	Verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund sehr langsam sich sättigender Böden (SOF3)	Mässig tiefgründige, hydromorphe Böden mit mässiger bis guter Durchlässigkeit	23.91	30.7
		Verzögerter Abfluss im Boden (SSF2)	Mässig tiefgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fliesswegen über Fels, Hangschutt oder Moräne in Gerinnenähe		
4	Stark verzögert beitragende Flächen	Sehr stark verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund sehr langsam sich sättigender Böden (SOF3)	Tiefgründige Böden mit guter Durchlässigkeit	36.43	46.7
		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	3.48	4.5
		Sehr stark verzögerter Abfluss im Boden (SSF3)	Tiefgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fliesswegen, gerinnefern		
Total				70.26	90.1



Legende

 Teil-Einzugsgebiete

 Klein-Einzugsgebiete

Abflusstypen

 Abflusstyp 1: rasch und stark beitragend (0.02%)

 Abflusstyp 2: leicht verzögert beitragend (8.2%)

 Abflusstyp 3: verzögert beitragend (30.7%)

 Abflusstyp 4: stark verzögert beitragend (46.7%)

 Abflusstyp 5: sehr stark verzögert beitragend (4.5%)

 Abflusstyp S1: rasch und stark beitragend (4.1%)

 Abflusstyp S2: leicht verzögert beitragend (3.4%)

 Abflusstyp S3: verzögert beitragend (2.4%)

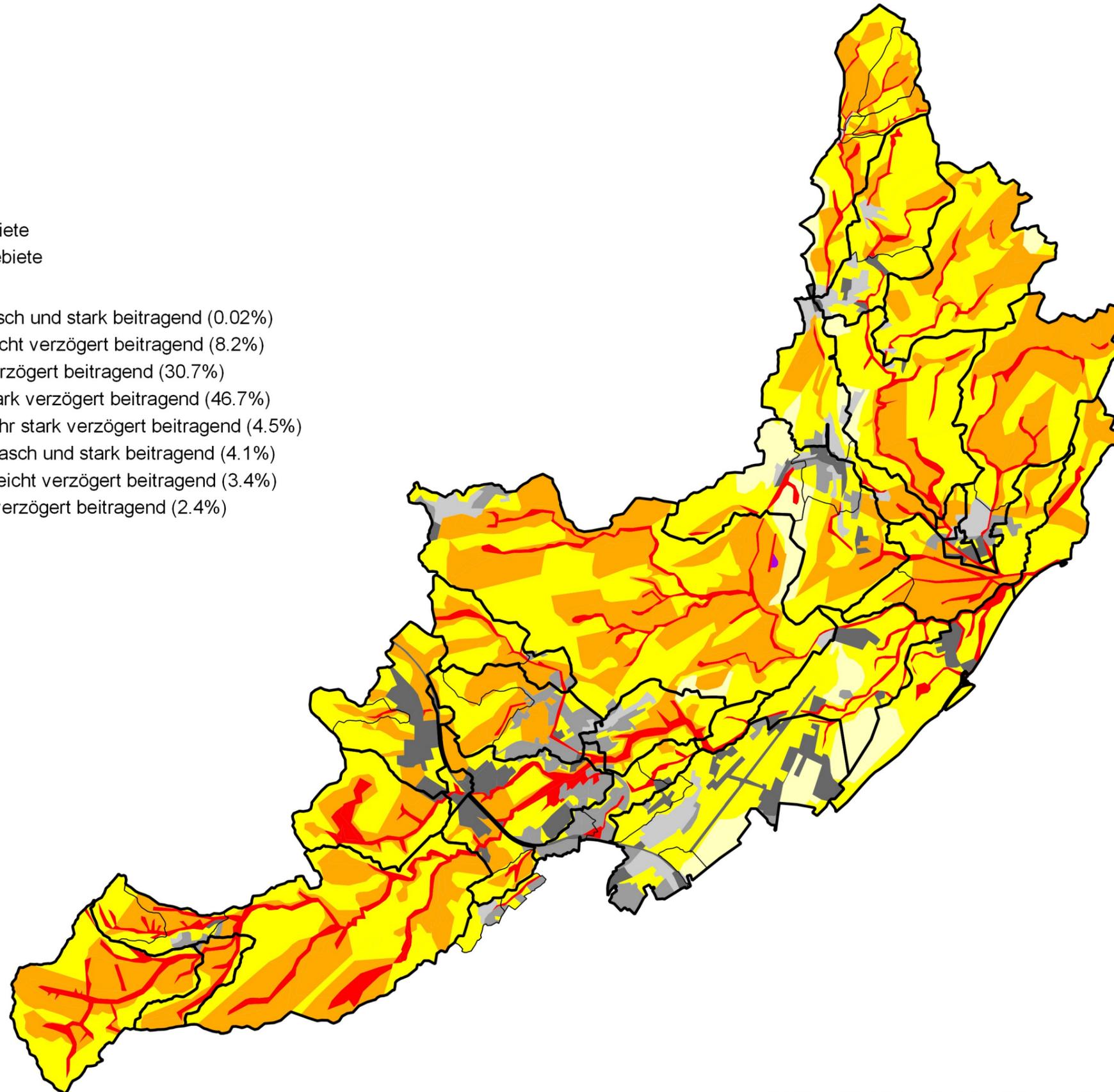


Abbildung 5.2: Flächen ähnlicher Abflussbereitschaft (Abflusstypen) im EZG des Rotbachs in Emmen.

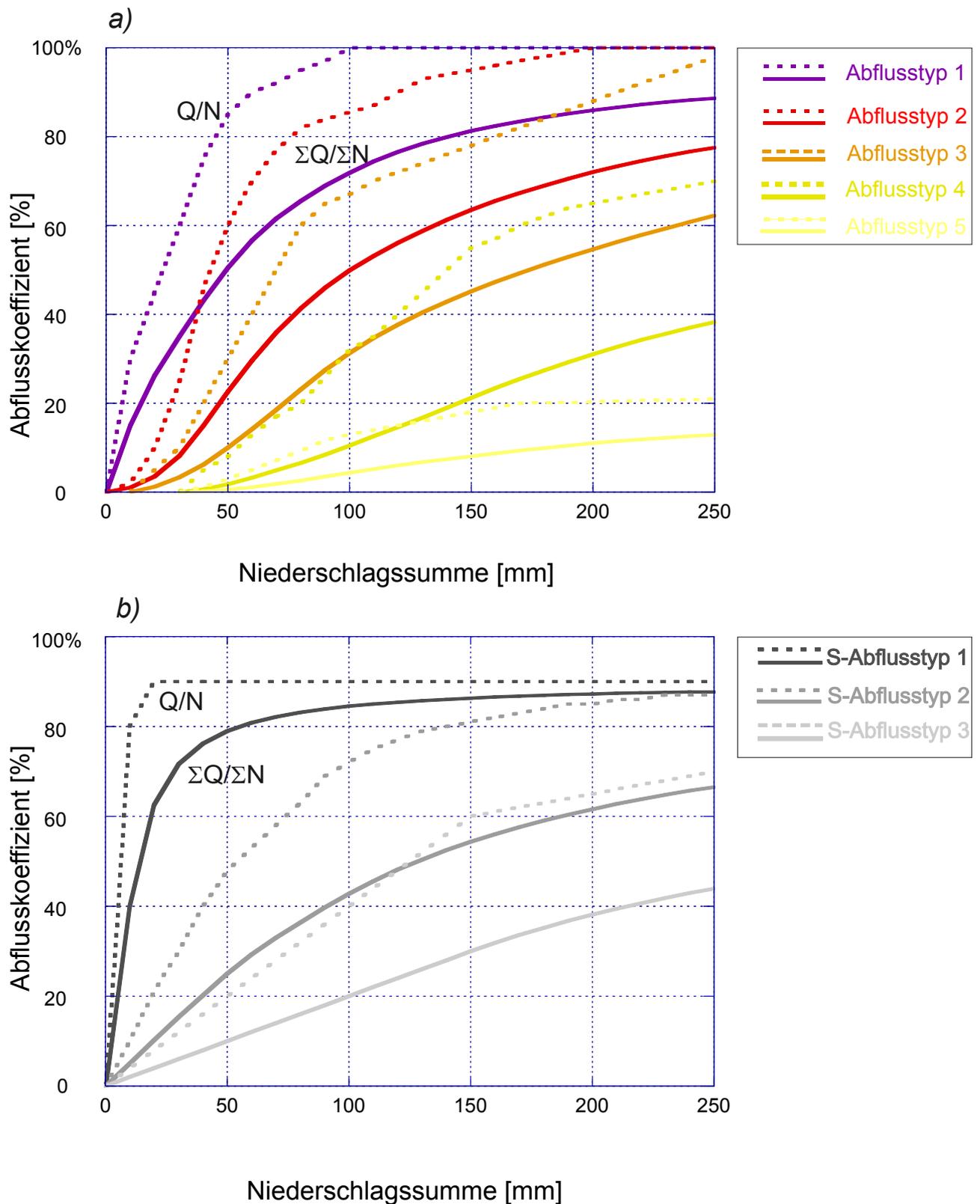


Abb. 5.3: Die Abflussreaktionskurven für natürliche Flächen (Abb. 5.3a) und für Siedlungsflächen (Abb. 5.3b). Sie definieren den Anteil des abfließenden Niederschlags in Abhängigkeit der Niederschlagssumme. Eingezeichnet ist der Spitzenabflusskoeffizient (Q/N , strichliert) und der Volumenabflusskoeffizient ($\Sigma Q/\Sigma N$, ausgezogene Linie).

6 Abflussberechnungen

6.1 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.

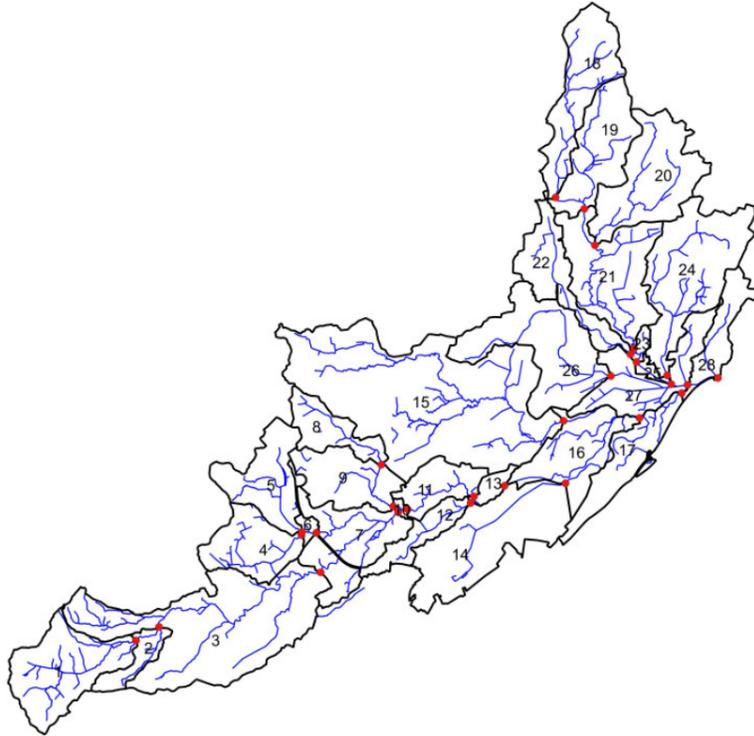
6.2 Grundlagen und Aufbau des Modells Q_{AREA}

Die Abbildung 6.1 zeigt die Grundlagen des NAM Q_{AREA} . Das Modell wurde den Verhältnissen entsprechend für den Rotbach erstellt. Zusammenfassend die wichtigsten Grundlagen und Eigenschaften des Modells Q_{AREA} :

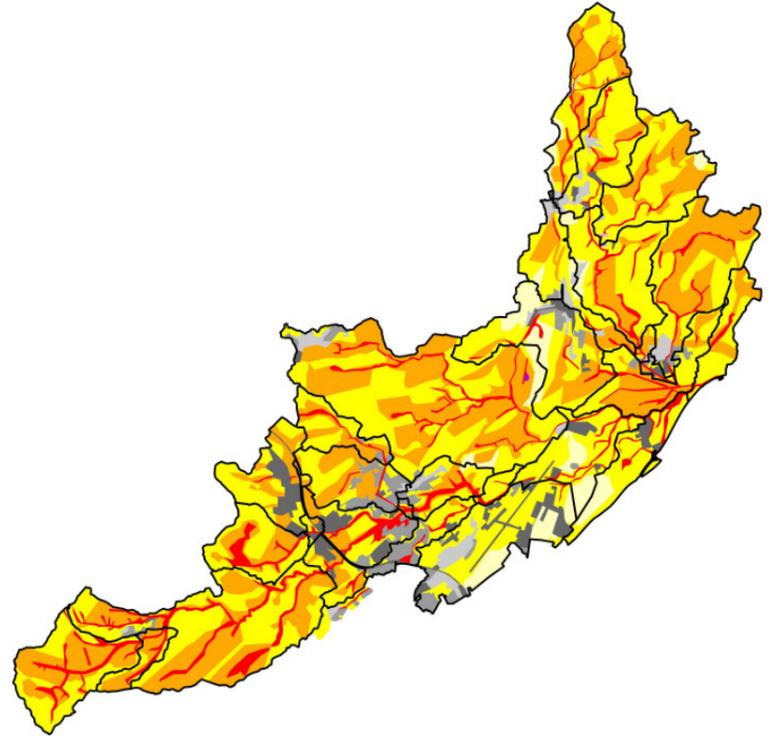
- Das NAM ist aus **Teileinzugsgebieten** aufgebaut mit Bemessungspunkten (BP, Abb. 6.1a).
- Das NAM basiert auf der Klassifizierung der **Abflussbereitschaft** der Teileinzugsgebietsflächen (Abflusstypen, Abb. 6.1b) und den dazugehörigen Abflussreaktionen (Abflussreaktionskurven, Abb. 6.1c, Kap. 5.4).
- Die **Fliesszeiten** bis zum Teileinzugsgebietsausgang (Isochronen) und die Fliesszeiten in den Gerinnen wurden berücksichtigt (Abb. 6.1d).
- **Niederschläge**: Zur Simulation von Landregen aber auch kurzen Gewitterniederschlägen kann das Gebiet gleichmässig überregnet werden oder auch nur Teile davon (Abb. 6.1e).

Ein Schema des eingesetzten Modells ist in Anhang 3 zu finden. Der gefallene Niederschlag wird aufgeteilt in Direktabfluss und in den Boden infiltrierendes Wasser. Das infiltrierte Wasser wird im Boden gespeichert und verzögert wieder abgegeben. Die Reaktion dieser Bodenspeicher wird mit linearen Speichern modelliert. Für jeden Abflusstypen wird eine eigene Speichercharakteristik angenommen. Der Direktabfluss erfährt auf dem Weg ins Gerinne eine Verzögerung durch Retention (Oberflächenspeicher), welche ebenfalls mit einem linearen Speicher simuliert wird.

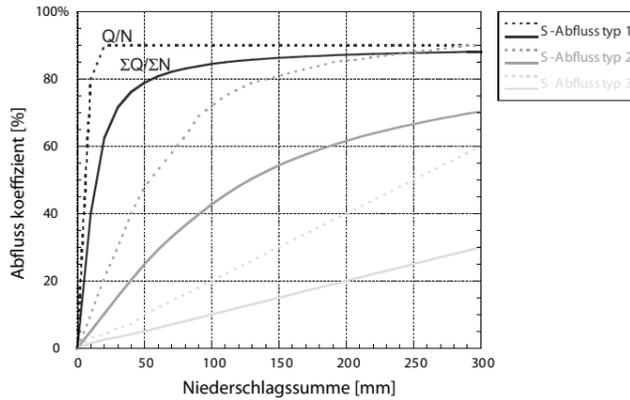
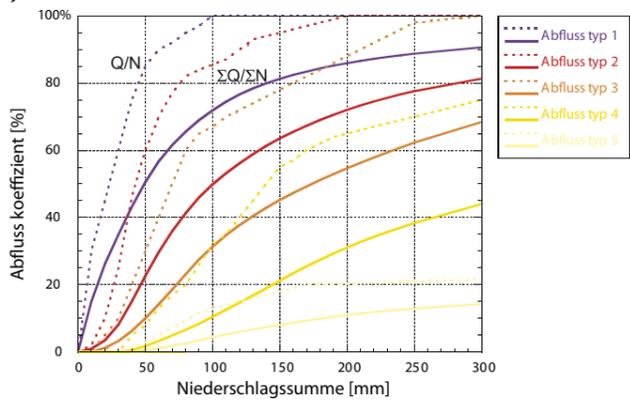
a) Teileinzugsgebiete



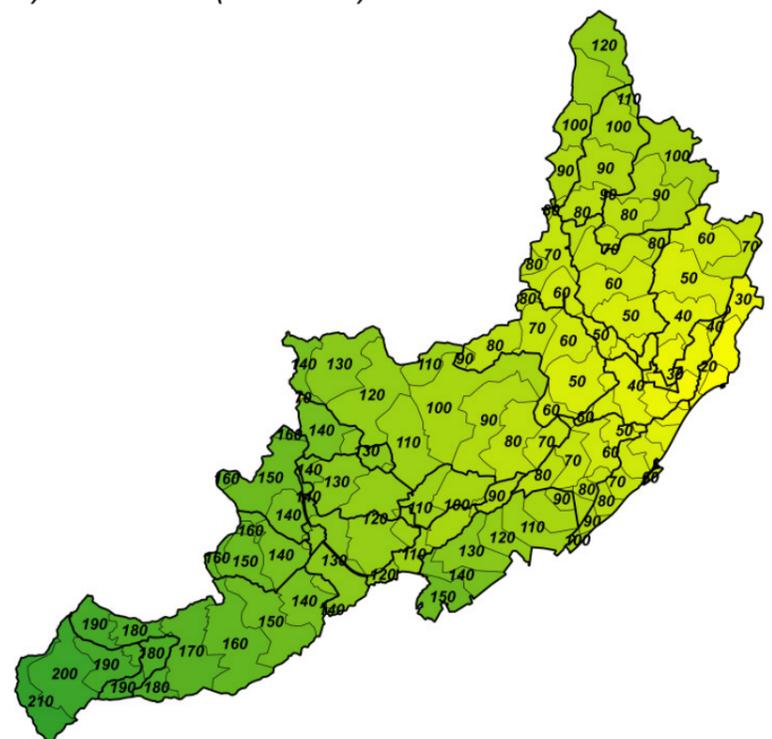
b) Abflusstypen



c) Abflussreaktionskurven



d) Fließzeiten (Isochronen)



e) Niederschlagszonen

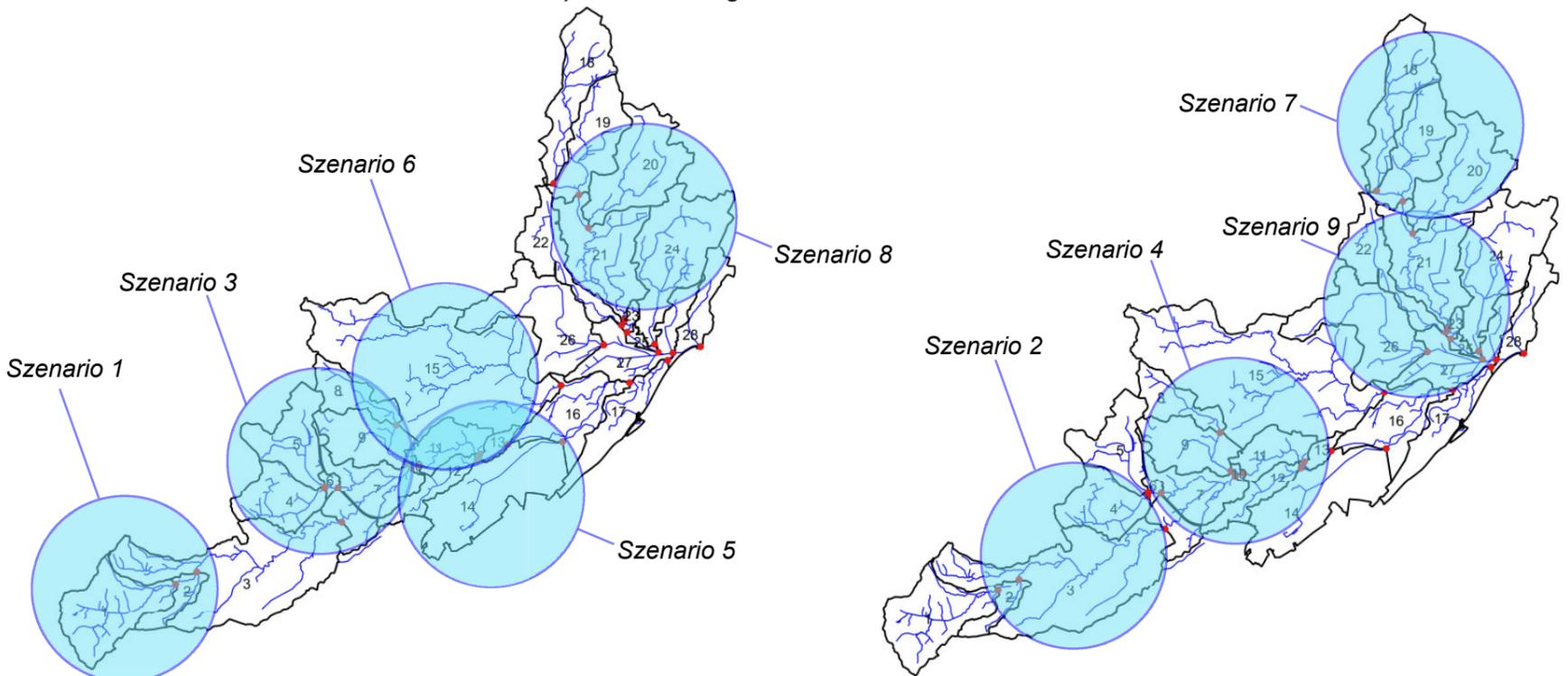


Abb. 6.1: Die Grundlagen des Niederschlag-Abfluss-Modells QAREA:
 a) Die Teileinzugsgebiete mit den Berechnungspunkten, b) die Abflusstypen,
 c) die Abflussreaktionskurven, d) die Fließzeiten in Minuten (Isochronen),
 e) die Niederschlagszonen.

6.3 Verifikation des Modells

Für die Modelleichung wurden die Hochwasser vom 21./22.8.2005, 8.8.2007 und 11.7.2014 nachgerechnet. Bei diesen Hochwasserereignissen waren folgende Voraussetzungen für eine Modelleichung gegeben:

- Es waren Niederschlagsereignisse, welche die ganze Region betrafen, so dass aufgrund der vorliegenden Daten der umliegenden Tagessammler die räumliche Niederschlagsverteilung mittels Interpolation abgeschätzt und für den Niederschlagsinput verwendet werden konnten (Anhang 2).
- Es konnte die zeitliche Niederschlagsverteilung der hoch aufgelöst messenden Station Malters für den Niederschlagsinput verwendet werden.

6.3.1 Hochwasser vom 21./22. August 2005

Die Simulation überschätzt die Abflussspitze. Hingegen werden die Peaks der vorangehenden Regenspitzen unterschätzt. Ansonsten ist der Verlauf und das Abflussvolumen zufriedenstellend (Abb. 6.2).

6.3.2 Hochwasser vom 8. August 2007

Die Simulation unterschätzt die Abflussspitze leicht und weist leicht zu wenig Abflussvolumen auf. Ansonsten ist der Verlauf zufriedenstellend (Abb. 6.3).

6.3.3 Hochwasser vom 11. Juli 2014

Die Simulation unterschätzt die Abflussspitze. Der Niederschlagsverlauf von Malters weist im Hauptniederschlag eine Lücke auf, die wahrscheinlich innerhalb des EZG nicht so ausgeprägt war. Ansonsten ist der Verlauf und das Abflussvolumen zufriedenstellend (Abb. 6.4). Insgesamt ergibt das Modell plausible Ergebnisse und kann für die Abflussberechnungen (Kap. 6.5) eingesetzt werden.

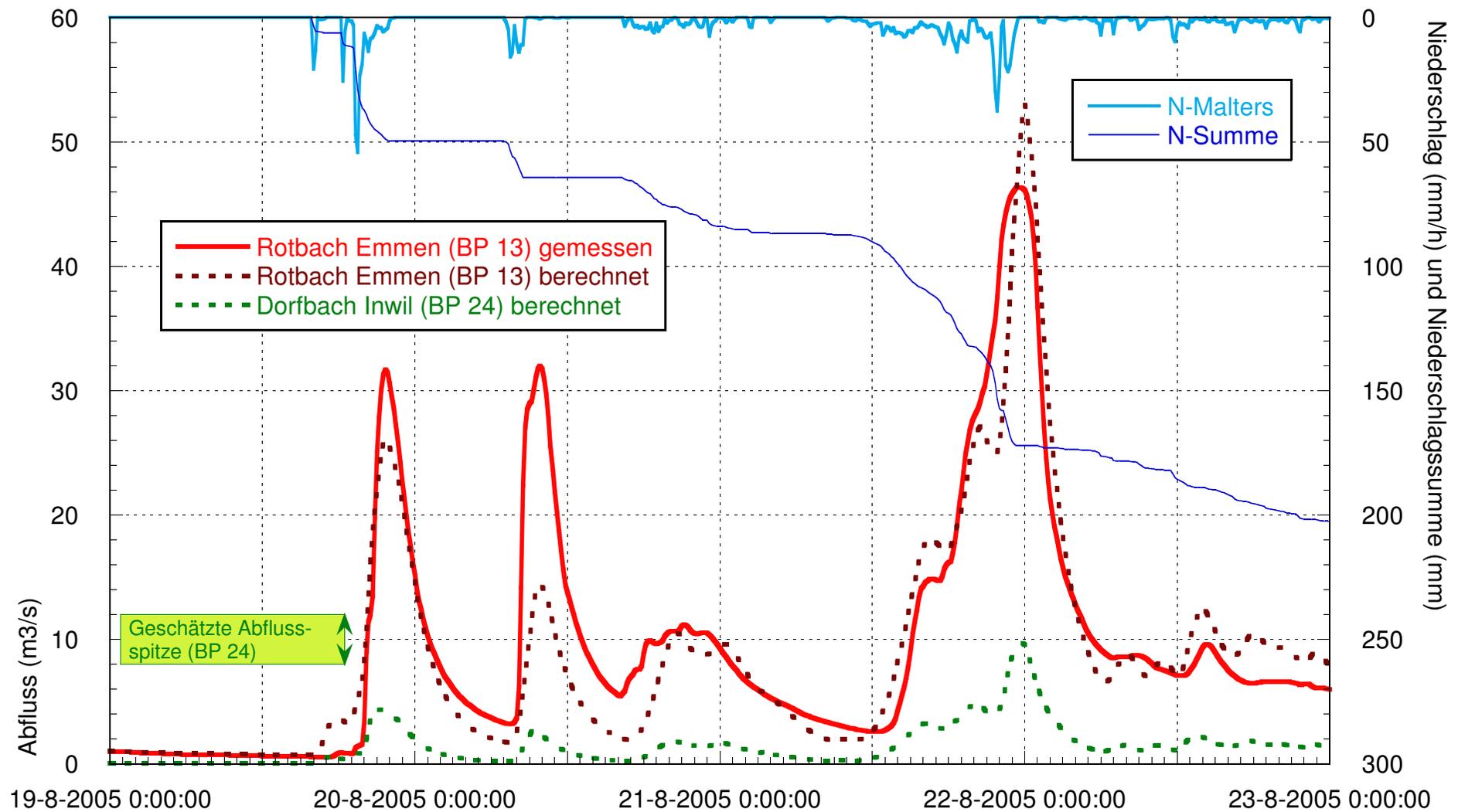


Abb. 6.2: Der Niederschlagsverlauf der Station Malters und die am Pegel Rotbach in Emmen gemessene Abflussganglinie des Hochwassers vom 21.8.2005. Die gepunkteten Linie zeigen die Berechnung mit dem Modell QArea. Zudem ist die Abflussschätzung beim BP 24 eingetragen.

