

Hydrologische Grundlagen für den Hochwasserschutz und die Revitalisierung des Mühlebachs in Ebikon (Kt. LU)



Das Gerinne des Mühlebachs in Ebikon zwischen Zentralstrasse und Riedmattstrasse mit den Spuren des Hochwassers vom 19.-22.8.2005 (Foto Scherrer AG).

Auftraggeber:
Verkehr und Infrastruktur (vif) Kt. LU
Naturgefahren

1 Einleitung	2
1.1 Gebietskennwerte	4
1.2 Gewährsleute	4
2 Verwendete Daten und Unterlagen	5
3 Historische Hochwasser	6
3.1 Einleitung	6
3.2 Ausbaugeschichte	6
3.3 Die historischen Hochwasser am Mühlebach	7
3.4 Einordnung der Hochwasser	8
3.5 Schlussfolgerungen	8
4 Beurteilung der Abflussreaktion des Gebiets	9
4.1 Einleitung	9
4.2 Geologie, Böden, Abflussprozesse und Abflusstypen	9
4.2 Abflussreaktionskurven	13
5 Abflussberechnungen	15
5.1 Einleitung	15
5.2 Grundlagen und Aufbau des Modells QArea	15
5.3 Modellverifikation	17
5.4 Niederschlag-Szenarien	17
5.5 Abflussberechnungen	19
6 Hochwasserabflüsse definierter Jährlichkeit	20
6.1 Einleitung	20
6.2 Mühlebach beim BP 7 (Einmündung in die Ron)	20
7 Anhang	23

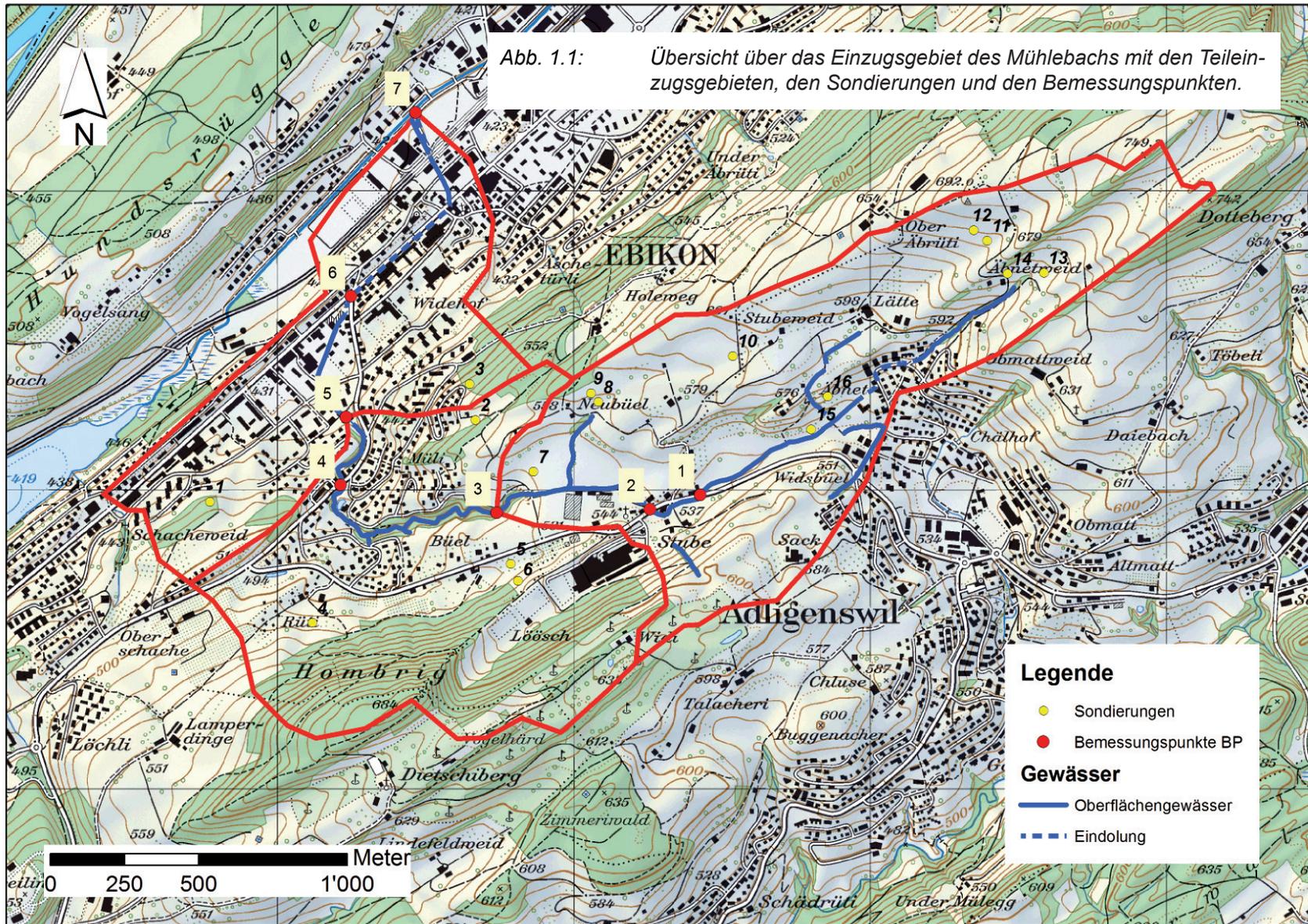
1 Einleitung

Der Mühlebach in Ebikon entwässert ein ca. 3.5 km² grosses, im Oberlauf ländliches, im Unterlauf stark von Siedlungsflächen geprägtes Einzugsgebiet (EZG, Abb. 1.1). Der Untergrund des EZG ist aus Molasse (Obere Meeresmolasse und Untere Süsswassermolasse) aufgebaut, die vorwiegend aus Sandsteinen und untergeordnet auch aus Mergeln besteht. Das Gebiet ist glazial überprägt und erstreckt sich von ca. 420 – 750 m ü. M. Unterhalb Dotteberg entwässert der Bach eher steile Gebiete, gelangt am Dorfrand von Adligenswil im Gebiet „Stube“ in einen flacheren Zwischenbereich, durchläuft anschliessend eine Tobelstrecke mit einem kleinen Weiher, bevor er im Unterlauf das flache Rontal erreicht.

Der Mühlebach wird immer wieder im Zusammenhang mit Hochwasser erwähnt (z.B. 1975, 1976, 1988, 1992, 2005, 2007, 2009, etc.). Im flacheren Mittellauf ist das Gerinne des Baches klein und der Bach tritt immer wieder über die Ufer. In der Vergangenheit wurde dadurch auch schon die Abwasserpumpwerk in „Stube“ beeinträchtigt. Der Kanton möchte nun Hochwasserschutz- und Revitalisierungsmassnahmen planen. Dafür sind hydrologische Grundlagen erforderlich. Für die Ron wurde schon 2011 eine Hydrologiestudie erstellt (Scherrer AG, 2011), welche die massgebenden Hochwasserabflüsse (HQ_x) entlang der Ron festlegte. Die Seitenbäche, so auch der Mühlebach in Ebikon, waren damals nicht Bestandteil der Betrachtung, dennoch liegen Informationen zu den Seitenbächen aus dieser Studie vor.

Es wurde folgendermassen vorgegangen:

1. Grundlagen zusammentragen (Kap. 2).
2. Aufarbeitung der Hochwassergeschichte am Mühlebach unter Berücksichtigung des Ereigniskatasters und der Rekonstruktion einzelner Hochwasser (7. Juni 2015 und 20.8.2005) (Kap. 3).
3. Überprüfung der Abflussbereitschaft des EZG (Kap. 4)
4. Erarbeiten von Szenarien für Niederschläge unterschiedlicher Jährlichkeit und Dauer für die Modellrechnungen anhand der aktualisierten Niederschlagsstatistik von Luzern (Kap. 5).
5. Niederschlag-Abflussmodellierung (Kap. 5): Aufbau des Niederschlag-Abfluss-Modells (NAM) für die Abflussberechnungen mit 7 Berechnungspunkten. Verifizierung des Modells anhand vergangener Hochwasser. Abflussberechnungen für Starkniederschläge unterschiedlicher Dauer und Jährlichkeit anhand der Niederschlagsszenarien.
6. Synthese: Herleiten der massgebenden Abflüsse unterschiedlicher Jährlichkeit (Kap. 6).



1.1 Gebietskennwerte

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

Tab. 1.1: Gebietskennwerte

Höchster Punkt im Einzugsgebiet (EZG) (Dotteberg)	750 m ü. M.
Tiefster Punkt im EZG (Mündung Ron)	420 m ü. M.
EZG oberhalb BP 1: Stubebach oberhalb Stube	0.95 km ²
EZG oberhalb BP 2: Stubebach in Stube	1.12 km ²
EZG oberhalb BP 3: Tobel	1.49 km ²
EZG oberhalb BP 4: Mühlebach in Ebikon, Unterquerung Schlösslistrasse	2.37 km ²
EZG oberhalb BP 5: Mühlebach in Ebikon, unterhalb Sagi	2.65 km ²
EZG oberhalb BP 6: Mühlebach in Ebikon, oberhalb Zentralstrasse	3.04 km ²
EZG oberhalb BP 7: Mühlebach in Ebikon, Mündung Ron	3.50 km ²

1.2 Gewährsleute

Folgende Personen haben uns bei unseren Untersuchungen mit Informationen zu Hochwasser am Mühlebach unterstützt:

- Camenzind Alois, ehem. FwKdt,
- Christen Urs, Leiter Tiefbauabteilung Gde. Ebikon
- Dörenberg Sylvia, Anwohnerin Sagi
- Huttunen Tina, ehem. Anwohnerin Sagi
- Andreas Stalder, vif Kt. LU
- Thali Robert, ehem. FW Kdt,
- von Euw Rudolf, ehemaliger Leiter Tiefbau Gemeinde Ebikon,
- Zemp Ubald, Privatarchiv Gemeinde Ebikon

2 Verwendete Daten und Unterlagen

- AF Colenco AG / Keller & Lorenz AG (2010): Gefahrenkarte Rontal.
- Arnet X. (1881): Die Niederschläge in Luzern in den Jahren 1861 – 1880, Anhang No. 1 zum Jahrgang 1881 der Annalen der schweizerischen meteorologischen Centralanstalt.
- Bauamt Adligenswil (2015): Dokumentation Hochwasserereignis 7. Juni 2015.
- Gees A. (1997): Analyse historische und seltener Hochwasser in der Schweiz - Bedeutung für das Bemessungshochwasser. Geographisches Institut der Universität Bern. Geographica Bernensia G53.
- 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.
- Lanz-Stauffer, H. und C. Rommel (1936): Elementarschäden und Versicherung. Studie des Rückversicherungsverbandes kantonal-schweizerischer Feuerversicherungsanstalten zur Förderung der Elementarschadenversicherung, Band 2. Selbstverlag des Rückversicherungsverbandes. Bern.
- Meier J. (1939): Die Unwetter in der Schweiz 1900 – 1950. Kant. Tiefbauamt Luzern.
- MeteoSchweiz: Niederschlagsdaten verschiedener Starkregenereignisse. Witterungsberichte und Annalen, diverse Jahre.
- MeteoSchweiz (2015): Expertise Radar 2015106 vom 7./8.6.2015.
- Naef F., Scherrer S., Zurbrügg C. (1999): Grosse Hochwasser – unterschiedliche Reaktion von Einzugsgebieten auf Starkregen. Hydrologischer Atlas der Schweiz, Blatt 5.7.
- FAL (1988): Bodenkarte Luzern, Blatt 1150, Massstab 1: 25'000, mit Erläuterungen von Peyer K. Hrsg. Eidg. Forschungsanstalt für Landwirtschaftlichen Pflanzenbau, Reckenholz.
- Röthlisberger G. (1991): Chronik der Unwetterschäden in der Schweiz. Berichte WSL, Berichtnummer 330.
- Scherrer AG (2004): Bestimmungsschlüssel zur Identifikation von hochwasserrelevanten Flächen. Im Auftrag des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz.
- Scherrer AG (2005): Fotos von Hochwasserspuren nach dem Hochwasser 2005.
- Scherrer AG (2011): Massgebende Hochwasserabflüsse und Beckenberechnungen an der Ron bei Ebikon (LU). Auftraggeber: Verkehr und Infrastruktur (vif) Kanton Luzern. Bericht 11/149.
- 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.
- Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich (VAW, 1992): Abschätzung des 100jährigen Hochwassers der Ron unter Berücksichtigung der Retention im Ronkanal, Bericht 4053 im Auftrag des Tiefbauamts des Kt. LU.
- WSL, Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (2016): Ereignisdokumentation Hochwasserschäden in der Gemeinde Dierikon (1972-2015).
- Zeitungen, verschiedene.
- 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 Historische Hochwasser

3.1 Einleitung

Abflussmessungen liegen am Mühlebach keine vor. Durch die Erkundung historischer Hochwasser können Informationen über Häufigkeit, Grösse und Verlauf von Hochwasserereignissen gesammelt werden. Das Zusammentragen von Informationen aus Zeitungen, Archiven und verbürgten Angaben erschliesst ein Beobachtungszeitraum von 27 Jahren, mit weniger präzisen Angaben ein Zeitraum von maximal 90 Jahren. Die Hochwasser der letzten Jahre sind aufgrund von Zeugenaussagen oder Fotos belegt. Anhand dieser Aussagen konnten die Abflussspitzen jener Hochwasser grob rekonstruiert werden. Dies erlaubte, die beobachteten Hochwasser einzuordnen. Abbildung 3.1 zeigt die im Zusammenhang mit historischen Hochwassern wesentlichen Stellen entlang des Mühlebachs.

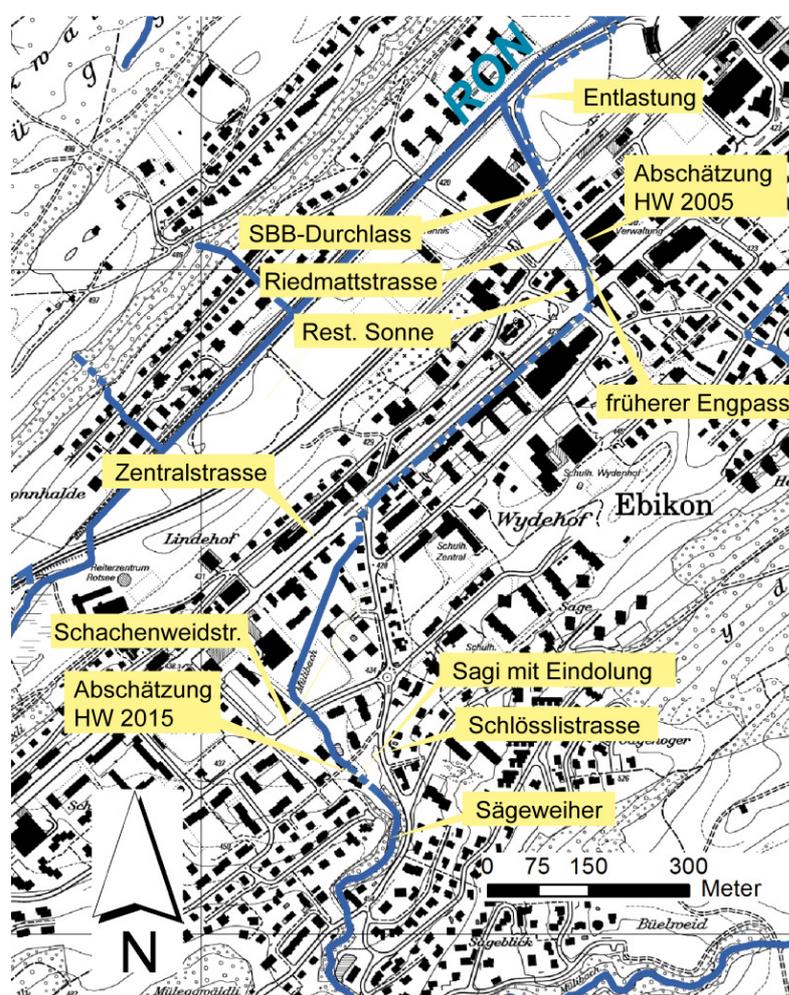


Abb. 3.1: Die im Zusammenhang mit historischen Hochwassern wesentlichen Stellen entlang des Mühlebachs.

3.2 Ausbaugeschichte

Ebikon hat sich in den letzten 50 Jahren von einem Dorf zu einer Agglomerationsgemeinde entwickelt. Die Ausbaugeschichte des Baches konnte nicht eindeutig rekonstruiert werden. Laut Landeskarte (<https://map.geo.admin.ch/>) wurde in den 1970er-Jahren die Eindolung entlang der Zentralstrasse erstellt. Es ist bekannt, dass ein Durchlass beim Restaurant Sonne in

den 1980er- und 1990er-Jahren noch zu häufigen Überschwemmungen führte (VAW, 1992). Später wurde dieser Engpass beseitigt. Auch bei der Unterquerung der SBB gab es wegen geringer Kapazität und auch wegen Rückstau Problemen von der Ron regelmässig Probleme, nach 1992 wurde dieser Engpass beseitigt und eine Entlastungskanal (ca. 1995 - 2000) angelegt. Seitdem sind die grössten Engpässe beseitigt. Seit Jahrzehnten gleich geblieben ist die Situation vom Sägeweiher bis zur Schachenweidstrasse unterhalb der Säge. Unterhalb des Sägeweihers besteht eine kurze Eindolung.

3.3 Die historischen Hochwasser am Mühlebach

Im Anhang 1 sind sämtliche Informationen über historische Hochwasser detailliert zusammengestellt. Als kleiner Bach findet der Mühlebach in Zeitungen und Chroniken (z.B. Röthlisberger, 1991) wenig Erwähnung, während von der grösseren Ron oft die Rede ist. Deshalb spielen Befragungen von Gewährspersonen (Kap. 1.4), die entlang des Baches wohnen oder von Amtes wegen mit dem Bach verbunden sind, eine wichtige Rolle.

Erstmals erwähnt wird Ebikon im Zusammenhang mit Hochwasser im Jahre 1905. Verschiedene weitere Male ist von Hochwasser in Ebikon die Rede (1912, 1927, 1937, 1953), ohne dass der Mühlebach explizit erwähnt wird.

Aus den 1970er-Jahren sind verschiedene Hochwasser am Mühlebach bekannt. Am **29.6.1972** (49 mm/d) und am **23.6.1973** (106 mm/2d) musste die Feuerwehr wegen Hochwassers am Mühlebach ausrücken. Am **23.8.1975** (89 mm/2d) und am **26.7.1976** (93 mm/d) brach der Mühlebach nach Dauerregen aus.

1977, 1978 und 1981 ist ebenfalls Ebikon erwähnt, wobei unklar ist, ob der Mühlebach betroffen war. Am **16./17.6.1988** traf ein Gewitter das Gebiet. Aus mündlichen Aussagen ist bekannt, dass der Mühlebach in Ebikon den Bachdurchlass beim Restaurant Sonne knapp überströmte (VAW, 1992) (Abflussspitze ca. > 4 m³/s). Zu Überschwemmungen kam es auch beim Durchlass des Mühlebaches unter der SBB-Linie. Am 30.8.1990 gab es ebenfalls nach einem Gewitter Überflutungen ohne Angabe des Gewässers.

Beim Gewitter vom **25.6.1991** rekonstruiert die VAW (1992) eine Abflussspitze von knapp 3 m³/s, wobei beim damaligen SBB-Durchlass erste Überschwemmungen auftraten.

Am **21.8.1992** ging ein wenige Minuten dauerndes aber sehr intensives Gewitter über das Rontal nieder. Der Durchlass des Mühlebaches beim Restaurant Sonne wurde überströmt. Der Mühlebach wurde beim Durchlass unter der SBB eingestaut und verursachte an dieser Stelle die bekannten Überschwemmungen. Im Keller des Lagergebäudes von Herrn Burri wurde der markierte Höchstwasserstand aus dem Jahre 1988 um weniges überschritten (VAW, 1992). Die Abflussspitze dürfte 4 - 4.5 m³/s betragen haben.

Beim grossen Niederschlag vom **11.-14.5.1999** (141 mm/4d) trat der Mühlebach offenbar nicht über die Ufer. Auch beim Gewitter vom **6.6.2002**, das die Stadt Luzern stark traf, bleibt der Mühlebach unerwähnt.

