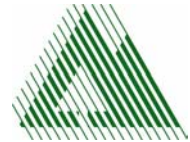




Universität für Bodenkultur
Institut für Alpine Naturgefahren
und Forstliches Ingenieurwesen



Peter Jordan Str. 82
A-1190 WIEN

Tel.: #43-1-47654-4350
Fax: #43-1-47654-4390

WLS REPORT 87/Band 1



Im Auftrag:

**Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung,
Sektion Salzburg**



Eine Dienststelle des BMLFUW



Wien, April 2003

Band 1

Dokumentation und Analyse des Ereignisses vom
17. Juli 02 am Fischbach

Im Auftrag von: Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung,
Sektion Salzburg
GZ: VI/3822-1154/1-2002

Projektleitung: A.o. Univ. Prof. Dr. J. Hübl

Mitarbeiter: Ganahl Egon
Gruber Harald
Holzinger Gerhard
Moser Markus
Pichler Andreas

Universität für Bodenkultur
Institut für Alpine Naturgefahren und forstliches Ingenieurwesen
Arbeitsbereich Wildbach – Lawine - Steinschlag
Peter Jordan Str. 82
A – 1190 Wien

Tel.: #43-1-47654-4350
Fax: #43-1-47654-4390

Report Nr.: 87

Referenz (Literaturzitat): HÜBL, J., GANAHL, E., GRUBER, H., HOLZINGER, G., MOSER, M., PICHLER, A. (2003): Dokumentation und Analyse des Hochwasserereignisses vom 17. Juli 02 am Fischbach, WLS Report 87/Band 1, Universität für Bodenkultur Wien (unveröffentlicht)

Wien, im April 2003

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
2	ZIELSETZUNG	2
3	METHODE	2
3.1	EREIGNISDOKUMENTATION	2
3.2	EREIGNISANALYSE	4
3.2.1	<i>Niederschlag.....</i>	<i>4</i>
3.2.2	<i>Abfluss.....</i>	<i>4</i>
3.2.3	<i>Zeitlicher Verlauf des Abflussgeschehens im Siedlungsgebiet.....</i>	<i>4</i>
4	BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES	5
4.1	GEOGRAFISCHE LAGE UND BESCHREIBUNG DES EINZUGSGEBIETES	5
4.2	GEOLOGIE	6
4.3	KLIMA	6
4.4	LANDNUTZUNG	8
4.5	EREIGNISCHRONIK (WLV, TECHNISCHER BERICHT ZUM PROJEKT 1995).....	9
4.6	ZUSAMMENSTELLUNG DER EINZUGSGEBIETSKENNWERTE	11
5	EREIGNISDOKUMENTATION	12
5.1	ALLGEMEINE WETTERLAGE (ZAMG).....	12
5.2	NIEDERSCHLAG	12
5.3	KARTIERUNG DER ANSCHLAGLINIEN, ÜBERFLUTUNGSFLÄCHE UND -TIEFE IM SIEDLUNGSGEBIET VON THALGAU	14
5.4	BEFRAGUNG VON AUGENZEUGEN	14
5.5	PROZESSE	14
5.5.1	<i>Verlagerungsprozesse in den Gerinneabschnitten</i>	<i>14</i>
5.5.1.1	<i>Hochwasserabfluss</i>	<i>15</i>
5.5.1.2	<i>Hochwasserabfluss mit Geschiebeführung/Murgang</i>	<i>16</i>
5.6	SPERRE IM WALDBACHGRABEN BEI HM 1,29.....	19
5.6.1	<i>Darstellung der Durchflussprofile vor und nach dem Sperrenbruch</i>	<i>19</i>
5.6.2	<i>Stoßrichtung des Breschenabflusses im Mündungsbereich</i>	<i>21</i>
5.7	ABFLUSS.....	23

5.7.1	<i>Erfassung und Verortung von Interpretationsprofilen und Aufnahme der hydraulisch relevanten Parameter</i>	23
6	EREIGNISANALYSE	24
6.1	NIEDERSCHLAG	24
6.1.1	Vorbefeuchtung	24
6.1.2	Niederschlagssummen vom 16. Juli 02	25
6.1.3	Vergleich der Bemessungsniederschläge	26
6.1.3.1	Bemessungsniederschläge nach SCHIMPF	26
6.1.3.2	Bemessungsniederschläge gemäß HD Salzburg	27
6.1.3.3	Bemessungsniederschläge gemäß WLV-Projekt (1995)	28
6.1.3.4	Bemessungsniederschläge nach extremwertstatistischen Verfahren	28
6.1.3.5	Bemessungsniederschläge nach LORENZ/SKODA	29
6.1.3.6	Bemessungsniederschläge nach Verfahren von ZELLER (1974)	30
6.1.3.7	Gemessene maximale Intensitäten an der Station Thalgauberg	31
6.1.3.8	Vergleich und Interpretation der Ergebnisse	32
6.1.3.9	Überschreitungsdauerlinie	32
6.1.4	Kennwerte der Niederschlagsstationen	33
6.1.5	Gebietsniederschlag	34
6.1.5.1	Datengrundlage	34
6.1.5.2	Anpassung der Wetterraddaten an die gemessenen Niederschlagswerte	35
6.1.5.3	Räumliche und zeitliche Verteilung des Gebietsniederschlages	37
6.1.5.4	Vergleich der Niederschlagsfracht aus der Stationsmessung mit der Auswertung des Wetterraddars	40
6.1.5.5	Vergleich zeitlicher Verläufe des Gebietsniederschlags	41
6.1.5.6	Kennwerte Gebietsniederschlag	42
6.2	ABFLUSS	43
6.2.1	Rückrechnung des Abflusses in natürlichen Profilen	43
6.2.1.1	Ermittlung des Abflusses mittels Schätzung der Fließgeschwindigkeit	45
6.2.1.2	Ermittlung des Abflusses mittels berechneter Fließgeschwindigkeit	45
6.2.1.3	Fließgeschwindigkeiten in den Profilen	46
6.2.1.4	Abflüsse in den Profilen	46

6.2.2	<i>Rückrechnung des Abflusses an Standorten mit technischen Einbauten</i>	47
6.2.2.1	Sperre Waldbachgraben hm 6,87	47
6.2.2.2	Sperre Waldbachgraben hm 1,29	48
6.2.2.3	Brücke hm 73,85 (Steinhauerbrücke).....	48
6.2.2.4	Sperre Fischbach hm 53,45	49
6.2.2.5	Hochwasserrückhaltebecken Fischbach hm 41,16	49
6.2.2.6	Fischbach hm 25,0 bis hm 38,1 (Autobahndurchlass).....	50
6.2.3	<i>Abflüsse der Teileinzugsgebiete</i>	52
6.2.4	<i>Vergleich der spezifischen Abflüsse</i>	53
6.3	ANALYSE DES ZEITLICHEN ABLAUFS DES ABFLUSSGESCHEHENS	54
6.3.1	<i>Zeitliche Rekonstruktion des Abflusses im Befragungsbereich 1</i>	54
6.3.2	<i>Zeitliche Rekonstruktion des Abflusses im Befragungsbereich 3 (Zusammenfluss Fischbach – Brunnbach) und rekonstruierter Spitzenabfluss</i>	57
6.3.3	<i>Zeitliche Rekonstruktion des Abflusses im Befragungsbereich 2 und 4</i>	58
6.3.4	<i>Beginn und Ende des Hochwasserabflusses im Siedlungsgebiet von Thalgau</i>	59
7	ZUSAMMENFASSUNG	61
8	LITERATURVERZEICHNIS	62
9	VERWENDETE DATENGRUNDLAGEN	63

Anhang

Anhang A: Wetterlage und Niederschlag

Anhang A1: Überblick über die vorherrschende Wetterlage (Bericht der ZAMG)

Anhang A2: Wetterradar Niederschlagsintensitäten 17.7.2002 0:35 – 1:25 MEZ

Anhang A3: Wetterradar Niederschlagsintensitäten 17.7.2002 1:30 – 2:30 MEZ

Anhang A4: Niederschlagsverteilung/Wetterradardaten 17.7.2002 0:25 – 1:20 MEZ

Anhang A5: Niederschlagsverteilung/Wetterradardaten 17.7.2002 1:25 – 2:30 MEZ

Anhang A6: Niederschlagsdaten der Stationen Thalgauberg, Eugendorf, Fuschl am See