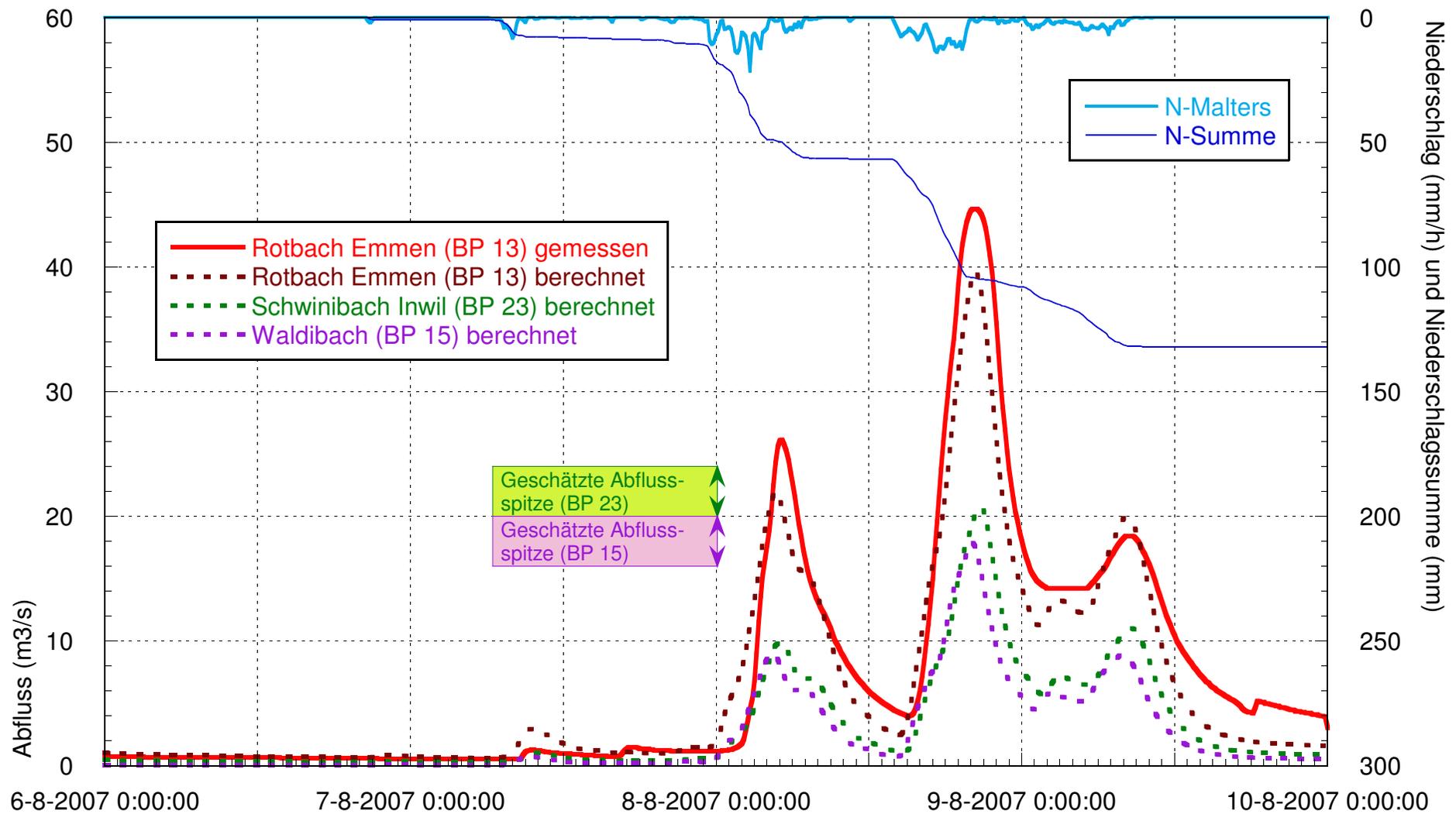


Abb. 6.3: Der Niederschlagsverlauf der Station Malters und die am Pegel Rotbach in Emmen gemessene Abflussganglinie des Hochwassers vom 8.8.2007. Die gepunkteten Linie zeigen die Berechnung mit dem Modell QArea. Zudem sind die Abflussschätzungen an den BP 15 und 23 eingetragen.

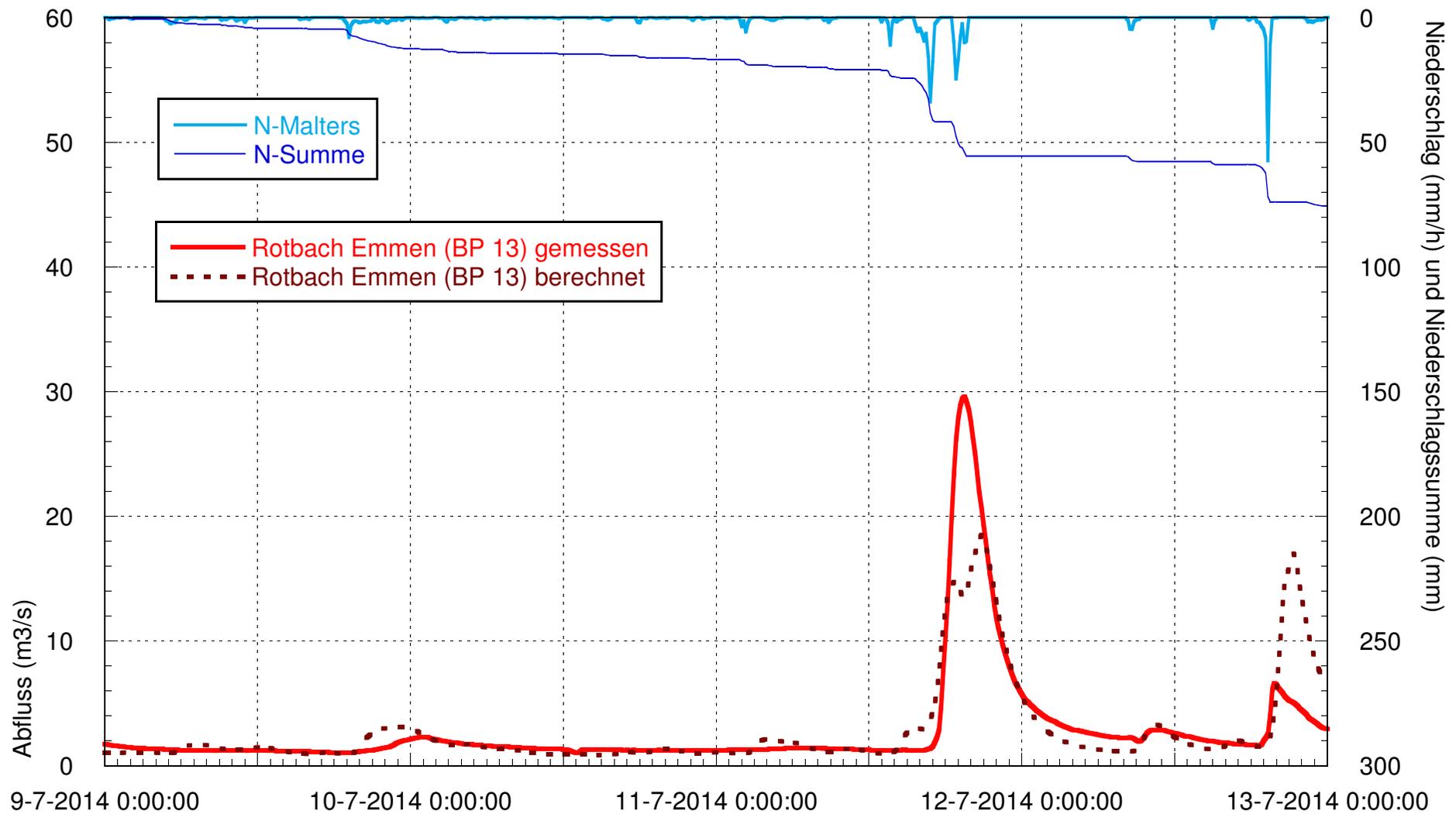


Abb. 6.4: Der Niederschlagsverlauf der Station Malters und die am Pegel Rotbach in Emmen gemessene Abflussganglinie des Hochwassers vom 11.7.2014. Die gepunkteten Linie zeigen die Berechnung mit dem Modell QArea.

6.4 Niederschlags-Szenarien

6.4.1 Räumliche Niederschlagsverteilung

Niederschläge haben eine zeitliche (Dauer und Intensität des Niederschlags) und eine räumliche Verteilung (Überregnung des Gebiets). Bei lang andauernden Niederschlagsereignissen (> 4 h Dauer) wurde für die Herleitung der Szenarien angenommen, dass das ganze 78 km² grosse EZG des Rotbachs 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 neun massgebende Gewitterszenarien für die Niederschläge mit einer Dauer von vier Stunden oder weniger festgelegt (Abb. 6.1e):

- Gewitterszenario 1: Die Teil-EZG 1 und 2 werden voll, die übrigen (nicht voll berechneten) Teil-EZG mit 50% Niederschlagsintensität überregnet.
- Gewitterszenario 2: Die Teil-EZG 3 und 4 werden voll, die übrigen (nicht voll berechneten) Teil-EZG mit 50% Niederschlagsintensität überregnet.
- Gewitterszenario 3: Die Teil-EZG 4 bis 10 werden voll, die übrigen (nicht voll berechneten) Teil-EZG mit 50% Niederschlagsintensität überregnet.
- Gewitterszenario 4: Die Teil-EZG 6 bis 13 werden voll, die übrigen (nicht voll berechneten) Teil-EZG mit 50% Niederschlagsintensität überregnet.
- Gewitterszenario 5: Die Teil-EZG 10 bis 14 werden voll, die übrigen (nicht voll berechneten) Teil-EZG mit 50% Niederschlagsintensität überregnet.
- Gewitterszenario 6: Die Teil-EZG 11, 13 und 15 werden voll, die übrigen (nicht voll berechneten) Teil-EZG mit 50% Niederschlagsintensität überregnet.
- Gewitterszenario 7: Die Teil-EZG 18 bis 20 werden voll, die übrigen (nicht voll berechneten) Teil-EZG mit 50% Niederschlagsintensität überregnet.
- Gewitterszenario 8: Die Teil-EZG 20, 21 und 24 werden voll, die übrigen (nicht voll berechneten) Teil-EZG mit 50% Niederschlagsintensität überregnet.
- Gewitterszenario 9: Die Teil-EZG 21 bis 27 werden voll, die übrigen (nicht voll berechneten) Teil-EZG mit 50% Niederschlagsintensität überregnet.

6.4.2 Zeitliche Niederschlagsverteilung und Niederschlagsintensitäten

Südlich des Rotbach-EZG liegt die Regenmessstation Luzern der MeteoSchweiz, die seit 1880 betrieben wird. Für Scherrer AG (2015) wurden die Tageswerte (1880 – 2014) und die hoch aufgelösten Niederschlagsdaten der Station Luzern der Jahre 1981 bis 2014 ausgewertet. Die gleiche Station wurde von der MeteoSchweiz mit einem ähnlichen Resultat ausgewertet; die Werte der MeteoSchweiz wurden allerdings zuvor nicht kalendarisch korrigiert. Ebenfalls wertete MeteoSchweiz die Stationen Sempach (1961 - 2017) und Küssnacht a. R. (1961 - 2017) aus, deren Messreihen jedoch deutlich kürzer sind. Daher wurde die für Scherrer AG (2015) erstellte Statistik von Luzern (1880 – 2014) für die nachfolgenden Modellrechnungen verwendet. Folgende Ergänzungen zur Auswertung der hochaufgelösten Messreihe von Luzern wurden gemäss Scherrer AG (2015) berücksichtigt:

- Zeller et al. (1978) haben die Pluviographenstreifen von 1959 bis 1977 ausgewertet. Ergänzt wurden die Daten mit der Reihe von 1981 bis 2014, so dass eine 53-jährige Mess-

reihe vorliegt (10 Min., 20 Min., 1 h und 4 h).

- Geiger et al. (1991) erwähnen folgende Extremwerte ausserhalb dieser Periode:
 - 57 mm in 45 Min. am 4.6.1875 und
 - 100 bis 105 mm in 25 Min. am 24.8.1944.
- Arnet (1881) ergänzt folgende Details: „1875, 4. Juni, Nachmittags Gewitter mit Hagel in $\frac{3}{4}$ Stunden Niederschlag 57 mm.“
- Zeller et al. (1978): „Am 24. August 1944 wurde in 25 Minuten eine Rekordmenge von 100 mm gemessen, die einem über 10'000jährigen Ereignis entspricht. (Laut Angaben der MZA vorwiegend Hagel).“
- Die Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt 1944, einundachtzigster Jahrgang (1945) erwähnen das Ereignis wie folgt: „*Sehr bemerkenswert ist ein intensiver lokaler Starkregen, der am 24. August in Luzern niederging. Hier sind nach Feststellungen der Armeeewetterwarte zwischen 2055 h und 2120 h mindestens 105 mm (total 111 mm) gefallen. Von Luzern aus erstreckt sich noch ein Niederschlagsgebiet mit mehr als 30 mm in Gestalt eines Streifens von 10 bis 20 km Breite westsüdwestwärts dem Vor-alpenrand entlang, bezeichnet durch die Stationen: Entlebuch (57 mm), Marbach (57), Beatenberg (40) bis Zweisimmen (82). Es handelt sich um die Niederschläge von Gewittern, die durch eine leichte westostwärts wandernde Störungslinie ausgelöst wurden. Hier liegt vermutlich ein ähnlicher Fall vor, wie bei dem denkwürdigen Starkregen im Rigigebiet am 9. September 1934.*“

Nach Scherrer AG (2015) waren seit 1880 nur die Tagesniederschläge vom 6.6.2002 (112 mm), vom 24.8.1944 (111 mm) und vom 7.8.1978 (107 mm) grösser als 100 mm. Nach Arnet (1881) war der grösste Tagesniederschlag zwischen 1861 und 1880 92 mm. Demzufolge ist sicher, dass der 25 Minuten Niederschlag vom 24.8.1944 mit 100 bis 105 mm der grösste seit 1861, d.h. der vergangenen 153 Jahre ist. Zu bemerken bleibt ferner, dass es sich hiermit um den grössten in der Nordschweiz gemessenen Niederschlag dieser Dauer handelt, in Morges wurde ein ähnlich grosser 30 Min. Niederschlag von 110 mm gemessen (Geiger et al., 1991).

Aufgrund der 1875, 1944 in Luzern und am 7.6.2015 im EZG des Götzentalbachs (Scherrer AG, 2015) beobachteten Gewitterniederschläge wurden die mit der neuen Statistik ermittelten Niederschläge von 0.5 bis 4 h um den Faktor 1.2, 1.3 und 1.4 erhöht (Scherrer AG, 2015; Tab. 6.1). Bei kurzen Niederschlägen bis 4 h Dauer wurde eine zeitliche Dreiecksverteilung angenommen mit der Niederschlagsspitze nach einem Drittel der Niederschlagsdauer. Für die 6 h-, 8 h-, 12 h-, 24 h- und 48 h- Niederschläge wurde eine gleichmässige zeitliche Verteilung (Blockregen) verwendet. Tabelle 6.1 zeigt die für die Modellrechnungen verwendeten Werte:

Tab. 6.1: Die für die Modellrechnungen verwendeten Niederschlagswerte (Luzern 1880 – 2014, nicht erhöhte Werte).

Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlagsdauer [h]	Wiederkehrperiode [Jahre]	Zeitliche Verteilung des Niederschlags	Niederschlagsmenge [mm]	Max. Niederschlagsintensität [mm/h]
0.5h30j_dreieck	0.5	30	Dreieck	37.7	112.9
1h30j_dreieck	1	30	Dreieck	48.5	84.9
2h30j_dreieck	2	30	Dreieck	56.1	52.6
4h30j_dreieck	4	30	Dreieck	61.8	29.9
6h30j_block	6	30	Blockregen	71.4	11.9
8h30j_block	8	30	Blockregen	78.5	9.8
12h30j_block	12	30	Blockregen	89.7	7.5
24h30j_block	24	30	Blockregen	102.1	4.3
48h30j_block	48	30	Blockregen	118.9	2.5
0.5h100j_dreieck	0.5	100	Dreieck	44.1	132.4
1h100j_dreieck	1	100	Dreieck	57.9	101.3
2h100j_dreieck	2	100	Dreieck	67.4	63.2
4h100j_dreieck	4	100	Dreieck	73.5	35.6
6h100j_block	6	100	Blockregen	85.0	14.2
8h100j_block	8	100	Blockregen	93.3	11.7
12h100j_block	12	100	Blockregen	106.3	8.9
24h100j_block	24	100	Blockregen	119.5	5.0
48h100j_block	48	100	Blockregen	138.1	2.9
0.5h300j_dreieck	0.5	300	Dreieck	50.0	150.1
1h300j_dreieck	1	300	Dreieck	66.3	116.1
2h300j_dreieck	2	300	Dreieck	77.7	72.9
4h300j_dreieck	4	300	Dreieck	84.0	40.7
6h300j_block	6	300	Blockregen	97.3	16.2
8h300j_block	8	300	Blockregen	106.7	13.3
12h300j_block	12	300	Blockregen	121.4	10.1
24h300j_block	24	300	Blockregen	135.3	5.6
48h300j_block	48	300	Blockregen	155.5	3.2

6.5 Abflussberechnungen

Die Analyse der Hochwasserereignisse vom August 2005 und August 2007 in Scherrer AG (2011 und 2015) zeigte, dass in den 1.5 Tagen vor den das Hochwasser auslösenden intensiven Niederschlägen bereits jeweils etwa 70 mm Regen fielen, die das Abflussverhalten des EZG beeinflussten. Dies zeigt sich auch beim Rotbach (Abb. 6.2 + 6.3). Deshalb wurden für die Berechnung der langen 6 h-, 8 h-, 12 h-, 24 h- und 48 h- Niederschläge mit einem Vorregen von 70 mm gerechnet³. Anhang 5 zeigt die Resultate der Modellrechnungen. Fett gedruckt sind die grössten Abflüsse. Die Berechnungen zeigen, dass die 6 h-Szenarien und die kürzeren Gewitterszenarien die grössten Abflüsse erzeugen. Dieser Sachverhalt widerspiegelt die Konzentrations- oder Anlaufzeit⁴ der Hochwasserwelle bis zum Bemessungspunkt. Die Gewitterszenarien mit Wiederkehrperioden von 100 und 300 Jahren erzeugen in den kleineren EZG die grössten Abflussspitzen, während die 30-jährlichen Gewitterszenarien zu geringe Niederschlagsvolumen aufweisen, um einen grossen Abflusskoeffizienten zu erreichen (vgl. Kap. 5.4).

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

4 Die Konzentrationszeit entspricht der Fließzeit des abflusswirksamen Niederschlags zwischen der Beobachtungsstelle und dem am weitesten entfernten Punkt des Einzugsgebietes.

7 Hochwasserabflüsse definierter Jährlichkeit

7.1 Einleitung

Um die massgebenden Hochwassermengen festzulegen, wurden im Sinne einer Synthese die Erkenntnisse aus den Abflussmessungen, 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.

7.2 Rotbach beim Pegel Emmen-Neuhüsern (BP 13)

Am Rotbach liegen Abflussmessungen vor. Die Jahresmaxima seit 1997 (Kap. 3.1) wurden in einem Frequenzdiagramm (Abb. 7.1) blau eingetragen.

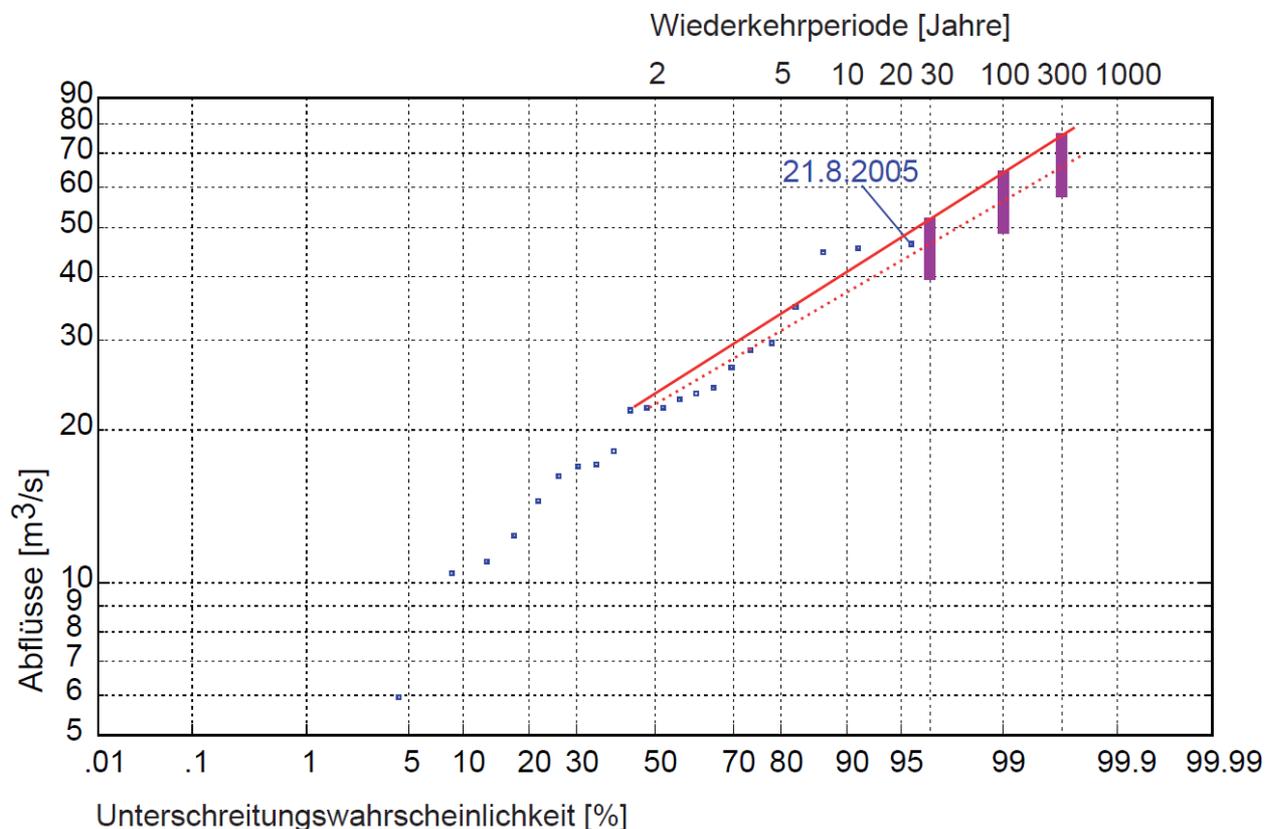


Abb. 7.1: Frequenzdiagramm des Rotbachs in Emmen beim BP 13 (27.2 km²). Eingetragen sind die Jahresmaxima des Pegels Emmen, Neuhüsern (1997 - 2018) (blau). Die Resultate der Berechnungen für die Modellregen sind violett dargestellt. Die rote resp. rot gepunkteten Linien markieren die vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit.

Das grösste Jahreshochwasser innerhalb der Messperiode mit einer Abflussspitze von 46.4 m³/s ereignete sich am 21.8.2005. Die Abflüsse auf Rang 2 (45.5 m³/s, 5.7.1997) und Rang 3 (44.6 m³/s, 8.8.2007) waren nur geringfügig kleiner. Diese Hochwasser waren am Rotbach gross, aber nicht extrem. Abflüsse in dieser Grössenordnung wurden in der Vergangenheit gemäss historischer Erkundung mehrere Male erreicht; der Rotbach brach wiederholt aus. Daher deckt sich die aufgrund der Messperiode festgelegte Wiederkehrperiode des Hochwassers vom 21.8.2005 von 23 Jahren mit den Beobachtungen der historischen Hochwasser.

Die Berechnungen mit den Modellregen sind in Abbildung 7.1 violett dargestellt. Sie erweitern die Erkenntnisse aus den Abflussmessungen und den historischen Hochwassern und schliessen die Lücke zwischen den grossen Hochwassern und den sehr grossen und seltenen Ereignissen. Die roten Linien markieren den Unsicherheitsbereich für die vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit. Ein HQ_{100} liegt beim BP 13 demnach im Bereich von 56 – 64 m^3/s .

7.3 Schwinibach in Inwil (BP 23)

Am Schwinibach war das Hochwasser vom 8.8.2007 mit einer Abflussspitze von 20 - 24 m^3/s das grösste der vergangenen 25 - 50 Jahre (Abb. 7.2). Die Berechnungen mit den Modellregen erweitern die Erkenntnisse aus den historischen Hochwassern und sind in Abbildung 7.2 violett dargestellt. Für das HQ_{30} liegen diese wenig höher als die Einordnung des Hochwassers vom 8.8.2007. Die Modellregen ermöglichen die Extrapolation auf das HQ_{100} und HQ_{300} . Die roten Linien markieren den Unsicherheitsbereich für die vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit. Ein HQ_{100} liegt beim BP 23 demnach im Bereich von 27 – 32 m^3/s .