Beim grössten Niederschlag der letzten Jahrzehnte am **19.-22.8.2005** (155 mm/4d), gab es am Mühlebach in Ebikon keine Schäden. Aufgrund von Fotos konnte zwischen Zentral- und Riedmattstrasse (Post) eine Abflussspitze von 4.5 – 5 m³/s abgeschätzt werden.

Am **7./8.8.2007** fiel 107 mm Niederschlag und der Mühlebach führte Hochwasser, erzeugte aber bei der Säge keine Schäden, d.h. die Abflussspitze war kleiner als die Kapazität des Rohrs bei der Säge (< 4 – 4.5 m³/s).

Beim Gewitter vom **8.8.2009** gab es überschwemmte Keller in Ebikon. Die Abflussspitze an der Ron lag in Buchrain bei 6 - 7 m³/s (Scherrer AG, 2011). Es ist daher anzunehmen, dass am Mühlebach keine grossen Abflüsse auftraten.

Am **7.6.2015** ging über die Gemeinden Adligenswil, Dierikon, Ebikon ein starkes Gewitter nieder. Im EZG des Götzentalsbachs entstand ein extremes und sehr seltenes Hochwasser. Auch der Mühlebach wurde stark getroffen. So wurden im Oberlauf des Mühlebachs bis 55 mm Niederschlag in weniger als einer Stunde gemessen und im Mühlebach entstand ein Hochwasser mit einer Abflussspitze von 4.5 bis 5 m³/s, abgeschätzt bei der Säge¹.

3.4 Einordnung der Hochwasser

In der Untersuchung an der VAW (1992) wurden bereits historische Hochwasser aufgrund von Quellen und Befragungen erkundet, teilweise wurden die Abflussspitzen rekonstruiert und die Hochwasser eingeordnet.

1992 blickte man bis Anfang der 1920er-Jahre zurück also rund 70 Jahre. Der SBB-Durchlass war in dieser Zeit noch kleiner als heute, ab 3 - 4 m³/s begann er einzustauen. Oberhalb des SBB-Durchlasses gab es einen Durchlass (Rohr) beim Rest. Sonne mit einer geschätzten Kapazität von 3 - 4 m³/s. Die Abflussspitze des Hochwassers 1988 wurde auf > 4 m³/s geschätzt. Beim Hochwasser 1991 wurde von knapp 3 m³/s ausgegangen. Das Hochwasser 1992 war offenbar etwas grösser als dasjenige von 1988 (> 4 m³/s). Man schloss Abflüsse von > 10 m³/s zwischen 1920 und 1992 aus.

Bei den Hochwässern von 2005 trat zwischen BP6 und 7 eine Abflussspitze von 4.5 - 5 m³/s auf. Beim Hochwasser 2015 wurden weiter oben beim BP5 4.5 - 5 m³/s geschätzt, am BP 7 dürften ca. 6 m³/s abgeflossen sein. Dieser Wert war vermutlich der grösste seit 1988 (Wiederkehrperiode 27 Jahre). Den Hochwassern von 1988, 1992 und 2005 (4 - 5 m³/s) wird eine Wiederkehrperiode von 4 - 13 Jahren zugeordnet.

3.5 Schlussfolgerungen

Aus den Erkundungen historischer Hochwasser lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Durch die Recherchen über historische Hochwasser eröffnet sich ein Beobachtungszeitraum von 27 bis 90 Jahren.
- Sowohl Gewitter als auch Landregen erzeugten im Mühlebach verschiedene Hochwasser mit kleineren Überschwemmungen.
- Seit 1988 wurden mindestens 4 Mal Abflüsse von 4.0 - 6 m³/s erreicht oder leicht überschritten. Seit 1920 sind Abflüsse in den Grössenordnung von 10 m³/s wahrscheinlich kaum aufgetreten, weil dies beim früheren SBB-Durchlass (ca. 1920 bis in die 1990er-Jahre) einen Bahnunterbruch erzeugt hätte.
- Beim Hochwasser 2015 wurden beim BP5 4.5 - 5 m³/s geschätzt, am BP 7 dürften ca. 6 m³/s abgeflossen sein. Dieser Wert war vermutlich der grösste seit 1988 (Wiederkehrperiode 27 Jahre). Den Hochwassern von 1988, 1992 und 2005 (4 - 5 m³/s) wird eine Wiederkehrperiode von 4 - 13 Jahren zugeordnet.

¹ Die Nachrechnung des Hochwassers 2015 mit dem Niederschlag-Abflussmodell ergab beim BP7 eine Abflussspitze von 6 m³/s.

4 Beurteilung der Abflussreaktion des Gebiets

4.1 Einleitung

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

Im Bericht Scherrer AG (2011) über das Rontal wurden die geologischen Verhältnisse, die Böden und Abflussreaktion detailliert beschrieben. Hier werden die wesentlichen Informationen zusammengefasst und die zusätzlich durchgeführten Sondierungen sowie die Neuinterpretation der zum Abfluss beitragenden Flächen ausgeführt.

4.2 Geologie, Böden, Abflussprozesse und Abflusstypen

Geologie: Das EZG des Mühlebachs liegt in der subalpinen Molasse (Obere Meeresmolasse) im Übergangsbereich zur mittelländischen Molasse. Tektonisch handelt es sich bei den Steilhängen des Dottenbergs und Dietschibergs um eine Antiklinale (Würzenbach-Antiklinale), ein früher geschlossenes Gewölbe, das aber heute nicht mehr sichtbar ist. In den steilen Hängen ist vor allem grauer (Luzerner) Sandstein zu finden. Lokal finden sich Würmmoränen.

Böden: Die Bodenkarte im Massstab 1 : 25'000 (FAL, 1988) (Anhang 4.1) gibt einen guten Überblick der Böden im unbebauten EZG. Die Böden werden grösstenteils als gleyige Braunerden beschrieben, in Steilhängen flach- bis mittelgründig, in weniger geneigten Flächen mittel- bis tiefgründig. Meist sind sie normal durchlässig, nur vereinzelt sind von Stau- oder Hangwasser beeinflusste Böden kartiert.

Um die Angaben der Bodenkarte zu ergänzen und hydrologisch zu interpretieren, wurden 16 zusätzliche Bodensondierungen mit der Schlagsonde nach Pürckhauer (Kerndurchmesser 2 cm) ausgeführt. Die Lage der Sondierungen ist in Abbildung 1.1 ersichtlich. Diese Profile wurden nach Infiltration, Speichervermögen und zu erwartendem Abflussprozess beurteilt und bilden die Grundlage für die Kartierung des Gebiets nach der Abflussbereitschaft.

Vielerorts wurden Braunerden aufgeschlossen (E2, E3, E5, E6, E9, E10, E11, E12, E16), die schluffig-sandig bis schluffig-lehmige Bodenart aufweisen. Zum Teil waren die Braunerden pseudovergleyt (E1, E13, E14) oder zeigten Übergangsformen (Braunerde-Pseudogley: E8). Nasse Böden wie Buntgleye (E4, E15) wurden nur vereinzelt beobachtet, selbst in einigen aufgesuchten Mulden (E10, E11 und E13) konnten Böden ohne oder nur mit geringem Stau- oder Hangwassereinfluss beobachtet werden. Mehrheitlich weist die dominierende Obere Meeresmolasse eine Verwitterungsschicht auf, die zu tiefgründigen Böden führt. Einzelne Sondierungen im Bereich der Oberen Meeresmolasse (E9 und E12) zeigten überraschenderweise sehr flachgründige Böden, was auf einzelne, widerstandsfähige Schichtpakete hinweist.

Abflussprozesse und Abflusstypen natürlicher Flächen (72% des EZG): Abflusstypen sind Flächen ähnlicher Abflussbereitschaft. Die Beurteilung der Flächen stützt sich im Wesentlichen auf die Bodenkarte, die geologische Karte und die Bodensondierungen (Abb. 4.1), welche als Grundlage für die Abflussberechnungen mit dem Niederschlag-Abfluss-Modell Q_{AREA} dient.

Folgende **Abflussprozesse** werden unterschieden: Nassflächen werden rasch gesättigt (Prozess: Oberflächenabfluss aufgrund rasch sich sättigender Flächen, SOF1) und tragen wie undurchlässige Flächen (Oberflächenabfluss aufgrund Infiltrationshemmnissen, HOF1, 2) rasch zum Abfluss bei (Abflusstyp 1). Diese Prozesse sind im Gebiet nicht vorhanden.

Feuchte Mulden und die unteren Teile langer Hänge weisen in Bachnähe ein geringes Feuchtedefizit auf und sättigen sich bei Starkregen (verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund der Sättigung: SOF2). Bewaldete Steilhänge mit flachgründigen Böden ermöglichen raschen Abfluss im Boden (SSF1). Diese Flächen tragen leicht verzögert zur Entstehung von Hochwasser bei (Abflusstyp 2, 3.6 %).

Mässig tiefgründige Böden mit mässiger bis guter Durchlässigkeit werden gesättigt und es bildet sich verzögerter Oberflächenabfluss (SOF2 - 3). Auf flachgründigen Böden an bewaldeten Hängen, in stau- oder hangwasserbeeinflussten Böden entsteht verzögerter Abfluss im Boden (SSF2). Sie alle gehören dem Abflusstyp 3 an (23.3 %).

Ein beachtlicher Teil der Böden im EZG des Mühlebachs sind gut durchlässig und auch speicherfähig. Bei Starkregen werden sie erst nach sehr ergiebigen Niederschlägen gesättigt (Oberflächenabfluss aufgrund sich langsam sättigender Flächen, SOF3; stark verzögerter Abfluss im Boden, SSF3). Solche Flächen tragen daher stark verzögert und nur mässig zum Hochwasser bei (Abflusstyp 4, 45.1 %). Im günstigsten Fall sickert das Niederschlagswasser in den durchlässigen Untergrund, DP, Abflusstyp 5, 0 %). Solche Flächen sind im EZG nicht vorhanden.

Abflussprozesse und Abflusstypen der Siedlungsflächen (28% des EZG): Die Siedlungsflächen wurden separat kartiert (Tab. 4.2: Abflusstyp S1 - S3). Abflusstyp S1 (6.3%) fasst die dicht bebauten Siedlungsflächen zusammen, Abflusstyp S2 (8.5%) die mässig und Abflusstyp S3 (13.2%) die schwach bebauten Flächen.

Die Abflusstypen 1 - 3 und S1 - 3 sind die Flächen im EZG, welche bei einem Gewitter zum Abfluss betragen und mehr als die Hälfte des EZG ausmachen (54.9%). Deshalb wird die Abflussreaktion des Mühlebachs als mässig bis stark beurteilt. Ein wesentlicher Grund dafür sind die Siedlungsflächen. Ohne die Siedlungsflächen im unteren Teil wäre die Abflussbereitschaft des Mühlebach-EZG nur mässig. Das Gebiet des Mühlebachs reagiert schwächer als der benachbarte Götzentalbach.

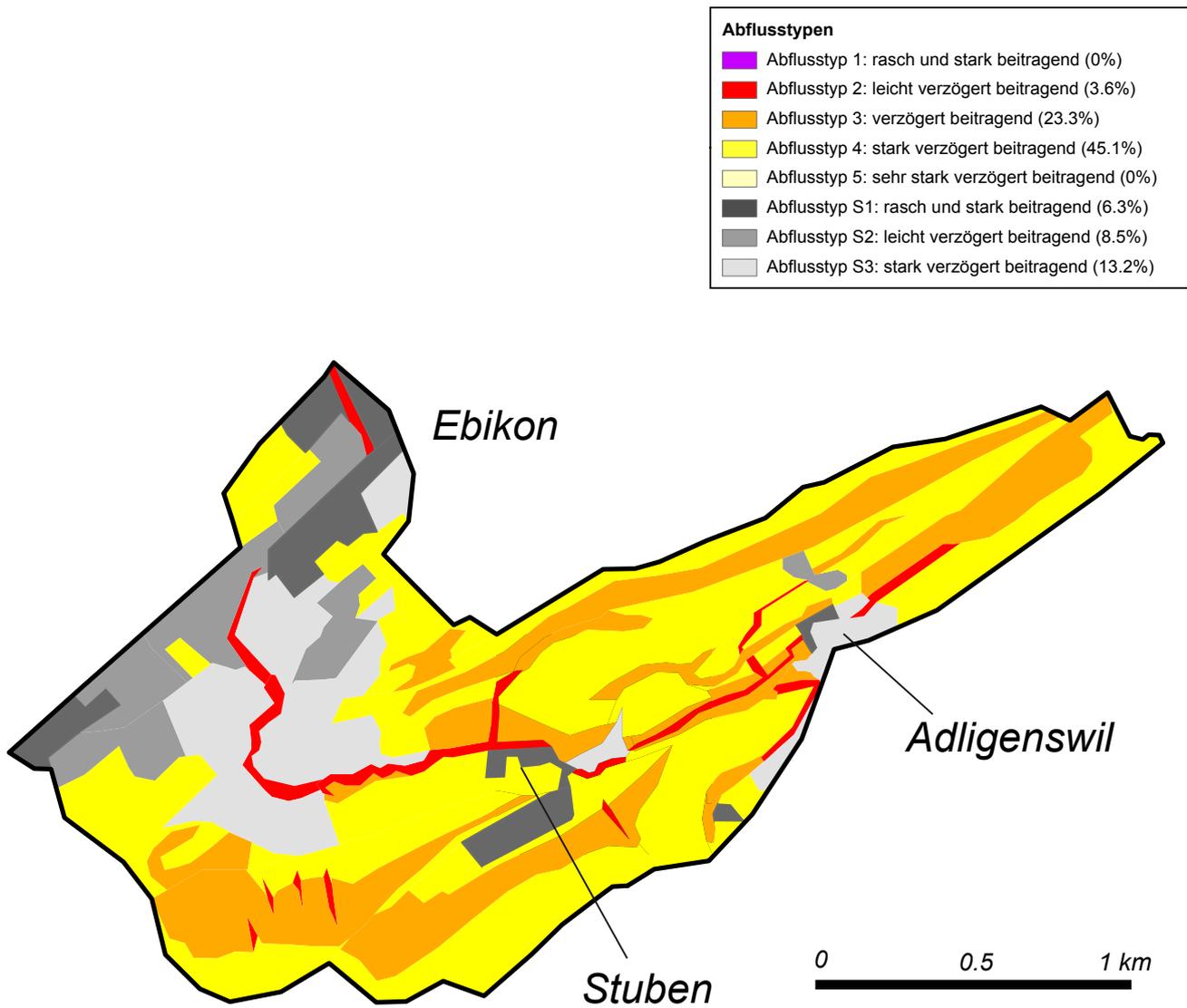


Abb. 4.1: Flächen ähnlicher Abflussbereitschaft (Abflusstypen) im Einzugsgebiet des Mühlebachs.

Tab. 4.1: Dominante Abflussprozesse, Gebietseigenschaften und Abflusstypen im EZG des Mühlebachs.

Abflusstyp	Abflussreaktion	Dominante Abflussprozesse	Massgebende Gebietseigenschaften	Flächenanteil am EZG	
				(km ²)	(%)
1	Rasch und stark beitragende Flächen	Oberflächenabfluss aufgrund von Infiltrationshemmnissen (HOF1)	Schwach durchlässige Böden mit Gefälle, verrutschte Gerinneflanken.	0.0	0
		Sofortiger gesättigter Oberflächenabfluss (SOF1)	Feuchtfächen		
2	Leicht verzögert beitragende Flächen	Leicht verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund von Infiltrationshemmnissen (HOF2)	Schwach durchlässige Böden mit geringem Gefälle.	0.13	3.6
		Leicht verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund sich langsam sättigender Flächen (SOF2)	Vernässte Böden im Bereich von Quellmulden, Moore an geneigter Lage.		
		Rascher Abfluss im Boden (SSF1)	Flachgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fließwegen über schwach durchlässigem Fels mit grossem Gefälle, drainierte Flächen in Hanglage.		
3	Verzögert beitragende Flächen	Verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund sehr langsam sich sättigender Böden (SOF2 - SOF3)	Mässig tiefgründige Böden mit mässiger bis guter Durchlässigkeit. Nasse Flächen in ebener Lage.	0.83	23.3
		Verzögerter Abfluss im Boden (SSF2)	Mässig tiefgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fließwegen über Fels oder Moräne, Flächen in Gerinnenähe, drainierte Böden in flacher Lage.		
4	Stark verzögert beitragende Flächen	Sehr stark verzögerter Oberflächenabfluss aufgrund sehr langsam sich sättigender Böden (SOF3)	Tiefgründige Böden mit guter Durchlässigkeit.	1.61	45.1
		Stark verzögerter Abfluss im Boden (SSF3)	Tiefgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fließwegen.		
5	Sehr stark verzögert beitragende Flächen	Tiefensickerung (DP)	Tiefgründige gut durchlässige Böden oder flachgründige, gut durchlässige Böden auf durchlässiger Geologie (Moräne, Schotter).	0.0	0
		Sehr stark verzögerter Abfluss im Boden (SSF3)	Tiefgründige, gut durchlässige Böden mit lateralen Fließwegen, gerinnefern.		
Total				2.57	72

Tab. 4.2: Klassierung der Siedlungsflächen nach Abflusstypen im EZG des Mühlebachs.

Abflusstyp	Abflussreaktion	Massgebende Gebietseigenschaften	Flächenanteil	
			(km ²)	(%)
S1	rasch und stark beitragend	sehr dicht bebaute Flächen leicht geneigte, dicht bebaute Flächen stark geneigte, mässig dicht bebaute Flächen	0.22	6.3
S2	leicht verzögert beitragend	ebene, dicht bebaute Flächen leicht geneigte, mässig dicht bebaute Flächen geneigte, locker bebaute Flächen	0.30	8.5
S3	verzögert beitragend	geneigte, locker bebaute Flächen leicht geneigte, mässig dicht bebaute Flächen	0.47	13.2
Total			0.99	28.0

4.2 Abflussreaktionskurven

Abbildungen 4.2a und 4.2b zeigen die Abflussreaktionskurven für natürliche Flächen und Siedlungsgebiete. Auf der Grundlage von Beregnungsversuchen (Scherrer, 1997) wurden den fünf Abflusstypen der natürlichen Flächen je eine Abflussreaktionskurve zugeordnet. Die Kurven beschreiben den Anteil des abfliessenden Niederschlags in Abhängigkeit der Niederschlagsmenge. Eingetragen sind die Spitzen- und die Volumenabflusskoeffizienten. Letztere zeigen, dass von den flächenmässig dominierenden Abflusstypen 3 und 4 der natürlichen Flächen (23.3% resp. 45.1 % des EZG) bei einem Niederschlag von 100 mm rund 30 % resp. 10 % abfließt. Die Abflusstypen (Abb. 4.1) und die Abflussreaktionskurven (Abb. 4.2 a und b) sind eine wichtige Grundlage für das Niederschlag-Abfluss-Modell (NAM). Sie beschreiben im Wesentlichen die Abflussbildung des Gebiets.

Für die Herleitung von Abflussreaktionskurven für natürliche Flächen besteht eine grosse Erfahrung aus zahlreichen Studien. Vergleichbare Erfahrungen für besiedelte Flächen existieren hingegen weniger. Die Abflussreaktionskurven der Siedlungsgebiete beruhen im Wesentlichen auf Erkenntnissen, die im Rahmen der Glatstudie gewonnen wurden (IHW / Scherrer AG, 2002). Demnach fließen vom Siedlungs-Abflusstyp S1 (1.0 % des EZG) bei einem Niederschlag von 100 mm rund 85 % ab, bei S2 (5.4 % des EZG) 42 % und S3 (19.0 % des EZG) 20 %.