Anhang B: Prozesse im EZG

Anhang B1: Darstellung der Prozesse, der Überflutungsflächen und der Profil- bzw. Bildstandorte im Einzugsgebiet

Anhang B2: Fotodokumentation

Anhang B3: Darstellung der Überflutungsflächen im Siedlungsgebiet von Thalgau mit der Angabe der Wasserstände, der zeitlichen Abfolge des HW-Abflusses und Vergleich mit dem Gefahrenzonenplan

Anhang C: Abfluss

Anhang C1: Grafische Darstellung der aufgenommenen Profile mit den hydraulisch relevanten Parametern und Foto

Anhang C2: Tabellarische Darstellung der rückgerechneten Abflüsse anhand gebräuchlicher Fließformeln

Anhang C3: Hydraulische Kennlinien an den Einbauten (Drosselfunktion, Hochwasserentlastung, Flügelüberströmung, Speicherinhalt)

Anhang D: Befragung (Interviews)

Anhang D1: Aufnahmeblätter zum Ereignis vom 17. Juli 02

Anhang E: Pressespiegel

Anhang E1: Zeitungsberichte und Pressemeldungen

1 Einleitung

Starke Niederschläge lösten in der Nacht vom 16. auf den 17. Juli 2002 zahlreiche Überflutungen und Murenabgänge im Salzburger Flachgau aus. Die Gemeinde Thalgau war von den Überflutungen besonders stark betroffen. Der Fischbach trat im Ortsteil Unterdorf über die Ufer und überschwemmte große Teile des Siedlungsgebietes. In dieser Nacht wurden im Gemeindegebiet laut Angaben der Freiwilligen Feuerwehr Thalgau 150 Keller überflutet und 30 Autos beschädigt.

Der Fischbach ist seit mehr als 100 Jahren ein Arbeitsfeld der Wildbach- und Lawinenverbauung. Im Rahmen verschiedener Verbauungsprojekte wurden zahlreiche schutzwasserbauliche Maßnahmen errichtet. Beim Ereignis vom 17. Juli 2002 brach eine Sperre im Waldbachgraben, einem rechtsufrigen Zubringer des Fischbaches. Dieser Sperrenbruch wurde von Teilen der ortsansässigen Bevölkerung als Ursache der Überschwemmungen im Siedlungsraum angesehen.



Abbildung 1: Gebrochene Sperre im Waldbachgraben

Seitens der Sektion Salzburg der Wildbach- und Lawinenverbauung wurde das Institut für Alpine Naturgefahren und Forstliches Ingenieurwesen der BOKU-Wien beauftragt, den Einfluss des Sperrenbruches auf den Hochwasserabfluss des Fischbaches zu quantifizieren.

2 Zielsetzung

Das Ziel dieses Projektes ist die Rekonstruktion des Hochwassers des Fischbaches vom 17. Juli 2002, wobei folgende 3 Fragen beantwortet werden sollten:

- Welcher Abfluss wäre ohne Sperrenbruch im Bereich des Autobahndurchlasses zu erwarten gewesen?
- Welcher Abfluss war mit Sperrenbruch im Bereich des Autobahndurchlasses vorhanden?
- Unterscheiden sich die Abflüsse mit bzw. ohne Sperrenbruch signifikant voneinander?

3 Methode

Das vorliegende Projekt wird in 3 Arbeitsberichte gegliedert.

Band 1 enthält die Ereignisdokumentation und die Ereignisanalyse. Die Ergebnisse dienen einerseits als Eingangswerte für weiterführende Berechnungen, andererseits zur Kontrolle von Simulationsergebnissen.

Die hydrologischen Berechnungen sind im Band 2 zusammengestellt. Errechnete Abflüsse an ausgewählten Querprofilen werden den in Band 1 ermittelten Abflüssen zeitlich und in ihrer Größenordnung gegenübergestellt und somit die Ergebnisse des Niederschlag-Abfluss Modells verifiziert.

Im Band 3 werden die hydraulischen Berechnungen für den Gerinneabschnitt bachabwärts der gebrochenen Sperre im Waldbachgraben bis zum Autobahndurchlass (hm 38,1) dargelegt. Es werden 2 Berechnungsszenarien unterschieden. Das 1. Szenario beschreibt die hydraulische Situation ohne Sperrenbruch, das 2. Szenario die hydraulische Situation mit Sperrenbruch. Die Simulationsergebnisse werden räumlich und zeitlich mit den Ergebnissen aus Band 1 verglichen. Aus der Gegenüberstellung der Szenarien lässt sich der Einfluss des Sperrenbruches auf den Abfluss quantifizieren.

3.1 Ereignisdokumentation

Die Dokumentation hat die Bereitstellung von Niederschlagsdaten, die Kartierung der Anschlaglinien und Überflutungsflächen, die Darstellung der maßgeblichen Transportprozesse, die Erfassung der hydraulisch relevanten Parameter und die Einholung von Informationen zur zeitlichen Abfolge des Hochwasserabflusses zum Ziel.

Die Grundlagen der Dokumentation bilden die Erhebungen zum Hochwasserereignis vor Ort, die unmittelbar nach dem Ereignis am 17. Juli 02 durch die WLV (Gbltg. Flach- und Tennengau, Aufnahme DI H. WEHRMANN) durchgeführt wurden und die Felderhebungen vom 30.07.02 bis 06.08.02 durch Mitarbeiter des Institutes für Alpine Naturgefahren und Forstliches Ingenieurwesen (DI H. GRUBER, DI M. MOSER).

Zur Dokumentation des Niederschlages wurden sowohl die Messdaten des Hydrographischen Dienstes Salzburg (HD) für die im Umfeld des Einzugsgebietes liegenden Niederschlagsstationen als auch die Wetterradar-Daten der Austro Control angefordert. Da die benutzten Datenquellen unterschiedliche Zeitformate verwenden, werden im vorliegenden Bericht zur besseren Anschaulichkeit sämtliche Zeitformate in mitteleuropäischer Zeit (MEZ, entspricht der Sommerzeit (MESZ) minus 1 Stunde) angegeben.

Zur Dokumentation des Abflusses und zur Identifikation der Prozesse wurden sämtliche Gerinne im Einzugsgebiet des Fischbachs begangen, Abflussquerschnitte mit einfachen Hilfsmitteln erfasst und die Prozessformen an den betroffenen Gerinneabschnitten kartiert. Im Zuge der Erhebungen konnte noch eine Vielzahl von gut erkennbaren Anschlaglinien in Gerinnequerschnitten aufgenommen werden. Es wurden vor allem solche Querprofile ausgewählt, in denen der Querschnitt durch natürliche oder künstliche Gegebenheiten fixiert war. Neben der Querschnittsgeometrie wurde zusätzlich das Gerinnegefälle, die Rauigkeit und der d_{90} bestimmt. Die Ansprache der Transportprozesse erfolgte nach dem Ansatz von LEHMANN (1993) und stützt sich vorwiegend auf die vorhandenen Sohlen- bzw. Uferzustände. Zusätzlich wurden Bereiche mit starkem Oberflächenabfluss, Hangrutschungen, Schäden an Forststrassen und Erosionen im Waldbereich durch Fotos dokumentiert und am Übersichtsplan verortet (Anhang B1).

Der Bereich zwischen Autobahndurchlass (hm 38,1) und hm 54,48 im Fischbach und von hm 0,0 bis hm 3,01 im Waldbachgraben wurde im Auftrag der WLV durch das Vermessungsbüro DI Klaus FALLY geodätisch vermessen. Bruchkanten, Querprofile und die von der WLV markierte Anschlaglinie standen somit zur Verfügung.

Im Siedlungsgebiet wurden unmittelbar nach dem Ereignis die Anschlaglinien und die Überflutungstiefen durch die WLV kartiert. Auf Basis dieser Kartierung wurden Standorte für die Befragung der Bevölkerung zum zeitlichen Verlauf des Hochwassers ausgewählt.