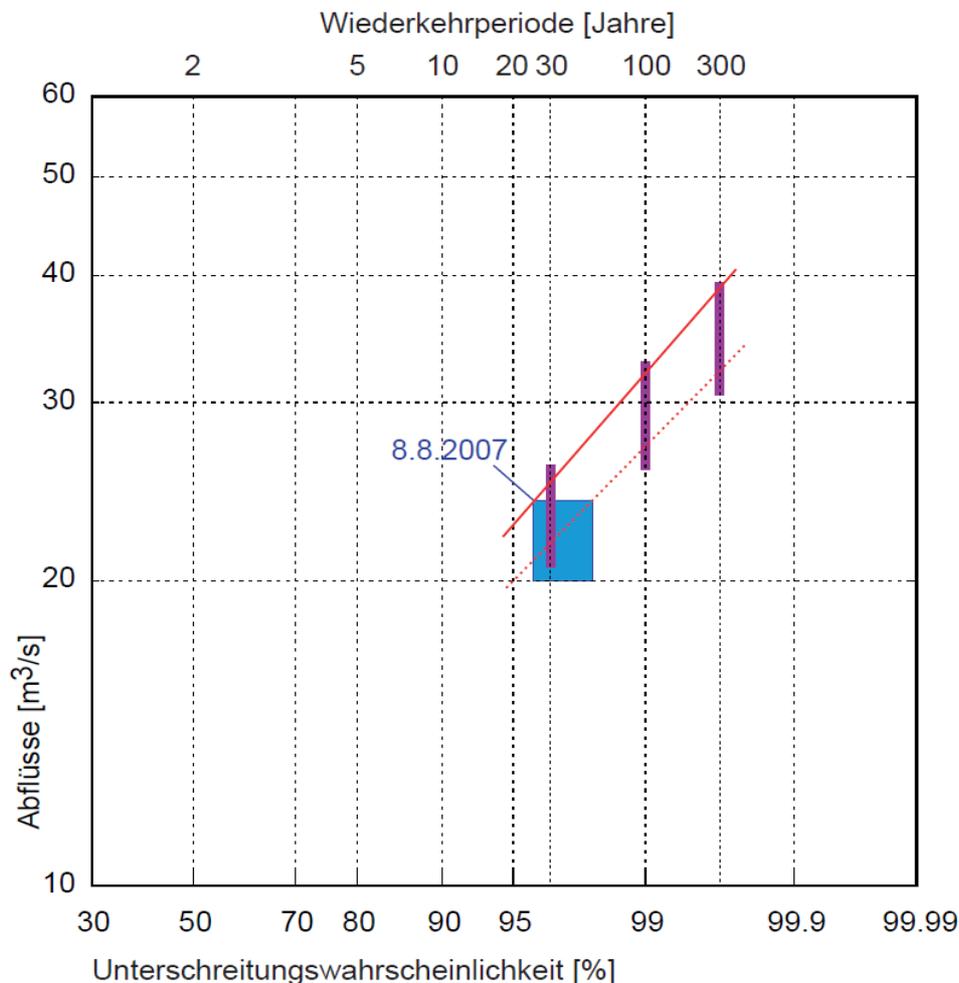


Abb. 7.2: Frequenzdiagramm des Schwinibachs in Inwil beim BP 23 (16.1 km^2). Eingetragen ist das abgeschätzte Hochwasser vom 8.8.2007 (blau). Die Resultate der Berechnungen mit Modellregen sind violett dargestellt. Die rote resp. rot gepunkteten Linien markieren die vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit.

7.4 Hochwasserabflüsse am Rotbach und seinen Seitenbächen

Unter Berücksichtigung der Modellrechnungen konnten die Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit für die übrigen Berechnungspunkte in analoger Weise festgelegt werden (Tab. 7.1). Die angegebenen HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{300} weisen verhältnismässig grosse Unsicherheitsbereiche auf. Hochwasser dieser Grösse ufern aus und werden je nach Art des Ereignisses und den damit verbundenen Abflussvolumen mehr oder weniger stark gedämpft. Die Grösse der Hochwasserspitzen hängt damit auch von den künftigen Ausbamassnahmen ab.

Während die Hochwasserwerte beim Rotbachpegel (BP 13) und beim Schwinibach in Inwil (BP 23) durch die Beobachtung vergangener Hochwasser abgestützt sind, basieren die ober- und unterhalb liegenden Hochwasserwerte auf den Berechnungen mit dem NAM. Deren Unsicherheit steigt mit zunehmendem Abstand zu den BP 13 und BP 23. Dies gilt besonders für den Rotbach oberhalb der Mündung in die Reuss beim BP 28, wo Abflüsse durch den Rückstau der Reuss schwierig abzuschätzen sind. Kurz zuvor vereinigen sich der Rot- und der Schwinibach zu einem 78 km² grossen EZG. Die Modellrechnungen basieren für den BP 28 auf der Annahme, dass Niederschläge von 6 h Dauer und länger, das ganze 78 km² grosse EZG gleichmässig überregnen können. Möglicherweise werden die Hochwasserwerte für den BP 28 daher etwas überschätzt.

Tab. 7.1: Die am Rotbach und seinen Seitenbächen in der Umgebung von Emmen ermittelten Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit. Die eingefärbten BP dienen im Kapitel 7.5 als Referenzgebiete für die Übertragung auf Klein-EZG.

BP	zugeordneter Gerinneabschnitt	HQ_{30} [m ³ /s]	HQ_{100} [m ³ /s]	HQ_{300} [m ³ /s]
1	Rotbach in Hellbühl (3.5 km ²)	6 – 7	7.5 – 8.5	10 – 12
2	Rotbach bei Sageli (4.3 km ²)	7.5 – 8.5	9.5 – 11	13 – 15
3	Rotbach bei Lohrensäge (12.3 km ²)	21 – 23	25 – 29	30 – 34
4	Buzibach bei Station Rothenburg (2.2 km ²)	3.7 – 4.2	4.6 – 5.5	5.5 – 6.5
5	Buzibachzufluss aus Wahligen (2.4 km ²)	4.3 – 4.9	6 – 7	8.5 – 10
6	Buzibach bei Autobahn (4.9 km ²)	8.5 – 10	11 – 13	16 – 19
7	Rotbach in Rothenburg oberhalb Zufluss Chärnsbächli (20.3 km ²)	34 – 39	42 – 48	50 – 57
8	Chärnsbächli in Chärns matt (1.5 km ²)	2.5 – 2.9	3.1 – 3.5	4.1 – 4.7
9	Chärnsbächli in Rothenburg (3.8 km ²)	7 – 7.5	8.5 – 9.5	12 – 13
10	Rotbach in Rothenburg unterhalb Zufluss Chärnsbächli (24.2 km ²)	41 – 47	50 – 58	59 – 68
11	Rotbach bei Mittler Hüsle oberhalb Zufluss Spirbächli (25.6 km ²)	43 – 49	53 – 60	62 – 72
12	Spirbächli bei Mittler Hüsle (1.2 km ²)	2.2 – 2.5	3.1 – 3.5	4.4 – 5
13	Rotbach beim Pegel Emmen, Neuhüsern (27.2 km ²)	46 – 52	56 – 64	66 – 76
14	Augraben in Waltwil (4.7 km ²)	6.5 – 7.5	9 – 10	11 – 13
15	Waldibach in Waldibrugg (12.2 km ²)	19 – 22	24 – 27	31 – 36
16	Rotbach in Schache (46.8 km ²)	74 – 84	90 – 103	107 – 123
17	Rotbach oberhalb Zufluss Schwinibach (48.9 km ²)	76 – 86	93 – 106	110 – 126
18	Ebersolerbach in Ballwil (3.1 km ²)	4.6 – 5	5.5 – 6.5	7 – 8.5
19	Gerligenbach in Ballwil (6.0 km ²)	8.5 – 9.5	10 – 12	13 – 16
20	Brandbach in Gerligen (3.8 km ²)	5.5 – 6	6.5 – 8	8 – 10
21	Hiltigbach oberhalb von Inwil (13.7 km ²)	19 – 21	23 – 27	27 – 33
22	Höndlebach oberhalb von Inwil (2.2 km ²)	3.1 – 3.5	3.8 – 4.5	4.8 – 6
23	Schwinibach oberhalb Zufluss Inwiler Dorfbach (16.1 km ²)	22 – 25	27 – 32	32 – 39
24	Inwiler Dorfbach unterhalb von Inwil (4.7 km ²)	7.5 – 8.5	9.5 – 11	13 – 15
25	Schwinibach unterhalb Zufluss Inwiler Dorfbach (20.9 km ²)	30 – 34	36 – 43	43 – 52
26	Mülibach in Mettlen (4.3 km ²)	5.5 – 6.5	7 – 8	9 – 11
27	Schwinibach oberhalb Mündung in Rotbach (27.7 km ²)	39 – 45	48 – 57	56 – 69
28	Rotbach oberhalb Mündung in Reuss (78.0 km ²)	116 – 130	140 – 160	170 – 190

7.5 Hochwasserabflüsse an ausgewählten Klein-EZG

Ausgehend von den in Tabelle 7.1 festgelegten Hochwasserabflüssen werden für ausgewählte Klein-EZG (Abb. 1.1) die Hochwasserabflüsse (HQ) mit der Übertragungsformel $HQ_A/HQ_B = (F_{1A}/F_{1B})^{2/3}$ aus den EZG-Flächen (F_1) bestimmt (Tab. 7.2).

Tab. 7.2: Die von Bächen in Tabelle 7.1 mit der Übertragungsformel $HQ_A/HQ_B = (F_{1A}/F_{1B})^{2/3}$ auf Klein-EZG übertragenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit.

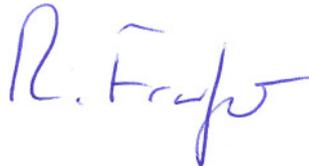
BP Klein-EZG	Übertragung von BP	zugeordneter Gerinneabschnitt	HQ ₃₀ [m ³ /s]	HQ ₁₀₀ [m ³ /s]	HQ ₃₀₀ [m ³ /s]
1	1	Kellenbach oberhalb von Hellbühl (0.60 km ²)	1.9 – 2.1	2.3 – 2.6	3.2 – 3.6
2	1	Kellenbach unterhalb von Hellbühl (1.2 km ²)	2.9 – 3.3	3.6 – 4.1	4.9 – 5.5
3	4	Zufluss aus Bärtiswilerbach (0.43 km ²)	1.2 – 1.4	1.5 – 1.7	1.9 – 2.1
4	4	Riffigbach bei Autobahn (0.33 km ²)	1 – 1.2	1.3 – 1.5	1.6 – 1.8
5	8	Chärnsbächli in Holzhüsern (1.2 km ²)	2.1 – 2.4	2.6 – 3	3.5 – 4
6	8	Bertiswilerbach (0.80 km ²)	1.6 – 1.9	2 – 2.3	2.7 – 3.1
7	12	Augraben in Schönbühl (0.25 km ²)	0.8 – 0.9	1.1 – 1.2	1.5 – 1.8
8	12	Augraben in Listrig (0.39 km ²)	1.1 – 1.2	1.5 – 1.7	2.1 – 2.4
9	12	Spirbächli bei Schaubhus (0.31 km ²)	0.9 – 1	1.3 – 1.4	1.8 – 2
10	12	Spirbächli bei Adlige (0.84 km ²)	1.8 – 2	2.5 – 2.8	3.5 – 4
11	12	Augraben bei Bänihüsli (0.18 km ²)	0.6 – 0.7	0.9 – 1	1.2 – 1.4
12	12	Kolbebach in Kolben (0.35 km ²)	1 – 1.1	1.4 – 1.6	1.9 – 2.2
13	18	Bach bei Dörndle (0.64 km ²)	1.6 – 1.8	1.9 – 2.3	2.5 – 3
14	18	Ebersolerbach oberh. Zufluss aus Grütw. (1.4 km ²)	2.7 – 3	3.2 – 3.8	4.2 – 5
15	18	Zufluss aus Grütwald (0.33 km ²)	1 – 1.1	1.2 – 1.5	1.6 – 1.9
16	18	Ebersolerbach unterhalb Oberebersol (1.8 km ²)	3.2 – 3.6	3.9 – 4.6	5 – 6
17	18	Gorgebach in Ballwil (2.0 km ²)	3.4 – 3.8	4.1 – 4.9	5.5 – 6.5
18	22	Höndlebach in Eschenbach (1.7 km ²)	2.6 – 2.9	3.1 – 3.7	4 – 4.9
19	24	Inwiler Dorfbach oberhalb von Inwil (4.3 km ²)	7 – 8	8.5 – 10	12 – 15
20	26	Eschenbacher Dorfbach oberhalb von E. (1.6 km ²)	2.9 – 3.3	3.6 – 4.2	4.8 – 6
21	26	Eschenbacher Dorfbach unterhalb von E. (2.2 km ²)	3.6 – 4.1	4.5 – 5.5	6 – 7
22	26	Zufluss aus Mettlemoos (0.34 km ²)	1 – 1.2	1.3 – 1.5	1.7 – 2

Scherrer AG

Hydrologie und Hochwasserschutz



Dr. Simon Scherrer



Roger Frauchiger

Reinach, Juli 2018

Sachbearbeiter: Roger Frauchiger, Dipl. Kult. Ing. ETH Zürich
 Dr. Simon Scherrer, Dipl. Geograph Uni Basel

Anhang

- Anhang 1: Historische Hochwasser
- Anhang 2: Räumliche Niederschlagsverteilungen
- Anhang 3: Modellaufbau
- Anhang 4: Bodenprofile
- Anhang 5: Modellrechnungen

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1846, 23./24.8.	Dauerregen	23./24. August. Hagelschäden und Überschwemmungen durch die Reuss und die Emme im Zentrum und Osten des Kantons.	Lanz-Stauffer und Rommel (1936)
		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)
		Luzern. Das den 22. und 23. d. andauernde Regenwetter hat in der Umgegend von Luzern grossen Schaden angerichtet. [...] Diese furchtbar a angeschwollenen Emme hat auch die Reuss über die Ufer getrieben. Ein Theil des Dorfes Emmen und Umgebung lag unter Wasser.	Luzerner Zeitung (24.8.1846)
1851, Anf. Aug.	Dauerregen	Anfang August. Die grossen Überschwemmungen in den Kantonen Bern, Uri, Schwyz und Obwalden verursachten auch im Kanton Luzern Schaden. Die Höhe desselben ist unbekannt. Überschwemmungsschäden in Altwis durch den Dorfbach sowie durch die Bäche am Westhang des Schiltwaldes am linken Ufer der Reuss zwischen Emmen und Perlen.	Lanz-Stauffer und Rommel (1936)
1852, 16.-18.9.	Dauerregen	16.-18. September. 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 Altshofen wurde die Brücke über die Wigger zerstört, ebenso die Brücke über die Emme in Malters. Das Suhrental von Sursee bis Triengen glich einem grossen See. Der Baldegger- und Hallwilersee traten über die Ufer.	Lanz-Stauffer und Rommel (1936)
		Das Regenwetter voriger Woche hat an vielen Orten der Schweiz grosse Verheerungen angerichtet. In unserem Kanton haben namentlich die Gegenden von Reiden und bei Sursee und der Reuss entlang stark gelitten.	Luzerner Zeitung (20.9.1852)
1866, 29.5.	Gewitter	29. Mai und 12. Juni. Ungewitter mit Hagelschlag in den Gemeinden Neuenkirch, Rothenburg, Rain, Eschenbach und Ballwil. Bedeutender Schaden an Kulturen und Feldfrüchten.	Lanz-Stauffer und Rommel (1936)
1866, 12.6.	Gewitter	29. Mai und 12. Juni. Ungewitter mit Hagelschlag in den Gemeinden Neuenkirch, Rothenburg, Rain, Eschenbach und Ballwil. Bedeutender Schaden an Kulturen und Feldfrüchten.	Lanz-Stauffer und Rommel (1936)
1876, 10.-12.6.	Dauerregen	10.-12. Juni. 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 und Rommel (1936)
		Inwil. Die Güter der Reuss entlang von Perlen, von St. Katharinen, Gisikon, Körbligen und Dietwil sind unter Wasser; grosser Schaden.	Das Vaterland (14.6.1876)
		Bei Gisikon ist die Reuss übergetreten; das Ufergelände zwischen Perlen und Gisikon bildet einen See.	Luzerner Tagblatt (14.6.1876)
1881, 2./3.9.	Dauerregen	Luzern. Hochwasser. Die Reuss ist von Freitag auf Samstag [3.9.1881] bedeutend gestiegen, hat den Wasserstand von 1876 beinahe erreicht und immer noch fällt der Regen in Strömen. Bei Perlen und Inwil sind die Ufer überschwemmt, die Post von Eschenbach nach Gisikon ist schon am Freitag nicht mehr gefahren; der Bote von Kleindietwil, welcher am Samstag in die Stadt wollte, musste bis an den Unterleib im Wasser waten, um mit dem Wägelchen zur Gisikonerbrücke zu kommen. Von da abwärts sind Wiesen und Äcker ebenfalls überschwemmt, über die ganze Thalsole wälzt der wütende Strom seine trüben Fluten.	Das Vaterland (4.9.1881)
1900, 29.7.	Gewitter	29. Juli. Hagelschläge in Emmen, Ebikon und Römerswil. Abermals Kulturenschaden.	Lanz-Stauffer und Rommel (1936)
		Grosses Hochwasser über die Gegend von Rothenburg, Kriens, Luzern, Zell-Grossdietwil, Schwyz und noch über viele andere Gebiete in der Schweiz.	Meier (1939)
1910, 18.-20.1.	Dauerregen	Überschwemmungen vor allem in der Westschweiz infolge einsetzender Schneeschmelze verbunden mit reichlichen Niederschlägen. [...] In der Innerschweiz wurden die Kantone Uri (u.a. Verklauung der Reuss durch die Bristenlauri mit Durchbruch und Flutwelle), Obwalden und Luzern (Entlebuch, Willisau, Sursee) getroffen.	Röthlisberger (1991)

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1910, 18.-20.1. Fortsetz.	Dauerregen	Inwil. (Einges.) Infolge anhaltenden Regenwetters liegt fast die ganze Gegend zwischen Inwil und der Reuss unter Wasser. Leider forderte am Mittwoch [19.1.1910] abend das Hochwasser bereits ein Opfer. Kaum aus der Schule gekommen, waren die beiden Knaben des Ziegeleiarbeiters J. Schnarwiler beim sogen. Schwiniabach damit beschäftigt, Holz aus dem hochgehenden Flusse zu ziehen. Der ältere wurden von dem eisernen Haken, mit dem er arbeitete, in die Fluten gerissen und fortgeschwemmt. Wahrscheinlich liegt sein Leichnam schon im kalten Grabe der Reuss, und es können bei diesem gewaltigen Hochwasser Tage vergehen, bis er geborgen werden kann.	Luzerner Tagblatt (21.1.1910)
1910, 14./15.6.	Dauerregen	Hochwasserkatastrophe in 21 Kantonen der Alpennordseite. Die West- und Südschweiz blieben weitgehend verschont. [...] Die ufernahen Gebiete am Vierwaldstättersee wurden überflutet, ebenso die Reussebene ab Gisikon (LU) bis Bremgarten (AG).	Röthlisberger (1991)
		Inwil. Die ganze Gegend zwischen Inwil und Reuss, über hundert Jucharten, steht unter Wasser.	Luzerner Tagblatt (16.6.1910)
		Root. Die Gisikoner Brücke steht noch. Sie war allerdings stark gefährdet und konnte nicht mehr passiert werden. Die gestrige Meldung beruhte offenbar auf einer Verwechslung. [...] Als wir die Gisikoner Brücke passiert hatten - die gestrige Meldung beruhte wohl auf einer Verwechslung mit dem weggerissenen Steg über den Fabrikkanal unterhalb Perlen - bot sich uns ein schreckliches Bild. So weit das Auge reicht, wälzen sich trübe, schlammige Wogen. Die Reuss hatte den starken Damm (sogen. Schanz) auf dem linken Ufer auf zirka 40 Meter durchbrochen und alles unter Wasser gesetzt. Ganze Hütten sind weggeschwemmt, die Bäume bis an die Kronen im Wasser, die Bewohner der betroffenen Häuser auf den ponton des Pontonierfahrvereins Luzern angewiesen, dessen Mannschaft sich redlich bemüht, allen Anforderungen auf dem Gebiete zu entsprechen. Die Strassen nach Inwil und Dietwil sind selbstredend ungangbar. [...] Der Inwiler Schachen steht 1-1½ Meter unter Wasser.	Luzerner Tagblatt (17.6.1910)
1911, 17./18.5.	Gewitter	Grosse Überschwemmungen im Gebiet von Sempach-Neuenkirch-Rothenburg. Der Adewilerbach (von Bürlimoos), der Sellenbodenbach (bei Neuenkirch), die Gr. und Kl. Aa glichen reissenden Strömen bis zum Sempachersee. Mehrere Brücken wurden fortgerissen. Der Nachtschnellzug Chiasso-Basel musste über Rothkreuz-Aarau umgeleitet werden, wegen tiefer Geleiseunterspülung (Bürlimoos-Adelwil). Der Mühlebach überflutete das Städtchen Sempach und füllte Keller mit Wasser. Das Gebiet von Rothenburg-Station war im Umkreis von 1-2 km überschwemmt (Bäche v. West und Nord) [Buzibach].	Meier (1939)
1927, 2.8.	Gewitter	2. August. Das Unwetter, das am Nachmittag von Montreux über Thun, Langnau (Kanton Bern), Ruswil, Neuenkirch, Rothenburg, Eschenbach, Inwil und über die zugerische Gemeinde Risch bis nach Zürich zog, richtete im Kanton Luzern gewaltige Schäden an. Besonders der Hagel, daneben aber auch der Sturm und die wolkenbruchartigen Regengüsse führten zu ungewohnten Zerstörungen an Kulturen und Gebäuden, ja selbst an Fahrmis sowie an Wegen und Strassen. Ungefähr 4000 Besitzer kamen zu Schaden. Am schwersten betroffen wurden die Ämter Hochdorf und Luzern, während das Entlebuch nur geringere Schäden notierte und das Amt Willisau diesmal von der Katastrophe verschont blieb. [...] Die Schäden sind so gewaltig, dass es zweckmässig erscheint, dieselben auch noch gemeindeweise aufzuteilen. Wie die nachstehende Übersicht, die dem amtlichen Bericht entnommen, zeigt, wies die Gemeinde Rothenburg den grössten Schaden mit über einer Million Franken auf; sodann folgen Emmen, Ruswil, Eschenbach und Inwil, die alle mehr als eine halbe Million Franken Schaden registrierten. Die verhältnismässig geringsten Schäden zeigen die 4 Gemeinden des Entlebuch. Die Aufstellung zeigt, dass der bei weitem grösste Anteil am Schaden auf Hagel entfällt; während die Ziffern für Sturmschäden schon erheblich zurückbleiben, und Wasser- und Rutschungsschäden zusammen nur etwa 10% vom Total ausmachen.	Lanz-Stauffer und Rommel (1936)
		Die vom Unwetter heimgesuchten Gebiete boten einen trostlosen Anblick. Die Wiesen erschienen wie abgeweidet und das Getreide war völlig in den Boden gehackt. Auf den Kartoffelfeldern waren nur noch einige "Stirzel" zu sehen. Die Gemüsegärten zeigten sich so, als müssten sie noch auf die Neubestellung im Frühling warten. Kleine Bäche schwollen zu reissenden Strömen an, schwemmen Land fort und übersandeten grosse Gebiete.	Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen (1929)

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1927, 2.8. Fortsetz.	Gewitter	2. August ca. 17-18 h. Unwetterkatastrophe über dem mittleren Teil des Kantons Luzern; Der Sturm zerstörte Wälder ganz (Schwefelwald, Ruswil) oder teilweise; mehrere Schuppen, eine grosse, neue Scheune (Gremsen, Ruswil); entwurzelte tausende von Obstbäumen; legte eine grosse Telephon-Freileitung um (bei Lügisingen, Rothenburg) und wehte unzählige Ziegel von den Dächern. Der furchtbare Hagelschlag zerstampfte die Kulturen, entlaubte die Bäume, zertrümmerte die Fensterscheiben; die Schlössen von Hühnergrösse zerschlugen die Ziegeldächer (Rothenburg-Emmen-Root); so dass in Haus und Scheune durch einströmender Regen grosser Schaden entstand; sämtliche Ziegelfabriken der Schweiz waren ausverkauft und mussten noch Ziegel aus dem Ausland bezogen werden. Gross war auch der Hochwasserschaden, die Niederschlagsmenge wird 50-80 mm innert ½-1 Std. betragen haben. In den grossen Gärtnereien (Maihof, Luzern) wurden tausende von Treibhauseisen eingeschlagen und die Pflanzen stark beschädigt. Der Gesamtschaden im Kt. Luzern betrug ca. 6½ Millionen Franken, am schwersten betroffen wurden die Gemeinden Rothenburg (über eine Mill. Fr.), Emmen (800'000), Ruswil (750'000), Eschenbach (700'000), Inwil (500'000), Ballwil (390'000), Neuenkirch (380'000), Ebikon (360'000), Root (250'000 Fr.). Das Unwettergebiet im Kt. Luzern umfasste ca. 250 km ² . An der Rettungsaktion beteiligten sich über 2000 Feuerwehrleute.	Meier (1939)
1935, 29.5.	Gewitter	Grosses Hochwasser in der Gegend des Ruswilerberges (Ruswil, Hellbühl, Neuenkirch, Grosswangen, Nottwil und Oberkirch). Der Niederschlag wird auf 60-100 mm geschätzt.	Meier (1939)
1936, 10.5.	Gewitter	Grosses Hochwasser und Überschwemmungen in den Gebieten von Eschenbach und Ballwil (Seetal); Rüscheegg und Rüeggisberg; Blumenstein, Wislisau und Helgisried. 1936, genaues Datum unbekannt. Überschwemmung, Strumpfbach, Eschenbach; bei Durchlass SBB-Station Eschenbach Klosterhof.	Meier (1939) StorMe (2019)
1940, 11.7.	Gewitter	1940: Am 11. Juli wird das Einzugsgebiet des Rothbaches von einem schweren Gewitter mit Hagelschlag und ausserordentlichen Niederschlägen heimgesucht. Diese verursachen an einigen Stellen Überschwemmungen des Rothbaches. Das Wasser dringt in das Kesselhaus der Heizung in der Halle 1 ein, so dass die Heizkessel rosten und die Isolierung beschädigt wird.	Scheuteri (2009)
1972, 22./23.11.	Dauerregen	Langanhaltende, reichliche Niederschläge verursachten Überschwemmungen in 5 Kantonen. Nachhaltig getroffen wurde erneut das Luzerner Hinterland (Wigger- und Luthergebiet) sowie das aargauische Wiggertal. Eines der Hauptzentren der Regenflut ist Inwil und seine Umgebung. Das Tagblatt sprach mit Landwirt Emil Krauer von der Heitermatt, einem der exponiertesten Gebiete: "Soweit ich es von mir aus überblicken kann, stehen 400 bis 500 Haktaren unter Wasser. Alles ein einziger See! Die Reuss, der Rotbach, der Winkelbach und der Kanal sind über die Ufer getreten. Das Wasser ist zwischen einem und 1.20 Meter hoch!" Emil Krauer mag sich nicht erinnern, so etwas schon einmal gesehen zu haben. "Es muss sein wie anno 1910; der Vater selig erzählte jeweils davon", sinnierte er. Er selbst musste auf seinem Hof den ganzen Tag pumpen, um das Schlimmste zu vermeiden. "Wenn ein Damm bricht, bin ich dran", befürchtet er. Am meisten exponiert war gegen Abend die Schweinescheune des Bürgerheims Inwil: "Wenn es nicht bald aufhört, müssen wir mit den Säuen weg." Eine harte Situation für die Inwiler Bauern und für die feuerwehrleute dieser Gegend, die den ganzen Tag über gegen die Fluten ankämpften. Für die Inwiler Seenrundfahrt eignete sich die Hauptstrasse Buchrain-Inwil am besten. Bei der Bushaltestelle "Sagenwald" hinterliess das Areal der Wirth & Co. einen leicht zweckentfremdeten Eindruck. Die Tankstelle dieses unternehmens beispielsweise, für Autos gedacht, war bestenfalls noch mit einem Motorboot zu erreichen. Überhaupt hatte der Regen in diesem Betrieb Konsequenzen. Die Pferde, die in den benachbarten Stallungen untergebracht waren, hatten plötzlich ihre Hufe im Wasser und mussten zu einem Bauern evakuiert werden. geradezu idyllisch wenige Meter später ein uralter Baum, der seit zwei Tagen mitten im entfesselten Rotbach steht. Immerhin: Hier in Inwil nimmt man die Sache eher gelassen, der Schaden ist zumindest beim erwähnten Betrieb erträglich.	Röthlisberger (1991) Luzerner Tagblatt (23.11.1972) Luzerner Tagblatt (24.11.1972)
1973, 22.6.	Dauerregen	Im Gebiet von Inwil Überschwemmungen.	WSL (2019)
1975, 23.8.	Dauerregen	Schiltwald, Inwil: bei Gisikon, Schiltwald und Inwil "Seen" entstanden -> Schaden an Kulturland.	WSL (2019)
1978, 7.8.	Dauerregen	Schlimm sah es zeitweise auch im Kanton Luzern aus: Weggis war vorübergehend von der Umwelt abgeschnitten, zwischen Buchrain und Inwil lagen bis zu 50 Zentimeter Wasser auf der Strasse (der Rotbach war über die Ufer getreten), in Ebikon mussten Keller ausgepumpt und in Horw mussten verschiedene Zelte abgeräumt werden.	Luzerner Tagblatt (9.8.1978)