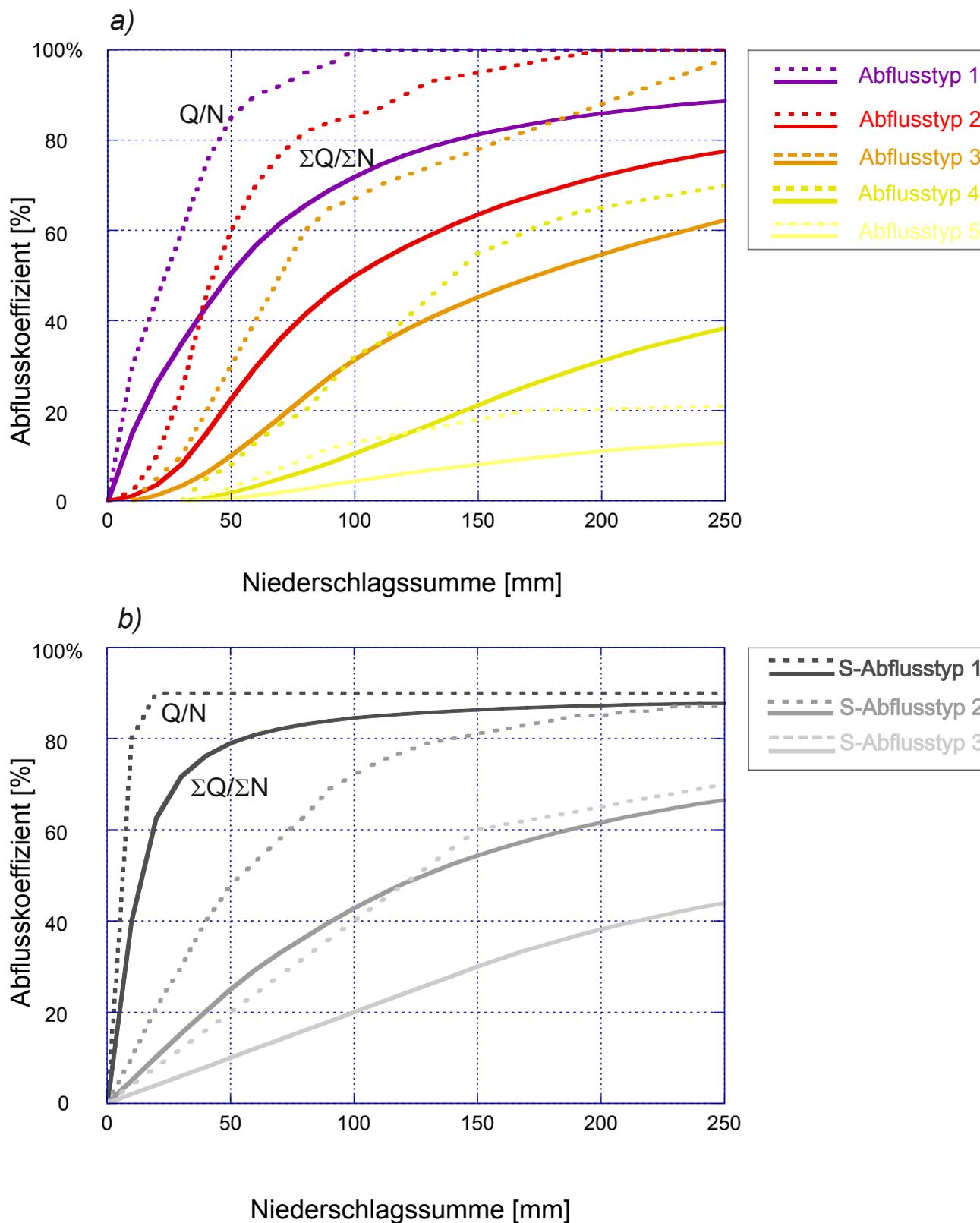


Abb. 4.2: Die Abflussreaktionskurven für natürliche Flächen (Abb. 4.2a) und für Siedlungsflächen (Abb. 4.2b). Sie definieren den Anteil des abfließenden Niederschlags in Abhängigkeit der Niederschlagssumme. Eingetragen ist der Spitzenabflusskoeffizient (Q/N , strichliert) und der Volumenabflusskoeffizient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

5 Abflussberechnungen

5.1 Einleitung

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

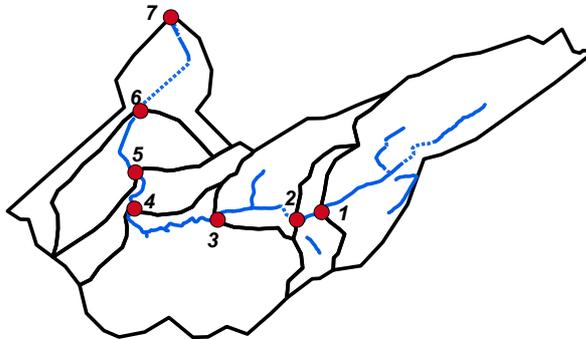
5.2 Grundlagen und Aufbau des Modells Q_{AREA}

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

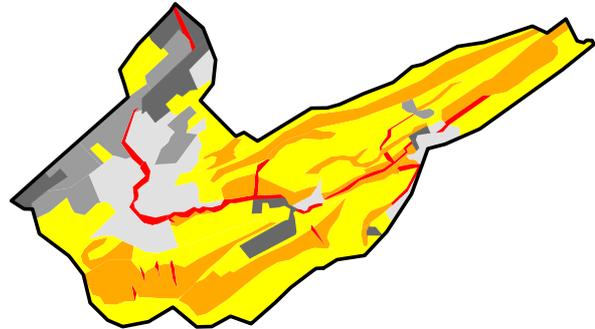
- Das NAM basiert auf der Klassifizierung der **Abflussbereitschaft**, der Teileinzugsgebietsflächen (Abflusstypen, Abb. 5.1b) und den dazugehörigen Abflussreaktionen (Abflussreaktionskurven, Abb. 5.1d, Kap. 4.5).
- Die **Fliesszeiten** bis zum Teileinzugsgebietsausgang (Isochronen) und die Fliesszeiten in den Gerinnen wurden berücksichtigt (Abb. 5.1c).

Ein Schema des eingesetzten Modells ist im Anhang 5 zu finden. Der gefallene Niederschlag wird aufgeteilt in Direktabfluss und in den Boden infiltrierendes Wasser. Das infiltrierte Wasser wird im Boden gespeichert und verzögert wieder abgegeben. Die Reaktion dieser Bodenspeicher wird mit linearen Speichern modelliert. Für jeden Abflusstyp 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.

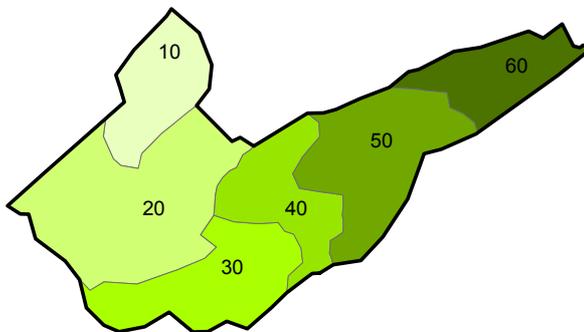
a) Teileinzugsgebiete und Berechnungspunkte



b) Abflusstypen



c) Fließzeiten (Isochronen)



d) Abflussreaktionskurven

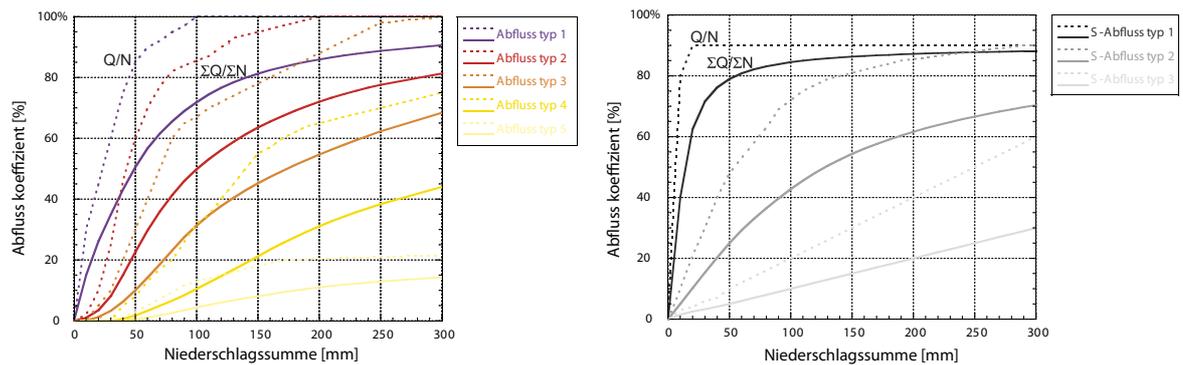


Abb. 5.1: Die Grundlagen des Niederschlag-Abfluss-Modells QAREA:
a) Die Teileinzugsgebiete mit den Berechnungspunkten,
b) die Abflusstypen,
c) die Fließzeiten in Minuten (Isochronen),
d) die Abflussreaktionskurven.

5.3 Modellverifikation

Für die Modelleichung wurden die Hochwasser vom 21./22. August 2005 (Anhang 6.1), vom 8. August 2007 (Anhang 6.2) und vom 7. Juni 2015 (Anhang 6.3) nachgerechnet. Bei diesen Hochwasserereignissen waren folgende Voraussetzungen für eine Modelleichung gegeben:

- Es wurden die zeitlichen Niederschlagsverteilungen der hoch aufgelöst messenden kantonalen Stationen Emmen und Root für den Niederschlagsinput verwendet.
- Aufgrund der vorliegenden Daten der umliegenden Tagessammler sowie von Radardaten (Ereignis 2015) konnte die räumliche Niederschlagsverteilung mittels Interpolation abgeschätzt und für den Niederschlagsinput verwendet werden. Für das Hochwasser 2015 standen lokale Beobachtungen zur Verfügung, mit denen die lokal gefallene Niederschlagsmenge abgeschätzt werden konnte (Anhänge 2 und 3).

Die Abflussspitzen der Hochwasser 2005, 2007 und 2015 konnten befriedigend nachgerechnet werden. Über den Verlauf der Hochwasser und die Abflussvolumina konnten allerdings keine detaillierten Beobachtungen in Erfahrung gebracht werden. Insgesamt ergibt das Modell plausible Ergebnisse und kann für die Abflussberechnungen (Kap. 5.5) eingesetzt werden.

5.4 Niederschlag-Szenarien

5.4.1 Räumliche Niederschlagsverteilung

Niederschläge haben eine zeitliche (Dauer und Intensität des Niederschlags) und eine räumliche Verteilung (Überregnung des Gebiets). Die Zentren von Konvektionszellen, in denen die Niederschlagsmaxima von kurzen Starkniederschlägen (≤ 4 h Dauer) fallen, sind auf wenige km^2 begrenzt. Weil die Fläche des EZG mit 3.6 km^2 klein ist, können auch kurze Starkniederschläge das Gebiet voll überregnen. Daher wurde eine gleichmässige räumliche Niederschlagsverteilung angenommen.

5.4.2 Zeitliche Niederschlagsverteilung und Niederschlagsintensitäten

Südwestlich des EZG des Mühlebachs liegt die Regenmessstation Luzern der MeteoSchweiz. Von den Regenmessstationen, die über eine statistische Auswertung verfügen, liegt Luzern dem EZG des Mühlebachs am nächsten (Zeller et al. 1978). In der Niederschlagsstatistik von Zeller et al. (1978) wurden die Jahre 1881 – 1977 ausgewertet. Seit den 1990er-Jahren gab es eine Häufung von extremen Starkregen, welche in dieser Statistik nicht berücksichtigt sind. Daher wurden die Daten aus Jahrbüchern und digitalen Daten der MeteoSchweiz (Messreihe von 1881 – 2010) zusammengetragen und statistisch analog zu Zeller et al. (1978) ausgewertet².

Bezüglich der Niederschläge mit kurzer Dauer wurden die hoch aufgelösten Niederschlagsdaten der Station Luzern der Jahre 1981 bis 2014 ausgewertet (Anhang 7). Zusätzlich stand die Auswertung der Pluviographenstreifen von 1959 bis 1977 zur Verfügung (Zeller et al., 1978), so dass eine 53 jährliche Messreihe vorliegt (10 Min., 20 Min., 1 h und 4 h). Weitere bekannte Extremwerte wurden berücksichtigt (Arnet, 1881; SMA, 1945; Geiger et al., 1991; Scherrer AG, 2015):

- 57 mm in 45 Min. am 4.6.1875
- 100 bis 105 mm in 25 Minuten am 24.8.1944
- 66 mm in 45 Minuten am 7.6.2015.

² Die neuen statistischen Werte der Station Luzern sind gegenüber Zeller et al. (1978) für den 100-jährlichen 1-Tageswert ca. 5 % höher.

Aufgrund der 1875, 1944 und 2015 beobachteten Gewitterniederschläge wurden die mit der neuen Statistik (Anhang 7) ermittelten Niederschläge von 0.5 bis 4 h um den Faktor 1.2 - 1.4 erhöht (Tab. 5.1).

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

Tab. 5.1: Die für die Modellrechnungen verwendeten Niederschlagswerte (Luzern 1881 – 2014, erhöhte Werte).

Bezeichnung des Niederschlags	Niederschlagsdauer [h]	Wiederkehrperiode [Jahre]	Zeitliche Verteilung des Niederschlags	Niederschlagsmenge [mm]	Max. Niederschlagsintensität [mm/10 min]
0.5h30j_dreieck	0.5	30	Dreieck	45.1	22.6
1h30j_dreieck	1		Dreieck	58.2	17.0
2h30j_dreieck	2		Dreieck	67.3	10.5
4h30j_dreieck	4		Dreieck	74.2	6.0
12h30j_block	12		Blockregen	89.7	1.3
24h30j_block	24		Blockregen	102.1	0.7
48h30j_block	48		Blockregen	118.9	0.4
0.5h100j_dreieck	0.5	100	Dreieck	57.3	28.7
1h100j_dreieck	1		Dreieck	75.3	21.9
2h100j_dreieck	2		Dreieck	87.6	13.7
4h100j_dreieck	4		Dreieck	95.4	7.7
12h100j_block	12		Blockregen	106.3	1.5
24h100j_block	24		Blockregen	119.5	0.8
48h100j_block	48		Blockregen	138.1	0.5
0.5h300j_dreieck	0.5	300	Dreieck	70.0	35.0
1h300j_dreieck	1		Dreieck	92.8	27.1
2h300j_dreieck	2		Dreieck	108.8	17.0
4h300j_dreieck	4		Dreieck	117.6	9.5
12h300j_block	12		Blockregen	121.4	1.7
24h300j_block	24		Blockregen	135.3	0.9
48h300j_block	48		Blockregen	155.5	0.5

5.5 Abflussberechnungen

Die Analyse der Hochwasserereignisse vom August 2005 und August 2007 (Anhang 2) zeigte, dass in den Tagen vor den das Hochwasser auslösenden intensiven Niederschlägen bereits jeweils etwa 70 mm Regen fielen, die das Abflussverhalten des EZG beeinflussten. Deshalb wurden für die Berechnungen der langen 12 h-, 24 h- und 48 h- Niederschläge mit einem Vorregen von 70 mm gerechnet. Heftige Gewitter fallen in der Regel eher auf trockene Vorbedingungen. Bei den kurzen Niederschlägen bis 4 h Dauer wurde deshalb kein Vorregen berücksichtigt.

Tabelle 5.2 zeigt die Resultate der Modellrechnungen. Fett gedruckt sind die grössten Abflüsse. Die Berechnungen zeigen, dass Gewitterniederschläge von 2 Stunden Dauer die grössten Abflussspitzen erzeugen. Bei den 30jährigen Ereignissen erzeugen 12-stündige Niederschläge etwas grössere Abflüsse als Gewitter. Die Resultate der Abflussberechnungen stehen damit im Einklang mit den Beobachtungen historischer Hochwasser (vgl. Kap. 3): Hohe Abflüsse wurden nach Landregen (August 2005, August 2007) aber auch nach Gewittern (Juni 2015) beobachtet.

Tab. 5.2: Die Resultate der Berechnungen mit dem NAM QAREA.

Wiederkehrperiode [Jahre]	Dauer des Niederschlag [h]	Niederschlagszenario	Abflussspitzen [m ³ /s] bei den Berechnungspunkten						
			BP 1	BP 2	BP 3	BP 4	BP 5	BP 6	BP 7
30	0.5	Gewitter	0.9	1.0	1.4	2.0	2.2	2.5	3.4
	1	Gewitter	1.3	1.5	2.0	2.9	3.1	3.5	4.5
	2	Gewitter	1.4	1.6	2.2	3.2	3.5	4.0	5.1
	4	Gewitter	1.2	1.3	1.9	2.9	3.3	3.9	4.9
	12	Blockregen	1.4	1.6	2.2	3.4	3.8	4.4	5.2
	24	Blockregen	0.8	1.0	1.3	2.1	2.4	2.7	3.2
	48	Blockregen	0.5	0.6	0.8	1.3	1.5	1.7	2.0
100	0.5	Gewitter	1.7	1.9	2.6	3.6	3.9	4.3	5.2
	1	Gewitter	2.5	2.8	3.8	5.3	5.6	6.2	7.4
	2	Gewitter	2.6	3.0	4.0	5.9	6.3	7.1	8.7
	4	Gewitter	2.1	2.4	3.3	5.2	5.7	6.6	8.1
	12	Blockregen	1.7	2.0	2.7	4.2	4.7	5.4	6.4
	24	Blockregen	1.0	1.2	1.6	2.6	2.9	3.3	3.9
	48	Blockregen	0.6	0.7	1.0	1.6	1.8	2.1	2.4
300	0.5	Gewitter	2.8	3.2	4.2	5.8	6.2	6.8	7.9
	1	Gewitter	4.0	4.6	6.1	8.4	9.0	9.8	11.4
	2	Gewitter	4.1	4.8	6.4	9.3	10.1	11.2	13.3
	4	Gewitter	3.2	3.7	5.1	7.9	8.7	10.0	12.1
	12	Blockregen	2.0	2.4	3.2	5.0	5.6	6.4	7.5
	24	Blockregen	1.2	1.4	1.9	3.0	3.3	3.8	4.5
	48	Blockregen	0.7	0.9	1.1	1.8	2.1	2.4	2.8

6 Hochwasserabflüsse definierter Jährlichkeit

6.1 Einleitung

Im Sinne einer Synthese werden die Erkenntnisse der Untersuchung der Abflussreaktion, der historischen Hochwasser und der Resultate der Modellrechnungen zusammengeführt. Letztere beiden werden in einem Frequenzdiagramm zueinander in Beziehung gesetzt, um die massgebenden Hochwassermengen festzulegen. Dies liefert ein Gesamtbild und zeigt den Unsicherheitsbereich der einzelnen Untersuchungen und der Hochwasserabschätzung auf. Bei der Festlegung der massgebenden Abflüsse verspricht dieses Vorgehen eine grössere Verlässlichkeit.

6.2 Mühlebach beim BP 7 (Einmündung in die Ron)

Die wesentlichen Punkte der einzelnen Untersuchungen:

Ergebnisse der Erkundung historischer Hochwasser (Kap. 3):

- Durch die Recherchen über historische Hochwasser eröffnet sich ein Beobachtungszeitraum von 27 bis 90 Jahren.
- Sowohl Gewitter als auch Landregen erzeugten im Mühlebach verschiedene Hochwasser mit kleineren Überschwemmungen.
- Seit 1988 wurden mindestens 4 Mal Abflüsse von 4.0 – 6 m³/s erreicht oder leicht überschritten. Seit 1920 sind Abflüsse in den Grössenordnung von 10 m³/s wahrscheinlich kaum aufgetreten, weil dies beim früheren SBB-Durchlass (ca. 1920 bis in die 1990er-Jahre) einen Bahnunterbruch erzeugt hätte.
- Beim Hochwasser 2015 wurden beim BP5 4.5 – 5 m³/s geschätzt, am BP 7 dürften ca. 6 m³/s abgeflossen sein. Dieser Wert war vermutlich der grösste seit 1988 (Wiederkehrperiode 27 Jahre). Den Hochwassern von 1988, 1992 und 2005 (4 – 5 m³/s) wird eine Wiederkehrperiode von 4 – 13 Jahren zugeordnet.

Ergebnisse der Beurteilung der Abflussreaktion (Kap. 4): Die Abflusstypen 1-3 und S1 - S3 sind die Flächen im EZG, welche bei einem Gewitter zum Abfluss beitragen und mehr als die Hälfte des EZG ausmachen (54.9%). Deshalb wird die Abflussreaktion des Mühlebachs als mässig bis stark beurteilt. Ein wesentlicher Grund dafür sind Siedlungsflächen im Unterlauf. Ohne diese Siedlungsflächen im unteren Teil wäre die Abflussbereitschaft nur mässig. Das Gebiet des Mühlebachs reagiert schwächer als der benachbarte Götzentalbach.

Ergebnisse der Berechnungen mit dem Niederschlag-Abflussmodell (Kap. 5):

Die Ergebnisse der Abflussberechnungen (violette Balken in Abb. 6.1) ergänzen die Ergebnisse der historischen Erkundungen und ermöglichen die Abschätzung seltener Hochwasser. Die roten Linien markieren den Unsicherheitsbereich und die vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit. Gemäss Modellrechnungen ergibt sich beim BP7 (Mündung des Mühlebachs in die Ron) aus den grössten 3 mit dem NAM berechneten Werten für ein HQ₃₀ von 4.9 – 5.2 m³/s, für ein HQ₁₀₀ 7.4 – 8.7 m³/s und für ein HQ₃₀₀ 11.4 -13.3 m³/s.