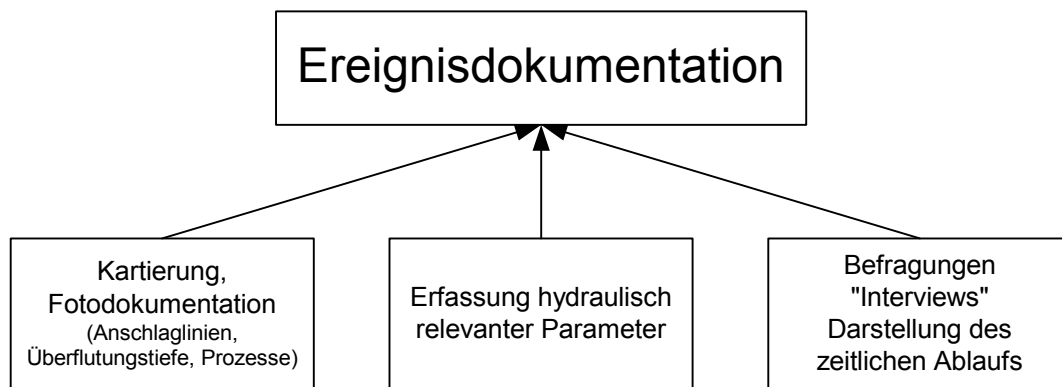


Abbildung 2: Strukturierung und Vorgehensweise für die Ereignisdokumentation

3.2 Ereignisanalyse

Die Ereignisanalyse umfasst die Rekonstruktion des Gebietsniederschlages in zeitlicher und räumlicher Hinsicht, die Zuordnung einer Jährlichkeit, die Bestimmung des Abflusses an ausgewählten Profilen und der Ableitung eines Hydrographen beim Hochwasserrückhaltebecken.

3.2.1 Niederschlag

Die Auswertung der Niederschläge konzentriert sich auf die Station „Thalgauberg“, die im Einzugsgebiet situiert ist. Zusätzlich werden umliegende Stationen in die Analyse miteinbezogen, um unter Anwendung extremwertstatistischer Verfahren die Jährlichkeit abschätzen zu können. Die Daten des Wetterraders werden georeferenziert und punktuell mit der Station Thalgauberg verglichen. Nach einer Anpassung der Radardaten wird der Gebietsniederschlag für das Einzugsgebiet in Form von Isohyetenkarten für 5-Minuten Intervalle generiert.

3.2.2 Abfluss

In den vermessenen Abflussprofilen werden unter Anwendung verschiedener Berechnungsverfahren die mittleren Fließgeschwindigkeiten im Querschnitt und die daraus resultierenden Abflüsse ermittelt.

3.2.3 Zeitlicher Verlauf des Abflussgeschehens im Siedlungsgebiet

Die Auswertung der Befragung lässt eine zeitliche Rekonstruktion des Hochwassers, beginnend vom Hochwasserrückhaltebecken (hm 41,16) bis in den Ortsbereich von Thalgau zu. Zusammen mit den hydraulischen Kenngrößen beim Hochwasserrückhaltebecken kann dort der Hydrograph abgeschätzt werden.

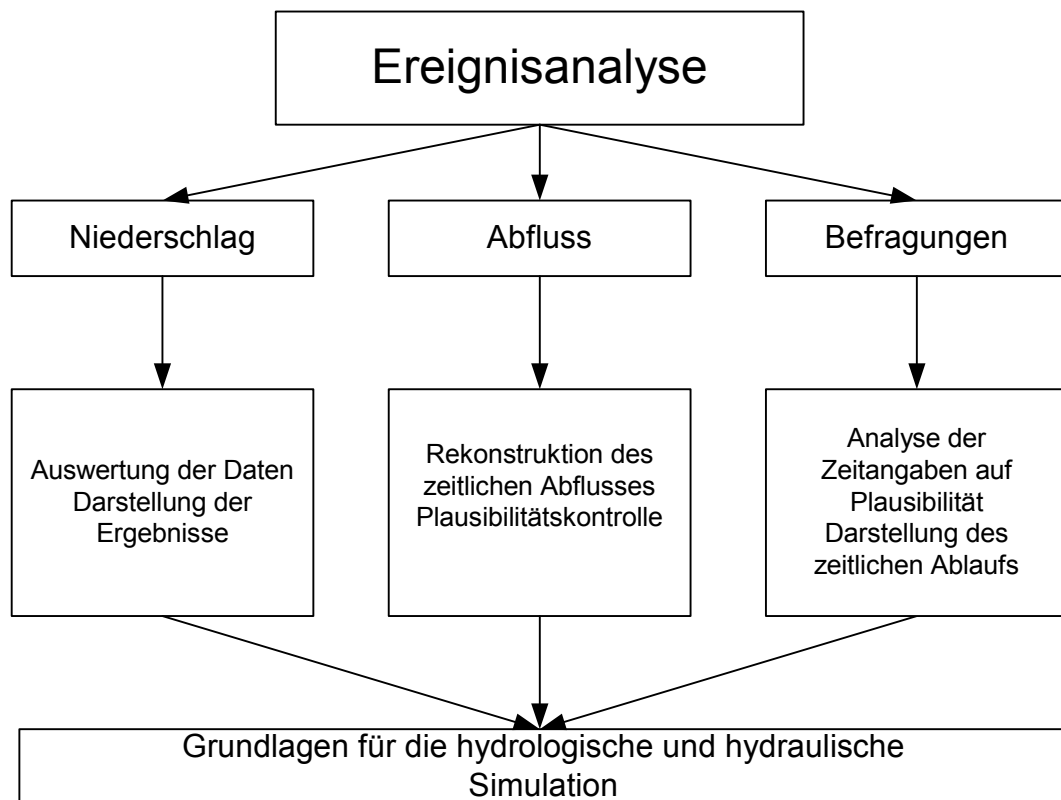


Abbildung 3: Strukturierung und Vorgehensweise für den Bereich Ereignisanalyse

4 Beschreibung des Untersuchungsgebietes

4.1 Geografische Lage und Beschreibung des Einzugsgebietes

Der Fischbach, mit einem Einzugsgebiet von 15,6 km² (bezogen auf die Ortsmitte von Thalgau) liegt im Gemeindegebiet von Thalgau (Bezirk Salzburg Umgebung) und mündet ca. 1 km unterhalb des Ortszentrums von Thalgau in die Fuschler Ache. Das in diesem Projekt relevante Einzugsgebiet bachaufwärts dem Autobahndurchlass bei hm 38,1 umfasst 11,9 km², ist nach Süden exponiert und durch 3 Hauptbereiche gekennzeichnet. Nach mäßig steilen, stark verästelten Quellgräben, vorwiegend in Waldflächen, folgt ein Übergang in eine sehr flache hochmoorartige Landschaft, das sogenannte Wasenmoos. Anschließend schwenkt der Bach nach Westen ab. Am Ende dieser zum Teil schluchtartigen Strecke fließt der Fischbach nach Süden, wo auch der Waldbachgraben bei hm 52,15 einmündet.