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1978, 7.8. Fortsetz.	Dauerregen	Emmen: in Emmen Wasserschäden (überschwemmte Keller, Strassen); im Gebiet Ausbrüche der Reuss und der Kleinen Emme. Neuhüseren: Wasserschäden (Keller, Strassen, Kulturland); im Gebiet Ausbrüche des Rotbaches. Hüslen-Emmen: Wasserschäden (Überschwemmungen) im Gebiet Hüslen-Emmen; im Gebiet Ausbrüche des Rotbaches. Waltwil-Rotbach: Wasserschäden (Überschwemmungen) in Waltwil; Ausbrüche des Rotbaches. Inwil: Wasserschäden (überschwemmte Keller, Strassen und Kulturland); im Gebiet Ausbrüche der Reuss.	WSL (2019)
1981, 17.7.	Dauerregen	Emmen: In Emmen überschwemmte Keller.	WSL (2019)
1982, 5.8.	Gewitter	Ballwil, Eschenbach, Neuenkirch: Überschwemmungen (Wasserschäden), überschwemmte Keller u. a. In Ballwil insgesamt 20 Einsätze (Wehrdienste). Anmerkung: schweres Unwetter mit Hagel, Sturm und sintflutartigem Regen (und Hagel) am Donnerstagabend um 20:30 Uhr mit Zentrum im Gebiet Sempach-Eich. 1982, genaues Datum unbekannt. Rothenburg: Grube des Öltanks der Firma Pistor mit Oberflächenwasser überschwemmt.	WSL (2019) StorMe (2019)
1984, 9.8.	Gewitter	10.8.1984. Emmen: Überschwemmungen (u.a.?) Fabrikareal. Eschenbach: Wasserschäden (Überschwemmungen). 9.8.1982. Rothenburg: Wassereinbrüche bei: Pistor, Sabag.	WSL (2019) StorMe (2019)
1986, 16.6.	Gewitter	Emmen, Neuenkirch, Rothenburg: Überschwemmungen (Wasserschäden); im Gebiet [Emmen] Ausbrüche des Rotbaches. Anmerkung: Im Kanton LU über 400 Notrufe; Schäden dürften die Millionengrenze überschreiten; an insgesamt 250 bis 300 Gebäuden Schäden (Schäden auch an Strassen, Brücken und Bachufern). Gewitter z. T. mit Hagel. 16.6.1986. Rothenburg: Orkanartige Regenfälle überfluteten das Stationsgebiet, Rotbach Schäden bei Stampfi, Gärbibach Schäden bei Lindau und Friedhof Bärtiswil.	WSL (2019) StorMe (2019)
1988, 26.5.	Gewitter	Emmen: Überschwemmungen. Hellbühl: Im Gebiet Blatten-Malters-Hellbühl verschiedene Erdrutsche; Schächte konnten Wasser nicht mehr schlucken, in der Folge Überschwemmungen. Überschwemmte Keller, Strassen und Kulturen.	WSL (2019)
1988, 16.6.	Gewitter	Emmen, Inwil: Überschwemmungen; u. a. Ausbrüche des Rotbaches im Bereich Emmen/ Inwil. Emmen (oder Inwil?): Tenniszentrum überschwemmt; Schaden rund 300'000 Fr. (infolge überlasteter Kanalisation ?). Neuenkirch / Emmenbrücke: zwischen Neuenkirch und Emmenbrücke Strassen- (und/ oder Bahn-)Unterbrücke; Bachausbrüche und Überschwemmungen. Rothenburg: Keller, Strassen und Autos überschwemmt. Waldibrücke / Eschenbach: Zwischen Waldibrücke und Eschenbach Verkehrsunterbrücke (Strassen). Anmerkung: Unwetter mit Schwerpunkt Willisau (Luzerner Hinterland) und Stadt Luzern. 1 Toter und enormer Sachschaden, zahlreiche Bahn- und Strassenunterbrücke; total 2500 Feuerwehrleute im Einsatz. 16.6.1988. Rothenburg: Gärbibach: Schäden bei Lindau, Strässchen beim Friedhof Bertiswil beschädigt. Chärnsbach: Hotel Chärns matt, Rotbach/Buzibach verursachen Schäden	WSL (2019) StorMe (2019)
1989, 10.7.	Gewitter	Ballwil, Hohenrain, Inwil, Neuenkirch, Hellbühl, Rothenburg: Überschwemmungen. Emmen (und andere Luzerner Vorortsgemeinden - Namen im einzelnen nicht bekannt): Überschwemmungen; Keller überschwemmt. Emmen: Stau an Brücke über den Rotbach (Überschwemmung der Käserei) [alte Brücke beim heutigen Pegel]. Eschenbach-Waldibrücke: Bahnunterbruch wegen Unterspülung der Geleise. Eschenbach: Unterführung überschwemmt durch Strumpfbach. Anmerkung: Feuerwehreinsätze in 16 Gemeinden - überschwemmte Keller, unterbrochene Verkehrswege zu Schiene und Strasse, mit Geröll übermurt Kulturen; Gewitterzug vom Entlebuch bis Hochdorf mit zahlreichen Bachausbrüchen. Im Seetal (Amt Hochdorf) wurden folgende Lokalitäten betroffen: Hochdorf, Eschenbach/Waldibrücke, Ballwil, Neuenkirch, Ruswil, Hellbühl, Inwil, Hohenrain, Rothenburg. 10.7.1989. Rothenburg: verschiedene Eindolungen von Buzibach verstopft, weite Teile des Industriegebiets überschwemmt; Mauritiusring überschwemmt	WSL (2019) StorMe (2019)
1990, 30.8.	Gewitter	Emmen, Eschenbach: Überschwemmte Keller und Strassen, aber keine grossen Schäden. Anmerkung: Wasserschäden, überschwemmte Keller, Strassen, aber keine grossen Schäden. Betroffene Orte: im Kanton LU Ebikon, Adligenswil, Udligenswil, Emmen, Eschenbach; im Kanton SZ: Küsnacht, Merlischachen.	WSL (2019)
1992, 21.7.	Gewitter	Ballwil: Überschwemmte Keller, Strassen und Felder. Eschenbach, Hohenrain: Überschwemmungen, Feuerwehreinsätze.	WSL (2019)

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1992, 22.7.	Gewitter	Hellbühl: Überschwemmungen infolge sintflutartigen Regenfällen. Anmerkung: im Gebiet (Sempach-Neuenkirch-Hellbühl) Ausbruch der Grossen Aa, u. a. Lager von Elektrofabrik in Mitleidenschaft gezogen.	WSL (2019)
1993, 23.6.	Gewitter	Emmen: 60 Schadenmeldungen (überschwemmte Keller, Liftschächte, Ladenlokale); Ausbruch Rotbach. Rothenburg: Überschwemmungen. Anmerkung: Generell im Grossraum Luzern vermochten Kanalisationen Wasser nicht mehr zu schlucken, Schachtdeckel wurden abgehoben; Strassen verwandelten sich in Sturzbäche, schwere Verkehrsbehinderungen, Dauereinsätze von Feuerwehren.	WSL (2019)
1993, 5.7.	Gewitter	Ballwil: Überschwemmungen, Feuerwehreinsätze. Eschenbach: Überschwemmungen. Inwil: Ausbruch aller Bäche mit viel Geschiebe und Schlamm ... die Hauptstrasse wurde zu einem reissenden Wildbach ... Schulhaus, Gemeindearchiv und Wohnhäuser z. T. meterhoch im Wasser ... unzählige Keller und Garagen überschwemmt, Militäreinsätze. Schäden in Millionenhöhe ... In Inwil soll es laut Privatmessungen eines Landwirts innert weniger Stunden rund 100 mm geregnet haben.	WSL (2019)
		Franz Banz (Jg. 1959) ist in Inwil aufgewachsen und arbeitet seit 25 Jahre für diese Gemeinde. Der Inwiler Dorfbach verkleuste bei einer Überdeckung ca. 100 m unterhalb der Ballwilerstrasse. Die Überdeckung wurde nachträglich entfernt. Der Schulhausbach überschwemmte das Schulhaus bei diesem Ereignis bereits das dritte Mal.	Franz Banz
1993, 3.8.	Gewitter	Emmen: Überschwemmungen, Bachausbrüche, Feuerwehreinsätze wegen überschwemmter Keller. Anmerkung: In Schwarzenberg, Malters und Emmen Überschwemmungen, Bachausbrüche, Feuerwehreinsätze wegen überschwemmter Gebäude usw.	WSL (2019)
1994, 10.8.	Gewitter	Emmen: Keller (rund 12 Keller überschwemmt) und Strassen überschwemmt; Feuerwehreinsätze.	WSL (2019)
1995, 25.12.	Dauerregen	Überschwemmung, Dorfbach, Eschenbach. 1.5m Wasser bei Einfahrt Einstellhalle.	StorMe (2019)
1996, 2.8.	Gewitter	Inwil: Überschwemmungen; Emmen: Überschwemmungen, 30 Keller überschwemmt; ca. 2 Mio Schäden in der Region Luzern.	WSL (2019)
		Rotbach – Emmen, Neuhüsern: 0.9 m³/s [korrigiert: 1.3 m³/s]	Kt. LU
1997, 5.7.	Gewitter	Allgemeine Lage: Vom 05.07.97 auf den 06.07.97 gab es in der ganzen Schweiz heftige Regenschauer und Gewitter. Kanton Luzern: Lokale Gewitter und intensive Regenfälle führten zu Bachausbrüchen und zu überlasteten Kanalisationen. Sempach-Station (Gde. Neuenkirch): Das Industriegebiet bei Sempach-Station wurde von mehreren Bächen überchwemmt, unter anderem auch von der Grossen Aa sowie vom Lippenrütibach. SBB Strecke Neuenkirch-Nottwil: Die SBB Strecke Neuenkirch-Nottwil wurde überschwemmt. Adelwil (Gde. Neuenkirch): Im Gebiet Adelwil (Gde. Neuenkirch) gab es Überschwemmungen. Unterwalden (Gde. Neuenkirch): Im Gebiet Unterwalden (Gde. Neuenkirch) wurde eine Bahnunterführung überschwemmt.	
		Rotbach – Emmen, Neuhüsern: 25.7 m³/s [korrigiert: 45.5 m³/s]	Kt. LU
1998, 21.7.	Gewitter	Ein 20-Minuten-Hagelgewitter verursachte in Luzern und Agglomeration Millionenschäden. Es wurde eine bis zu 40 cm hohe Hagelschicht gemessen. Hagelkörner so gross wie Zwetschgen und Holz verstopften Einlaufschächte und Abläufe. Dies führte zu zahlreichen Überflutungen so z.B.: Autobahn A2, Strassen, Keller, Wohnungen, Büros, Restaurants und Unterführungen. Die Feuerwehr von Emmen/ Rothenburg musste einige Einsätze leisten (inkl. Hagel).	WSL (2019)
		Rotbach – Emmen, Neuhüsern: 4.7 m³/s [korrigiert: 5.0 m³/s]	Kt. LU
1999, 12./13.5.	Dauerregen	Von den ergiebigen Niederschlägen während dem Auffahrts-Unwetter (genauer Zeitpunkt nicht bekannt) war in Rothenburg auch das Areal des Familiengärtnervereins an der Neumoosstrasse betroffen. Im unteren Teil des Areals standen selbst die Gartenhäuschen im Wasser. Am Auffahrtsdonnerstag (13. Mai) war die Seetallinie (Bahn) in Waldibrücke während einiger Stunden gesperrt (keine Angabe der Ursache, wahrsch. Überflutung). Die Ortschaft Waldibrücke liegt grösstenteils in der Gde Emmen. Der Waldibach bildet die Gde.grenze zu Eschenbach.	WSL (2019)
		13.5.1999: Rotbach – Emmen, Neuhüsern: 17.2 m³/s [korrigiert: 23.7 m³/s]	Kt. LU
		Ereignistag und -monat nicht bekannt: Überschwemmung, Dorfbach, Eschenbach. Wasser lief in die Bäckerei von Café Brioche. Überschwemmung, Strumpfbach, Rotmatt, Eschenbach. Überschwemmung, Dorfbach, Wässermatte, Eschenbach	StorMe (2019)

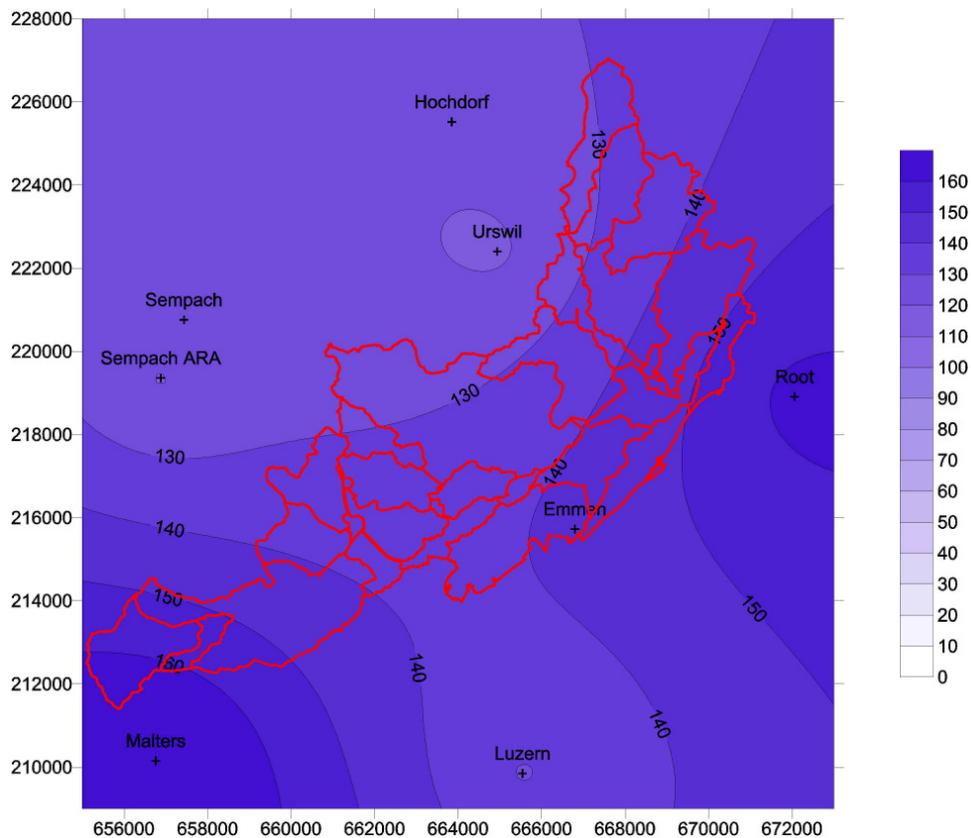
Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1999, 13.7.	Gewitter	Neuenkirch: Aufgrund eines starken Gewitters am Abend musste die Feuerwehr Keller auspumpen und Strassen räumen.	WSL (2019)
		Rotbach – Emmen, Neuhüsern: 3.5 m³/s [korrigiert: 3.8 m³/s]	Kt. LU
2002, 6.6.	Gewitter	Rothenburg: Verklauung der Eindolung des Hundisbach durch Abfall, Hocke: Strasse/Kulturland überschwemmt. Chärnsbach: Schäden am Hotel Chärns matt. Höchweid: Keller gefüllt, Hasengässli: Wasser aus Bach (?) und Hangwasser bringen Feuerwehrweiher zum Überlaufen, Schaden an Wohnhäusern.	StorMe (2019)
		In Rothenburg leistete die Feuerwehr 15 kleinere Einsätze.	WSL (2019)
		7.6.2002: Rotbach – Emmen, Neuhüsern: 26.7 m³/s [korrigiert: 34.8 m³/s]	Kt. LU
		Franz Banz (Jg. 1959) ist in Inwil aufgewachsen und arbeitet seit 25 Jahre für diese Gemeinde. Sowohl 2002, 2005 als auch 2007 staute die Reuss und der Rotbach den Schwinibach und seine Zuflüsse zurück, sodass dieser ausuferte und die Ebene überschwemmte. Bei der Bergschaustrassenbrücke gab es dabei keinen Rückstau durch den Schwinibach und die Hochwasserabflüsse bereiteten keine Probleme; die Brücken unterhalb waren hingegen im Rückstau.	Franz Banz
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. Die Linie der Seetal-Bahn war in Eschenbach zeitweise unterbrochen.	WSL (2019)
		Rotbach – Emmen, Neuhüsern: 1.3 m³/s [korrigiert: 1.2 m³/s]	Kt. LU
		Wasser, Inwil: Die Feuerwehr musste bei 17 Kellern Wasser auspumpen. Das Wasser kam durch die Leitung oder durch den Anstieg vom Grundwasser in den Keller, Standorte zerstreut nicht kartiert. [Fotodokumentation: Hochwasserereignis Schulhausbach / 7. Juni 2003: Verstopfter Bacheinlauf] Überschwemmung, Rotzige, Eschenbach [Sonnhalde]	StorMe (2019)
2005, 15.8.	Gewitter	Wegen starker Regenfälle wurden in Hitzkirch und Rothenburg einzelne Keller überschwemmt. Das Wasser gelangte in die Häuser, weil sich die Kanalisationsschächte verstopften und überliefen.	WSL (2019)
		Rotbach – Emmen, Neuhüsern: 14.6 m³/s [korrigiert: 15.3 m³/s]	Kt. LU
2005, 21./22.8.	Dauerregen	Eschenbach: Seetallinie (SBB) zwischen Waldibrücke (Emmen) und Eschenbach (wahrsch. Schadenort) unterbrochen. Neuenkirch und Hellbühl: Keller leergepumpt, Unrat in Bächen, Unterführungen überschwemmt.	WSL (2019)
		Inwil: Das Hochwasser der Reuss führte zu einem Rückstau des Rot- und des Winkelbachs südlich von Inwil. Beide Bäche traten über die Ufer und überschwemmten die Ebene bis zur Autobahn A14 (zwischen Gisikon und Rotsee gesperrt). - Firmen Eurostaro (gesamte Elektronik im Wasser) und Ziegelei Ineichen beschädigt - Festival-Gelände in der Fahrmatte unter Wasser (Absage Openair) - Hauptstrasse Buchrain - Inwil gesperrt, Hauptstrasse Emmen - Inwil gesperrt.	
		Emmen: Rotbach - Strasse zeitweise gesperrt - kleinere Rutschungen in den Rotbach, Anriss oberhalb Gebäude Rothenburg: - Überschwemmung eines Bauernhauses (Unterhocken) - Keller wurden ausgepumpt, Gärten überschwemmt - Trinkwasser verunreinigt, Telefonnetz zeitweise ausgefallen - Kulturland überschwemmt. Schäden Wald: Rotbach: Mehrere „Hangschlipfs“ mit Gehölz im Gerinne und auf den Maschinenwegen; Rotbach: Maschinenwege ausgespült Knüsel, Korporation, Anliker	
		21.8.2005: Rotbach – Emmen, Neuhüsern: 32.7 m³/s [korrigiert: 46.4 m³/s]	Kt. LU
		Überschwemmung, Dorfbach, Sonnhalde, Eschenbach; Verklauung bei Durchlass. Überschwemmung, Rothenburg; ebenfalls div. Rutschungen an Uferhängen des Rotbachs; Zerstörung zweier Brücken durch Rotbach; Hangwasser überschwemmt Landwirtschaftsland bei Grossmatt; Hangwasser überschwemmt Sägerei Schürch; Garbibach verursacht Schaden bei Lindau.	StorMe (2019)
		Franz Banz (Jg. 1959) ist in Inwil aufgewachsen und arbeitet seit 25 Jahre für diese Gemeinde. Sowohl 2002, 2005 als auch 2007 staute die Reuss und der Rotbach den Schwinibach und seine Zuflüsse zurück, sodass dieser ausuferte und die Ebene überschwemmte. Bei der Bergschaustrassenbrücke gab es dabei keinen Rückstau durch den Schwinibach und die Hochwasserabflüsse bereiteten keine Probleme; die Brücken unterhalb waren hingegen im Rückstau. Der Inwiler Dorfbach uferte 2005 bei der Raiffeisenbank aus. Nachträglich wurde an dieser Stelle eine Mauer erstellt. [Aufgrund dieser Angabe wurde die Hochwasserspitze von der Scherrer AG auf 8 - 12 m³/s abgeschätzt.]	Franz Banz

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
2006, 5.7.	Gewitter	Heftige Gewitter fegten von 15 Uhr bis 21 Uhr über die Schweiz. Die meisten Schäden entstanden jedoch durch Hagel und Sturm. Im ganzen Kanton mussten an 23 verschiedenen Orten die Feuerwehr ausrücken, meist wegen entwurzelter Bäume oder überschwemmter Keller. Zwischen Waldbrücke und Eschenbach wurden auf der SBB-Strecke Luzern - Lenzburg die Bahngleise unterspült. Fünf Züge mussten durch Busse ersetzt werden. Rotbach – Emmen, Neuhüsern: 6.9 m³/s [korrigiert: 6.2 m³/s]	WSL (2019) Kt. LU
2007, 21.7.	Gewitter	Zum 3. Mal innert 3 Tagen haben am Abend des 21.7.07 Gewitter in der Schweiz Erdbeben und Überschwemmungen verursacht. Besonders betroffen waren diesmal die Kantone Bern und Luzern. Im Berner Oberland, Emmental und Entlebuch fielen zw. 30 und 65 l Wasser pro m². Im Kanton Luzern waren laut Schätzungen der Kantonspolizei 30 Haushalte vom Unwetter tangiert. In Schüpfheim, Malers, Kriens und Emmen mussten Strassen wegen Überschwemmungen gesperrt werden. An allen Einsatzorten wurden mehrere Kellerräume mit Wasser gefüllt. Rotbach – Emmen, Neuhüsern: 16.5 m³/s [korrigiert: 18.0 m³/s]	WSL (2019) Kt. LU
2007, 8.8.	Dauerregen	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 1500 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 Schadenssumme von 6-8 Mio. Fr. Am stärksten betroffen waren die Gemeinde Littau und das Seetal. Beim Ausgang Ballwil Richtung Eschenbach hat sich infolge der Wassermassen ein See gebildet. Die Strasse H26 von Emmenbrücke nach Ballwil war wegen Hochwassers gesperrt. Kabelstörungen / diverse Unterbrüche (Festnetz/Mobilfunk) der Swisscom als Folge des Hochwassers oder Hangrutschens gab es u.a. in Ballwil/Inwil. In Inwil wurden ein Vorplatz und eine Garage überschwemmt. Die Strasse Inwil - Gisikon war wegen Hochwassers gesperrt. Die Autobahn A14 war von Rathausen (Gemeinde Ebikon) bis Gisikon gesperrt (rechte Spur; Schadenort unklar). Kabelstörungen / diverse Unterbrüche (Festnetz/Mobilfunk) der Swisscom als Folge des Hochwassers oder Hangrutschens gab es u.a. in Ballwil/Inwil. Rotbach – Emmen, Neuhüsern: 31.8 m³/s [korrigiert: 44.6 m³/s]	WSL (2019) Kt. LU
		Ballwil: Diverse Überflutungen durch Ausuferungen bei Durchlässen und geringen Gerinnekapazitäten. Bereich Flurweid / Neumatt durch Dorfbach; Flurweid durch Flurkanal / Oberflächenabfluss; Sagi / Gorgen durch Gorgenbach; oberhalb Gibelfühstrasse, Gerligenmatte durch Gerligenbach, Gerligen durch Brandbach, unterhalb Wassergass durch Dreiengraben. Überschwemmung, Hiltig- und Gerligenbach, Ballwil [Fotodokumentation] Eschenbach: Mühlebach / Dorfbach [Fotodokumentation: Dorfbach: Ausuferungen Lindenbrunnen] Inwil: Hiltigenbach / Mühlebach, Industrie: Überflutung Kantonsstasse, 2 Wohnhäuser beschädigt. Emmen: Durch Ausbruch Waldibach wurden 3 Wohnhäuser beschädigt. Waltwil / Täschlerhüsi: Rotbach und Augraben treten über die Ufer. [Fotodokumentation Emmen, Waldibach] [Aufgrund dieser Fotodokumentation wurde die Hochwasserspitze von der Scherrer AG auf 16 - 20 m³/s abgeschätzt.] Fotos zeigen den Hochwasser führenden Schwinibach im Bereich der ARA und oberhalb.	StorMe (2019) feuerwehr-oberseetal.ch
		Franz Banz (Jg. 1959) ist in Inwil aufgewachsen und arbeitet seit 25 Jahre für diese Gemeinde. Sowohl 2002, 2005 als auch 2007 staute die Reuss und der Rotbach den Schwinibach und seine Zuflüsse zurück, sodass dieser ausuferte und die Ebene überschwemmte. Bei der Bergschaustrassenbrücke gab es dabei keinen Rückstau durch den Schwinibach und die Hochwasserabflüsse bereiteten keine Probleme; die Brücken unterhalb waren hingegen im Rückstau. 2007 uferte der Schwinibach bei der Garage unterhalb der Hauptstrasse aus. Nachträglich wurde an dieser Stelle eine Mauer erstellt. [Aufgrund dieser Angaben wurde die Hochwasserspitze von der Scherrer AG auf 17 - 21 m³/s abgeschätzt.]	Franz Banz
2010, 22.7.	Gewitter	Am Nachmittag gingen Gewitter u.a. auch über den Kt. Luzern. Der Gewitterzug überquerte das Kantonsgebiet vom Entlebuch her in Richtung Zug. Die Feuerwehr Emmen hatte 12 Einsätze - Ursache unklar. Rotbach – Emmen, Neuhüsern: 14.9 m³/s [korrigiert: 16.1 m³/s]	WSL (2019) Kt. LU