In Tabelle 6.1 sind die vorgeschlagenen HQ_x aufgeführt. Am BP7 schlagen wir für das HQ₃₀ einen Bereich von 5 - 6 m³/s, für das HQ₁₀₀ 7.5 - 8.5 m³/s und für das HQ₃₀₀ 11.5 – 13.5 m³/s vor.

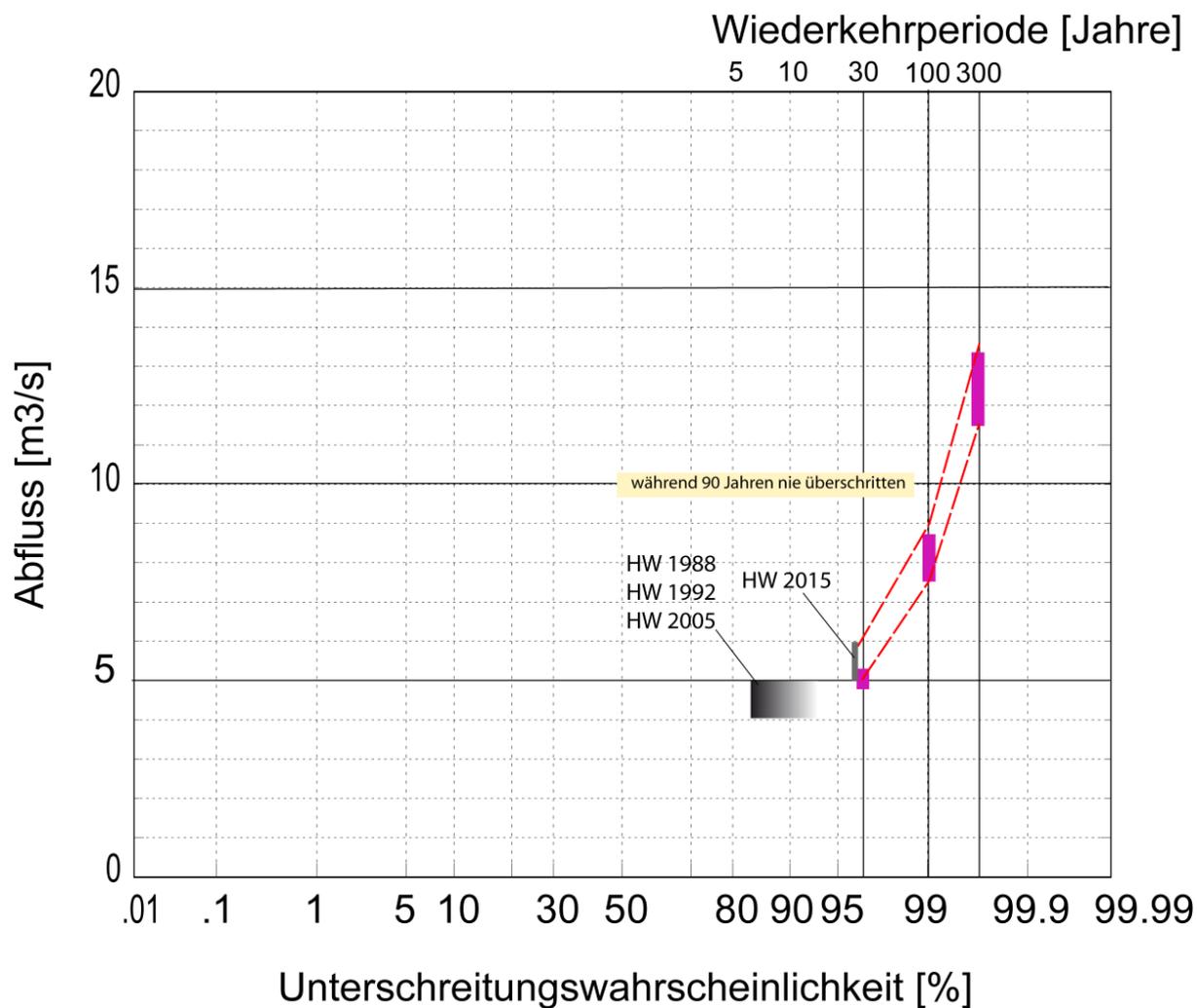


Abb. 6.1: Das Frequenzdiagramm des Mühlebachs in Ebikon (BP 7) bei der Mündung in die Ron. Eingezeichnet sind der wahrscheinliche Bereich der historischen Hochwasser und die Resultate der Berechnungen mit dem Niederschlagabflussmodell (violett). Die roten Linien markieren den Unsicherheitsbereich für die vorgeschlagenen Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit.

Tab. 6.1: Die im EZG des Mühlebachs ermittelten Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit.

BP	zugeordneter Gerinneabschnitt	HQ ₃₀ [m ³ /s]	HQ ₁₀₀ [m ³ /s]	HQ ₃₀₀ [m ³ /s]
1	EZG oberhalb BP 1: Stubebach oberhalb Stube (0.95 km ²)	1.5	2 – 2.5	3 - 4
2	EZG oberhalb BP 2: Stubebach in Stube (1.12 km ²)	1.5 - 2	2.5 - 3	3.5 – 5
3	EZG oberhalb BP 3: Tobel (1.49 km ²)	2 - 2.5	3.5 - 4	5 – 6.5
4	EZG oberhalb BP 4: Mühlebach in Ebikon, Unterquerung Schlösslistrasse (2.37 km ²)	3 - 4	5.5 - 6	8 - 9.5
5	EZG oberhalb BP 5: Mühlebach in Ebikon, unterhalb Sagi (2.65 km ²)	3.5 – 4.5	5.5. - 6	9 – 10.5
6	EZG oberhalb BP 6: Mühlebach in Ebikon, oberhalb Zentralstrasse (3.04 km ²)	4 - 5	6.5 - 7	10 – 11.5
7	EZG oberhalb BP 7: Mühlebach in Ebikon, Mündung Ron (3.5 km ²)	5 - 6	7.5 – 8.5	11.5 - 13.5

Scherrer AG
 Hydrologie und Hochwasserschutz

Dr. Simon Scherrer

Dr. Peter Kienzler

Reinach, 13. April 2016

Sachbearbeiter:

Dr. Simon Scherrer, Dipl. Geograph Uni Basel

Dr. Peter Kienzler, Dipl. Hydrologe Universität Freiburg i.Brg.

Dr. Daniel Näf-Huber, Dipl. Bau.-Ing. ETH Zürich

7 Anhang

- Anhang 1: Historische Hochwasser
- Anhang 2: Tagesniederschläge
- Anhang 3: Räumliche Niederschlagsverteilung
- Anhang 4: Böden
- Anhang 5: Modellaufbau
- Anhang 6: Modellverifikation
- Anhang 7: Niederschlagsstatistik Luzern (1881 - 2014)

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1905, 17.5.	Gewitter	Heftiges Gewitter, wolkenbruchartig, Hagel über Adligenswil und Rooterberg; Grosses Hochwasser in Ebikon und Würzenbach.	Meier (1939)
1910, 14./15.6.	Dauerregen 13.6.: 10 mm* 14.6.: 80 mm 15.6. 15 mm	LNN vom 14.6.1910: "Gebiet zwischen Gisikon und Ebikon (wurde) in einen See verwandelt." Botschaft des Regierungsrates des Kantons Luzern an den grossen Rat betreffend Subventionierung der Arbeiten für die Korrektion der Ron in den Gemeinden Ebikon, Dierikon, Buchrain und Root: "Die Hochwasser von 1910 und 1912 hatten die Häuser im Unterdorfe Root gefährdet und durchflutet."	VAW (1992)
1912, 13.6.	Dauerregen 13.6.: 78 mm*	Botschaft des Regierungsrates des Kantons Luzern an den grossen Rat betreffend Subventionierung der Arbeiten für die Korrektion der Ron in den Gemeinden Ebikon, Dierikon, Buchrain und Root: "Die Hochwasser von 1910 und 1912 hatten die Häuser im Unterdorfe Root gefährdet und durchflutet."	VAW (1992)
1927, 2.8.	Gewitter Hagel 2.8.: 30 mm*	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 Fahrnis 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. Gesamtschaden Ebikon: Fr. 362'357.--, Buchrain: Fr. 184'482.--, Dierikon: 85'495.--, Root: 256'263.--	Lanz-Stauffer & Rommel (1936)
	50 - 80 mm innert 0.5 – 1 h	Unwetterkatastrophe über den mittleren Teil des Kanton Luzern (Gewitter, schwerer Sturm, katastrophal, wolkenbruchartig) [...] Gross war auch der Hochwasserschaden; die Niederschlagsmenge wird 50 - 80 mm innert 30 min - 1h betragen haben. Der Gesamtschaden im Kt. Luzern betrug ca. 6.5 Millionen Franken, am schwersten betroffen wurden die Gemeinden (...) Ebikon (360'000 CHF). Das Unwettergebiet im Kanton Luzern umfasst ca. 250 km ² .	Meier (1939)
		Dienstag der 2. August war für grosse Gebiete der Zentral- und Westschweiz ein schwerer Schicksalsschlag. Das unheilvolle Wetter, (...) hat über den heimgesuchten Gegenden unfassbar schaurig gewütet. Es haben fast gleichzeitig zwei Gewitter gewütet. Das eine, etwas früher, zirka 4:30 Uhr hat die bernischen Gebiete [...] heimgesucht. Das andere, etwas nach 5 Uhr, hat über Wohlhusen-Ruswil zu wüten begonnen und dann namentlich die luzernischen Gemeinden Rothenburg, Neuenkirch, Emmen, Inwil, Eichenbach, Root und die zugerischen Risch, Rotkreuz, Ibikon, Buonas verwüstet. Sodann ist das Wetter als wolkenbruchartiger Orkan über Zürich gegen den Rhein und Bodensee zugefahren. Wohl am schaurigsten sind die Verwüstungen in den oben genannten Luzerner Gemeinden. (...) Doch dieses Mal waren es nicht mehr Hagelkörner sondern Eisklumpen, die in der Grösse von Fäusten, wahrhaftig Männerfäusten, niedersausten und zwar volle 20 Minuten lang	Entlebucher Anzeiger, 6. August 1927
		Das Unwetter vom 2. August ist für viele im Kanton Luzern betroffenen Gegenden, wie nunmehr festgestellt ist, eine wahre Katastrophe geworden, wie eine solche noch gar nie eingetreten. Wohl gibt es alle Jahre etwa Hagelwetter, die da und dort in einzelnen Landesstrichen Schaden anrichten, die für die Betroffenen manchmal hart genug sind. Aber am 2. August ging das alles viel tiefer und viel umfangreicher. (...) Man rechnet allein im Kanton Luzern mit einem Schaden, der auf 4 Millionen sich bemessen dürfte.	Entlebucher Anzeiger, 13. August 1927
1937, 27.5.	Gewitter Pilatus: 83 mm Luzern: 66 mm	Heftiges Gewitter, starker Regen bis wolkenbruchartig. Grosses Hochwasser in Ebikon und Würzenbach. Niederschlag: Pilatus 83 mm, Luzern 66 mm	Meier (1939)
1953, 25.-30.6.	Gewitter, Dauerregen: 105 mm/5d	LNN vom 1.7.53: "In Ebikon wurde ein ausserordentlich heftiges Gewitter registriert, das jedoch keine eigentliche Wassernot verursachte. Hingegen muss der Blitz hier mehrmals eingeschlagen haben ..." Nach den Jahrbüchern der meteorologischen Zentralanstalt betrug die Niederschlagsmenge am 25. und 26.6.1953 über der Innerschweiz zwischen 80 bis 110 mm. Am 30. Juni ereignete sich im Raume Luzern ein Gewitter, dabei wurden in Luzern 33 mm Niederschlag gemessen. Die Reuss wies in Root bei diesem Ereignis vermutlich den höchsten Wasserstand der Messperiode auf. [...] Zeugenaussagen festigen die Ansicht, dass die Überschwemmungen in Root bei diesem Ereignis in der Hauptsache durch den Rückstau aus der Reuss verursacht wurden.	VAW (1992)
1972, 29.6.	27.-29.6.: 83 mm	Hochwasser am Mühlebach	R. Thali, ehem. FW-Kdt, Ebikon

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1973, 23.6.	Dauerregen 22./23.6.: 106 mm	Hochwasser am Mühlebach	R. Thali, ehem. FW-Kdt, Ebikon
1975, 23.8.	Dauerregen 22./23.8.: 89 mm	Ebikon (Gemeindefläche): in den Gemeinden Ebikon, Dierikon und Root. Bachausbrüche und Überschwemmungen. Anmerkung: Ausbruch des Mühlebaches in Ebikon.	WSL (2015)
1976, 26.7.	Dauerregen 93 mm/d	Ebikon: Strasse unter Wasser, Hochwasser Mühlebach.	WSL (2015)
		Leichtes (< 0.2 Mio. CHF Schäden) Hochwasser in Ebikon, Mühlebach.	Gees (1997)
1977, 30.5.	Gewitter	Ebikon-Grenzbach: Namenloses Grenzbächlein zwischen Stadt Luzern und Ebikon trat über die Ufer; Keller und Gärten überflutet. Überschwemmungen kommen hier mit grosser Regelmässigkeit vor. Grund: Kompetenzschwierigkeiten der beiden Gemeinden (Einzugsgebiet des Baches liegt auf Stadtgebiet - hier wurden keine Massnahmen getroffen), überschwemmt wird aber Gebiet der Gemeinde Ebikon. Anmerkung Datum: Ende Mai 1977.	WSL (2015)
1978, 7.8.	Gewitter	Ebikon: in Ebikon Wasserschäden (überschwemmte Keller, Strassen). Anmerkung: im Gebiet auch Bachausbrüche und Ausbrüche der Reuss.	WSL (2015)
		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
1981, 17.7.	Dauerregen	Ebikon: In Ebikon überschwemmte Keller.	WSL (2015)
		Leichtes (< 0.2 Mio. CHF Schäden) Hochwasser in Krienbach, Ebikon, Emme.	Gees (1997)
1988, 16./17.6.	Gewitter	Ebikon: Keller, Strassen und Autos überschwemmt; Anmerkung: Bahnhof in Mitleidenschaft gezogen (dieser ist separat aufgenommen).	WSL (2015)
		Rontaler vom 23.6.88: Artikel mit Photographien: "Sintflutartige Regenfälle über dem Rontal." Mühlebach überschwemmte die SBB-Linie. (...) Am 16./17.6.88 gab es Überschwemmungen auf Gemeindegebiet [Buchrain] zwischen der Ron und der SBB-Linie. Betroffen war nur landwirtschaftlich genutztes Land und kein Gebäude. (...) Aus den Zeugenaussagen und den schriftlichen Aufzeichnungen lässt sich ableiten, dass das Ereignis des Jahres 1988 zumindest im oberen Teil des Einzugsgebietes als grosses, eventuell als grösstes Hochwasserereignis der letzten 70 Jahre eingeordnet werden kann. (...) Aus den Messungen der automatischen Niederschlagsstation der SMA Luzern Allmend (10 Min-Werte) geht hervor, dass der Niederschlag, der zu diesem Hochwasser führte, 30 - 40 Minuten dauerte. In den ersten 30 Minuten fielen rund 60 % des Tageswertes mit einer mittleren Intensität von 70.2 mm/h. Nach der Niederschlagsstatistik von Luzern (Zeller et al., 1978) entspricht dies einem 10- bis 50jährigen Ereignis. Es war nicht lokal begrenzt, da es auch in der Stadt Luzern und im Luzerner Hinterland Schaden verursachte. In den Tagen vor dem Ereignis fielen keine wesentlichen Niederschläge, so dass der Boden zu Beginn nicht gesättigt war. (...) Aus mündlichen Aussagen ist bekannt, dass der Mühlebach in Ebikon den Bachdurchlass beim Restaurant Sonne knapp überströmte. Zu Überschwemmungen kam es beim Durchlass des Mühlebaches unter der SBB-Linie. Der Ronbach selber trat laut Zeugenaussagen nicht über die Ufer. An einigen Stellen füllte der Abfluss das Kanalprofil.	VAW (1992)
1990, 30.8.	Gewitter	Ebikon: 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 (2015)
		Eschenbach, Ebikon, Emmen. Schwere: leicht (< 0.2 Mio. CHF Schaden), Art: Gewitter, Prozess: Wasser.	GIUB (1998)