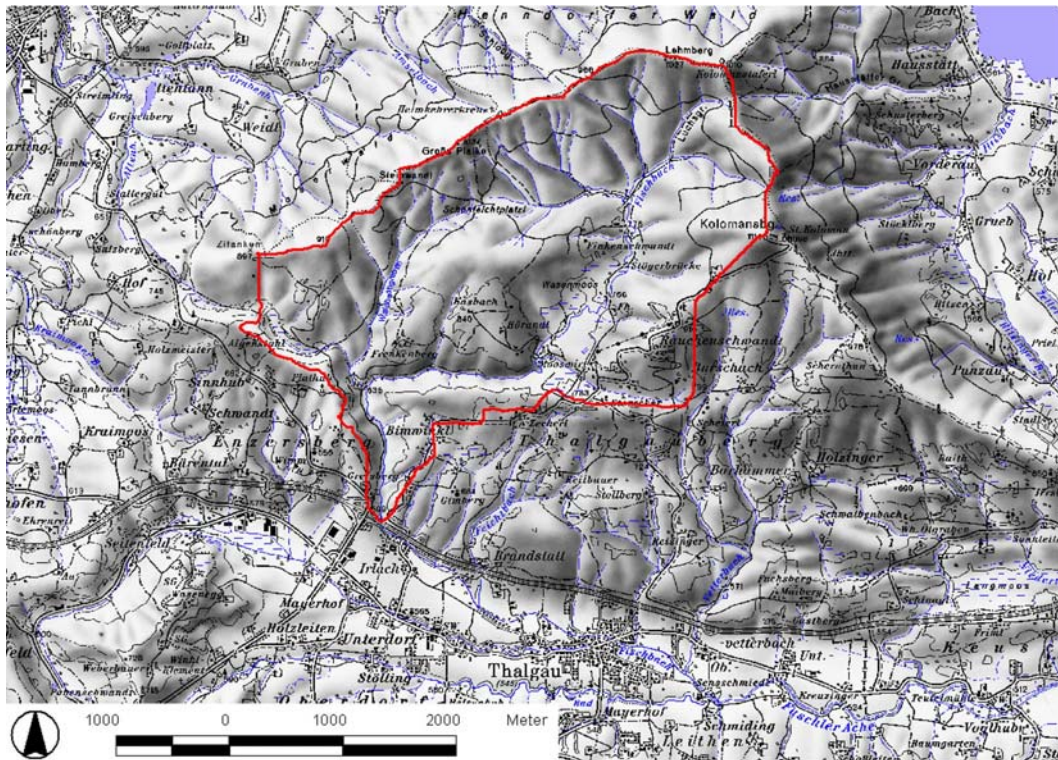


Abbildung 4: Geografische Lage des Einzugsgebietes

4.2 Geologie

Das Grundgestein ist Oberkreideflysch in der ungefähren Schichtfolge von Cenoman bis Neokon. Als Gesteine treten Mergel, Tonstein und Sandstein in bankiger Lagerung in Erscheinung. Durch die Überschiebung der Flyschgesteine durch die nördlichen Kalkalpen (am südlichen Rand des Thalgauer Beckens) sind die Gesteinsfolgen stark gefaltet und die kompetenten Gesteinspakete (Sandsteine) auch kleinstückig durch Klüfte zerlegt. Die Anlage des Grabens verursachte der würmzeitliche Traungletscher, an dessen Rand der Fischbach nach Westen abfloss. Nach Abschmelzen der Gletscherzunge in Thalgau entstand der tiefe und steilwandige Einschnitt des heutigen Gerinnes.

4.3 Klima

Die durchschnittlichen Jahresniederschläge im jeweiligen Beobachtungszeitraum (Tabelle 1) betragen für die Station Thalgauberg 1759 mm, für Mondsee 1583 mm, für Fuschl am See 1642 mm und für Eugendorf 1462 mm (BMLFUW, Hydrogr. Jahrbücher, Abbildung 5). Die maximalen Tagesniederschläge treten in diesem Gebiet überwiegend im Monat Juli auf (Abbildung 6).

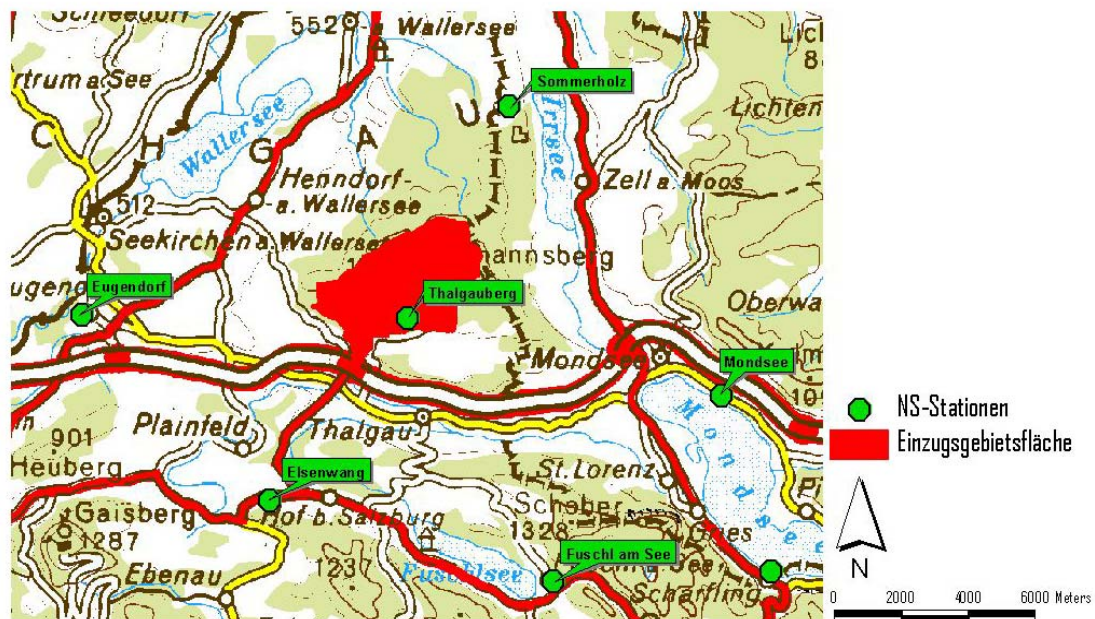


Abbildung 5: Geografische Lage der Niederschlagsstationen in der Umgebung des Einzugsgebietes des Fischbachs

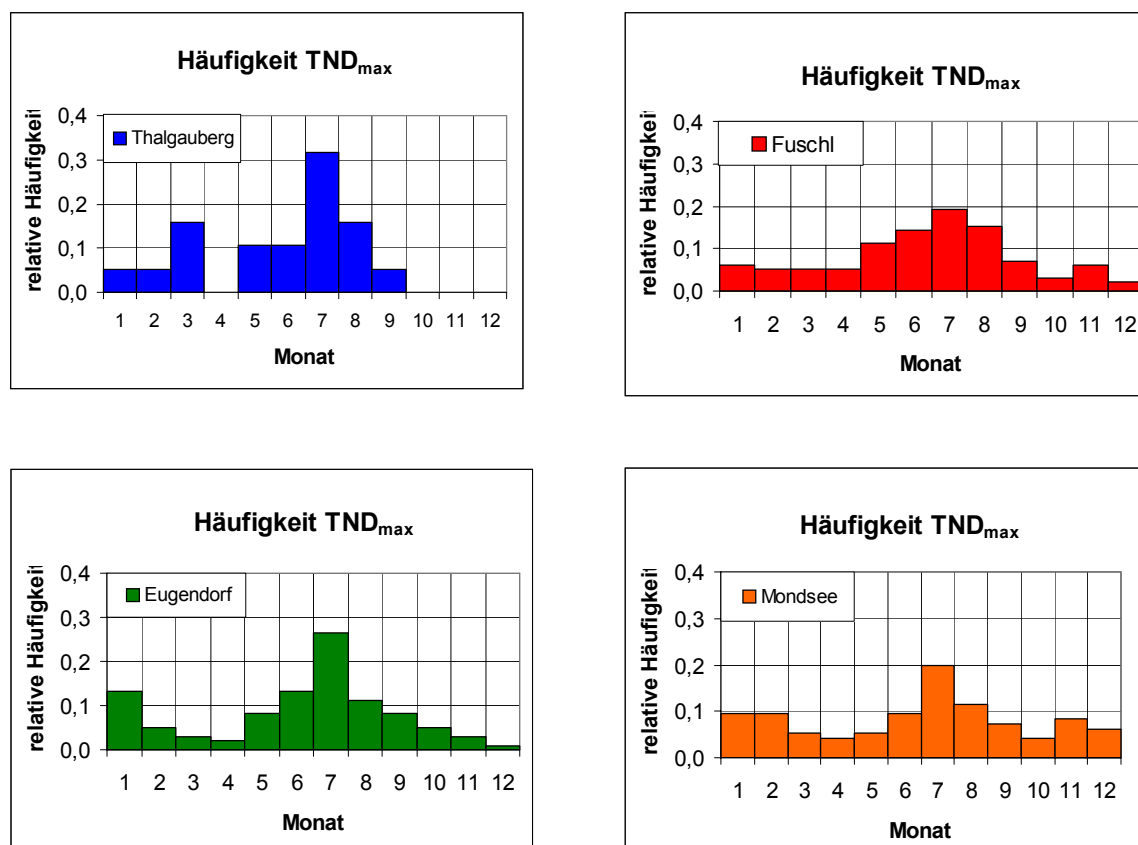


Abbildung 6: Relative Häufigkeit der jährlichen Tagesmaxima des Niederschlags der Stationen (Quelle: Hydr. Jahrbücher)

Station	Zeitraum Beobachtung	Datum Max. Tagesniederschlag	Niederschlagshöhe Max. Tagesniederschlag
Fuschl	1901-1999	8. Juli 1954	152,4 mm
Mondsee	1901-1999	8. Juli 1954	177,7 mm
Thalgauberg	1977-1999	5. Juli 1997	132,4 mm
Eugendorf	1901-1999	12. August 1959	149,5 mm
Sommerholz	1951-1994	12. August 1959	96,5 mm

Tabelle 1: Gemessene maximale Tagesniederschläge (Quelle: BMLFUW, Hydr. Jahrbücher)

Das Einzugsgebiet des Fischbachs befindet sich in der Gewitterstraße Staufeu-Heuberg-Thalgauberg, wodurch insbesondere Niederschläge mit einer Dauer zwischen 1 und 1,5 Stunden für die Entstehung von maximalen Hochwasserspitzen anzunehmen sind (WLV, Technischer Bericht zum Projekt 1995).