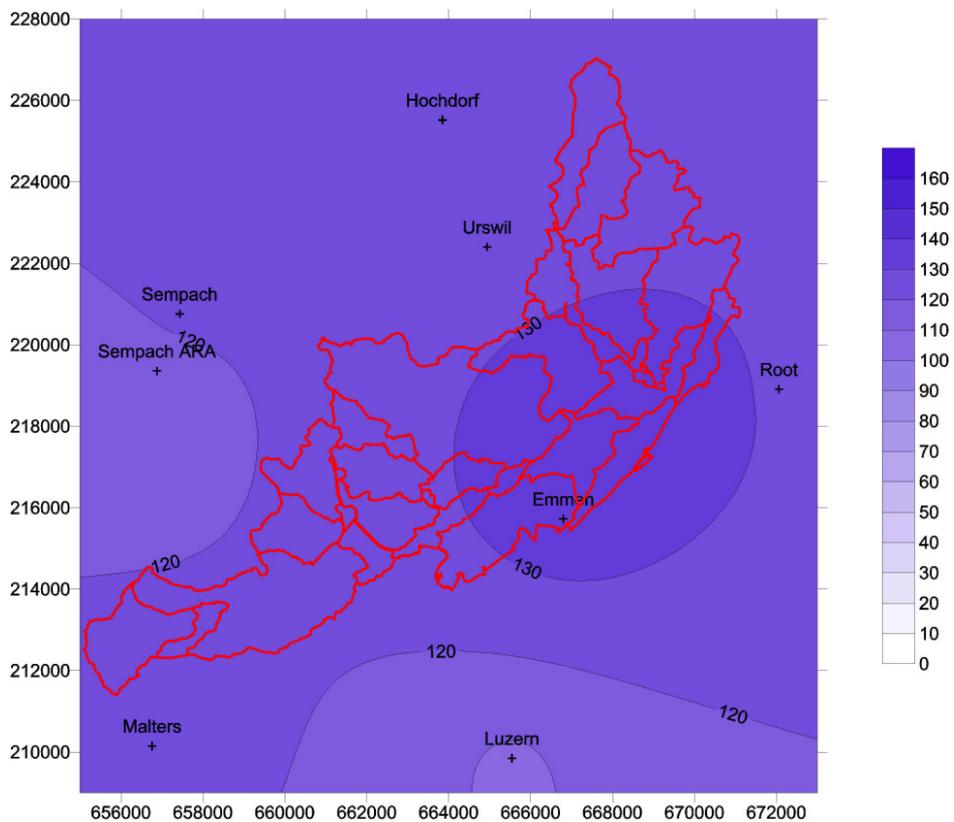
Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
2012, 7.6.	Dauerregen	In den Kantonen Zug und Luzern war es am Abend nach heftigen Regenfällen zu Überschwemmungen gekommen. Auf der Linie Malers-Emmen-Root bis zum Zugersee wurden vom 07.06. morgens bis 08.06. morgens bis zu 78 l pro m ² gemessen. Gesamthaft standen 120 Feuerwehrleute von 8 Feuerwehren im Kanton LU im Einsatz. Laut Gebäudeversicherung entstanden nur geringe Schäden. Man erwartete insgesamt ca. 50 Meldungen mit einer gesamten Schadenssumme von 0.5 Mio. CHF (7. und 8.6.12). Der starke Regen ging zwischen 19:30 und 20 Uhr nieder und betraf am Rand die Stadt Luzern sowie vor allem Emmen, Gisikon, Honau und Meierskappel. In Emmen wurden 25 Keller überschwemmt. Bei Emmenbrücke stand eine Unterführung unter Wasser. Wasser befand sich auf einer weiteren Strasse. Die Autobahntunterführung in Rothenburg stand komplett unter Wasser. Die Feuerwehr verzeichnete am 7. und 8.6. Einsätze an der Stationsstrasse.	WSL (2019)
		Rotbach – Emmen, Neuhüsern: 11.8 m ³ /s [korrigiert: 11.6 m ³ /s]	Kt. LU
		Emmen, Ober Erlen, Augrabe: Anwohner konnten mit Sandsäcken Wasser grösstenteils daran hindern in die Tiefgaragen Ober Erlen 39 und Ober Erlen 33 zu fliessen.	StorMe (2019)
2014, 11.7.	Dauerregen	Der starke Regen hat am Wochenende in der ganzen Schweiz vielerorts Schäden angerichtet. Auf der Autobahn A2 zwischen Rothenburg und Sursee kam es zu Stau wegen Wasser auf der Fahrbahn. Anmerkung: Nicht klar in welcher Gemeinde. In Rothenburg war die Kantonsstrasse unter Wasser, sowie (gemäss Abbildungen) eine Unterführung und ein Abstellgleis.	WSL (2019)
		Rotbach – Emmen, Neuhüsern: 24.3 m ³ /s [korrigiert: 29.6 m ³ /s]	Kt. LU
2014, 14.7.	Gewitter	Der Grossteil der Feuerwehreinsätze fand in den westlichen Agglomerationen von Luzern und im Entlebuch statt. Die Gebäudeversicherung Luzern ging davon aus dass zwischen 50-70 Gebäude (Annahme: im Kanton) beschädigt wurden. Die geschätzte Schadenssumme betrage 0.5 Mio. CHF. Im Kanton LU standen 11 Feuerwehren im Einsatz. Die Feuerwehr Rothenburg musste an den Lindauweg 2 ausrücken (Grund unklar).	WSL (2019)
		Rotbach – Emmen, Neuhüsern: 16.2 m ³ /s [korrigiert: 16.8 m ³ /s]	Kt. LU
2014, 5.10.	Gewitter	Infolge eines Gewitters war eine Einstellhalle/Tiefgarage bis unter die Decke mit Wasser gefüllt.	WSL (2019)
		Rotbach – Emmen, Neuhüsern: 1.1 m ³ /s [korrigiert: 0.9 m ³ /s]	Kt. LU
2015, 1.-4.5.	Dauerregen	Dauerregen (kombiniert mit Schneeschmelze) vom 1.-3. sorgte in mehreren Kantonen für Überschwemmungen. Vom 2. bis 4. waren rund 18 Feuerwehren im Kanton LU im Einsatz. Es traten vor allem Bäche über die Ufer, und es gab überschwemmte Strassen. Rothenburg: Nach heftigen Regenfällen war eine Scheune überflutet und ein Schacht verstopft. Das Wasser musste abgepumpt werden.	WSL (2019)
		4.5.2015: Rotbach – Emmen, Neuhüsern: 15.8 m ³ /s [korrigiert: 17.1 m ³ /s]	Kt. LU
2016, 14.5.	Dauerregen	Vom 13. bis in der Nacht auf den 15. wurden am östlichen und zentralen Alpennordhang verbreitet 110-160 mm Niederschlag gemessen. Im Kanton Luzern kam es vor allem zu Kellerüberflutungen und über die Ufer getretene Bäche. Betroffen war vor allem die Stadt und Agglomeration Luzern. Keller und Schächte mussten ausgepumpt werden. Einige Strassen wurden geflutet. 11 Feuerwehren standen im Einsatz - 51 Meldungen registrierte die Luzerner Polizei. Die Feuerwehr von Emmen registrierte diverse Meldungen im Gemeindegebiet (Hochwasser beim Seetalplatz, Wasser im Keller beim Meiliplatz, Wassereintritt an der Emmenweidstrasse).	WSL (2019)
		Rotbach – Emmen, Neuhüsern: 13.9 m ³ /s [korrigiert: 14.5 m ³ /s]	Kt. LU
2017, 15.12.	Dauerregen	Wegen der grossen Regenmengen traten an mehreren Orten Bäche und Weiher über die Ufer. Strassensperrungen und Verkehrsbehinderungen waren die Folge. In der Luzerner Vorortsgemeinde Emmen musste die Hauptstrasse zwischen Waldibrücke und Emmen wegen Hochwassers zeitweilig gesperrt werden. Neben Strassen wurden auch Unterführungen, Keller und Schächte überschwemmt.	WSL (2019)
		Rotbach – Emmen, Neuhüsern: 19.0 m ³ /s [korrigiert: 21.8 m ³ /s]	Kt. LU
2018, 13.9.	Gewitter	Ein heftiges Gewitter zog über den Kanton Luzern. Bei der Luzerner Polizei gingen 52 Notrufe mit Schadensmeldungen wegen überfluteter Keller und Strassen ein, die meisten zwischen 18 und 19.30 Uhr. Nebst dem Feuerwehrinspektorat seien ab 18.03 Uhr acht Feuerwehren mit etwa 235 Eingeteilten im Einsatz gewesen. Betroffen waren die Gebiete Oberer Sempachersee, Rain, Hochdorf Oberseetal, Neuenkirch-Hellbühl, Menznau, Römerswil und Meggen. Etliche Keller, Garagen und Unterführungen seien ausgepumpt worden.	WSL (2019)
		Rotbach – Emmen, Neuhüsern: 5.7 m ³ /s [korrigiert: 5.2 m ³ /s]	Kt. LU

Nr. Station	4590 Luzern	6800 Sempach	LU 01 Emmen	LU 02 Malters	LU 03 Root	LU 04 Sempach ARA	LU 06 Hochdorf	agrometeo Urswil	agrometeo Buchrain	agrometeo Hohenrain
Messperiode	1978 -	1961 -	1999 -	1999 -	1999 -	1999 -	1999 -	2003 -	2008 -	2008 -
X	665543	657433	666800	656760	672060	656880	663850	664939	669888	666800
Y	209849	220760	215725	210150	218910	219360	225520	222403	216871	226300
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	7-7 Uhr	7-7 Uhr
15.08.2005	38.0	24.8	36.9	17.2	27.0	20.5	33.8	32.2		
16.08.2005	1.3	0.0	2.8	1.5	2.8	1.3	1.7	2.4		
17.08.2005	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
18.08.2005	1.6	14.2	0.9	7.3	0.3	20.0	0.4	0.8		
19.08.2005	23.6	35.5	25.1	49.8	20.2	27.5	35.2	32.8		
20.08.2005	24.5	24.4	45.7	37.2	72.1	22.3	24.8	24.8		
21.08.2005	81.1	70.2	72.5	90.0	70.9	69.3	63.4	60.6		
22.08.2005	25.9	15.3	17.4	25.7	18.5	12.4	7.8	8.4		
23.08.2005	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2		
19.-21.8.2005	129.2	130.1	143.3	177.0	163.2	119.1	123.4	118.2		
02.08.2007	22.4	11.2	27.7	27.7	63.4	7.5	15.5	14.0		
03.08.2007	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0		
04.08.2007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
05.08.2007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
06.08.2007	0.1	0.0	3.5	1.0	5.8	1.0	0.3	11.2		
07.08.2007	50.7	48.3	62.0	54.9	54.0	46.4	53.6	35.0		
08.08.2007	57.0	76.0	71.8	71.1	69.6	63.8	70.7	80.8		
09.08.2007	4.6	6.7	5.0	5.1	3.7	3.8	2.9	1.6		
10.08.2007	0.8	2.0	1.1	1.2	1.8	1.2	1.8	2.0		
6.-8.8.2007	107.8	124.3	137.3	127.0	129.4	111.2	124.6	127.0		
05.07.2014	0.1	0.0	0.5	0.1	0.2	0.3	0.6	0.0	0.2	0.0
06.07.2014	22.0	9.2	15.3	10.1	10.4	7.5	13.5	3.2	3.6	18.2
07.07.2014	12.1	9.4	11.3	13.9	10.5	6.6	6.6	1.2	0.0	14.0
08.07.2014	11.6	18.0	12.9	13.3	11.4	17.0	0.2	23.0	0.2	10.4
09.07.2014	11.5	14.7	1.1	11.7	10.8	15.4	7.4	7.8	3.6	7.8
10.07.2014	9.6	10.4	8.8	5.5	11.2	7.5	5.7	5.0	0.2	21.0
11.07.2014	12.4	40.2	8.5	35.7	5.4	11.8	17.3	10.2	0.2	9.6
12.07.2014	25.9	15.6	3.9	24.1	24.0	12.3	12.7	1.6	6.4	14.4
13.07.2014	8.3	7.1	3.6	4.1	1.2	2.7	2.0	3.8	0.4	1.6
9.-11.7.2014	33.5	65.3	18.4	52.9	27.4	34.7	30.4	23.0	4.0	38.4

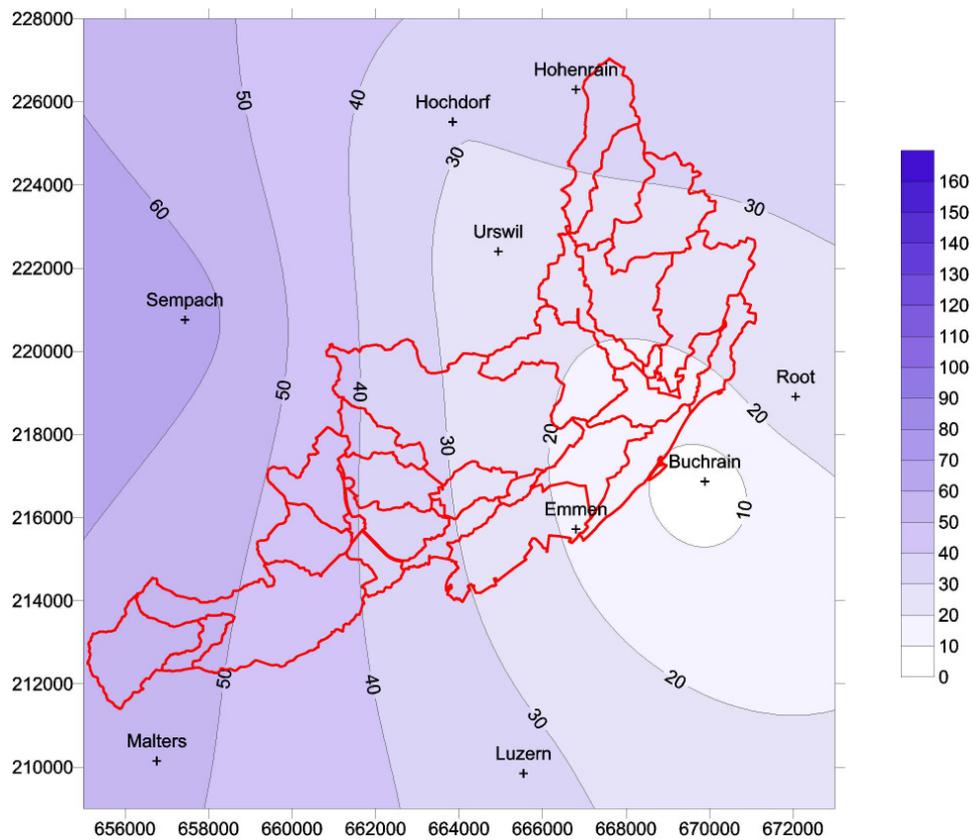
Anhang 2.1: In der Umgebung von Emmen während der Hochwasser im August 2005 und 2007 sowie Juli 2014 gemessene Niederschlagsmengen.



Anhang 2.2: Verteilung der Niederschlagssummen am 19. - 21.8.2005 aufgrund der Bodenstationen. Die verwendeten Niederschlagsstationen sind im Anhang 2.1 aufgelistet.



Anhang 2.3: Verteilung der Niederschlagssummen am 6. - 8.8.2007 aufgrund der Bodenstationen. Die verwendeten Niederschlagsstationen sind im Anhang 2.1 aufgelistet.



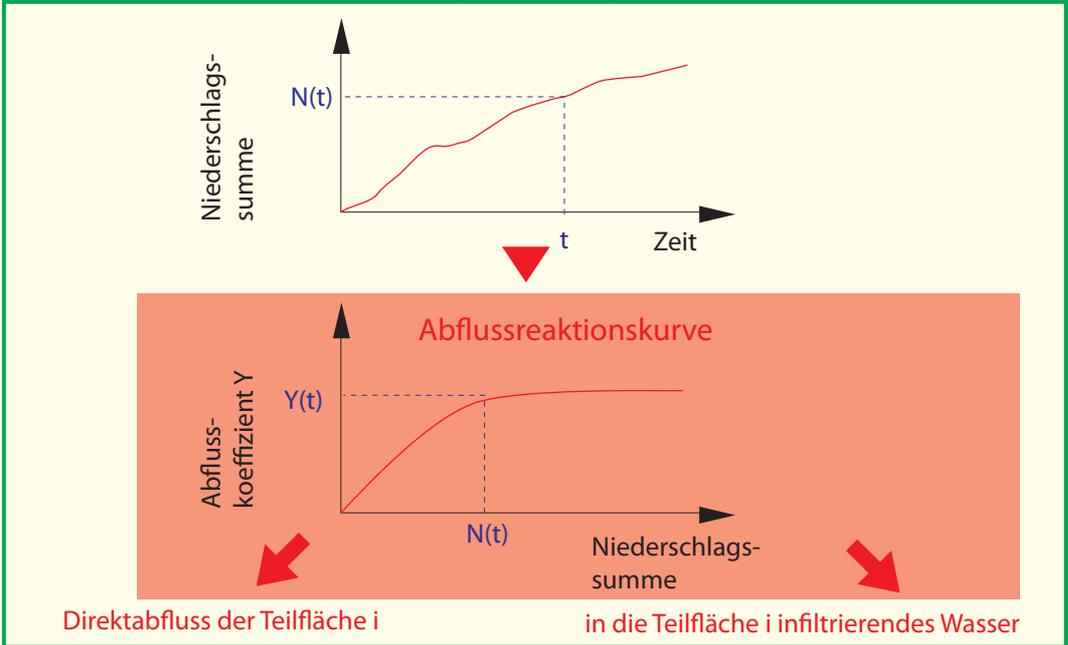
Anhang 2.4: Verteilung der Niederschlagssummen am 9. - 11.7.2014 aufgrund der Bodenstationen. Die verwendeten Niederschlagsstationen sind im Anhang 2.1 aufgelistet.

Jede Teilfläche ist charakterisiert durch

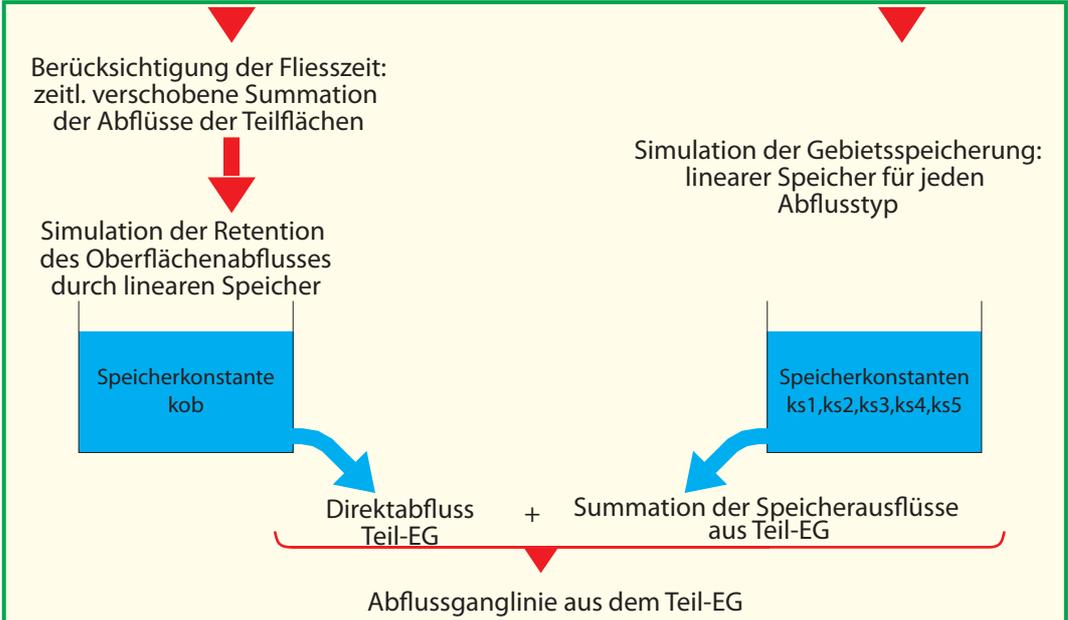
- Abflusstyp
- Niederschlagsganglinie
- Fließzeit bis zum Teil-EG-Ausfluss

dt=10 Min.

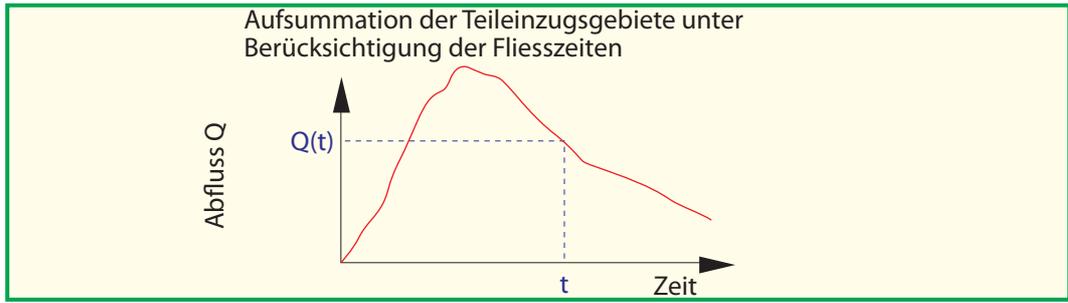
Stufe Teilfläche



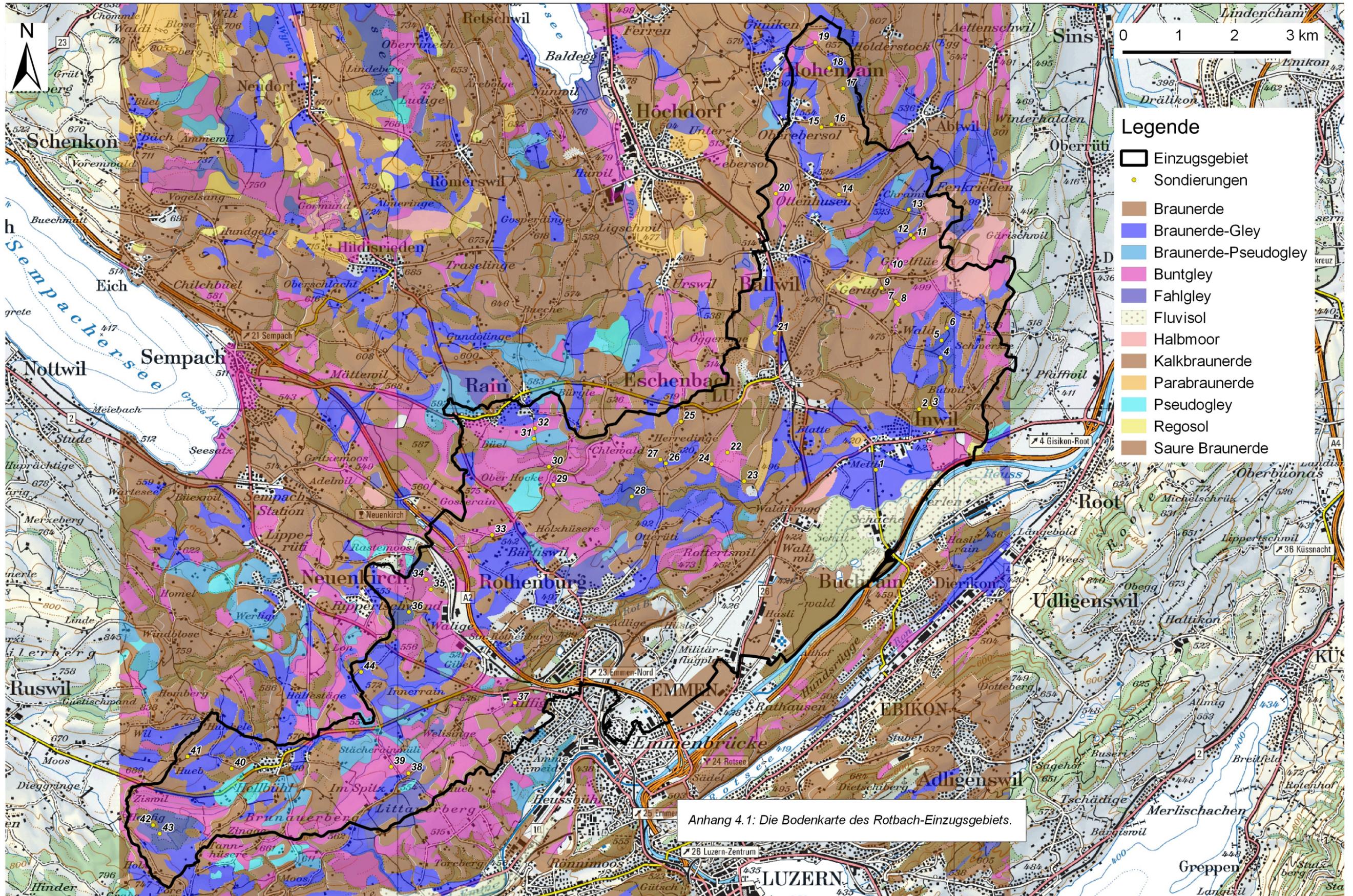
Stufe Teileinzugs-
gebiet



Einzugs-
gebiet



Anhang 3: Schematischer Aufbau des Niederschlags-Abfluss-Modells QArea. Zentrales Element ist die Abflussreaktionskurve, die für jede Teilfläche die Beziehung zwischen Niederschlagssumme und Abflusskoeffizient beschreibt.



Anhang 4.1: Die Bodenkarte des Rotbach-Einzugsgebiets.