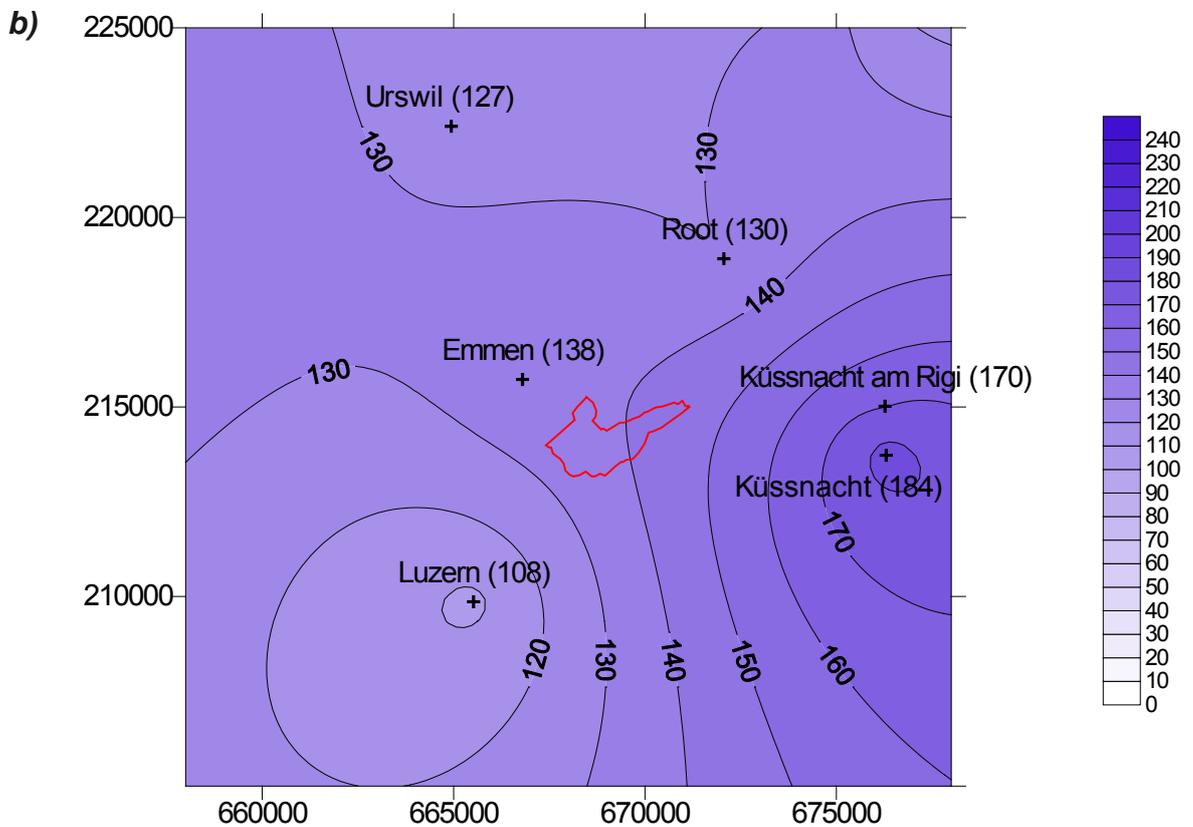
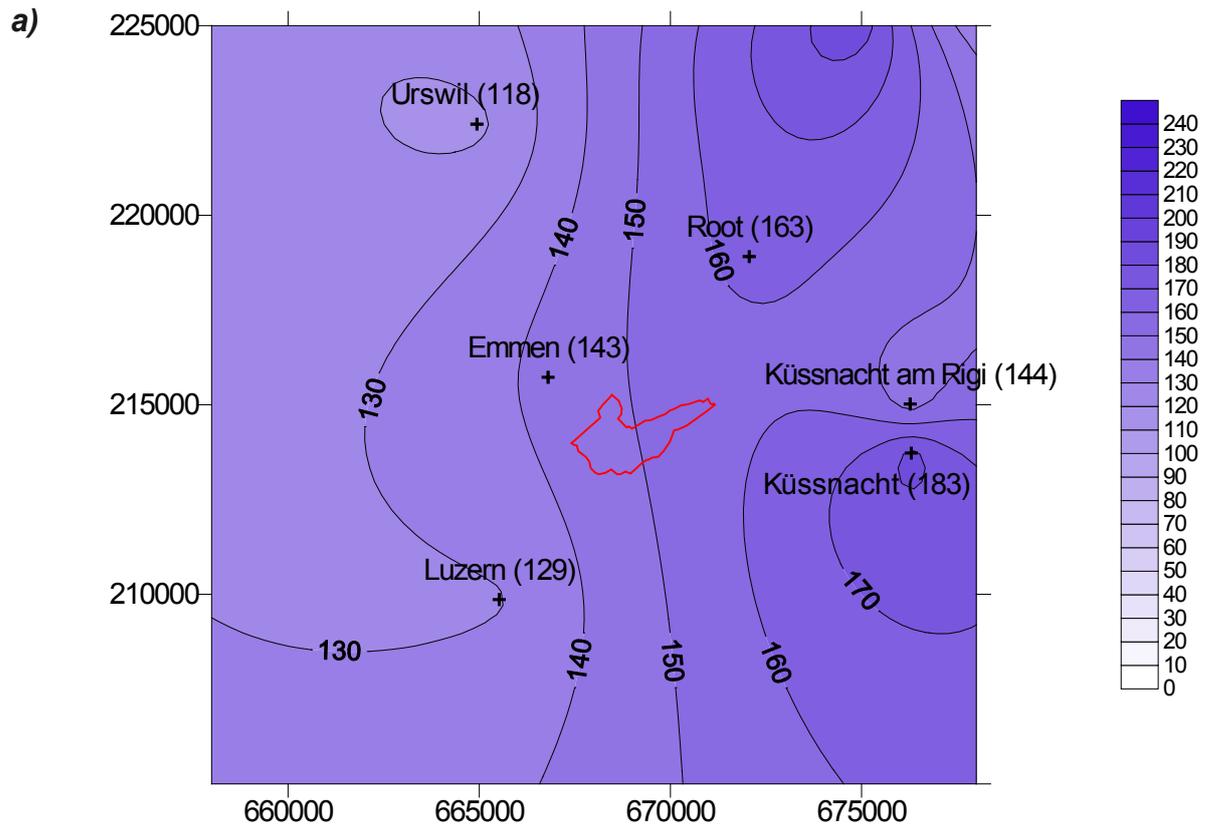
Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
1991, 25.6.	Gewitter	<p><i>Niederschlag</i> Aus den Messungen der Stationen Ebikon und Adliswil (10 Min-Werte) geht hervor, dass der Niederschlag 25 Minuten dauerte und ca. 14 mm Regen fielen.</p> <p><i>Abfluss</i> Aufgrund der Gerinnegeometrie und den auf den Fotos sichtbaren Hochwasserspuren kann mit der Formel von Strickler näherungsweise der maximale Abfluss im Mühlebach abgeschätzt werden. Mit einem k-Wert von 30 m^{1/3}/s ergibt sich ein Abfluss von knapp 3 m³/s. Beim SBB-Durchlass des Mühlebaches sind schon erste Überschwemmungen aufgetreten.</p>	VAW (1992)
1992, 21.7.	Gewitter	Ebikon: Überschwemmte Keller und Strassen.	WSL (2015)
1992, 21.8.	Gewitter	<p>Am 21. Aug 1992 wurde die Innerschweiz von äusserst heftigen Gewittern mit intensiven Niederschlägen, Hagelschlag und starken Windböen heimgesucht. In der Umgebung von Luzern wies die Station Horw die intensivsten Niederschläge auf. In 4 Minuten fielen über 18 mm. Nach Zeller entspricht dies einem 100-jährlichen Ereignis. (...) Im Einzugsgebiet der Ron fiel während 5 bis 10 Min. ein heftiger Niederschlag. In Root wurde während 1 bis 2 Minuten eine Intensität von ca. 250 mm/h gemessen. Nur um wenigere geringere Intensitäten wurden in Adligenswil und Ebikon ermittelt. Die Niederschläge im oberen Teil des Einzugsgebietes fielen etwa 5 Minuten vor denjenigen im unteren Teil. Trotzdem war der Regen über dem Einzugsgebiet einigermaßen homogen verteilt. Insgesamt fielen im Einzugsgebiet der Ron ca. 35 mm, die Jährlichkeit des Ereignisses liegt zwischen 20 und 50 Jahren. (...) Der Durchlass des Mühlebaches beim Restaurant Sonne wurde spätestens 25 Min. nach Beginn des Niederschlages überströmt, wobei die Wassertiefe über dem Durchlass ca. 10-15 cm betrug. 40 Minuten nach Beginn des Regens ging der Wasserstand markant zurück. Der Mühlebach wurde beim Durchlass unter der SBB eingestaut und verursachte an dieser Stelle die bekannten Überschwemmungen. Im Keller des Lagergebäudes von Herrn Burri wurde der markierte Höchstwasserstand aus dem Jahre 1988 um wenigere überschritten. Der Geleiseschotter der SBB-Linie wurde von Wasser durchströmt, der Verkehr wurde jedoch nicht unterbrochen, die Züge fuhren im Schrittempo über diese Stelle. Bei der Werkleitungsbrücke über die Ron stand das Wasser ca. 30 Min. nach Beginn des Regenereignisses 15 - 20 cm über der Unterkante der Leitung. Im gesamten Einzugsgebiet führten die Seitenbäche Hochwasser. Im untersten Teil der Ron bei Root wurden keine Überschwemmungen durch die Ron beobachtet. Mehr als eine Stunde nach Beginn des Ereignisses war in der Ron noch kein Hochwasserabfluss zu bemerken. 1.5 h nach Beginn des Niederschlages floss das Wasser ca. 50 cm unter dem Kanalrand.</p>	VAW (1992)
1993, 19.7.	Dauerregen	Ebikon, Buchrain. Schwere: leicht (< 0.2 Mio. CHF Schaden).	GIUB (1998)
		Am 19. Juli verschüttete eine Rutschung bei Ebikon LU die Strasse und ein Auto.	Röthlisberger (1994)
1996, 2.8.	Gewitter	Ebikon: Überschwemmungen in Ebikon; ca. 2 Mio. Schäden in der Region Luzern.	WSL (2015)
1999, 13.-17.5.	Dauerregen	<p>In der Schadenzusammenstellung der Unwetter im Mai 1999 des Kantons Luzern wurde folgende Kostenstellen aufgeführt: In der Gemeinde Ebikon mussten entlang der Bächlein/Gräblein (?) Ahrütti und Hölli Gerinnesanierungen und Sicherungen vorgenommen werden. (...) Infolge der ergiebigen Regenfälle vor und an Auffahrt wurde am Montag (17. Mai) die Strasse von Ebikon in Richtung des Ausfluggrestaurants "Trumpf Buur" durch Erdbeben stellenweise verschüttet und musste vorübergehend gesperrt werden. Auf besagter Strecke fanden darauf während den allg. Arbeitszeiten Räumungsarbeiten statt, zu den Stosszeiten (Mittag und am Abend) wurde sie für den Verkehr geöffnet (keine Angabe über die Dauer der Arbeiten). Es wurde in der Folge abgeklärt, ob die Strasse wegen Erdbebengefahr (im Falle weiterer NS) geschlossen werden müsste.</p>	WSL (2011)

Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
2002, 6.6.	Gewitter 5.6.: 11 mm* 6.6.: 111 mm (Total: 122 mm)	Über der Region Luzern ging am Donnerstagabend nach 20 Uhr ein heftiges Gewitter nieder. Innert 1 - 1.5 h fielen 51 l/m ² Regen. Von 20 Uhr am 6.6. bis 12 Uhr am 7.6. waren es 115 l/m ² (Allmend Luzern). Im Bahnhof Luzern wurden gegen 20:45 Uhr die ganze Bahnhofsfeinfahrt und alle Weichen überschwemmt; der Betrieb musste vorübergehend eingestellt werden. Um 23 Uhr wurde der Betrieb auf zwei Geleisen wieder aufgenommen. Viele Strassen im Stadtkern waren nicht mehr passierbar, teilweise verwandelten sie sich in 50 cm hohe Bäche. Über 50 Keller standen unter Wasser, zum Teil über 1 m tief, z.B. an der Klosterstrasse. In einem Liftschacht der Migros-Tiefgarage im Bruchquartier stand das Wasser ca. 1.5 m tief. Diese und eine weitere Tiefgarage mussten von Schlamm und Wasser befreit werden. [29] Im Maihof und bei der Klinik St. Anna stand das Wasser 50 cm hoch. Bei einer Bank drang Wasser ein; auch im Quartier Würzenbach wurden Keller bis 1 m tief unter Wasser gesetzt. Im Restaurant Drei Könige drang das Wasser in die Gaststube; im Keller des Restaurants Rütli stand das Wasser 1.5 m hoch. Insgesamt entstanden in der Stadt Luzern 200 Gebäudeschäden, grösstenteils wegen überfluteten Kellern (evtl. z.T. Hagel). Am 10.6. war der Bahnhof Luzern noch einmal für rund 20 min blockiert. Grund war eine Weiche, deren Motor bei den Überschwemmungen vom 6.6. einen Defekt erlitten hatte und repariert werden musste.	AF Colenco AG / Keller & Lorenz AG (2010)
		In der Gemeinde Ebikon gab es wegen des Gewitters zahlreiche Gebäudeschäden.	WSL (2015)
2005, 21./22.8.	Dauerregen 19.8.: 16 mm* 20.8.: 72 mm 21.8. 71 mm 22.8. 29 mm (Total: 188 mm)	1 Einsturztrichter, 4 Hangmuren, 14 kleinere Rutschungen, 3 Spalten, an 3 Stellen Übersarung,- wegen drohender Erdrutsche aus Sicherheitsgründen 4 Familien für 2 Nächte aus dem Quartier Sonnhalde evakuiert - 1 Hausfassade beschädigt, 2 Gärten übersart - Beschädigung des Baumateriallagers einer Baustelle; 1 schiefer Laternenpfahl - ein labiler Grossblock hinter einem Wohnhaus wurde mit Heli abtransportiert - eine Forststrasse stark beschädigt, 4 mal geringe Verschüttung einer Strasse (1x gesperrt), Strassenböschungen abgerutscht - 2 Wanderwege beschädigt (1 gesperrt), 1 Fussweg abgerutscht - Bäume abgerutscht. Schäden Wald: A. Stirnimann: 3 Erdrutsche. K. Mattmann, Dierikon: Hangrutsch, Risse in Forststrasse und Wendeplatz. Wydenwald: Erdrutsch auf Siedlungsgebiet. Niederschlag: 160mm in 72 h In Ebikon 50 Keller ausgepumpt, entlang der Ron etwa die Hälfte des Familiengartenareals übersart - in versch. Betrieben entlang der Ron standen die UGs bis 0.4 m unter Wasser - A14 zwischen Gisikon und Rotsee gesperrt - Hauptstrasse Ebikon - Buchrain gesperrt - Strasse gesperrt - Pumpwerke mussten abgeschaltet werden, weil Reusswasser in die Wasserfassung floss (Verunreinigung mit Kolibakterien). Schäden Wasserbau: Reusszuflüsse Schwellen, Uferverbauung, Profilerweiterung.	WSL (2015)
		Fotos dokumentieren die Hochwasserspuren an verschiedenen Stellen entlang der Ron und bei Seitengewässer. Damit konnte im Abschnitt zwischen Buchrain- und Kirchbreitestrasse (Ebikon, Buchrain) eine Abflussspitze von 10 - 15 m ³ /s abgeschätzt werden. Weitere Fotos nach dem Hochwasser stammen vom Mühlebach-EZG.	Scherrer AG (2005)
		Unwetter vom 21./22. August 2005. Erfolgreiche Unwetterprävention. Die Unwetter vom letzten August 2005 hatten in unserer Region Niederschlagsmengen von bis zu 220 Liter pro Quadratmeter verursacht. [...] Grundsätzlich ist unsere Gemeinde [Adligenswil], im Vergleich zu anderen vom Unwetter betroffenen Gemeinden, glimpflich davongekommen. [...] An unseren Gewässern (Grundackerbach, Gämpibach, Luzerbach, Mühlebach, Stubenbach, Würzenbach) sind infolge Abschwemmungen, Geschiebeablagerungen, Böschungsschliffe und Unterspülungen Sofortmassnahmen erforderlich.	Adliger Info, 21. Oktober 2015
2007, 21.7.	Gewitter	Zum 3. Mal innert 3 Tagen haben am Abend des 21.7.07 Gewitter in der Schweiz Erdrutsche 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 m ² . Im Kanton Luzern waren laut Schätzungen der Kantonspolizei 30 Haushalte vom Unwetter tangiert. Eine Fahrbahn der Autobahn A2 Richtung Norden musste gesperrt werden, weil ein Erdrutsch vor dem Rathausentunnel niederging.	WSL (2015)
2007, 8.8.	Dauerregen 7.8.: 50 mm* 8.8.: 57 mm (Total: 107 mm)	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. Die Feuerwehr hatte am 8. und 9.8.07 Einsätze wegen dem Unwetter. In Dierikon trat der Spechtenbach über die Ufer.	WSL (2011)

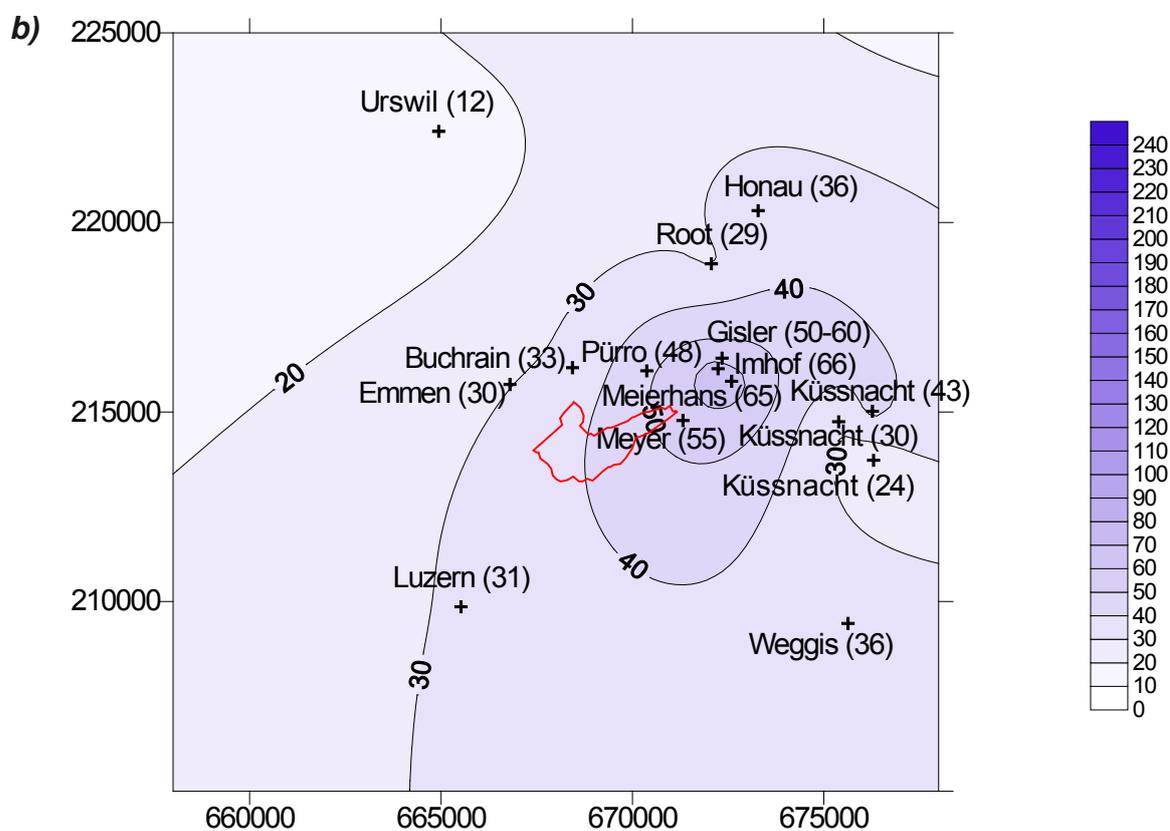
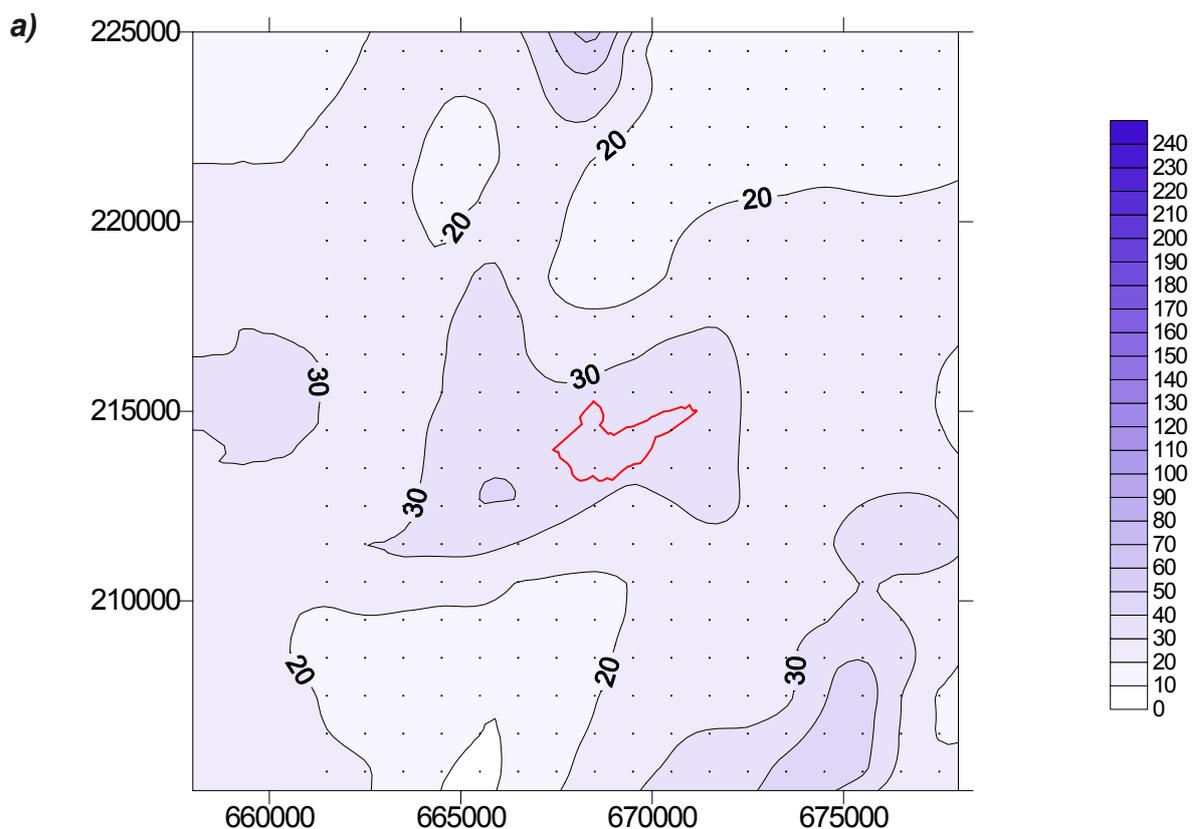
Datum	Niederschlag	Angaben zum Ereignis	Quelle
		Mülibach: Infolge Hochwasser Bacherosion bzw. Tieferlegung des Gerinnes des Stubenbaches. Weiter führte die Bacherosion zu einer rechtsufrigen Verlegung des Bachbettes, was die Unterspülung der Seitenböschung förderte. Ältere Bachverbauungen wurden zerstört. Erosion und Ablagerung von Deponiematerial. Massnahmen: Wiederinstandstellung der Bachverbauungen. Entfernen des im Gerinne abgelagerten Deponiematerials.	AF Colenco AG / Keller & Lorenz AG (2010)
2009, 8.8.	Gewitter 30 mm*	Starke Regenfälle haben in verschiedenen Teilen der Schweiz zu Überschwemmungen und Verkehrsbehinderungen mit Schäden von mehreren Mio. CHF geführt. Wegen schwachen Höhenwinden wurden die Regenzellen nicht weitergeblasen sondern entleerten sich lokal. Im Kanton Luzern waren die Gemeinden rund um die Stadt Luzern bzw. östlich von Luzern besonders betroffen. Verschiedene Haupt- und Nebenstrassen waren vorübergehend unpassierbar. Bäche traten über die Ufer und Keller mussten ausgepumpt werden. In der Zentralschweiz fielen zwischen 50 und 55 l/m ² Regen zwischen 11 und 15 Uhr. Bei der Kantonspolizei Luzern gingen über 120 Notrufe ein. Der Schaden wurde kurz nach dem Ereignis auf 5 - 6 Mio. CHF geschätzt (KGV: 150 - 200 Schadensfälle). Vor allem die Gemeinde Adligenswil, aber auch Udligenswil, Meggen, Ebikon, Dierikon, Root, Kriens und Malters waren betroffen, wo Keller und Garagen überschwemmt wurden.	WSL (2015)
		Fotos zeigen die Hochwasser führende Ron in Ebikon und Buchrain am 8.8.2009. Damit konnte im Abschnitt zwischen Buchrain- und Kirchbreitestrasse (Ebikon, Buchrain) eine Abflussspitze von 6 - 7 m ³ /s abgeschätzt werden.	Scherrer AG (2011)
		Unwetter fordern Bevölkerung und Feuerwehr. Heftige Niederschläge haben am Samstag, 8. August, in Adligenswil grosse Schäden angerichtet. Solche Wassermassen innert kurzer Zeit hat Adligenswil noch nie erlebt. Die Feuerwehr war mit rund 40 Einsätzen konfrontiert. Mit über 40 Feuerwehreingeteilten stand die Feuerwehr im Dauereinsatz. Allein die Feuerwehr verzeichnete rund 430 Mannstunden. Viele Gebäude waren gleichzeitig vom Unwetter betroffen, und deshalb mussten Prioritäten gesetzt werden.	Adliger Info, 21. August 2009
2011, 27.8.	Gewitter	Die Feuerwehr musste wegen Hochwasser beim Bueri-Tunnel ausrücken. Vermutlich infolge von Regenfällen.	WSL (2015)
2013, 1.6.	Dauerregen 31.5.: 56 mm* 1.6.: 26 mm	Dauerregen am Wochenende von Freitag 31. Mai bis Sonntag 2. Juni führte zu Hochwasser in mehreren Kantonen der Schweiz. Insgesamt waren 15 Feuerwehren mit rund 200 Leuten im Kanton Luzern im Einsatz. Sie mussten unter anderem rund 30 Keller leer pumpen. Die Feuerwehr Ebikon verzeichnete einen Elementareinsatz an der Riedholzstrasse.	WSL (2015)
2014, 12.6.	Gewitter	Heftige Gewitter zogen am Abend über die Schweiz. Die Feuerwehr Ebikon-Dierikon verzeichnete infolge eines Gewitters einen Einsatz am Mühleweg in Ebikon.	WSL (2015)
2015, 7.6.	Gewitter 55 mm (gemessen im EZG Mühlibach)	Heftige Gewitter sorgten am Sonntagabend in der Region für Überschwemmungen. Stark betroffen war der Kanton Luzern, insbesondere Dierikon. [...] «Das Unwetter vom Montag lässt sich mit dem Unwetter von 2005 vergleichen», sagt Martin Marfurt, Kommandant der Feuerwehr Ebikon - Dierikon. Jetzt sei das Schadensausmass aber viel grösser. 165 Schadensmeldungen im Kanton Luzern: Feuerwehren und Polizei waren am Sonntagabend in vielen Zentralschweizer Regionen im Gross-einsatz. Die Polizei registrierte von 19.30 Uhr bis 23.30 Uhr 165 Schadensmeldungen. Hauptsächlich wurde eindringendes Wasser (132 Fälle) gemeldet. Vom Unwetter am meisten betroffen waren neben Dierikon und Luzern die Gemeinden Sörenberg, Adligenswil und Udligenswil. [...] Gemäss Météonews fielen in Luzern am innert wenigen Stunden 31 Liter Regen.	Neue Luzerner Zeitung, 8.6.2015
		74 Schadenmeldungen – Feuerwehr im Dauereinsatz. Unwetter richtet massive Schäden in der ganzen Gemeinde an. Das Unwetter vom 7. Juni hat die Gemeinde Adligenswil besonders stark getroffen. Noch lässt sich das Schadensausmass nicht beziffern. Innerhalb weniger Stunden gingen bei Polizei und Feuerwehr insgesamt 74 Schadenmeldungen ein, die Feuerwehr stand während der ganzen Nacht vom Sonntag auf den Montag im Einsatz. Sie leistete 425 Einsatzstunden, davon 360 in der Nacht. Zentrum und Stuben stark betroffen. Zu Schäden kam es in der ganzen Gemeinde, sogar in den höher gelegenen Gebieten Dallenbach und Letten. Besonders beeinträchtigt wurden das Zentrum und das Gebiet Stuben. [...] Im Ortsteil Stuben staute sich der Stubenbach bei der Unterquerung der Ebikonerstrasse und füllte das Abwasserpumpwerk vollständig mit Wasser. Zu Schäden kam es auch bei der Garage Leo, bei Bösch Team Parkette und in einigen Garagen an der Ebnetstrasse. [...] Ebenfalls über das Ufer trat der Lettenbach im Stiglirain. Dort ist die Gemeinde seit letztem Sommer daran, den Einlaufbereich des Lettenbachs zu verbessern. [...] Überschwemmt wurde allerdings die Schreinerei Hirschi, weil der unterirdische Grundacherbach in diesem Gebiet einen Schachtdeckel hob.	Adliger Info, 19. Juni 2015