Abbildung 7: Durchschnittliche Gewitterhäufigkeit in den Jahren 1901 – 1950 (HÖLZEL, 1977, S. 41)

4.4 Landnutzung

Das Einzugsgebiet ist dem Wuchsgebiet 4.1 (nördliche Randalpen – Westteil) zuzuordnen. Es ist zu 77 % bewaldet, Fichte überwiegt, beigemischt sind Tanne und Buche. Der mittlere Bereich des Einzugsgebietes ist durch Mooregebiete (sog. Wasenmoos) gekennzeichnet, die unter Naturschutz stehen. Entlang des Fischbach-Unterlaufes im Talboden von Thalgauberg herrschen ausgedehnte Wiesenflächen vor.

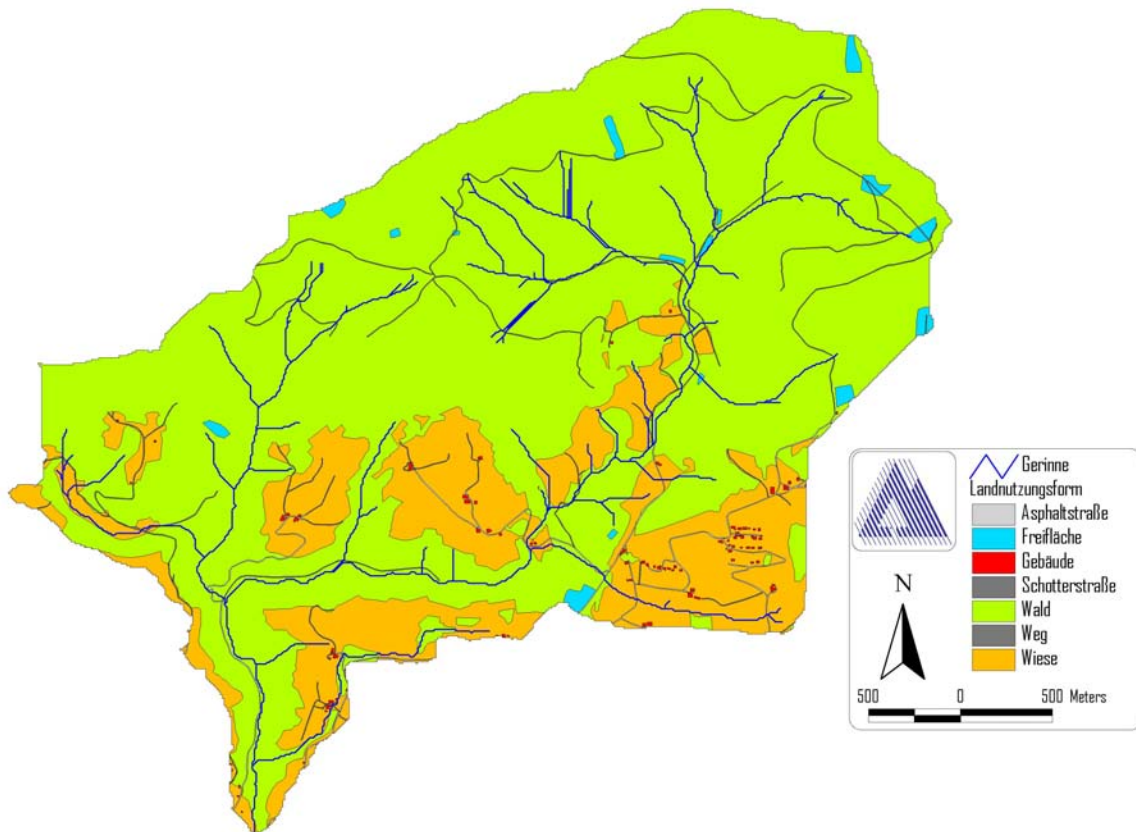


Abbildung 8: Landnutzungsformen im Einzugsgebiet des Fischbachs bis zum Autobahndurchlass bei hm 38,1 (Quelle: SAGIS)

4.5 Ereignischronik (WLIV, Technischer Bericht zum Projekt 1995)

Für die Bewohner des flachen Talbodens im Becken von Thalgau war der Fischbach seit jeher ein gefürchteter Bach. Die starke Geschiebezufuhr aus dem Oberlauf in Verbindung mit hohen Niederschlagsintensitäten führte regelmäßig zu verheerenden Überschwemmungen und Vermurungen in der Tallandschaft. Die Chronik berichtet insbesondere über Hochwasserereignisse in den Jahren 1883, 1899, 1918, 1920, 1954, 1959, 1973, 1974 sowie 1991. Sehr gut belegt ist die Hochwasserkatastrophe vom 8. August 1959, wo es nach einem Bruch eines rechtsufrigen Begleitdammes zwischen hm 20 und hm 23 zu massiven Bachaustritten mit anschließender vollkommener Überflutung des Ortszentrums von Thalgau gekommen ist. Die Tatsache, dass der südlich des Fischbaches parallel verlaufende Brunnbach ebenfalls Hochwasser führte, verschärfte die Situation zudem.

Interessant ist in diesem Zusammenhang die Parallele zum Ereignis vom 17. Juli 2002, wo der Fischbach ebenfalls im Bereich zwischen hm 21 und hm 25 über die Ufer trat und von dort aus die gesamte Ortschaft von Thalgau links- und rechtsufrig überflutete.

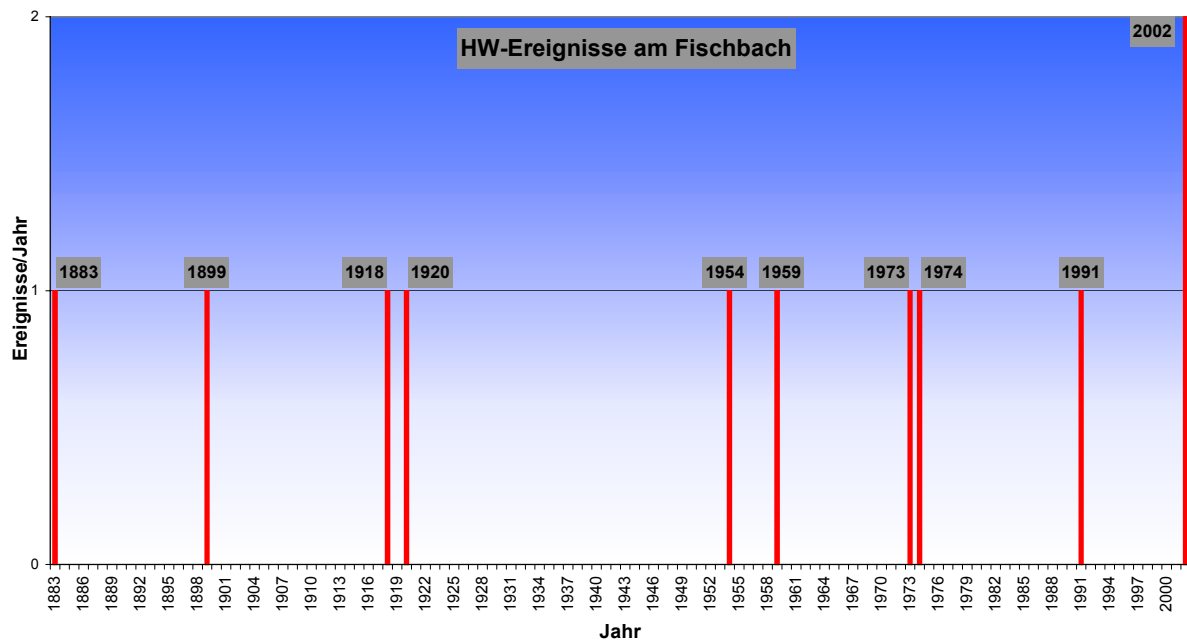


Abbildung 9: Hochwasserereignisse am Fischbach von 1883 bis 2002 (Quelle: WLV, Projekt 1995)