Bodentypen

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

Körnung

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

Haupthorizonte

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

Unterteilung Haupthorizonte

Zustand org. Substanz

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

Verwitterungszustand

ch	chem. vollständig verwittert
w	Verwitterungshorizont
z	Zersatz Muttergestein

Merkmale des Sauerstoffmangels

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

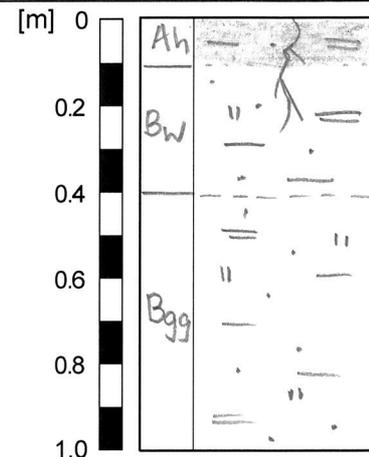
Anhang 4.2: Die im Einzugsgebiet des Rotbachs untersuchten Bodenprofile (R1 - R44), ihre Eigenschaften, die Einschätzung von Infiltration und Speichervermögen mit Angabe des zu erwartenden dominanten Abflussprozesses. Abkürzungen der Bodenprofile siehe Legende (Anhang 4.2a).

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).

R1

Ort / Situation: Inwil / Mettle, Ebene
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Acker
Geologie: Alluvione
Bodentyp: Braunerde, pseudovergleyt
Ah: beigebrauner Lu
Bw: beiger Lu
Bgg: beiger Lu

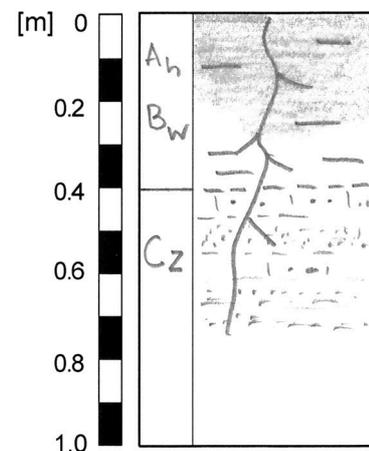
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: mässig - gross
Prozesse: SOF3



R2

Ort / Situation: Inwil / Eibelerwald, Steilhang
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Mischwald
Geologie: Obere Süsswassermolasse (OSM)
Bodentyp: Braunerde
Ah/Bw: beiger U
Cz: beiger Su (verwitterter Sandstein, mergelig)

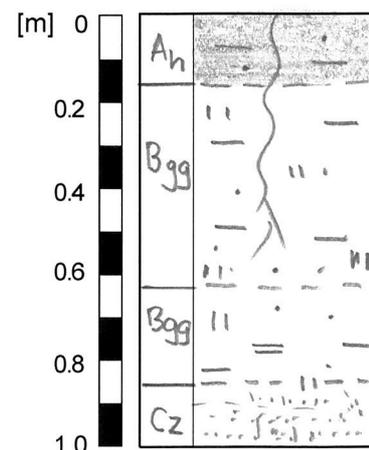
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: mässig
Prozesse: SSF2



R3

Ort / Situation: Inwil / Eibelerwald, Terrasse
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Kahlschlag
Geologie: OSM (Sandstein)
Bodentyp: Buntgley
Ah: dunkelbrauner Us
Bgg1: braunbeiger Us
Bgg2: beiger Lu
Cz: violetter, verwitterter Sandstein

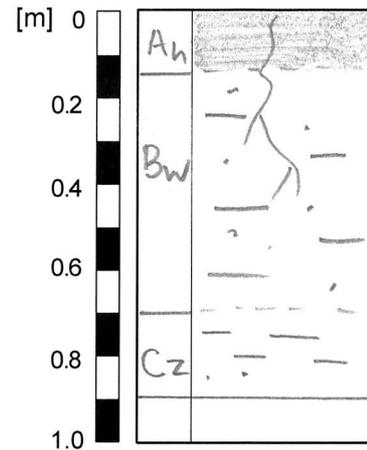
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: mässig
Prozesse: SSF2 - 3



R4

Ort / Situation: Ballwil / Obere Meiergrüeni, Terrasse
 Sondierung: Pürckhauer
 Landnutzung: Fichten-Mischwald
 Geologie: Moräne
 Bodentyp: Braunerde
 Oh/f: schwarzbraune Auflage
 Bw: rötlichbrauner Us
 Cz: grauer Us

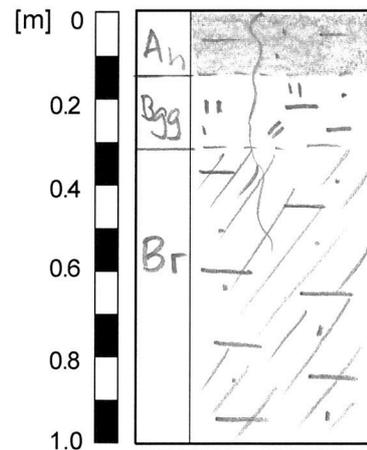
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: gross
Prozesse: SSF3



R5

Ort / Situation: Ballwil / Obere Meiergrüeni, flache Mulde
 Sondierung: Pürckhauer
 Landnutzung: Kahlschlag
 Geologie: OSM
 Bodentyp: Gley
 Ah: dunkelbrauner Us
 Bw: braungrauer Us
 Br: grauer Us

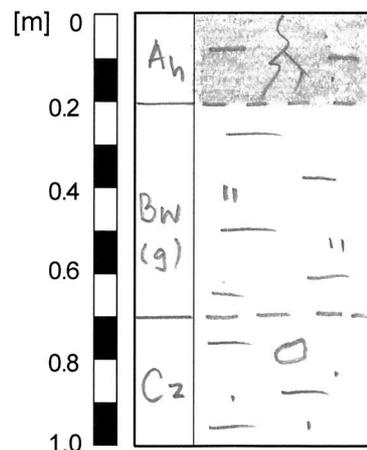
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: mässig
Prozesse: SOF2 - SSF2



R6

Ort / Situation: Ballwil / Rütihof, Kuppe
 Sondierung: Pürckhauer
 Landnutzung: Mähwiese
 Geologie: OSM
 Bodentyp: Braunerde, pseudovergleyt
 Ah: dunkelbrauner Us
 Bw(g): brauner Us
 Cz: beiger Us

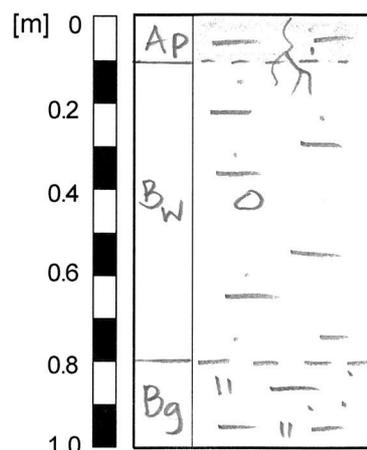
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: gross
Prozesse: SOF3



R7

Ort / Situation: Ballwil / Chürbesehus, Kuppe
 Sondierung: Pürckhauer
 Landnutzung: Acker
 Geologie: Moräne
 Bodentyp: Braunerde
 Ap: braun-begier Us
 Bw: beiger Us
 Bg: beiger Us

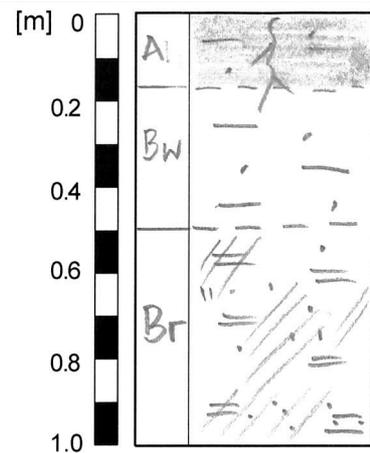
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: gross
Prozesse: SOF3



R8

Ort / Situation: Ballwil / Chürbesehus, leichte Mulde
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Mähwiese
Geologie: Moräne
Bodentyp: Braunerde-Gley
Ah: dunkelbrauner Us
Bw: brauner Us
Br: grauer Ts

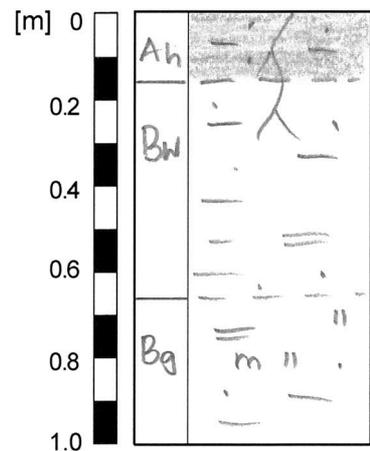
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: mässig - gross
Prozesse: SOF2



R9

Ort / Situation: Ballwil / Brand, flacher Hang
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Mähwiese
Geologie: Moräne
Bodentyp: Braunerde
Ah: dunkelbrauner Us
Bw: brauner Us - Lu
Bg: beiger Lu

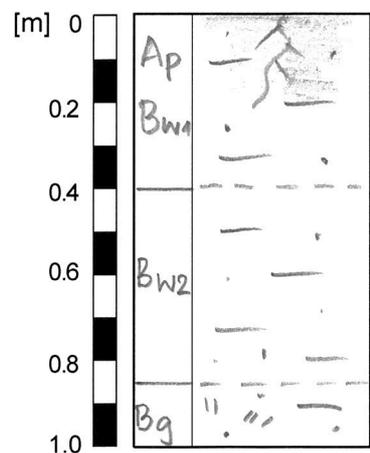
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: gross
Prozesse: SOF3



R10

Ort / Situation: Ballwil / Fur, flacher Oberhang
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Acker
Geologie: Moräne
Bodentyp: Braunerde, pseudovergleyt
Ah/BW1: brauner bis dunkelbrauner Us
Bw2: beiger Us
Bg: grau-beiger Us

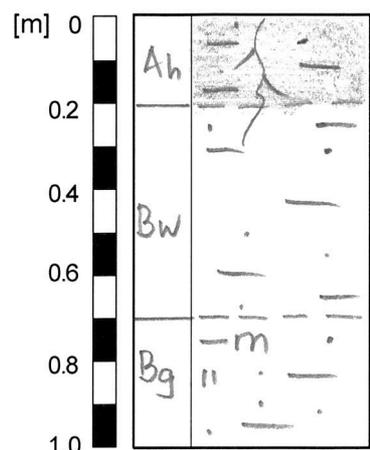
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: gross
Prozesse: SOF3



R11

Ort / Situation: Hohenrain / Sennemoos, Kuppe
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Mähwiese
Geologie: Moräne
Bodentyp: Braunerde, pseudovergleyt
Ah: dunkelbrauner Us
Bw: beiger Us
Bg: beige-brauner Us

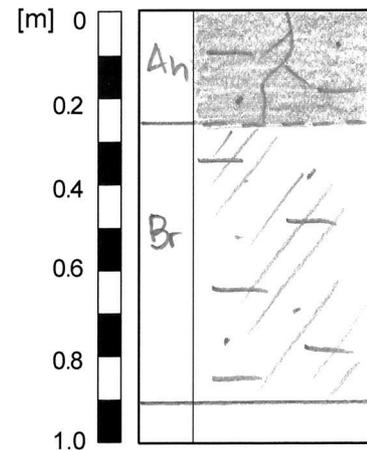
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: gross
Prozesse: SOF3



R12

Ort / Situation: Hohenrain / Sennemoos, Mulde
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Mähwiese
Geologie: Moräne
Bodentyp: Gley
Ap: dunkelbrauner Us
Br: grauer Us

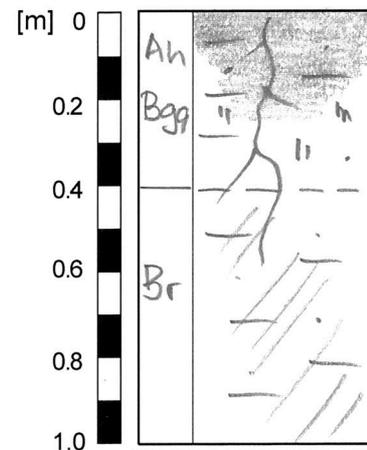
Infiltrationsvermögen: leicht gehemmt
Speichervermögen: gering
Prozesse: SOF1 - 2



R13

Ort / Situation: Hohenrain / Chramiswald, flache Mulde
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Erlenwald
Geologie: Moräne / OSM?
Bodentyp: Buntgley
Ah/Bgg: brauner Us
Br: grauer Us

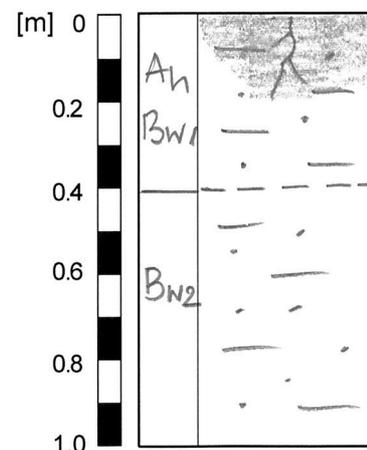
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: gering
Prozesse: SOF2 / SSF2



R14

Ort / Situation: Hohenrain / Feld, Hang
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Mähwiese
Geologie: OSM
Bodentyp: Braunerde
Ah/Bw1: brauner Us
Bw2: beiger Us

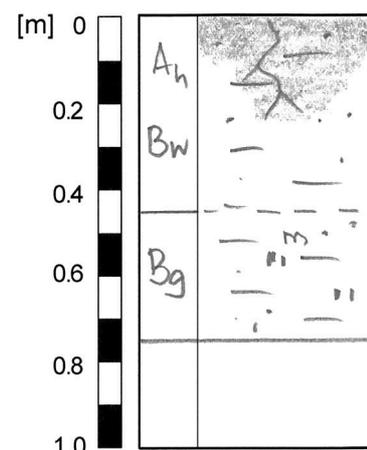
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: gross
Prozesse: SOF3



R15

Ort / Situation: Hohenrain / Grüt, Hang
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Mähwiese
Geologie: OSM
Bodentyp: Pseudogley
Ah/Bw: dunkelbrauner Us
Bg: beiger Us

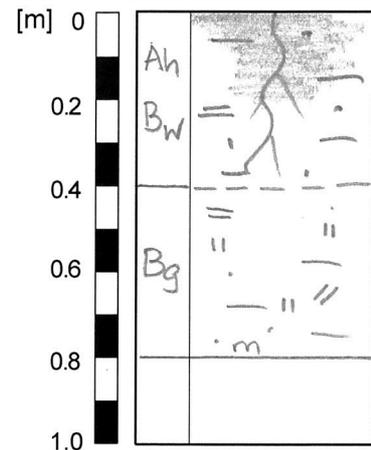
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: mässig
Prozesse: SOF2 (SOF3)



R16

Ort / Situation: Hohenrain / Grüt, Mulde
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Mähwiese
Geologie: OSM
Bodentyp: Pseudogley
Ah/Bw: dunkelbrauner Lu
Bg: beiger Lu

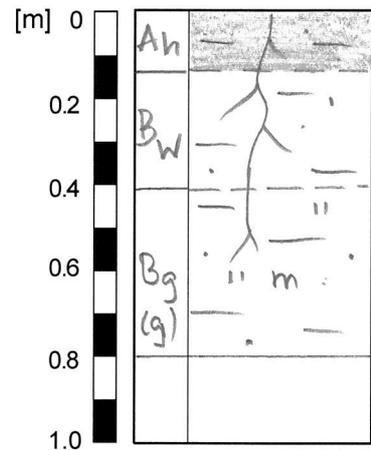
Infiltrationsvermögen: leicht gehemmt
Speichervermögen: mässig
Prozesse: SOF2 - 3



R17

Ort / Situation: Hohenrain / Oberebersolwald, Hang
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Fichten-Weisstannenwald
Geologie: OSM?
Bodentyp: Braunerde, pseudovergleyt
Ah: dunkelbrauner Us
Bw: beiger Us
Bg(g): beiger Us

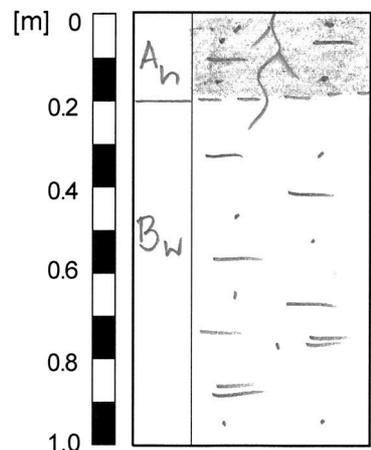
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: gering
Prozesse: SSF3



R18

Ort / Situation: Hohenrain / Oberebersolwald, Hang
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Mähwiese
Geologie: Moräne
Bodentyp: Braunerde
Ah: dunkelbrauner Us
Bw: brauner Us gegen unten Lu

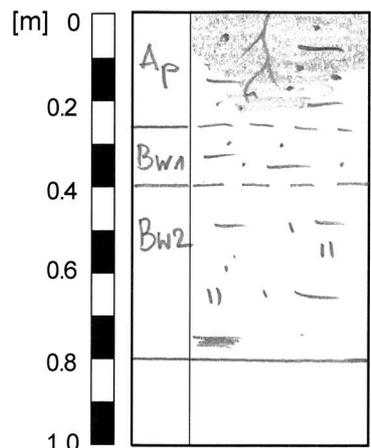
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: gross
Prozesse: SOF3



R19

Ort / Situation: Hohenrain / Oberhilti, Hang
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Acker
Geologie: Moräne
Bodentyp: Braunerde
Ap: dunkelbrauner Us
Bw1: brauner Us
Bwg: beiger Us

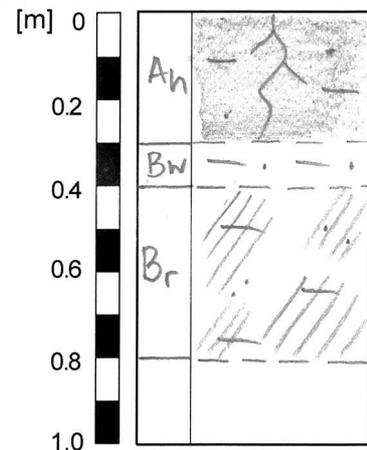
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: gross
Prozesse: SOF3



R20

Ort / Situation: Hohenrain / Wilhubel, Ebene
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Mähwiese
Geologie: Moräne
Bodentyp: Braunerde-Gley
Ah: dunkelbrauner Us
Bw: brauner Us
Br: grauer Us

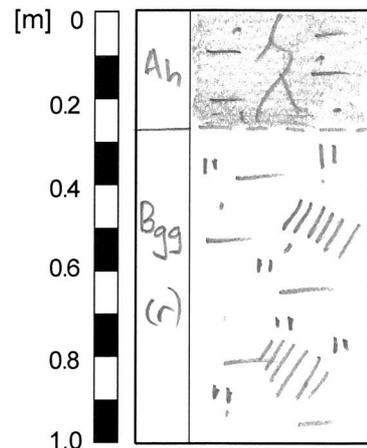
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: mässig
Prozesse: SOF2



R21

Ort / Situation: Eschenbach / Dräje, Ebene
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Mähwiese
Geologie: Moräne
Bodentyp: Buntgley
Ah: dunkelbrauner Us
Bgg(r): braunbeiger Us

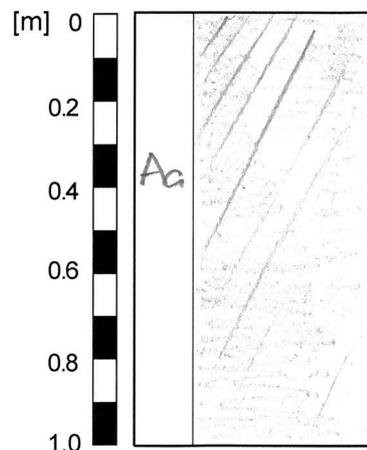
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: mässig
Prozesse: SOF2



R22

Ort / Situation: Eschenbach / Moos, Ebene
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Mähwiese
Geologie: Moor
Bodentyp: Moorboden
Aa: schwarzes org. Material

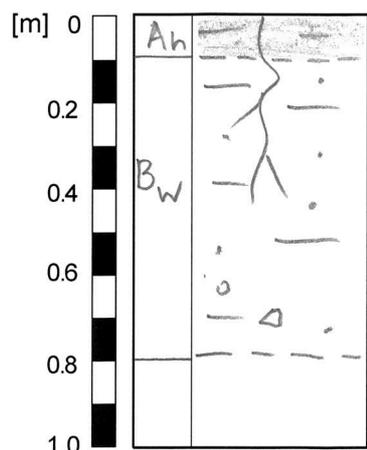
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: gering
Prozesse: SOF2 - 3 (sehr flach)



R23

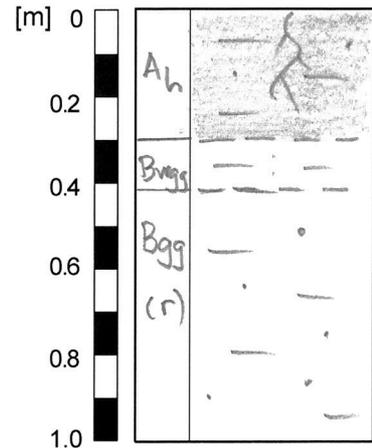
Ort / Situation: Eschenbach / Elisfurtwald, leicht geneigter Hang
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Fichtenwald
Geologie: Moräne
Bodentyp: Braunerde
Ah: dunkelbrauner Us
Bw: brauner Us

Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: gross
Prozesse: DP



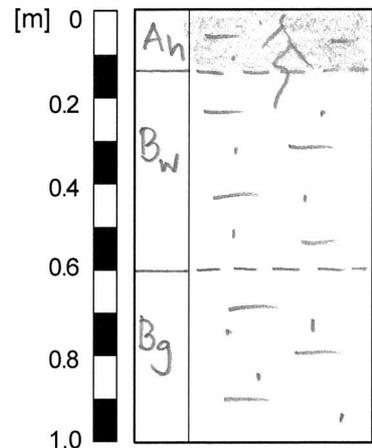
R24

Ort / Situation: Eschenbach / Büttlige, leicht geneigter Hang
 Sondierung: Pürckhauer
 Landnutzung: Mähwiese
 Geologie: Moräne / OSM
 Bodentyp: Braunerde-Gley
 Ah: dunkelbrauner Us
 Bw: brauner Us
 Bgg(r): braunbeiger Us
Infiltrationsvermögen: *normal*
Speichervermögen: *mässig*
Prozesse: *SOF2*



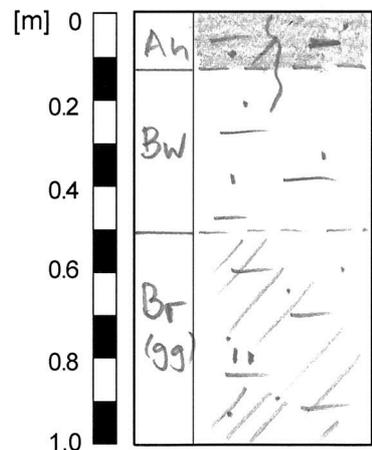
R25

Ort / Situation: Eschenbach / Eihörnli, Hang
 Sondierung: Pürckhauer
 Landnutzung: Mähwiese
 Geologie: Moräne
 Bodentyp: Braunerde, pseudovergleyt
 Ah: dunkelbrauner Us
 Bw: braunbeiger Us
 Bg: beiger Us
Infiltrationsvermögen: *normal*
Speichervermögen: *gross*
Prozesse: *SOF3*



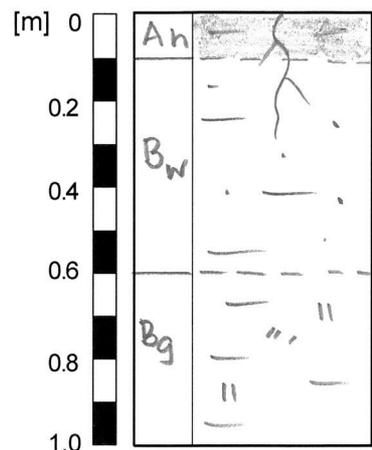
R26

Ort / Situation: Eschenbach / Heredinge, Terrasse
 Sondierung: Pürckhauer
 Landnutzung: Mähwiese
 Geologie: OSM
 Bodentyp: Braunerde - Gley
 Ah: brauner Us
 Bw: beiger Us
 Bgg/r: beige-grauer Us
Infiltrationsvermögen: *normal*
Speichervermögen: *mässig - gross*
Prozesse: *SOF2 - 3*



R27

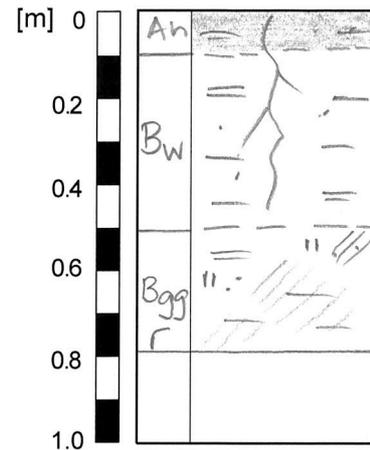
Ort / Situation: Eschenbach / Heredinge, Hang
 Sondierung: Pürckhauer
 Landnutzung: Mähwiese
 Geologie: OSM
 Bodentyp: Braunerde, pseudovergleyt
 Ah: dunkelbrauner Us
 Bw: brauner Us
 Bg: beiger Us
Infiltrationsvermögen: *normal*
Speichervermögen: *gross*
Prozesse: *SOF3*



R28

Ort / Situation: Eschenbach / Burgwald, Terrasse
 Sondierung: Pürckhauer
 Landnutzung: Weisstannen-Fichtenwald
 Geologie: Moräne
 Bodentyp: Braunerde-Gley
 Ah: dunkelbrauner Lu
 Bw: brauner Lu
 Bgg(r): grauer Lu

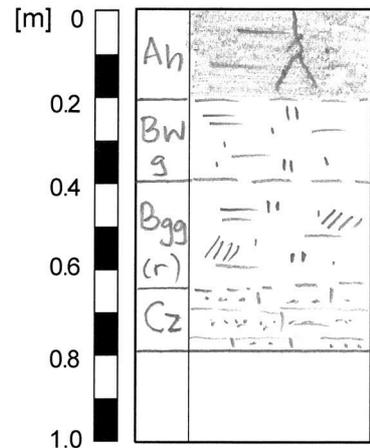
Infiltrationsvermögen: *normal*
Speichervermögen: *mässig*
Prozesse: *SSF2*



R29

Ort / Situation: Rothenburg / Unter Hocke, Kuppe
 Sondierung: Pürckhauer
 Landnutzung: Mähwiese
 Geologie: OSM
 Bodentyp: Pseudogley
 Ah: dunkelbrauner Us - Lu
 Bw(g): beiger Lu
 Bgg(r): graubeiger Lu
 Cz: beiger Sandstein

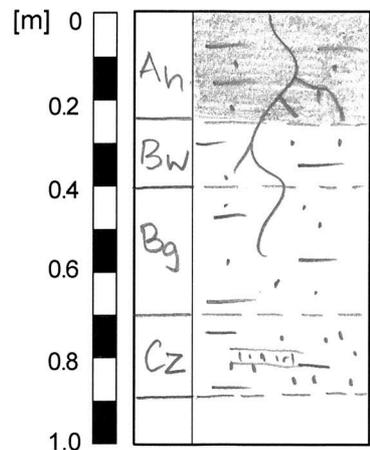
Infiltrationsvermögen: *normal*
Speichervermögen: *mässig*
Prozesse: *SOF2*