Allgemeine Aussagen			
	R. Thali Feuerwehrkommandant Ebikon	R. Thali, Feuerwehrkommandant Ebikon, führt ein Journal seit 1969 (1977-1984 fehlt). Er stellte eine Liste der durch Wasserschaden ausgelösten Einsätze zusammen. Danach verursachte vor allem der Mühlebach Probleme. Immer wieder treten zwischen dem Durchlass beim Restaurant Sonne und der Einmündung in die Ron Überschwemmungen auf. Überschwemmungen der Ron führen nur oberhalb der Mündung des Mühlebaches im Bereich Sonnenhaldenstrasse zu Einsätzen. Festgehaltene Ereignisse des Mühlebaches: 29.6.1972, 23.6.1973, 23.8.1975, 27.7.1976, 16.6.1988 und 30.8.1990.	VAW (1992)
	R. von Euw, Vorsteher des Bauamtes der Gemeinde Ebikon	R. von Euw, Vorsteher des Bauamtes der Gemeinde Ebikon, führte bei Anwohnern eine Umfrage durch und steuerte auch eigene Beobachtungen bei. Danach konzentrieren sich die grössten Probleme auf den unteren Teil des Mühlebaches, wo immer wieder Überschwemmungen stattfinden. Auf die Frage, wie häufig der Durchlass beim Restaurant Sonne überströmt werde, reichen die Meinungen der befragten Zeugen von «alle drei Jahre» bis zu «ein- bis zweimal pro Jahr». Der Durchlass unter der SBB wird zwischen ein- und zweimal jährlich eingestaut, wobei das Wasser jeweils bis auf die Höhe des Bahnschotters ansteigt. Der Eisenbahnbetrieb musste jedoch noch nie wegen Überschwemmungen eingestellt werden. Der Rückstau verursacht jedes Jahr Schaden bei verschiedenen Anwohnern. Der Ronbach selbst trat in den letzten Jahren nie in grösserem Umfang über die Ufer. Das Gerinne ist jedoch bei grosseren Ereignissen gefüllt. Bei der Schlüsselstelle Werkleitungskanal (vgl. Abb.15) reichte das Wasser mehrmals bis an diese Wasserleitung heran.	VAW (1992)

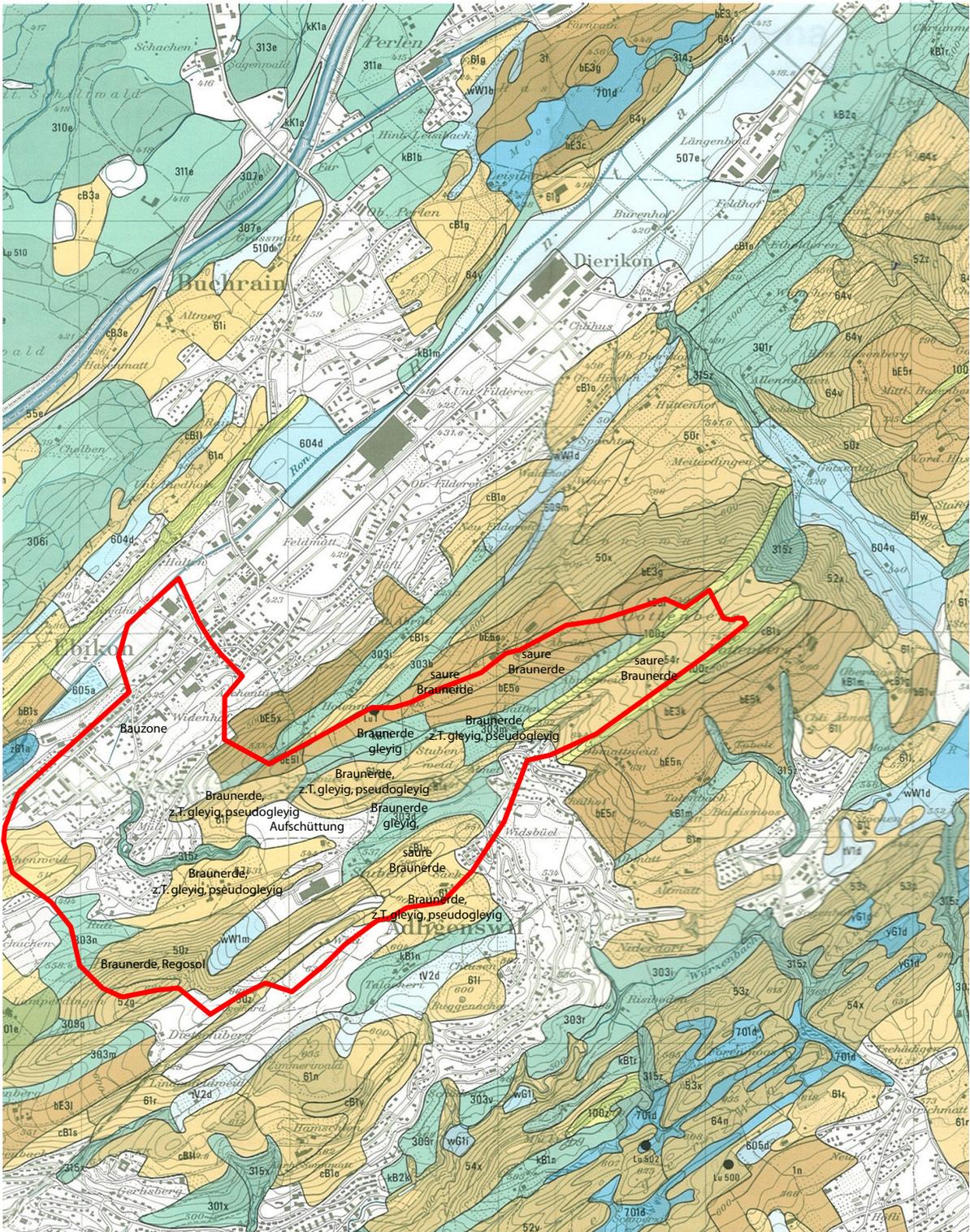
Nr. Station	4380 Küssnacht am Rigi	4590 Luzern (Musegg)	4590 Luzern (Wesemlin)	4590 Luzern (Werkhof)	4590 Luzern	4859 Cham	4860 Cham	Agrometeo Buchrain	Agrometeo Hohenrain	Agrometeo Hünenberg	Agrometeo Küssnacht am Rigi	Agrometeo Nottwil	Agrometeo Urswil	MeteoGroup Buchrain (MMBUR)	MeteoGroup Küssnacht am Rigi (MMKAR)	MeteoGroup Weggis (MMWGG)	MeteoGroup Honau (MMHON)	LU 01 Emmen	LU 03 Root
Messperiode	1882-1890; 1899-	1880-1919	1919-1971	1970-1978	1978-	1993-	1882-1892, 1900-1918, 1960-2001											1999-	1999-
X	676270	665940	666450	666920	665520	677825	676720	669888	666800	674916	676300	653478	664939	668434	675387	675631	673283	666800	672060
Y	215020	211850	212650	210500	209860	226880	225920	216871	226300	225296	213725	219435	222403	216169	214742	209422	220311	215725	218910
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	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
Statistik	1901-1970	1881-2010	1881-2010	1881-2010	1881-2010	keine	1901-1917, 1960-1977	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine
09.06.1910	0.0	0.0					0.0												
10.06.1910	0.7	1.6					0.8												
11.06.1910	5.3	6.4					6.9												
12.06.1910	3.1	4.0					14.9												
13.06.1910	19.7	10.4					17.8												
14.06.1910	84.5	80.5					104.8												
15.06.1910	23.3	18.3					18.5												
16.06.1910	0.0	0.2					0.0												
14.-15.06.1910	107.8	98.8					123.3												
13.-15.06.1910	127.5	109.2					141.1												
06.06.1912	1.2	1.2					0.0												
07.06.1912	11.4	12.9					4.5												
08.06.1912	7.9	3.8					6.0												
09.06.1912	14.3	7.0					20.0												
10.06.1912	0.0	0.0					0.4												
11.06.1912	0.0	0.0					0.0												
12.06.1912	3.5	1.4					0.0												
13.06.1912	95.4	78.0					84.3												
14.06.1912	0.0	0.1					0.0												
12.-13.06.1912	98.9	79.4					84.3												
26.07.1927	0.0		0.0																
27.07.1927	21.6		30.1																
28.07.1927	7.8		5.4																
29.07.1927	12.9		19.2																
30.07.1927	0.0		0.2																
31.07.1927	0.0		0.0																
01.08.1927	1.3		1.8																
02.08.1927	15.5		30.9																
03.08.1927	0.0		0.0																
15.08.1975	32.6			40.4			18.5												
16.08.1975	0.0			0.0			0.0												
17.08.1975	4.8			2.4			12.7												
18.08.1975	16.4			5.2			23.3												
19.08.1975	0.0			0.0			0.0												
20.08.1975	0.0			0.0			0.0												
21.08.1975	3.4			8.3			15.2												
22.08.1975	27.2			24.1			25.8												
23.08.1975	74.2			65.7			42.5												
24.08.1975	12.8			15.4			13.0												
22.-23.08.1975	101.4			89.8			68.3												
22.-24.08.1975	114.2			105.2			81.3												
28.06.1993	0.0			0.0			0.0												
29.06.1993	0.0			0.0			0.0												
30.06.1993	0.4			2.0			0.0												
01.07.1993	0.4			0.7			2.4												
02.07.1993	5.3			6.3			4.7												
03.07.1993	0.0			0.0			0.0												
04.07.1993	0.0			0.0			0.0												
05.07.1993	64.4			94.4			77.6												
06.07.1993	0.3			0.0			0.0												
07.07.1993	0.0			0.0			0.0												
08.07.1993	0.0			0.0			0.0												
09.07.1993	2.9			1.4			3.7												
10.07.1993	67.2			59.5			74.6												
11.07.1993	18.0			18.0			14.0												
01.06.2002	0.0			0.0	0.0													0.0	0.0
02.06.2002	0.0			0.0	0.0													0.0	0.0
03.06.2002	7.8			21.0	3.1													6.7	10.4
04.06.2002	0.0			0.0	0.0													0.0	0.0
05.06.2002	3.3			11.5	1.7													8.1	2.8
06.06.2002	81.3			111.8	30.8													80.5	49.1
07.06.2002	14.6			3.4	3.5													3.3	6.6
12.07.2002	11.1			9.8	4.2													8.5	3.9
13.07.2002	0.6			0.2	1.6													0.0	0.4
14.07.2002	2.1			3.2	1.2													3.1	3.2
15.07.2002	15.1			33.5	13.7													23.5	33.3
16.07.2002	0.7			0.5	0.0													1.9	0.3
17.07.2002	40.1			45.7	33.9													41.5	39.6
18.07.2002	0.3			0.5	0.0													0.2	0.3
26.11.2002	0.9			1.4	2.1													1.3	1.1
27.11.2002	0.1			0.0	0.2													0.1	0.1
28.11.2002	10.3			5.1	5.7													4.8	5.9
29.11.2002	4.8			4.8	4.3													4.9	5.9
30.11.2002	4.4			5.0	4.5													2.6	2.5
01.12.2002	4.7			1.7	0.7													2.3	2.8
02.12.2002	3.9			0.6	1.2													1.4	1.1
15.08.2005	28.0			38.0	20.8		26.4	33.4	14.6	32.2								36.9	27.0
16.08.2005	3.8			1.3	4.5		5.0	3.2	1.6	2.4								2.8	2.8
17.08.2005	0.0			0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0								0.0	0.0
18.08.2005	0.4			1.6	0.1		0.4	1.0	20.8	0.8								0.9	0.3
19.08.2005	24.4			23.6	25.2		30.2	27.8	25.0	32.8	</								



Anhang 3.1: Niederschlagsverteilung am a) 19.-21.8.2005, b) 6.-8.8.2007 (Niederschlag in mm).



Anhang 3.2: Niederschlagsverteilung am 6.-8.6.2015, a) Radardaten, b) Stationen und private Messungen (Niederschlag in mm).



Anhang 4.1: Die Bodenkarte (FAL, 1988) mit dem Einzugsgebiet des Mühlebachs.

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

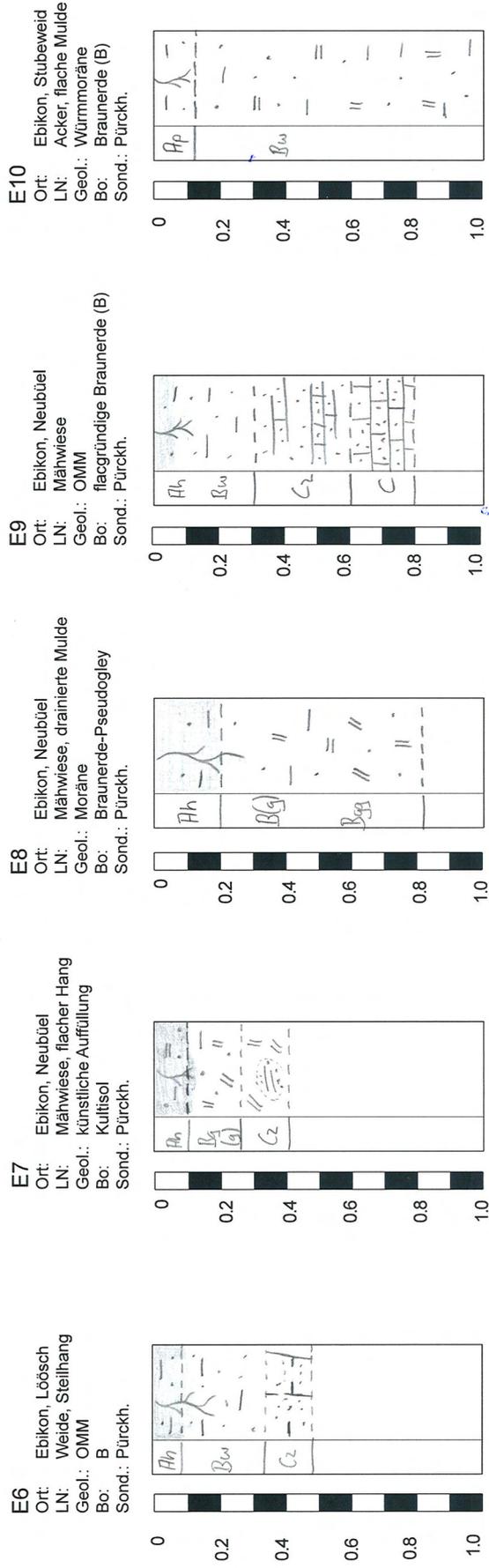
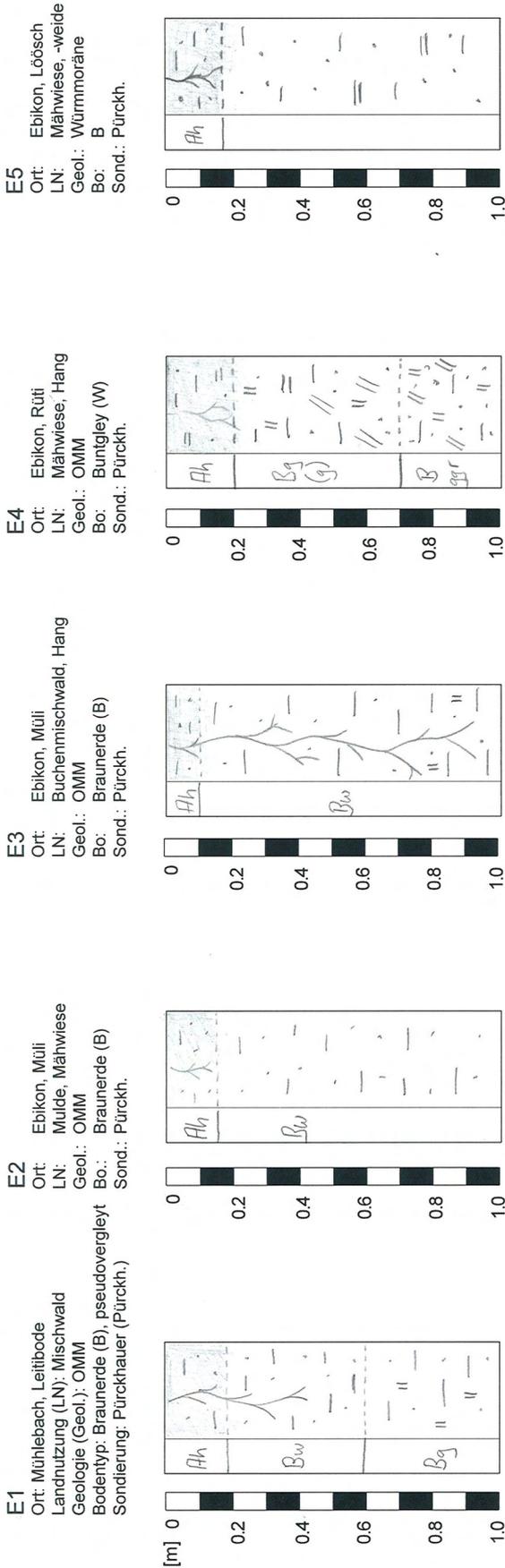
l	Streuzone
f	Fermentationszone
h	Humusstoffzone
a	Anmoor
org	organisches Material im Unterboden