4.6 Zusammenstellung der Einzugsgebietskennwerte

Topographie/Morphologie		Einheit	Wert
Fläche	Gesamt	[km ²]	15,6
Fläche	bis zur Westautobahn (hm 38,1)	[km ²]	11,9
Seehöhe	von	[m]	544
Seehöhe	bis	[m]	1114
Hauptexposition			Süden
Neigung - Gerinne	mittel	[%]	21,3
Neigung - Gerinne	minimal	[%]	0,2
Neigung - Gerinne	maximal	[%]	86,9
Gerinneedichte		[km/km ²]	3,0
Gerinnelänge	Kumulierte Gerinnelänge bachaufwärts hm 38,1	[km]	28,7
Gerinnelänge	Kumulierte Gerinnelänge Waldbach	[km]	4,8
Landnutzung			
Wald	Flächenanteil	[%]	76,7
Wiese	Flächenanteil	[%]	19,5
Versiegelte Flächen	Flächenanteil	[%]	1,8
Sonstige	Flächenanteil	[%]	2

Tabelle 2: Einzugsgebietskennwerte

5 Ereignisdokumentation

5.1 Allgemeine Wetterlage (ZAMG)

Die Wetterlage für den 16. Juli 02 :

Laut Wetterbericht der ZAMG vom 16. Juli herrscht ein Tief von der Adria bis zu den Alpen mit schwülwarmem Wetter vor. Die Wetteraussichten bis zum 17. Juli beschreiben ein teilweise aufgelockertes, bewölktes und sonniges Wetter mit gebietsweisen Regenschauern und teils heftigen Gewittern. Der Wind ist eher schwach, kann aber in Gewittern böig auffrischen. Die Nachmittagstemperaturen liegen je nach Sonne zwischen 20 und 28 Grad Celsius.

Die Wetteraussichten für den 17. Juli 02:

Im Westen kann es teilweise länger regnen, ganz besonders in Vorarlberg. Vor allem in der zweiten Tageshälfte bilden sich gebietsweise teils gewittrige Regenschauer. Der Wind weht schwach bis mäßig, in Gewittern auch böig aus Ost- bis Südost. Die Frühtemperaturen liegen zwischen 14 und 21 Grad Celsius. Die Tageshöchsttemperaturen erreichen 20 bis 28 Grad Celsius. Teilweise ist es schwül.

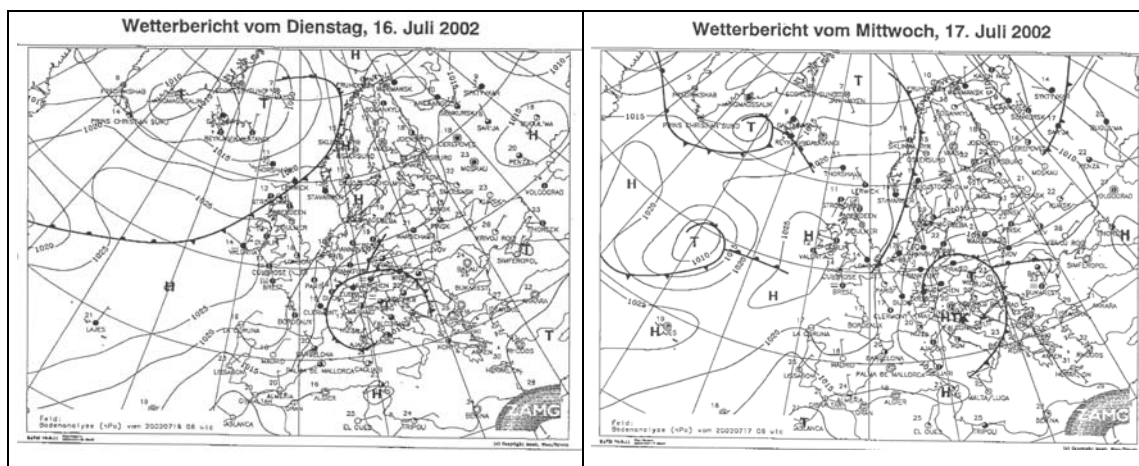


Abbildung 10: Wetterkarte vom 16.07.02

Abbildung 11: Wetterkarte vom 17.07.02

5.2 Niederschlag

Vom Amt der Salzburger Landesregierung – Hydrografischer Dienst wird seit 1971 im Einzugsgebiet des Fischbaches (Nähe Mooswirt) eine Niederschlagsstation betrieben (Thalgauberg, HZB Nr. 105692). Neben einem Ombrometer wird seit kurzem auch eine Niederschlagswaage mit hoher zeitlicher Auflösung eingesetzt.

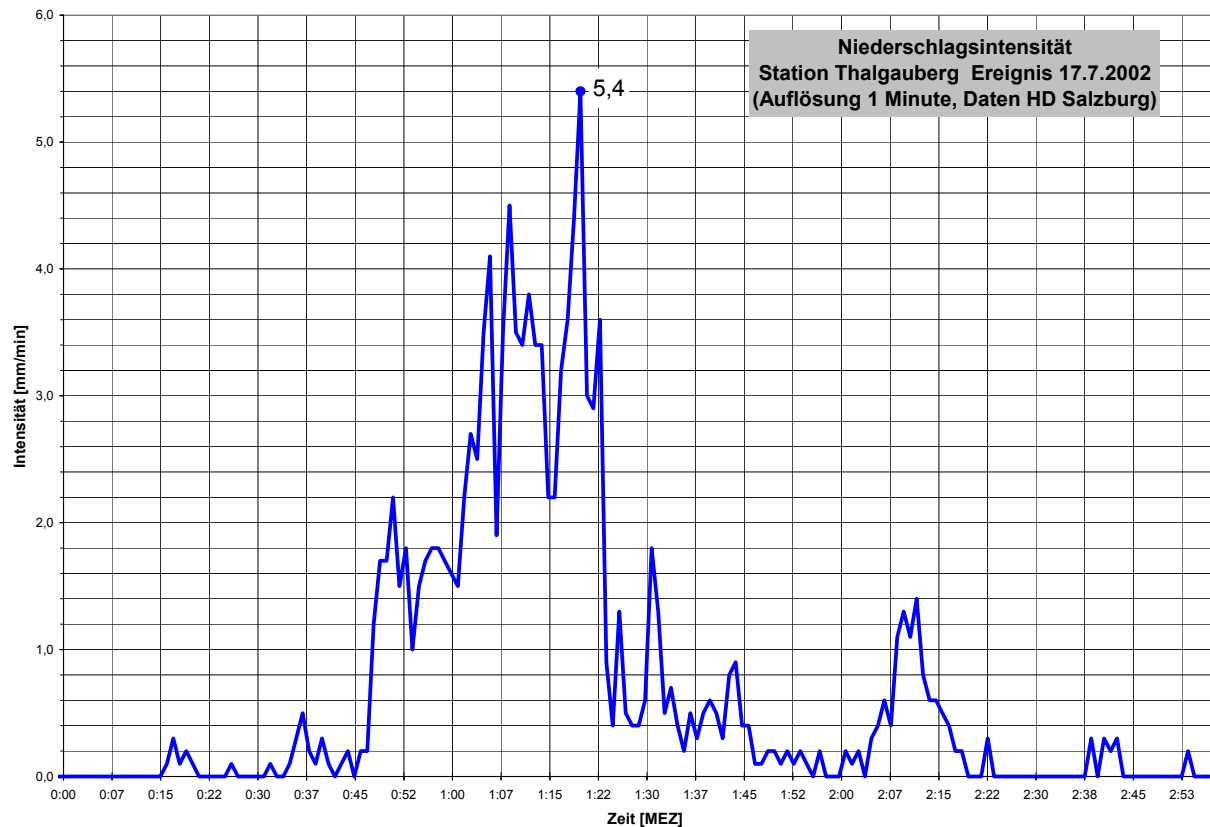


Abbildung 12: Niederschlagsverlauf an der Station Thalgauberg (Quelle: HD Salzburg)

Von der Austro Control wurden zur Berechnung des Gebietsniederschlags Wetterradarbilder vom 16.7.02 20.50 UTC bis 17.7.02 04:20 UTC für das Alpenvorland bestellt.