R30

Ort / Situation: Eschenbach / Ober Hocke, Kuppe
 Sondierung: Pürckhauer
 Landnutzung: Weisstannenwald
 Geologie: OSM
 Bodentyp: Braunerde
 Ah: dunkelbraun-schwarzer Us
 Bw: brauner Us
 Bg: beige-brauner us
 Cz: beige-grauer Su

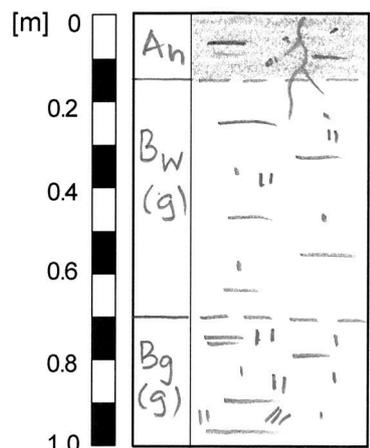
Infiltrationsvermögen: *normal*
Speichervermögen: *mässig - gross*
Prozesse: *SSF3 (DP)*



R31

Ort / Situation: Rain / Untertelle, Kuppe
 Sondierung: Pürckhauer
 Landnutzung: Mähwiese
 Geologie: Moräne über OSM
 Bodentyp: Braunerde, pseudovergleyt
 Ah: dunkelbrauner Lu
 Bw(g): beiger Us
 Bg(g): beiger Lu

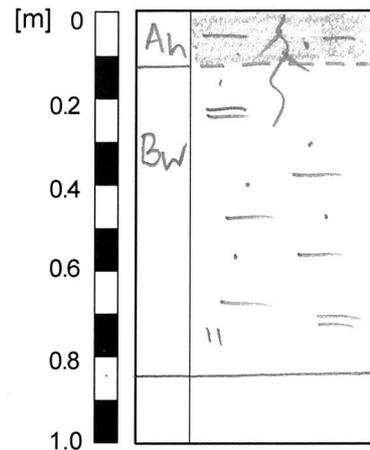
Infiltrationsvermögen: *normal*
Speichervermögen: *gross*
Prozesse: *SOF3 (Flachlage: DP)*



R32

Ort / Situation: Rain / Untertelle, Kuppe
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Mähwiese
Geologie: Moräne über OSM
Bodentyp: Braunerde
Ah: brauner Us
Bw: brauner Us, gegen unten beiger Lu

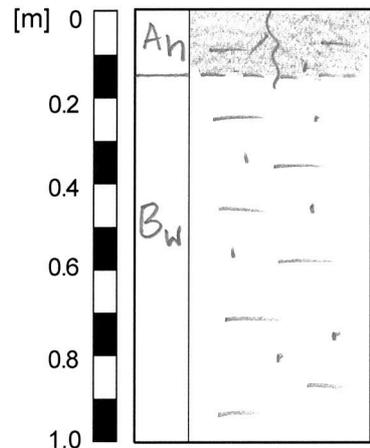
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: gross
Prozesse: SOF3 (DP)



R33

Ort / Situation: Rothenburg / Riedhof, Ebene
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Mähwiese
Geologie: OSM
Bodentyp: Braunerde
Ah: brauner - dunkelbrauner Us
Bw: brauner Us

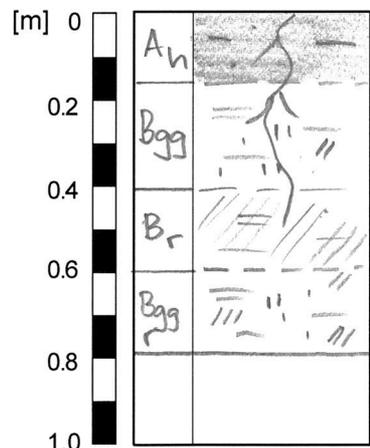
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: mässig
Prozesse: SOF3 (DP)



R34

Ort / Situation: Rothenburg / Bärtliswilerwald, Mulde
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Fichtenwald
Geologie: OSM
Bodentyp: Buntgley
Ah: dunkelbrauner Us
Bgg: beigebrauner Lu
Br: grau - brauner Lu
Bgg: beige-brauner Lu

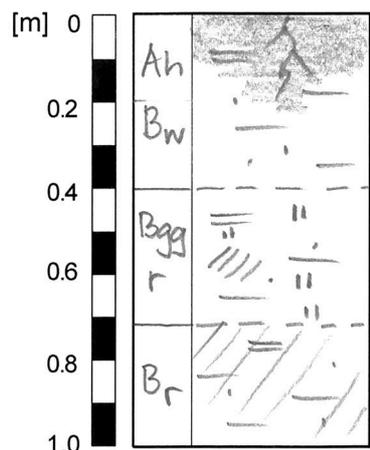
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: mässig
Prozesse: SSF2



R35

Ort / Situation: Rothenburg / Ober Wallige, Ebene
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Mähwiese
Geologie: Moräne über OSM
Bodentyp: Braunerde-Gley
Ah/Bw: brauner Lu
Bgg/r: brauner Lu
Br: grauer Lu

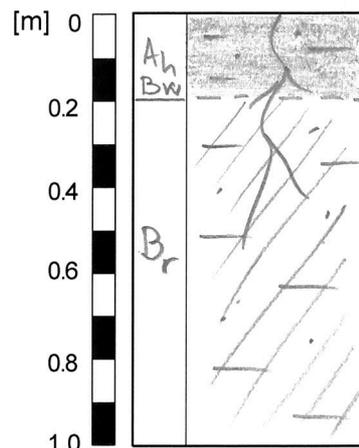
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: mässig
Prozesse: SOF2



R36

Ort / Situation: Rothenburg / Ober Wallige, Ebene
 Sondierung: Pürckhauer
 Landnutzung: Fichtenwald
 Geologie: OSM
 Bodentyp: Fahlgley
 Ah/Bw: schwarzbrauner Us
 Br: grauer Us

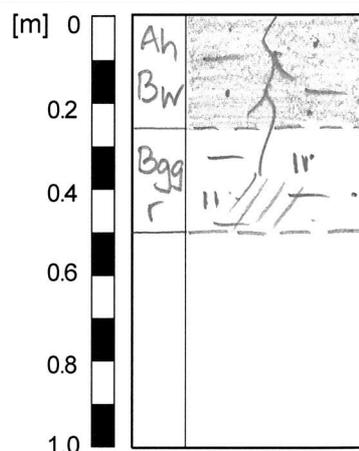
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: gering
Prozesse: SOF1



R37

Ort / Situation: Emmen / Riffigwald, flacher Hang
 Sondierung: Pürckhauer
 Landnutzung: Weisstannen-Mischwald
 Geologie: OSM
 Bodentyp: Buntgley
 Ah/Bw: dunkelbrauner Us
 Bgg, r: beige-grauer Us

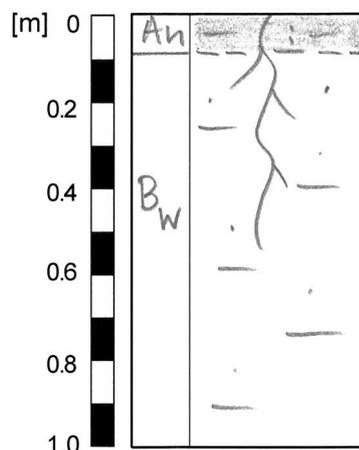
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: mässig
Prozesse: SSF3



R38

Ort / Situation: Littau / Neumatt, Kuppe
 Sondierung: Pürckhauer
 Landnutzung: Weisstannenwald
 Geologie: Moräne
 Bodentyp: Braunerde
 Ah: brauner Us
 Bw: brauner Us

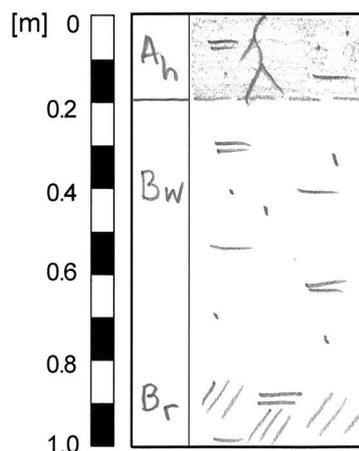
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: gross bis sehr gross
Prozesse: DP



R39

Ort / Situation: Littau / Neuhof, Mude
 Sondierung: Pürckhauer
 Landnutzung: Mähwiese
 Geologie: Moräne über OSM
 Bodentyp: Braunerde
 Ah: dunkelbrauner Lu
 Bw: dunkelbrauner - brauner Lu
 B(r): dunkelbrauner - brauner Lu

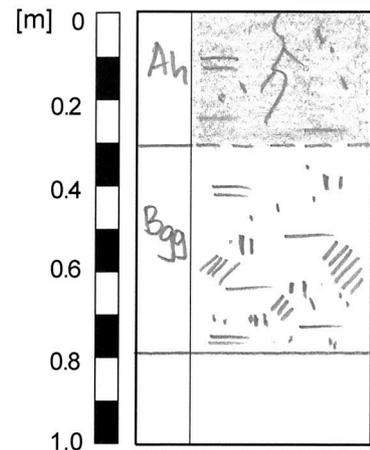
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: gross
Prozesse: SOF3



R40

Ort / Situation: Ruswil / Bänihus, Hang
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Mähwiese
Geologie: OSM
Bodentyp: Braunerde, gleyig
Ah: brauner Ls
Bgg: beiger Ls, gegen unten Ls4

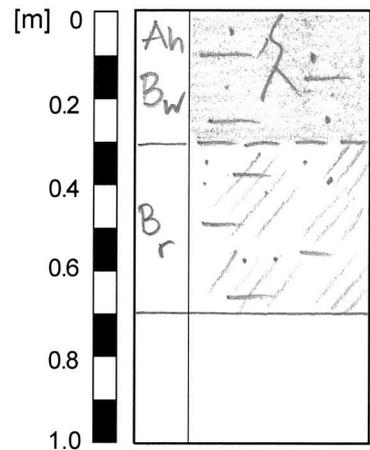
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: mässig
Prozesse: SOF2 - 3



R41

Ort / Situation: Ruswil / Hueb, Hang
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Mähwiese
Geologie: OSM
Bodentyp: Braunerde-Gley
Ah/Bw: dunkelbrauner Us
Br: grauer Us

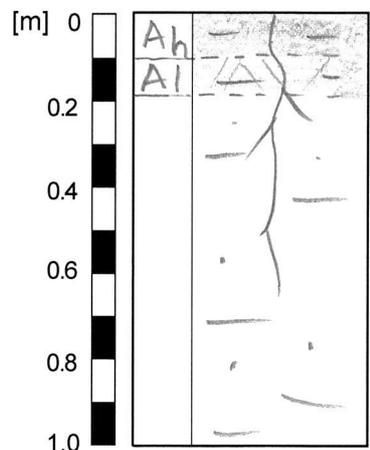
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: mässig
Prozesse: SOF2



R42

Ort / Situation: Ruswil / Schwefelwald, Kuppe
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Weisstannenwald
Geologie: Moräne
Bodentyp: Braunerde, podsoliert
Ah/Ai: dunkelbrauner - violetter Us
Bw: beiger Us

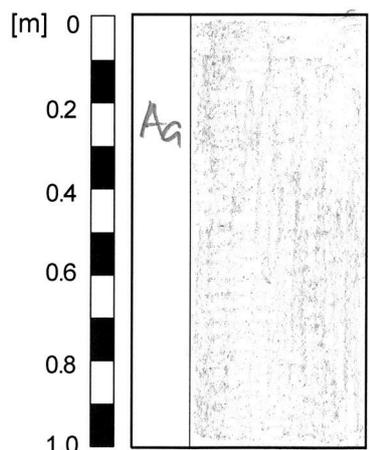
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: gross - sehr gross
Prozesse: DP



R43

Ort / Situation: Russwil / Schwefelmoos, Senke
Sondierung: Pürckhauer
Landnutzung: Mähwiese
Geologie: Moor
Bodentyp: Moorboden
Aa: schwarbraunes, org. Material

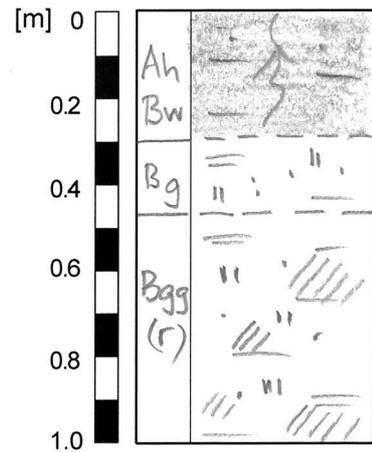
Infiltrationsvermögen: normal
Speichervermögen: gross
Prozesse: DP (abflusslos)



R44

Ort / Situation: Neuenkirch / Rüti, Ebene
 Sondierung: Pürckhauer
 Landnutzung: Mähwiese
 Geologie: OSM
 Bodentyp: Buntgley
 Ah/Bw: dunkelbrauner Us
 Bg: beiger Ls
 Bgg (r): beige-grauer Ls

Infiltrationsvermögen: *normal*
Speichervermögen: *mässig - gross*
Prozesse: *SOF2 - 3*



Anhang 5.1: Die Resultate der Berechnungen mit dem NAM QA_{REA} für eine Wiederkehrperiode von 30 Jahren.

Bezeichnung des Niederschlags	Nieder-schlags-szenario	Abflussspitzen [m³/s] bei den Berechnungspunkten																											
		BP 1	BP 2	BP 3	BP 4	BP 5	BP 6	BP 7	BP 8	BP 9	BP 10	BP 11	BP 12	BP 13	BP 14	BP 15	BP 16	BP 17	BP 18	BP 19	BP 20	BP 21	BP 22	BP 23	BP 24	BP 25	BP 26	BP 27	BP 28
0.5h30j_dreieck	Gewitter 1	2.46	3.14	3.91	0.32	1.44	2.08	6.50	0.23	0.85	7.24	7.48	0.62	7.98	2.12	1.10	10.59	10.85	0.29	0.72	0.29	1.28	0.32	1.67	0.57	2.34	0.83	3.37	13.39
1h30j_dreieck	Gewitter 1	3.67	4.63	5.72	0.43	1.76	2.57	8.99	0.29	1.11	9.92	10.23	0.78	10.84	2.65	1.58	14.22	14.53	0.40	0.94	0.40	1.72	0.41	2.20	0.80	3.08	1.06	4.42	17.58
2h30j_dreieck	Gewitter 1	4.16	5.28	6.62	0.49	1.73	2.59	10.06	0.33	1.22	11.13	11.49	0.81	12.16	2.81	1.91	16.12	16.48	0.47	1.06	0.47	2.00	0.46	2.52	0.93	3.57	1.13	5.09	20.09
4h30j_dreieck	Gewitter 1	3.97	5.05	6.52	0.49	1.50	2.30	10.00	0.33	1.19	11.18	11.57	0.75	12.29	2.54	2.01	16.77	17.17	0.50	1.07	0.49	2.07	0.45	2.61	0.95	3.71	1.05	5.23	21.51
0.5h30j_dreieck	Gewitter 2	0.42	0.59	5.38	1.58	1.44	3.34	9.42	0.23	0.85	10.24	10.51	0.62	11.08	2.12	1.10	14.21	14.50	0.29	0.72	0.29	1.28	0.32	1.67	0.57	2.34	0.83	3.37	17.16
1h30j_dreieck	Gewitter 2	0.59	0.80	8.16	2.27	1.76	4.41	13.60	0.29	1.11	14.66	15.00	0.78	15.70	2.65	1.58	19.78	20.14	0.40	0.94	0.40	1.72	0.41	2.20	0.80	3.08	1.06	4.42	23.52
2h30j_dreieck	Gewitter 2	0.70	0.94	9.57	2.57	1.73	4.66	15.64	0.33	1.22	16.86	17.26	0.81	18.04	2.81	1.91	22.67	23.07	0.47	1.06	0.47	2.00	0.46	2.52	0.93	3.57	1.13	5.09	26.93
4h30j_dreieck	Gewitter 2	0.72	0.97	9.48	2.43	1.50	4.22	15.28	0.33	1.19	16.55	16.98	0.75	17.76	2.54	2.01	22.46	22.87	0.50	1.07	0.49	2.07	0.45	2.61	0.95	3.71	1.05	5.23	27.26
0.5h30j_dreieck	Gewitter 3	0.42	0.59	1.35	1.58	3.61	5.84	10.97	1.02	3.24	14.23	14.53	0.62	15.19	2.12	1.10	18.88	19.22	0.29	0.72	0.29	1.28	0.32	1.67	0.57	2.34	0.83	3.37	22.14
1h30j_dreieck	Gewitter 3	0.59	0.80	1.92	2.27	4.50	7.58	14.43	1.48	4.60	19.03	19.40	0.78	20.18	2.65	1.58	24.94	25.36	0.40	0.94	0.40	1.72	0.41	2.20	0.80	3.08	1.06	4.42	29.14
2h30j_dreieck	Gewitter 3	0.70	0.94	2.31	2.57	4.59	7.97	15.69	1.66	5.08	21.02	21.47	0.81	22.32	2.81	1.91	27.48	27.92	0.47	1.06	0.47	2.00	0.46	2.52	0.93	3.57	1.13	5.09	32.16
4h30j_dreieck	Gewitter 3	0.72	0.97	2.44	2.43	4.00	7.11	14.74	1.58	4.80	19.79	20.25	0.75	21.09	2.54	2.01	26.11	26.57	0.50	1.07	0.49	2.07	0.45	2.61	0.95	3.71	1.05	5.23	31.35
0.5h30j_dreieck	Gewitter 4	0.42	0.59	1.35	0.32	1.44	2.43	7.76	1.02	3.24	11.15	12.22	1.71	13.94	2.12	1.10	17.62	17.96	0.29	0.72	0.29	1.28	0.32	1.67	0.57	2.34	0.83	3.37	20.97
1h30j_dreieck	Gewitter 4	0.59	0.80	1.92	0.43	1.76	2.99	10.03	1.48	4.60	14.88	16.42	2.23	18.68	2.65	1.58	23.49	23.93	0.40	0.94	0.40	1.72	0.41	2.20	0.80	3.08	1.06	4.42	27.89
2h30j_dreieck	Gewitter 4	0.70	0.94	2.31	0.49	1.73	3.05	10.91	1.66	5.08	16.25	18.00	2.35	20.56	2.81	1.91	25.91	26.37	0.47	1.06	0.47	2.00	0.46	2.52	0.93	3.57	1.13	5.09	30.82
4h30j_dreieck	Gewitter 4	0.72	0.97	2.44	0.49	1.50	2.69	10.34	1.58	4.80	15.39	17.14	2.12	19.54	2.54	2.01	24.70	25.16	0.50	1.07	0.49	2.07	0.45	2.61	0.95	3.71	1.05	5.23	30.10
0.5h30j_dreieck	Gewitter 5	0.42	0.59	1.35	0.32	1.44	2.08	4.50	0.23	0.85	5.49	6.56	1.71	8.26	5.14	1.10	14.97	15.32	0.29	0.72	0.29	1.28	0.32	1.67	0.57	2.34	0.83	3.37	18.23
1h30j_dreieck	Gewitter 5	0.59	0.80	1.92	0.43	1.76	2.57	5.76	0.29	1.11	7.04	8.50	2.23	10.76	6.51	1.58	19.44	19.86	0.40	0.94	0.40	1.72	0.41	2.20	0.80	3.08	1.06	4.42	23.71
2h30j_dreieck	Gewitter 5	0.70	0.94	2.31	0.49	1.73	2.59	6.42	0.33	1.22	7.84	9.49	2.35	11.97	6.99	1.91	21.53	21.99	0.47	1.06	0.47	2.00	0.46	2.52	0.93	3.57	1.13	5.09	26.61
4h30j_dreieck	Gewitter 5	0.72	0.97	2.44	0.49	1.50	2.30	6.33	0.33	1.19	7.75	9.45	2.12	11.81	6.34	2.01	20.79	21.28	0.50	1.07	0.49	2.07	0.45	2.61	0.95	3.71	1.05	5.23	26.26
0.5h30j_dreieck	Gewitter 6	0.42	0.59	1.35	0.32	1.44	2.08	4.50	0.23	0.85	5.40	6.47	0.62	7.23	2.12	6.49	15.98	16.32	0.29	0.72	0.29	1.28	0.32	1.67	0.57	2.34	0.83	3.37	19.33
1h30j_dreieck	Gewitter 6	0.59	0.80	1.92	0.43	1.76	2.57	5.76	0.29	1.11	6.92	8.37	0.78	9.37	2.65	10.02	22.48	22.92	0.40	0.94	0.40	1.72	0.41	2.20	0.80	3.08	1.06	4.42	26.89
2h30j_dreieck	Gewitter 6	0.70	0.94	2.31	0.49	1.73	2.59	6.42	0.33	1.22	7.71	9.36	0.81	10.42	2.81	11.94	25.62	26.11	0.47	1.06	0.47	2.00	0.46	2.52	0.93	3.57	1.13	5.09	30.78
4h30j_dreieck	Gewitter 6	0.72	0.97	2.44	0.49	1.50	2.30	6.33	0.33	1.19	7.63	9.32	0.75	10.37	2.54	11.87	25.34	25.82	0.50	1.07	0.49	2.07	0.45	2.61	0.95	3.71	1.05	5.23	30.79
0.5h30j_dreieck	Gewitter 7	0.42	0.59	1.35	0.32	1.44	2.08	4.50	0.23	0.85	5.40	5.70	0.62	6.35	2.12	1.10	10.04	10.38	1.67	3.19	1.80	5.14	0.32	5.51	0.57	6.14	0.83	7.04	16.47
1h30j_dreieck	Gewitter 7	0.59	0.80	1.92	0.43	1.76	2.57	5.76	0.29	1.11	6.92	7.30	0.78	8.07	2.65	1.58	12.85	13.27	2.54	4.70	2.78	7.77	0.41	8.22	0.80	9.05	1.06	10.23	22.51
2h30j_dreieck	Gewitter 7	0.70	0.94	2.31	0.49	1.73	2.59	6.42	0.33	1.22	7.71	8.13	0.81	8.95	2.81	1.91	14.14	14.60	2.92	5.46	3.22	9.04	0.46	9.56	0.93	10.55	1.13	11.91	25.85
4h30j_dreieck	Gewitter 7	0.72	0.97	2.44	0.49	1.50	2.30	6.33	0.33	1.19	7.63	8.08	0.75	8.89	2.54	2.01	13.95	14.41	2.84	5.29	3.12	8.91	0.45	9.43	0.95	10.48	1.05	11.89	26.16
0.5h30j_dreieck	Gewitter 8	0.42	0.59	1.35	0.32	1.44	2.08	4.50	0.23	0.85	5.40	5.70	0.62	6.35	2.12	1.10	10.04	10.38	0.29	0.72	1.80	3.99	0.32	4.37	3.07	7.14	0.83	8.15	16.67
1h30j_dreieck	Gewitter 8	0.59	0.80	1.92	0.43	1.76	2.57	5.76	0.29	1.11	6.92	7.30	0.78	8.07	2.65	1.58	12.85	13.27	0.40	0.94	2.78	6.02	0.41	6.49	4.60	10.63	1.06	11.95	22.87
2h30j_dreieck	Gewitter 8	0.70	0.94	2.31	0.49	1.73	2.59	6.42	0.33	1.22	7.71	8.13	0.81	8.95	2.81	1.91	14.14	14.60	0.47	1.06	3.22	7.06	0.46	7.60	5.34	12.65	1.13	14.17	26.70
4h30j_dreieck	Gewitter 8	0.72	0.97	2.44	0.49	1.50	2.30	6.33	0.33	1.19	7.63	8.08	0.75	8.89	2.54	2.01	13.95	14.41	0.50	1.07	3.12	7.09	0.45	7.64	5.15	12.82	1.05	14.34	27.83
0.5h30j_dreieck	Gewitter 9	0.42	0.59	1.35	0.32	1.44	2.08	4.50	0.23	0.85	5.40	5.70	0.62	6.35	2.12	1.10	10.04	10.38	0.29	0.72	0.29	2.57	1.27	4.00	3.07	7.39	2.75	11.53	18.21
1h30j_dreieck	Gewitter 9	0.59	0.80	1.92	0.43	1.76	2.57	5.76	0.29	1.11	6.92	7.30	0.78	8.07	2.65	1.58	12.85	13.27	0.40	0.94	0.40	3.76	1.82	5.84	4.60	10.83	3.84	16.82	25.10
2h30j_dreieck	Gewitter 9	0.70	0.94	2.31	0.49	1.73	2.59	6.42	0.33	1.22	7.71	8.13	0.81	8.95	2.81	1.91	14.14	14.60	0.47	1.06	0.47	4.47	2.07	6.82	5.34	12.58	4.26	19.39	29.82
4h30j_dreieck	Gewitter 9	0.72	0.97	2.44	0.49	1.50	2.30	6.33	0.33	1.19	7.63	8.08	0.75	8.89	2.54	2.01	13.95	14.41	0.50	1.07	0.49	4.53	1.99	6.81	5.15	12.41	4.00	18.99	31.80
6h30j_block	gleichmässig	6.89	8.58	23.35	4.23	4.85	9.75	38.94	2.85	7.65	46.73	49.09	2.54	51.97	7.45	21.89	83.49	85.76	5.38	10.04	6.42	21.95	3.66	25.98	9.07	35.27	6.64	46.31	130.51
8h30j_block	gleichmässig	6.19	7.72	21.15	3.82	4.34	8.75	35.32	2.57	6.88	42.35	44.62	2.28	47.25	6.81	19.87	76.32	78.56	4.89	9.17	5.85	20.23	3.35	23.92	8.15	32.34	6.03	42.50	121.03
12h30j_block	gleichmässig	5.16	6.44	17.80	3.21	3.60	7.30	29.71	2.16	5.75	35.68	37.61	1.90	39.92	5.79	16.75	64.93	66.98	4.14	7.84	4.97	17.44	2.86	20.64	6.80	27.73	5.11	36.34	104.22
24h30j_block	gleichmässig	3.20	4.00	11.11	2.00	2.22	4.54	18.55	1.36	3.59	22.28	23.57	1.19	25.08	3.67	10.47	41.00	42.45	2.60	4.97	3.14	11.13	1.82	13.17	4.22	17.61	3.23	23.09	66.53
48h30j_block	gleichmässig	2.01	2.52	7.00	1.26	1.39	2.86	11.67	0.86	2.26	14.02	14.86	0.74	15.83	2.32	6.62	25.97	26.93	1.65	3.17	2.00	7.12	1.17	8.45	2.66	11.26	2.06	14.74	42.38

Anhang 5.2: Die Resultate der Berechnungen mit dem NAM QAREA für eine Wiederkehrperiode von 100 Jahren.

Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlags-szenario	Abflussspitzen [m³/s] bei den Berechnungspunkten																											
		BP 1	BP 2	BP 3	BP 4	BP 5	BP 6	BP 7	BP 8	BP 9	BP 10	BP 11	BP 12	BP 13	BP 14	BP 15	BP 16	BP 17	BP 18	BP 19	BP 20	BP 21	BP 22	BP 23	BP 24	BP 25	BP 26	BP 27	BP 28
0.5h100j_dreieck	Gewitter 1	4.51	5.70	6.95	0.49	1.94	2.84	10.45	0.33	1.24	11.44	11.76	0.85	12.40	2.85	1.81	16.02	16.34	0.46	1.05	0.46	1.90	0.46	2.40	0.92	3.38	1.17	4.80	19.44
1h100j_dreieck	Gewitter 1	6.82	8.50	10.61	0.76	2.41	3.65	15.24	0.50	1.77	16.63	17.09	1.11	17.92	3.60	3.05	22.99	23.41	0.76	1.59	0.78	3.04	0.67	3.74	1.46	5.21	1.61	7.24	27.98
2h100j_dreieck	Gewitter 1	7.61	9.62	12.30	0.92	2.44	3.85	17.43	0.60	2.05	19.12	19.67	1.20	20.61	3.90	3.90	26.94	27.45	0.96	1.95	0.99	3.83	0.79	4.67	1.82	6.50	1.80	8.99	33.40
4h100j_dreieck	Gewitter 1	6.91	8.74	11.56	0.89	2.09	3.38	16.78	0.58	1.95	18.64	19.25	1.09	20.29	3.48	3.94	27.46	28.03	0.95	1.90	0.99	3.85	0.75	4.71	1.77	6.64	1.67	9.15	35.30
0.5h100j_dreieck	Gewitter 2	0.69	0.93	9.70	2.81	1.94	5.15	15.61	0.33	1.24	16.74	17.11	0.85	17.85	2.85	1.81	22.25	22.62	0.46	1.05	0.46	1.90	0.46	2.40	0.92	3.38	1.17	4.80	26.15
1h100j_dreieck	Gewitter 2	1.13	1.48	15.03	4.12	2.41	7.02	23.36	0.50	1.77	25.00	25.53	1.11	26.49	3.60	3.05	32.71	33.20	0.76	1.59	0.78	3.04	0.67	3.74	1.46	5.21	1.61	7.24	38.37
2h100j_dreieck	Gewitter 2	1.40	1.82	17.57	4.61	2.44	7.54	27.12	0.60	2.05	29.09	29.74	1.20	30.85	3.90	3.90	38.32	38.89	0.96	1.95	0.99	3.83	0.79	4.67	1.82	6.50	1.80	8.99	45.45
4h100j_dreieck	Gewitter 2	1.37	1.79	16.63	4.16	2.09	6.65	25.61	0.58	1.95	27.65	28.33	1.09	29.42	3.48	3.94	37.00	37.60	0.95	1.90	0.99	3.85	0.75	4.71	1.77	6.64	1.67	9.15	45.10
0.5h100j_dreieck	Gewitter 3	0.69	0.93	2.18	2.81	5.18	8.86	16.36	1.84	5.47	21.63	22.03	0.85	22.89	2.85	1.81	28.14	28.58	0.46	1.05	0.46	1.90	0.46	2.40	0.92	3.38	1.17	4.80	32.65
1h100j_dreieck	Gewitter 3	1.13	1.48	3.60	4.12	6.72	11.95	22.48	2.72	7.97	30.35	30.94	1.11	32.02	3.60	3.05	39.14	39.73	0.76	1.59	0.78	3.04	0.67	3.74	1.46	5.21	1.61	7.24	45.84
2h100j_dreieck	Gewitter 3	1.40	1.82	4.56	4.61	6.98	12.72	25.07	3.02	8.82	34.00	34.72	1.20	35.97	3.90	3.90	44.36	45.01	0.96	1.95	0.99	3.83	0.79	4.67	1.82	6.50	1.80	8.99	52.34
4h100j_dreieck	Gewitter 3	1.37	1.79	4.63	4.16	5.98	11.08	23.20	2.74	7.98	31.45	32.19	1.09	33.39	3.48	3.94	41.47	42.11	0.95	1.90	0.99	3.85	0.75	4.71	1.77	6.64	1.67	9.15	50.28
0.5h100j_dreieck	Gewitter 4	0.69	0.93	2.18	0.49	1.94	3.31	11.04	1.84	5.47	16.72	18.47	2.50	20.97	2.85	1.81	26.21	26.65	0.46	1.05	0.46	1.90	0.46	2.40	0.92	3.38	1.17	4.80	30.90
1h100j_dreieck	Gewitter 4	1.13	1.48	3.60	0.76	2.41	4.28	14.87	2.72	7.97	23.19	25.76	3.34	29.17	3.60	3.05	36.59	37.18	0.76	1.59	0.78	3.04	0.67	3.74	1.46	5.21	1.61	7.24	43.53
2h100j_dreieck	Gewitter 4	1.40	1.82	4.56	0.92	2.44	4.49	16.85	3.02	8.82	26.01	28.86	3.57	32.60	3.90	3.90	41.32	42.01	0.96	1.95	0.99	3.83	0.79	4.67	1.82	6.50	1.80	8.99	49.79
4h100j_dreieck	Gewitter 4	1.37	1.79	4.63	0.89	2.09	3.94	16.03	2.74	7.98	24.31	27.10	3.14	30.60	3.48	3.94	38.92	39.60	0.95	1.90	0.99	3.85	0.75	4.71	1.77	6.64	1.67	9.15	48.02
0.5h100j_dreieck	Gewitter 5	0.69	0.93	2.18	0.49	1.94	2.84	6.22	0.33	1.24	7.60	9.29	2.50	11.78	7.20	1.81	21.38	21.82	0.46	1.05	0.46	1.90	0.46	2.40	0.92	3.38	1.17	4.80	25.89
1h100j_dreieck	Gewitter 5	1.13	1.48	3.60	0.76	2.41	3.65	8.68	0.50	1.77	10.55	12.89	3.34	16.15	9.46	3.05	29.43	30.02	0.76	1.59	0.78	3.04	0.67	3.74	1.46	5.21	1.61	7.24	36.16
2h100j_dreieck	Gewitter 5	1.40	1.82	4.56	0.92	2.44	3.85	10.39	0.60	2.05	12.58	15.16	3.57	18.69	10.28	3.90	33.68	34.37	0.96	1.95	0.99	3.83	0.79	4.67	1.82	6.50	1.80	8.99	42.27
4h100j_dreieck	Gewitter 5	1.37	1.79	4.63	0.89	2.09	3.38	10.23	0.58	1.95	12.43	15.02	3.14	18.42	9.20	3.94	32.36	33.04	0.95	1.90	0.99	3.85	0.75	4.71	1.77	6.64	1.67	9.15	41.54
0.5h100j_dreieck	Gewitter 6	0.69	0.93	2.18	0.49	1.94	2.84	6.22	0.33	1.24	7.47	9.14	0.85	10.22	2.85	1.81	13.93	14.37	0.46	1.05	0.46	1.90	0.46	2.40	0.92	3.38	1.17	4.80	29.97
1h100j_dreieck	Gewitter 6	1.13	1.48	3.60	0.76	2.41	3.65	8.68	0.50	1.77	10.38	12.71	1.11	14.09	3.60	3.05	36.96	37.58	0.76	1.59	0.78	3.04	0.67	3.74	1.46	5.21	1.61	7.24	44.06
2h100j_dreieck	Gewitter 6	1.40	1.82	4.56	0.92	2.44	3.85	10.39	0.60	2.05	12.40	14.97	1.20	16.47	3.90	3.90	22.38	42.88	0.96	1.95	0.99	3.83	0.79	4.67	1.82	6.50	1.80	8.99	51.85
4h100j_dreieck	Gewitter 6	1.37	1.79	4.63	0.89	2.09	3.38	10.23	0.58	1.95	12.26	14.84	1.09	16.34	3.48	3.94	21.20	41.49	0.95	1.90	0.99	3.85	0.75	4.71	1.77	6.64	1.67	9.15	50.81
0.5h100j_dreieck	Gewitter 7	0.69	0.93	2.18	0.49	1.94	2.84	6.22	0.33	1.24	7.47	7.88	0.85	8.70	2.85	1.81	13.93	14.37	0.46	1.05	0.46	1.90	0.46	2.40	0.92	3.38	1.17	4.80	24.58
1h100j_dreieck	Gewitter 7	1.13	1.48	3.60	0.76	2.41	3.65	8.68	0.50	1.77	10.38	10.94	1.11	11.99	3.60	3.05	19.16	19.75	4.83	8.63	5.43	14.54	0.67	15.23	1.46	16.61	1.61	18.45	36.10
2h100j_dreieck	Gewitter 7	1.40	1.82	4.56	0.92	2.44	3.85	10.39	0.60	2.05	12.40	13.05	1.20	14.19	3.90	3.90	22.35	23.00	5.47	9.97	6.20	16.93	0.79	17.77	1.82	19.54	1.80	21.81	42.99
4h100j_dreieck	Gewitter 7	1.37	1.79	4.63	0.89	2.09	3.38	10.23	0.58	1.95	12.26	12.94	1.09	14.07	3.48	3.94	22.03	22.67	5.06	9.25	5.71	15.89	0.75	16.75	1.77	18.61	1.67	20.94	42.88
0.5h100j_dreieck	Gewitter 8	0.69	0.93	2.18	0.49	1.94	2.84	6.22	0.33	1.24	7.47	7.88	0.85	8.70	2.85	1.81	13.93	14.37	0.46	1.05	0.46	1.90	0.46	2.40	0.92	3.38	1.17	4.80	25.00
1h100j_dreieck	Gewitter 8	1.13	1.48	3.60	0.76	2.41	3.65	8.68	0.50	1.77	10.38	10.94	1.11	11.99	3.60	3.05	19.16	19.75	0.76	1.59	5.43	11.28	0.67	12.00	8.58	19.51	1.61	21.60	36.76
2h100j_dreieck	Gewitter 8	1.40	1.82	4.56	0.92	2.44	3.85	10.39	0.60	2.05	12.40	13.05	1.20	14.19	3.90	3.90	22.35	23.00	0.96	1.95	6.20	13.24	0.79	14.13	9.89	23.28	1.80	25.85	44.47
4h100j_dreieck	Gewitter 8	1.37	1.79	4.63	0.89	2.09	3.38	10.23	0.58	1.95	12.26	12.94	1.09	14.07	3.48	3.94	22.03	22.67	0.95	1.90	5.71	12.75	0.75	13.63	9.09	22.59	1.67	25.13	45.51
0.5h100j_dreieck	Gewitter 9	0.69	0.93	2.18	0.49	1.94	2.84	6.22	0.33	1.24	7.47	7.88	0.85	8.70	2.85	1.81	13.93	14.37	0.46	1.05	0.46	4.32	2.21	6.76	5.65	12.80	4.47	19.79	27.54
1h100j_dreieck	Gewitter 9	1.13	1.48	3.60	0.76	2.41	3.65	8.68	0.50	1.77	10.38	10.94	1.11	11.99	3.60	3.05	19.16	19.75	0.76	1.59	0.78	6.73	3.28	10.37	8.58	19.42	6.49	29.86	40.59
2h100j_dreieck	Gewitter 9	1.40	1.82	4.56	0.92	2.44	3.85	10.39	0.60	2.05	12.40	13.05	1.20	14.19	3.90	3.90	22.35	23.00	0.96	1.95	0.99	8.18	3.74	12.32	9.89	22.65	7.29	34.57	49.61
4h100j_dreieck	Gewitter 9	1.37	1.79	4.63	0.89	2.09	3.38	10.23	0.58	1.95	12.26	12.94	1.09	14.07	3.48	3.94	22.03	22.67	0.95	1.90	0.99	8.06	3.44	11.95	9.09	21.55	6.64	32.69	51.69
6h100j_block	gleichmässig	8.59	10.65	29.07	5.29	6.01	12.11	48.29	3.56	9.49	57.95	60.84	3.13	64.38	9.31	27.38	103.74	106.62	6.75	12.70	8.11	27.77	4.61	32.81	11.28	44.30	8.34	58.10	162.54
8h100j_block	gleichmässig	7.70	9.57	26.31	4.76	5.36	10.84	43.79	3.21	8.52	52.47	55.28	2.80	58.49	8.49	24.82	94.81	97.63	6.13	11.55	7.37	25.55	4.20	30.17	10.11	40.60	7.56	53.30	150.79
12h100j_block	gleichmässig	6.38	7.95	22.02	3.97	4.42	8.98	36.62	2.68	7.08	43.94	46.31	2.32	49.14	7.14	20.80	80.18	82.77	5.15	9.78	6.21	21.79	3.55	25.75	8.40	34.49	6.35	45.18	129.16
24h100j_block	gleichmässig	3.88	4.84	13.48	2.43	2.68	5.48	22.44	1.65	4.33	26.93	28.48	1.42	30.28	4.41	12.76	49.62	51.37	3.17	6.05	3.83	13.58	2.21	16.05	5.12	21.43	3.92	28.08	80.67
48h100j_block	gleichmässig	2.40	2.99	8.34	1.50	1.64	3.38	13.86	1.02	2.67	16.64	17.62	0.87	18.75	2.73	7.92	30.83	31.97	1.97	3.78	2.39	8.49	1.39	10.06	3.18	13.40	2.4		

Anhang 5.3: Die Resultate der Berechnungen mit dem NAM QAREA für eine Wiederkehrperiode von 300 Jahren.

Bezeichnung des Niederschlags	Nieder-schlags-szenario	Abflussspitzen [m³/s] bei den Berechnungspunkten																												
		BP 1	BP 2	BP 3	BP 4	BP 5	BP 6	BP 7	BP 8	BP 9	BP 10	BP 11	BP 12	BP 13	BP 14	BP 15	BP 16	BP 17	BP 18	BP 19	BP 20	BP 21	BP 22	BP 23	BP 24	BP 25	BP 26	BP 27	BP 28	
0.5h300j_dreieck	Gewitter 1	7.25	9.09	11.14	0.77	2.48	3.74	15.71	0.50	1.78	17.06	17.50	1.12	18.31	3.62	2.97	23.25	23.65	0.75	1.56	0.76	2.92	0.66	3.61	1.46	5.03	1.60	7.02	27.90	
1h300j_dreieck	Gewitter 1	10.79	13.38	17.14	1.29	3.21	5.11	23.54	0.84	2.78	25.61	26.27	1.55	27.37	4.74	5.44	34.84	35.41	1.37	2.66	1.45	5.25	1.06	6.29	2.55	8.70	2.40	11.78	42.51	
2h300j_dreieck	Gewitter 1	11.91	14.95	19.59	1.55	3.33	5.50	26.96	1.00	3.23	29.51	30.33	1.68	31.60	5.20	6.92	41.33	42.03	1.69	3.27	1.81	6.61	1.27	7.92	3.14	10.94	2.76	14.84	51.59	
4h300j_dreieck	Gewitter 1	10.38	13.04	17.86	1.44	2.81	4.76	25.28	0.94	2.99	28.12	29.06	1.49	30.46	4.59	6.72	41.33	42.13	1.61	3.09	1.72	6.42	1.19	7.73	2.96	10.85	2.51	14.75	53.84	
0.5h300j_dreieck	Gewitter 2	1.13	1.49	15.48	4.43	2.48	7.40	23.71	0.50	1.78	25.23	25.74	1.12	26.69	3.62	2.97	32.75	33.23	0.75	1.56	0.76	2.92	0.66	3.61	1.46	5.03	1.60	7.02	38.19	
1h300j_dreieck	Gewitter 2	2.02	2.58	23.88	6.46	3.21	10.28	35.82	0.84	2.78	38.30	39.09	1.55	40.40	4.74	5.44	49.64	50.32	1.37	2.66	1.45	5.25	1.06	6.29	2.55	8.70	2.40	11.78	58.40	
2h300j_dreieck	Gewitter 2	2.45	3.14	27.75	7.18	3.33	11.13	41.61	1.00	3.23	44.70	45.69	1.68	47.21	5.20	6.92	58.55	59.35	1.69	3.27	1.81	6.61	1.27	7.92	3.14	10.94	2.76	14.84	70.05	
4h300j_dreieck	Gewitter 2	2.30	2.96	25.30	6.24	2.81	9.56	38.17	0.94	2.99	41.22	42.23	1.49	43.71	4.59	6.72	55.28	56.12	1.61	3.09	1.72	6.42	1.19	7.73	2.96	10.85	2.51	14.75	68.17	
0.5h300j_dreieck	Gewitter 3	1.13	1.49	3.53	4.43	7.11	12.66	23.08	2.93	8.35	31.07	31.64	1.12	32.71	3.62	2.97	39.81	40.39	0.75	1.56	0.76	2.92	0.66	3.61	1.46	5.03	1.60	7.02	46.25	
1h300j_dreieck	Gewitter 3	2.02	2.58	6.32	6.46	9.41	17.34	32.52	4.31	12.25	44.53	45.43	1.55	46.91	4.74	5.44	57.53	58.30	1.37	2.66	1.45	5.25	1.06	6.29	2.55	8.70	2.40	11.78	68.01	
2h300j_dreieck	Gewitter 3	2.45	3.14	7.92	7.18	9.90	18.58	36.95	4.75	13.49	50.27	51.39	1.68	53.11	5.20	6.92	65.95	66.86	1.69	3.27	1.81	6.61	1.27	7.92	3.14	10.94	2.76	14.84	78.68	
4h300j_dreieck	Gewitter 3	2.30	2.96	7.74	6.24	8.33	15.82	33.70	4.14	11.78	45.72	46.84	1.49	48.47	4.59	6.72	60.66	61.60	1.61	3.09	1.72	6.42	1.19	7.73	2.96	10.85	2.51	14.75	74.58	
0.5h300j_dreieck	Gewitter 4	1.13	1.49	3.53	0.77	2.48	4.37	14.94	2.93	8.35	23.56	26.17	3.43	29.59	3.62	2.97	36.90	37.47	0.75	1.56	0.76	2.92	0.66	3.61	1.46	5.03	1.60	7.02	43.58	
1h300j_dreieck	Gewitter 4	2.02	2.58	6.32	1.29	3.21	5.96	21.14	4.31	12.25	33.60	37.45	4.68	42.24	4.74	5.44	53.41	54.23	1.37	2.66	1.45	5.25	1.06	6.29	2.55	8.70	2.40	11.78	64.25	
2h300j_dreieck	Gewitter 4	2.45	3.14	7.92	1.55	3.33	6.38	24.75	4.75	13.49	38.37	42.62	5.05	47.79	5.20	6.92	61.13	62.11	1.69	3.27	1.81	6.61	1.27	7.92	3.14	10.94	2.76	14.84	74.74	
4h300j_dreieck	Gewitter 4	2.30	2.96	7.74	1.44	2.81	5.51	23.39	4.14	11.78	35.41	39.42	4.34	44.25	4.59	6.72	56.81	57.77	1.61	3.09	1.72	6.42	1.19	7.73	2.96	10.85	2.51	14.75	71.21	
0.5h300j_dreieck	Gewitter 5	1.13	1.49	3.53	0.77	2.48	3.74	8.44	0.50	1.78	10.34	12.76	3.43	16.10	9.65	2.97	29.45	30.02	0.75	1.56	0.76	2.92	0.66	3.61	1.46	5.03	1.60	7.02	35.88	
1h300j_dreieck	Gewitter 5	2.02	2.58	6.32	1.29	3.21	5.11	13.18	0.84	2.78	15.72	18.97	4.68	23.36	13.03	5.44	42.67	43.48	1.37	2.66	1.45	5.25	1.06	6.29	2.55	8.70	2.40	11.78	53.28	
2h300j_dreieck	Gewitter 5	2.45	3.14	7.92	1.55	3.33	5.50	16.09	1.00	3.23	19.31	22.96	5.05	27.76	14.45	6.92	49.92	50.89	1.69	3.27	1.81	6.61	1.27	7.92	3.14	10.94	2.76	14.84	63.58	
4h300j_dreieck	Gewitter 5	2.30	2.96	7.74	1.44	2.81	4.76	15.56	0.94	2.99	18.84	22.51	4.34	27.15	12.74	6.72	47.62	48.58	1.61	3.09	1.72	6.42	1.19	7.73	2.96	10.85	2.51	14.75	62.01	
0.5h300j_dreieck	Gewitter 6	1.13	1.49	3.53	0.77	2.48	3.74	8.44	0.50	1.78	10.16	12.58	1.12	13.94	3.62	19.72	37.17	37.77	0.75	1.56	0.76	2.92	0.66	3.61	1.46	5.03	1.60	7.02	43.99	
1h300j_dreieck	Gewitter 6	2.02	2.58	6.32	1.29	3.21	5.11	13.18	0.84	2.78	15.51	18.73	1.55	20.60	4.74	30.71	55.62	56.49	1.37	2.66	1.45	5.25	1.06	6.29	2.55	8.70	2.40	11.78	66.96	
2h300j_dreieck	Gewitter 6	2.45	3.14	7.92	1.55	3.33	5.50	16.09	1.00	3.23	19.06	22.71	1.68	24.82	5.20	35.65	64.91	65.95	1.69	3.27	1.81	6.61	1.27	7.92	3.14	10.94	2.76	14.84	79.42	
4h300j_dreieck	Gewitter 6	2.30	2.96	7.74	1.44	2.81	4.76	15.56	0.94	2.99	18.61	22.27	1.49	24.33	4.59	32.38	61.45	62.47	1.61	3.09	1.72	6.42	1.19	7.73	2.96	10.85	2.51	14.75	76.32	
0.5h300j_dreieck	Gewitter 7	1.13	1.49	3.53	0.77	2.48	3.74	8.44	0.50	1.78	10.16	10.73	1.12	11.79	3.62	2.97	18.91	19.48	5.12	9.11	5.81	15.12	0.66	15.79	1.46	17.12	1.60	18.90	35.49	
1h300j_dreieck	Gewitter 7	2.02	2.58	6.32	1.29	3.21	5.11	13.18	0.84	2.78	15.51	16.30	1.55	17.66	4.74	5.44	28.10	28.86	7.80	13.79	8.97	23.57	1.06	24.61	2.55	26.85	2.40	29.68	54.70	
2h300j_dreieck	Gewitter 7	2.45	3.14	7.92	1.55	3.33	5.50	16.09	1.00	3.23	19.06	20.05	1.68	21.57	5.20	6.92	33.70	34.61	8.75	15.91	10.12	27.46	1.27	28.76	3.14	31.65	2.76	35.21	66.19	
4h300j_dreieck	Gewitter 7	2.30	2.96	7.74	1.44	2.81	4.76	15.56	0.94	2.99	18.61	19.62	1.49	21.11	4.59	6.72	33.04	33.94	7.77	14.20	8.93	24.77	1.19	26.08	2.96	29.06	2.51	32.83	64.96	
0.5h300j_dreieck	Gewitter 8	1.13	1.49	3.53	0.77	2.48	3.74	8.44	0.50	1.78	10.16	10.73	1.12	11.79	3.62	2.97	18.91	19.48	0.75	1.56	0.76	6.80	3.50	10.55	9.11	20.10	1.60	22.24	36.15	
1h300j_dreieck	Gewitter 8	2.02	2.58	6.32	1.29	3.21	5.11	13.18	0.84	2.78	15.51	16.30	1.55	17.66	4.74	5.44	28.10	28.86	1.37	2.66	8.97	18.40	1.06	19.51	13.76	31.34	2.40	34.59	55.69	
2h300j_dreieck	Gewitter 8	2.45	3.14	7.92	1.55	3.33	5.50	16.09	1.00	3.23	19.06	20.05	1.68	21.57	5.20	6.92	33.70	34.61	1.69	3.27	10.12	21.64	1.27	23.03	15.54	37.24	2.76	41.29	68.16	
4h300j_dreieck	Gewitter 8	2.30	2.96	7.74	1.44	2.81	4.76	15.56	0.94	2.99	18.61	19.62	1.49	21.11	4.59	6.72	33.04	33.94	1.61	3.09	8.93	19.99	1.19	21.35	13.69	34.77	2.51	38.79	68.39	
0.5h300j_dreieck	Gewitter 9	1.13	1.49	3.53	0.77	2.48	3.74	8.44	0.50	1.78	10.16	10.73	1.12	11.79	3.62	2.97	18.91	19.48	0.75	1.56	0.76	6.80	3.50	10.55	9.11	20.10	1.60	6.72	30.85	39.88
1h300j_dreieck	Gewitter 9	2.02	2.58	6.32	1.29	3.21	5.11	13.18	0.84	2.78	15.51	16.30	1.55	17.66	4.74	5.44	28.10	28.86	1.37	2.66	1.45	10.96	5.21	16.47	13.76	30.55	9.90	46.71	61.39	
2h300j_dreieck	Gewitter 9	2.45	3.14	7.92	1.55	3.33	5.50	16.09	1.00	3.23	19.06	20.05	1.68	21.57	5.20	6.92	33.70	34.61	1.69	3.27	1.81	13.42	5.92	19.88	15.54	35.76	11.18	54.13	75.63	
4h300j_dreieck	Gewitter 9	2.30	2.96	7.74	1.44	2.81	4.76	15.56	0.94	2.99	18.61	19.62	1.49	21.11	4.59	6.72	33.04	33.94	1.61	3.09	1.72	12.80	5.25	18.64	13.69	32.90	9.90	49.64	77.04	
6h300j_block	gleichmässig	10.17	12.60	34.46	6.29	7.08	14.31	57.10	4.23	11.21	68.48	71.90	3.67	76.04	11.05	32.55	122.84	126.28	8.04	15.18	9.70	33.26	5.51	39.28	13.35	52.87	9.93	69.27	192.90	
8h300j_block	gleichmässig	9.10	11.30	31.14	5.65	6.31	12.79	51.69	3.80	10.04	61.91	65.21	3.28	68.98	10.04	29.46	112.08	115.43	7.29	13.77	8.79	30.49	5.00	35.98	11.95	48.29	8.98	63.37	178.75	
12h300j_block	gleichmässig	7.52	9.36	25.98	4.69	5.19	10.55	43.09	3.16	8.31	51.67	54.45	2.70	57.76	8.38	24.61	94.40	97.46	6.09	11.58	7.37	25.86	4.20	30.53	9.91	40.83	7.50	53.46	152.39	
24h300j_block	gleichmässig	4.52	5.63	15.70	2.82	3.10	6.34	26.04	1.91	5.01	31.23	33.02	1.62	35.09	5.08	14.89	57.58	59.63	3.69	7.04	4.47	15.83	2.57	18.70	5.97	24.95	4.55	32.68	93.75	
48h300j_block	gleichmässig	2.76	3.44	9.60	1.72	1.88	3.86	15.90	1.17	3.07	19.08	20.20	0.98																	