Verwitterungszustand

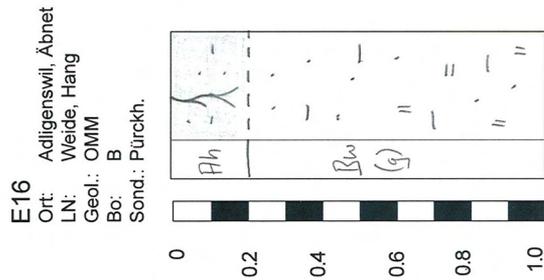
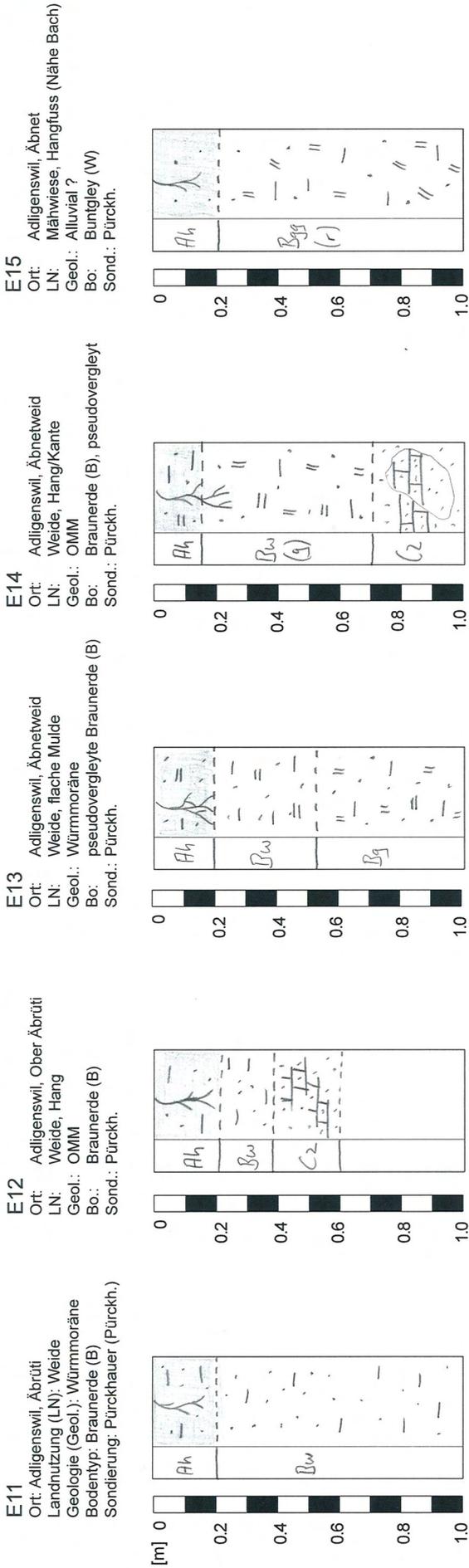
ch	chem. vollständig verwittert
w	Verwitterungshorizont
z	Zersatz Muttergestein

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 4.2b: Die im Einzugsgebiet vom Mühlebach untersuchten Bodenprofile (E1-E10) mit der Angabe des Standorts, der Landnutzung, der Geologie, des Bodentyps und der Sondiermethode. Eine Beschreibung der Profile befindet sich im Anhang 4.2a.



Anhang 4.2c: Die im Einzugsgebiet vom Mühlebach untersuchten Bodenprofile (E11-E16) mit der Angabe des Standorts, der Landnutzung, der Geologie, des Bodentyps und der Sondiermethode. Eine Beschreibung der Profile befindet sich im Anhang 4.2a.

Anhang 4.3: Die Eigenschaften der im Anhang 4.2 dargestellten Bodenprofile des Mühlebachs (E1-E16) mit der Einschätzung von Infiltration und Speicherfähigkeit und Angabe des zu erwartenden dominanten Abflussprozesses
 (Abkürzungen siehe auch Legende 4.2: U, u = Silt, siltig; L, l = Lehm, lehmig; S, s = Sand, sandig; A = Oberboden, B = Unterboden, C = Ausgangsmaterial, g = Rostfleckung, h = organisches Material, r = dauernd vernässt, w = Verwitterungshorizont, z = zersetzt. Prozesse: SSF (Subsurface Flow = Abfluss im Boden), SOF (Saturated Overland Flow = gesättigter Oberflächenabfluss), DP (Deep Percolation = Tiefensickerung), SOF1: rasch, SOF2: leicht verzögert, SOF3 stark bis sehr stark verzögert abfliessend). Moräne: Würm-Moräne des Reuss-, Aare- und Brüniggletschers; USM: Untere Süsswassermolasse; OMM: Obere Meeresmolasse.

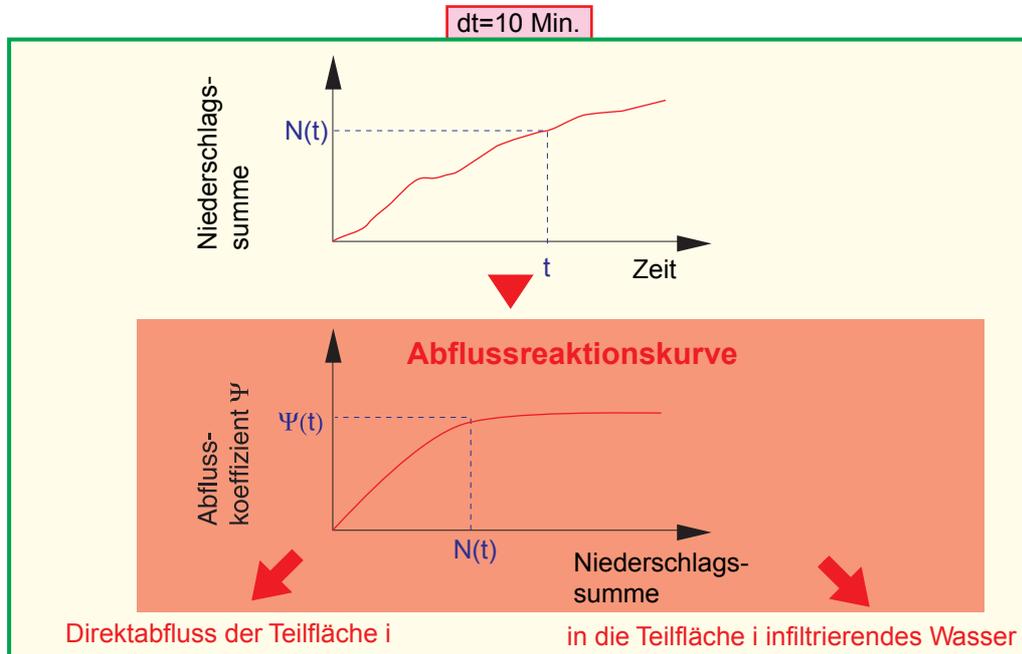
	Profilbeschreibung		Profilbeschreibung
E1	Ebikon, Schacheweid Mischwald, Hang OMM Braunerde (B), pseudovergleyt Pürckhauer (Pürckh.) Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Us Bg: brauner Us Infiltrationsvermögen (Inf.): normal Speichervermögen (Spv.): mässig Prozesse (Proz.): SSF3	E2	Ebikon, Müli Mulde (unten Auffüllung; aufgew. Boden), Mähwiese OMM B Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Us Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3 (bei Gewitter evtl ATyp3)
E3	Ebikon, Müli Buchmischwald, Hang OMM B Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Us Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SSF3	E4	Ebikon, Rüti Mähwiese Hang OMM Buntgley (W) Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us-Lu Bg(g): brauner Us – grauer Ls Bggr: grauer – leicht brauner Ls Inf.: leicht gehemmt Spv.: mässig - gring Proz.: SOF2
E5	Ebikon, Löösch Mähwiese, -weide Würmmoräne B Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us-Lu Bw: brauner Lu Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3	E6	Ebikon, Löösch Weide, Steilhang OMM B Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: beige-brauner Us Cz: verwitterter Sandstein Inf.: normal Spv.: gering Proz.: SSF1(2)
E7	Ebikon, Neubüel Mähwiese (ehem. Deponie), flacher Hang künstliche Auffüllung Kultisol Pürckh. Ah/Bg(g): dunkelbrauner - grauer Ln Cz: Bauschutt Inf.: gehemmt Spv.: gering Proz.: SOF1-2	E8	Ebikon, Neubüel Mähwiese, Mulde, drainiert Moräne B-Pseudogley (Y) Pürckh. Ah: dunkelbrauner Lu B(g): beiger Lu Bgg: beiger Lu Inf.: normal Spv.: mässig-gross Proz.: SOF2
E9	Ebikon, Neubüel Mähwiese, flacher Hang OMM flachgründige Braunerde (B) Pürckh. Ah/Bw: dunkelbrauner – brauner Us Cz: verwitterter Sandstein C: grau-gelblicher, kompakter Sandstein Inf.: normal Spv.: mässig-gering Proz.: SSF2	E10	Ebikon, Stubeweid Acker, flache Mulde Würmmoräne B Pürckh. Ap: brauner Lu Bw: brauner Lu Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3

	Profilbeschreibung		Profilbeschreibung
E11	Adligenswil, Ober Äbrüti Weide, Mulde Würmmoräne B Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Us Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3	E12	Adligenswil, OberÄbrüti Weide, Hang OMM ? B Pürckh. Ah: dunkelbrauner Us Bw: brauner Us Cz: Sandstein Inf.: normal Spv.: gering Proz.: SSF2?
E13	Adligenswil, Äbnetweid Weide, flache Mulde Würmmoräne ? B, pseudoverleyt Pürckh. Ah: dunkelbrauner Lu Bw: brauner Lu Bg: brauner Lu Inf.: normal – leicht gehemmt Spv.: mässig Proz.: SOF2 (ATyp3)	E14	Adligenswil Weide, Hang/Kante OMM B, pseudovergleyt Pürckh. Ah: dunkelbrauner Lu Bwg: brauner Lu Cz: verwitterter Sandstein Inf.: normal Spv.: mässig Proz.: SOF2/SSF2
E15	Adligenswil, Äbnet Mähwiese, Hangfuss (Nähe Bach) Alluvione ? W Pürckh. Ah: dunkelbrauner Lu Bgg(r): beige-brauner Lu Inf.: gehemmt Spv.: mässig - gering Proz.: SOF2	E16	Adligenswil, Äbnet Weide, Hang (oberhalb davon Hangrutsch: Fels sichtbar) OMM B Pürckh. Ah: dunkelbrauner Lu Bw(g): dunkelbrauner Lu Inf.: normal Spv.: gross Proz.: SOF3

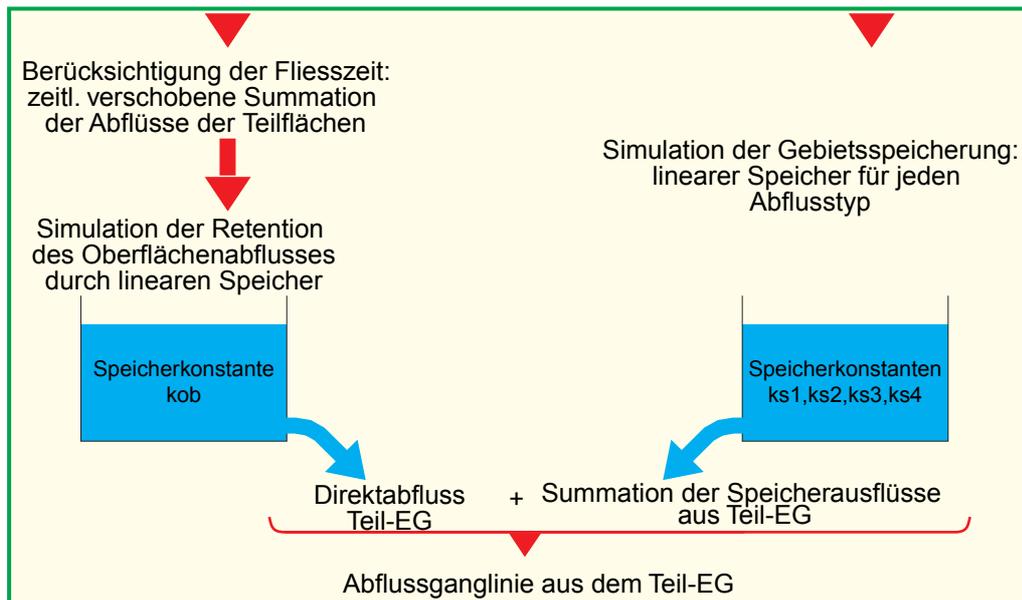
Jede Teilfläche ist charakterisiert durch