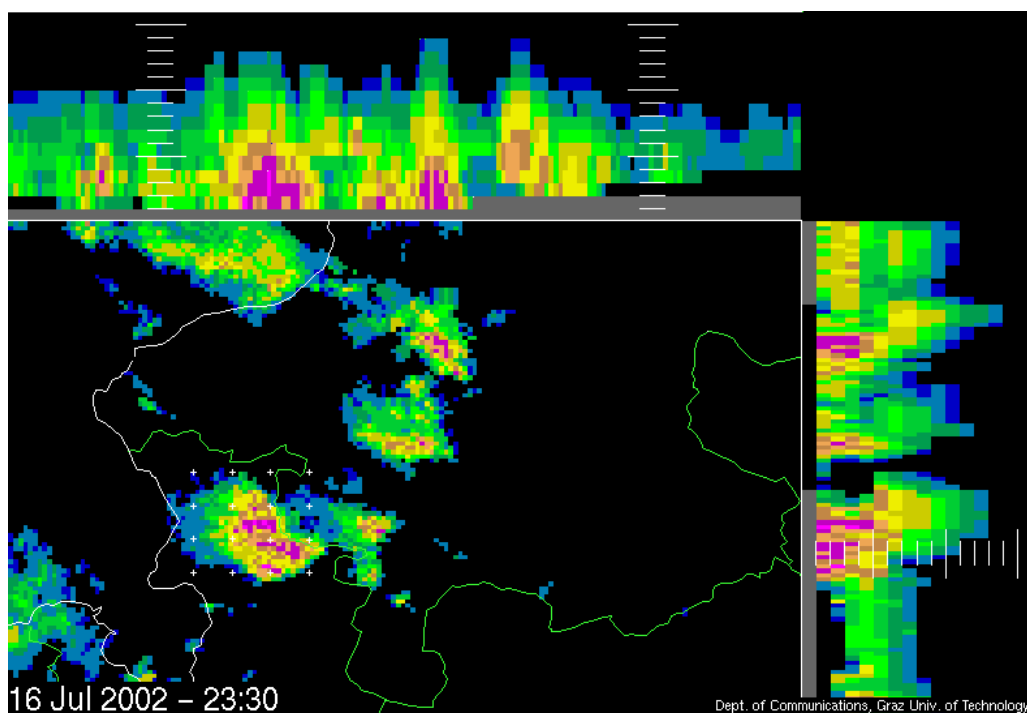


Abbildung 13: Wetterradarbild vom 16.7.2002 23:30 Uhr [UTC]

5.3 Kartierung der Anschlaglinien, Überflutungsfläche und -tiefe im Siedlungsgebiet von Thalgau

Die Überflutungsfläche, die Wasserstände und die Hauptfließrichtungen im Siedlungsgebiet von Thalgau sind nach den Aufnahmen von WEHRMANN im Anhang B4 aufbereitet. Als Vergleich dazu wird der Gefahrenzonenplan von Thalgau (1994) hinterlegt. Diese Darstellungen sind als Service für den Forsttechnischen Dienst der WLV anzusehen und können von den verantwortlichen Stellen für weitere Planungen herangezogen werden.

5.4 Befragung von Augenzeugen

Die Befragungen wurden vom 5. bis 9.08.2002 durchgeführt und erstreckten sich vom Anwesen des Frenkenbergbauern (ca. 550 m nordöstlich des Zusammenflusses Fischbach/Waldbach) beginnend bachabwärts bis ins Ortszentrum von Thalgau. Grundlage der Auswahl der befragten Personen war die Karte der Überflutungsflächen (Kapitel 5.3). Die Interviews wurden mit Hilfe eines Fragebogens (Anhang D1) durchgeführt, um eine Vergleichbarkeit der Aussagen zu gewährleisten. Präzise Angaben zum Verlauf des Ereignisses konnten die Einsatzkräfte (Feuerwehr und Gendarmerie) und die Diensthabenden im Altersheim geben. Angaben der betroffenen Bevölkerung sind in qualitativer Hinsicht als problematisch einzustufen, da sich die persönliche Wahrnehmung mit der öffentlichen Meinung vermischte. Dadurch kam es teilweise zu widersprüchlichen Angaben. Die Aussagen von 22 Personen können zur Rekonstruktion des zeitlichen Verlaufs der Hochwasserwelle verwendet werden.

5.5 Prozesse

5.5.1 Verlagerungsprozesse in den Gerinneabschnitten

Im Rahmen der Begehungen nach dem Ereignis wurden die Prozesse in den Gerinneabschnitten nach dem Verfahren von LEHMANN (1993) angesprochen und sind im Anhang B1 kartographisch dargestellt.

Grundsätzlich wurde zwischen den Prozesstypen Hochwasserabfluss, Geschiebetransport und Murgang unterschieden. Die Gerinnestrecken mit Geschiebetransport und Murgang wurden weiters in Erosions-, Ablagerungs- und Umlagerungsbereiche unterteilt.

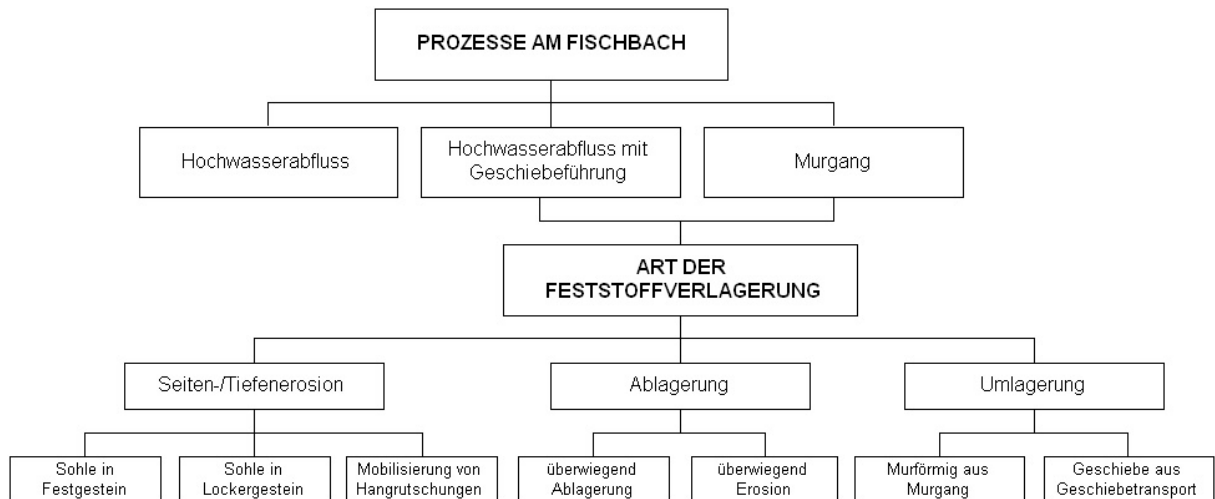


Abbildung 14: Prozessformen am Fischbach

5.5.1.1 Hochwasserabfluss

Im nordöstlichen Einzugsgebiet des Fischbachs und im Bereich Wasenmoos fand überwiegend Hochwasserabfluss statt. In diesen Bereichen trat der Fischbach an mehreren Stellen über die Ufer und überflutete Forststraßen, Wiesen und Felder (z.B.: Bereich Finkenschwandt, Forsthaus).

Abbildung 15 zeigt beispielhaft die Situation im Bereich Finkenschwandt (siehe Anhang B1 Punkt 12).



Abbildung 15: Hochwasserabfluss (Punkt 12)

5.5.1.2 Hochwasserabfluss mit Geschiebeführung/Murgang

Erosion

Im Oberlauf des Waldbachgrabens und im nordwestlichen Oberlauf des Fischbachs kam es im Zuge des Ereignisses zu einer starken Seiten- und Tiefenerosion von bis zu 2 m. Im Mittellauf führte die teils beträchtliche Tiefenerosion an den Zubringern zu einem seitlichen Nachbösch der Hänge samt des darauf stockenden Baumbestandes.