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

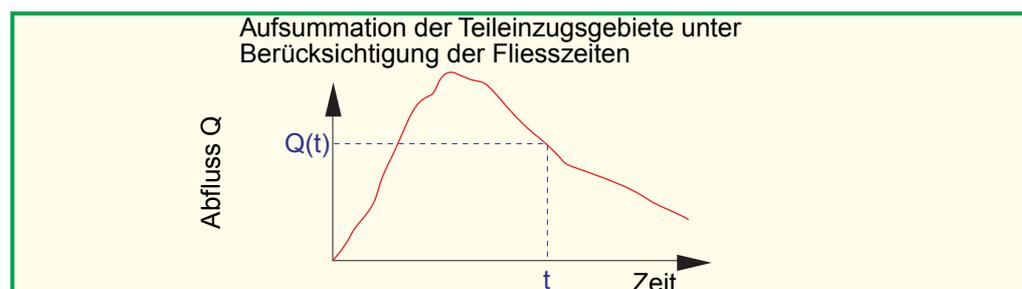
Stufe
Teilfläche



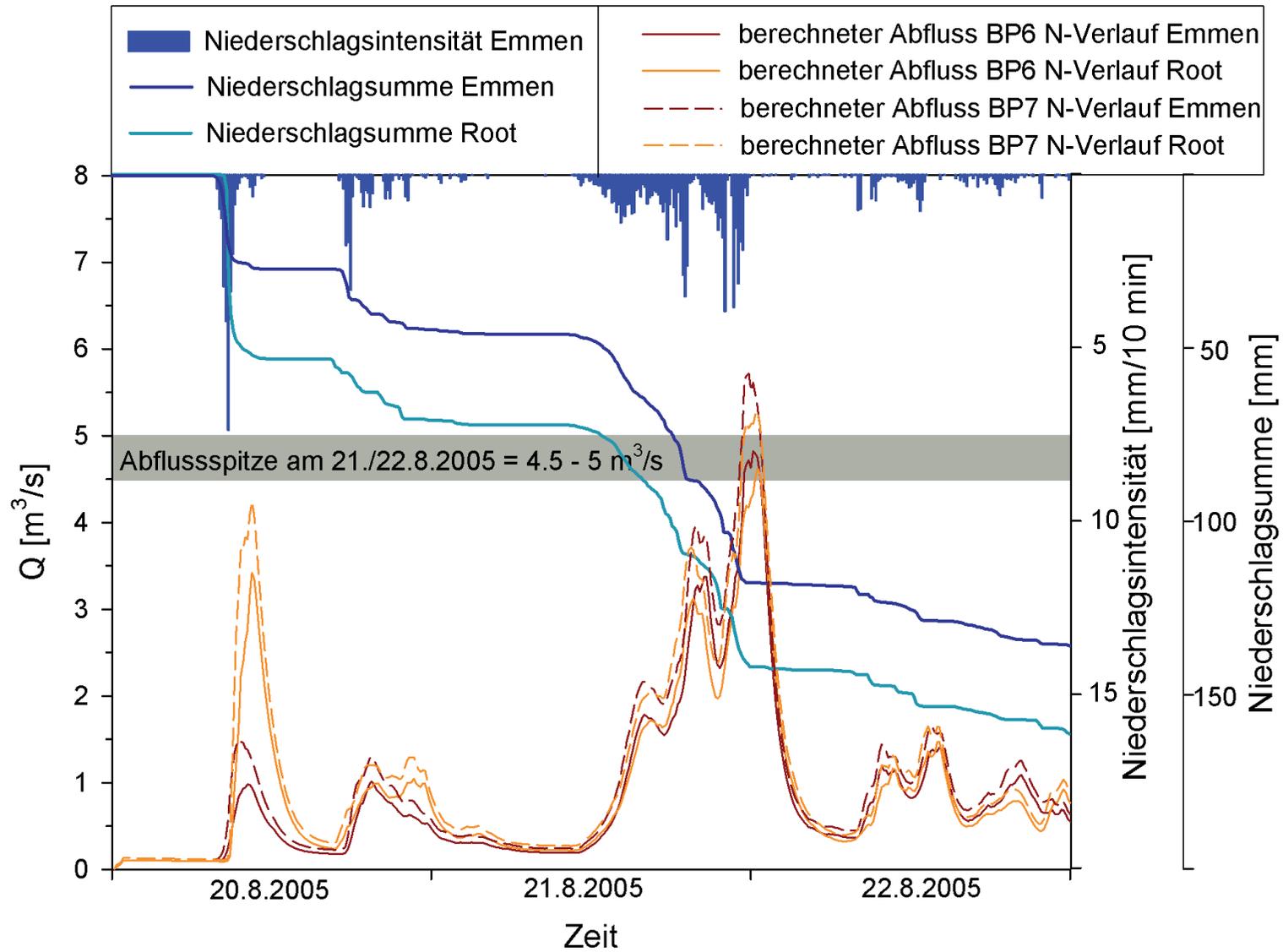
Stufe
Teileinzugs-
gebiet



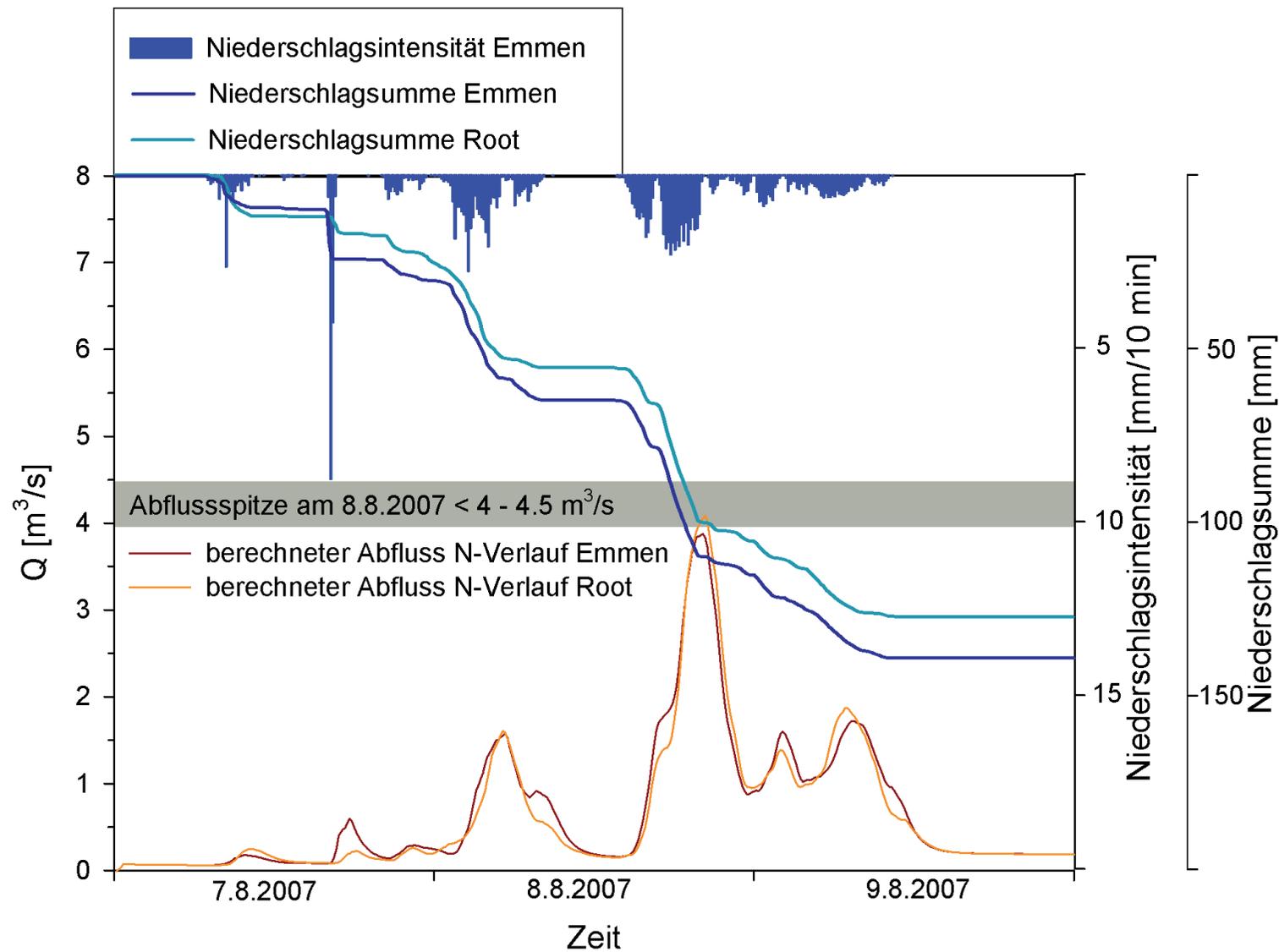
Einzugs-
gebiet



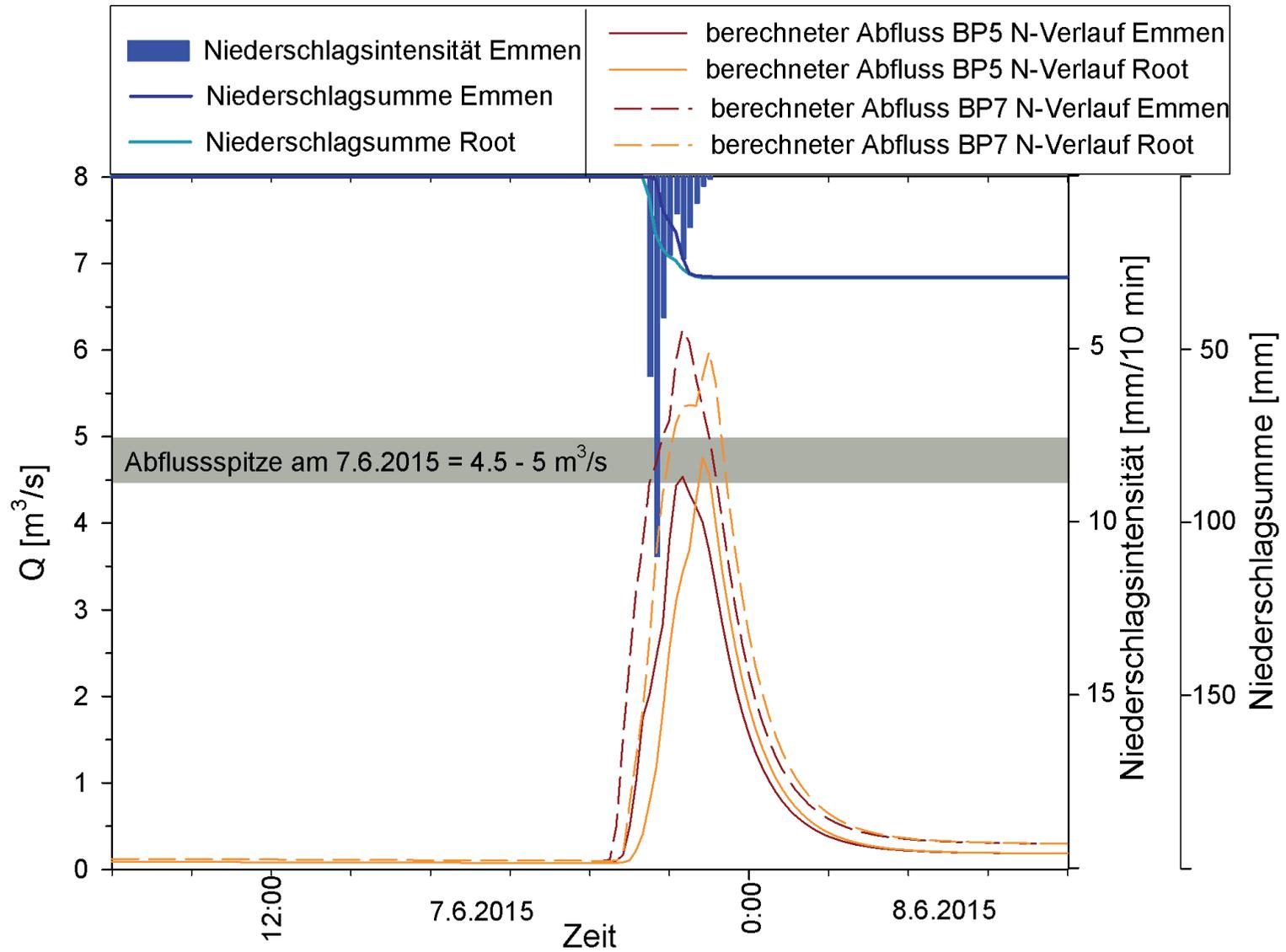
Anhang 5: Schematischer Aufbau des Niederschlags-Abfluss-Modells Q_{AREA} . Zentrales Element ist die Abflussreaktionskurve, die für jede Teilfläche die Beziehung zwischen Niederschlags-summe und Abflusskoeffizient beschreibt.



Anhang 6.1: Die mit dem Modell QArea berechneten Abflüsse des Mühlebachs am Berechnungspunkt BP 6 und am BP7 am 20.-22.8.2005 im Vergleich mit den Abschätzungen im Bereich der Poststelle (zwischen BP6 und BP7).

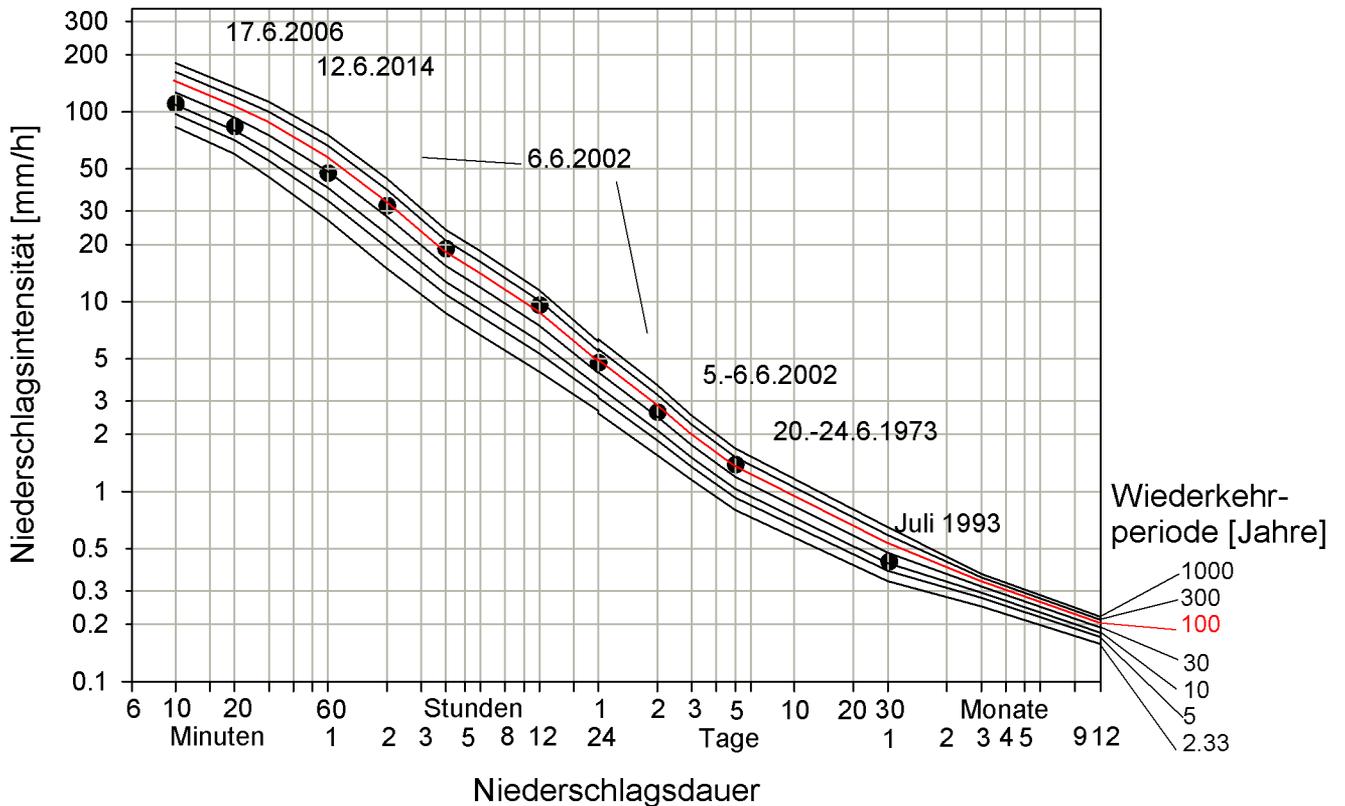
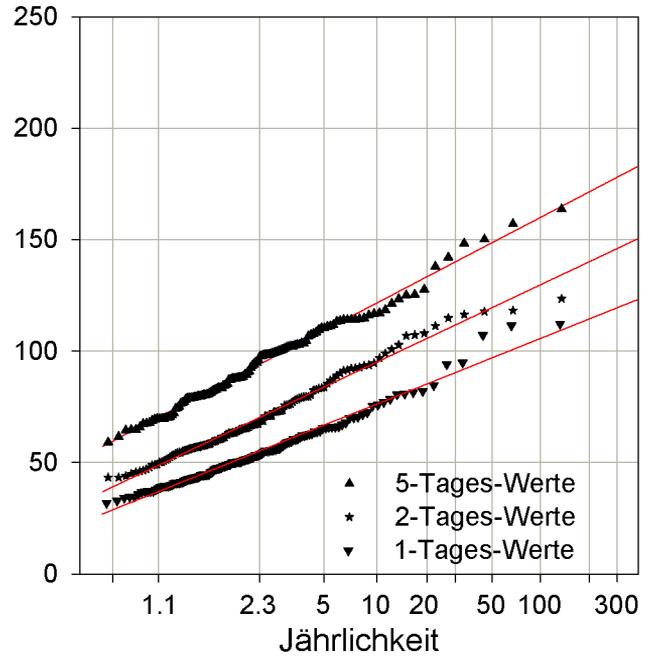
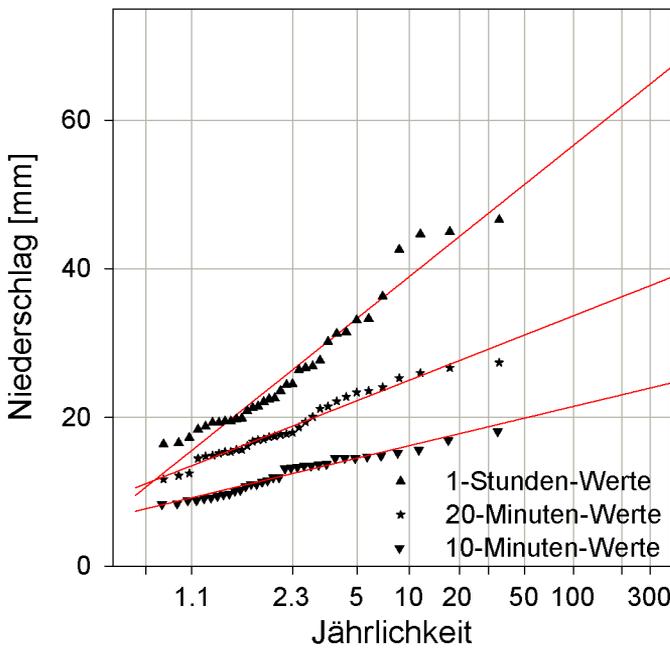


Anhang 6.2: Die mit dem Modell QArea berechneten Abflüsse des Mühlebachs am Berechnungspunkt BP 5 (Säge) am 7.-9.8.2007 im Vergleich mit den Abschätzungen.



Anhang 6.3: Die mit dem Modell QArea berechneten Abflüsse des Mühlebachs am Berechnungspunkt BP 5 (Säge) am 7.6.2015 im Vergleich mit den Abschätzungen sowie die Berechnungen am BP7.

<h1 style="margin: 0;">Luzern</h1> <h2 style="margin: 0;">1880 - 2014</h2>	Regen und Schnee berücksichtigt
	1. Extremalverteilung: 10-Min - 12-Stunden-Maxima
	1. Extremalverteilung: 1-, 2-, 3- und 5-Tages-Maxima
Normalverteilung: 3-Monats- u. Jahres-Maxima	



Anhang 7.1: Die analog zu Zeller et al. (1978) erstellte Starkniederschlagsstatistik für die Station Luzern (1880 - 2014).

<h1>Luzern</h1> <h2>1880 - 2014</h2>	Regen und Schnee berücksichtigt
	1. Extremalverteilung: 10-Min - 12-Stunden-Maxima
	1. Extremalverteilung: 1-, 2-, 3- und 5-Tages-Maxima
	Normalverteilung: 3-Monats- u. Jahres-Maxima

Die für die Diagramme verwendeten 10 grössten Niederschlagswerte
 Datengrundlage: 1-Tages-Werte 1880 - 2014

Rang	1 - Tag		2 - Tage		5 - Tage		1 - Monat		3 - Monate		1 - Jahr	
	Datum	N [mm]	Datum	N [mm]	Datum	N [mm]	Datum	N [mm]	Datum	N [mm]	Datum	N [mm]
1	06.06.2002	112	05.-06.06.2002	123	20.06.-24.06.1973	163	Juli 1993	306	Juli-Sep 1888	675	1910	1666
2	24.08.1944	111	26.-27.07.1976	118	18.08.-22.08.2005	157	Juli 1976	304	Juni-Aug 2014	660	1965	1550
3	07.08.1978	107	21.-22.11.1972	118	22.07.-26.07.1976	150	Aug 1975	295	Juli-Sep 2010	658	1979	1475
4	05.07.1993	94	27.-28.09.1954	116	05.06.-09.06.2002	148	Aug 2005	293	Juni-Aug 1997	648	2001	1472
5	26.07.1976	94	06.-07.08.1978	115	10.05.-14.05.1999	142	Aug 1890	292	Juni-Aug 1912	643	1940	1461
6	27.09.1954	84	23.-24.08.1944	111	06.06.-10.06.2002	139	Juli 1900	288	Juni-Aug 1927	632	2002	1461
7	22.11.1972	82	07.-08.08.2007	108	20.11.-24.11.1972	138	Nov 1972	287	Juni-Aug 1910	632	1999	1449
8	21.08.2005	81	21.-22.08.2005	107	04.06.-08.06.2002	134	Juni 1979	284	Mai-Juli 1914	629	1922	1436
9	14.06.1910	81	22.-23.06.1973	107	18.01.-22.01.1910	127	Juli 1955	283	Juni-Aug 1993	629	1905	1427
10	23.06.1973	80	29.-30.07.1900	103	26.09.-30.09.1954	125	Juni 1912	280	Juni-Aug 1946	629	1995	1426

Die für die Diagramme verwendeten 10 grössten Niederschlagswerte
 Datengrundlage: 10-Minuten-Werte 1981 - 2014

Rang	10 Min.		20 Min.		1 h		4 h	
	Datum	N [mm]						
1	17.06.2006	18.0	12.06.2014	27.3	06.06.2002	46.5	06.06.2002	74.4
2	14.07.1997	16.8	23.06.1993	26.6	23.06.1993	44.9	16.06.1988	57.3
3	12.06.2014	15.5	20.08.2001	25.9	16.06.1988	44.6	23.06.1993	54.9
4	10.07.2010	15.1	16.06.1988	25.2	24.06.1981	42.5	10.08.1994	48.5
5	23.06.1993	14.7	17.06.2006	24.0	02.08.1996	36.2	02.08.1996	47.6
6	07.08.1989	14.6	01.08.2010	23.5	21.07.1992	33.2	24.06.1981	45.1
7	16.06.1988	14.4	24.06.1981	23.3	12.06.2014	33.0	21.08.2005	39.0
8	06.06.2002	14.4	06.06.2002	22.7	17.06.2006	31.4	10.08.2014	38.9
9	28.07.2009	14.4	11.09.2011	22.1	01.08.2010	31.2	24.06.1992	38.5
10	11.09.2011	13.6	21.08.1992	21.4	10.08.1994	30.1	19.08.2008	36.1

<h1>Luzern</h1> <h2>1880 - 2014</h2>	Regen und Schnee berücksichtigt
	1. Extremalverteilung: 10-Min - 12-Stunden-Maxima
	1. Extremalverteilung: 1-, 2-, 3- und 5-Tages-Maxima
	Normalverteilung: 3-Monats- u. Jahres-Maxima

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

Niederschlagsdauer	0.5h	1h	2h	4h	6h	8h	12h	24h	2d	3d	5d	1mt	3mt	1yr
Jährlichkeit														
2.33	45	27	15	8.7	6.7	5.5	4.3	2.6	1.6	1.1	0.8	0.34	0.25	0.16
5	55	34	19	10.9	8.4	6.9	5.3	3.1	1.9	1.3	0.9	0.38	0.28	0.17
10	63	40	23	12.7	9.8	8.1	6.2	3.6	2.1	1.5	1.0	0.42	0.29	0.18
20	71	45	26	14.4	11.1	9.2	7.0	4.0	2.3	1.7	1.1	0.46	0.31	0.19
30	75	49	28	15.4	11.9	9.8	7.5	4.3	2.5	1.8	1.2	0.48	0.32	0.19
50	81	52	30	16.7	12.9	10.6	8.1	4.6	2.6	1.9	1.3	0.50	0.33	0.20
100	88	58	34	18.4	14.2	11.7	8.9	5.0	2.9	2.0	1.4	0.54	0.34	0.20
200	96	63	37	20.0	15.5	12.7	9.7	5.4	3.1	2.2	1.5	0.57	0.35	0.21
300	100	66	39	21.0	16.2	13.3	10.1	5.6	3.2	2.3	1.5	0.59	0.35	0.21
500	106	70	41	22.2	17.2	14.1	10.7	5.9	3.4	2.4	1.6	0.62	0.36	0.21
1000	113	76	44	23.9	18.5	15.2	11.5	6.4	3.6	2.5	1.7	0.65	0.37	0.22

Bemerkungen:

Werte für Dauern ab 24 h hergeleitet aus Tageswerten der Station Luzern
- durchgehende Daten der Station Luzern 1.8.1880 - 31.12.2014

Werte für Dauern < 24 h hergeleitet aus 10-Minuten - Werten der A-Netz Station Luzern
- Daten der A-Netz-Station Luzern 1981 - 2014
- Werte vom 9.1.1985 offensichtlich fehlerhaft, daher nicht berücksichtigt