Abbildung 16: Tiefenerosion, Sohle in Lockergestein (Standort bei Punkt 80 - Zubringer zum Waldbachgraben)



Abbildung 17: Nachbösch der Hänge im Waldbachgraben

Ablagerung

Die Ablagerungsbereiche, die dem Prozesstyp Geschiebetransport bzw. Murgang zuzuordnen sind, findet man im nordwestlichen Teil des Fischbachoberlaufs bis in den Bereich Finkenschwandt (Anhang B1).



Abbildung 18: Geschiebeablagerung im Bereich Punkt 43



Abbildung 19: Murförmige Ablagerung (Herbstgschwandtgraben)

Umlagerung

Der Waldbachgraben weist die meisten Gerinnestrecken mit Umlagerung auf. Deutliche Spuren solcher Umlagerungseffekte dokumentieren nachfolgende Abbildungen.



Abbildung 20: Umlagerung mit vorwiegend Ablagerung zwischen Punkt 82 und 81



Abbildung 21: Umlagerung mit vorwiegend Erosion (Waldbachgraben)

Im Rahmen der Begehungen im Einzugsgebiet wurden weitere Bereiche mit starkem Oberflächenabfluss, Hangrutschungen, Forststraßenschäden und Erosionsgräben im Waldbereich mittels einer Fotodokumentation erfasst und im Lageplan (Anhang B1) verortet. Starker Oberflächenabfluss fand im Bereich westlich der Großen Plaike statt, der auch zur Bildung von tiefen Erosionsgräben (siehe Foto 17,18, 22 im Anhang B1) im Wald führte. Die Forststraßenschäden konzentrieren sich vor allem im Bereich des Schönfeichtplatzes, Große Plaike und Steinwandl (siehe Bild 20, 21 im Anhang B1).

5.6 Sperre im Waldbachgraben bei hm 1,29

Die Wasserretentions- und Geschiebedosiersperre bei hm 1,29 im Waldbachgraben wurde beim Ereignis zerstört. Die Grundlage für die Ermittlung der Durchflussprofile vor und nach dem Sperrenbruch ist der Technische Bericht zum Verbauungsprojekt 1973 (Quelle: WLV Gbltg. Flach- und Tennengau) und die Vermessung (FALLY, 2002) nach dem Ereignis. Die Verlandungshöhe des Rückhalteraumes sowie die maximale Einstauhöhe sind der geodätischen Vermessung zu entnehmen. Die Breschengeometrie ist jedoch aus der geodätischen Vermessung nicht eruierbar, deshalb muss mit Hilfe von Fotos der zerstörten Sperre die Breschengeometrie rekonstruiert werden.

5.6.1 Darstellung der Durchflussprofile vor und nach dem Sperrenbruch

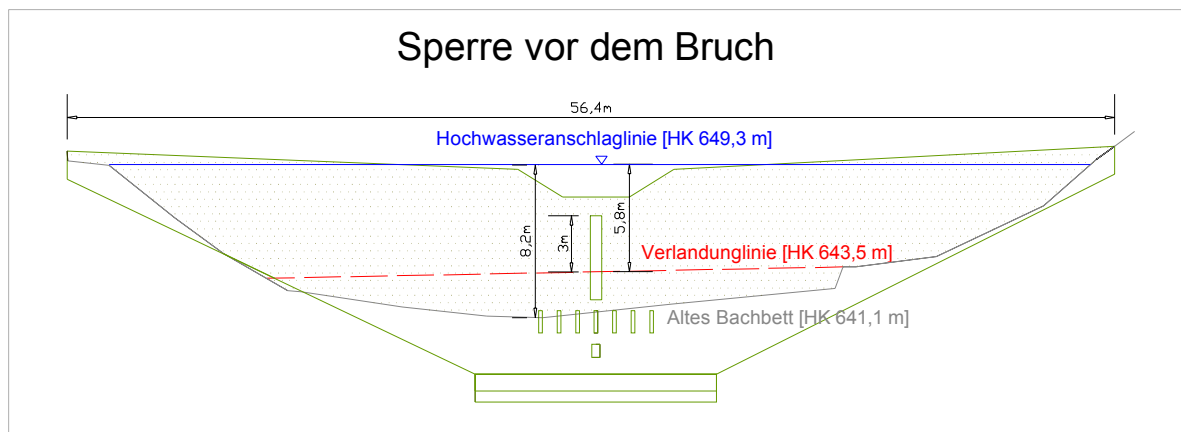


Abbildung 22: Sperrengeometrie mit Hochwasseranschlaglinie und Verlandungslinie (Skizze mit Blick bachaufwärts, Foto: WLV, Gbltg. Flach- und Tennengau)



Abbildung 23: Foto mit skizzierter Breschengeometrie (Blick bachaufwärts)

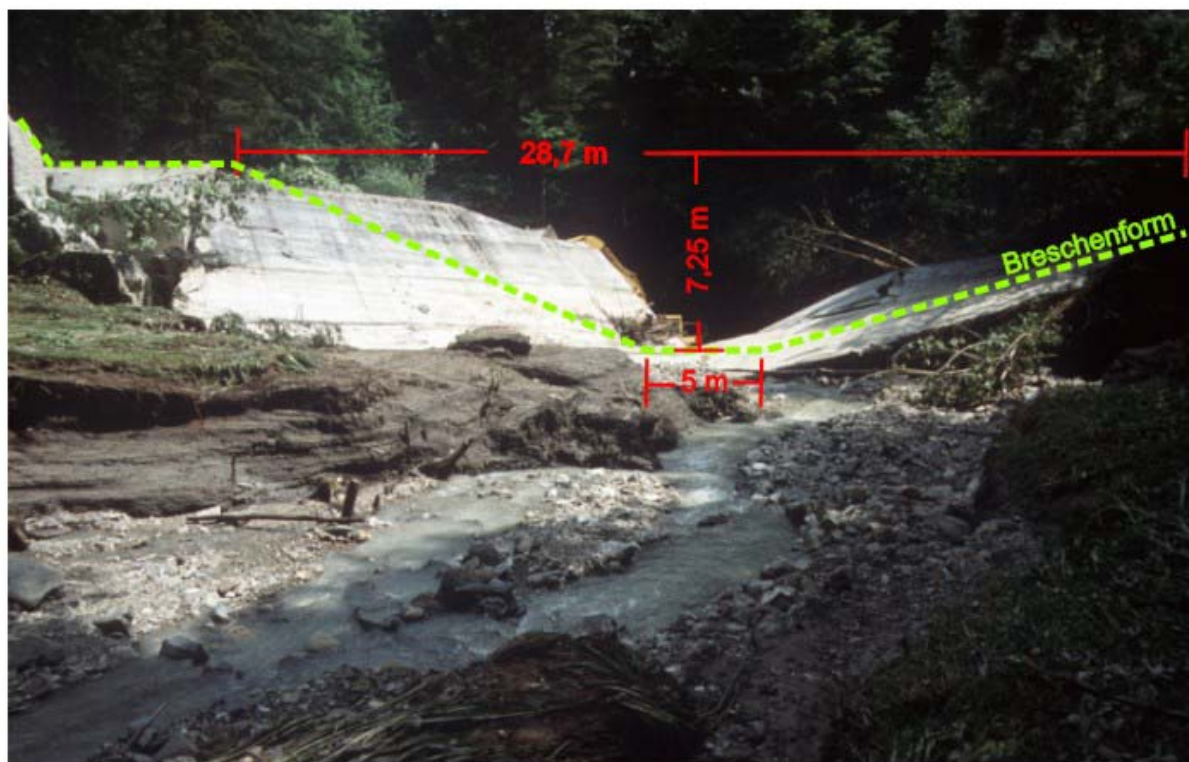


Abbildung 24: Foto mit skizzierter Breschengeometrie (Blick bachabwärts)

5.6.2 Stoßrichtung des Breschenabflusses im Mündungsbereich

Von der gebrochenen Sperre gerinneabwärts und im Mündungsbereich des Waldbachgrabens in den Fischbach wurden „Stumme Zeugen“ des Breschenabflusses kartiert. Erfasst wurden die Abflusshöhen, Feststoffablagerungen und Schäden. Die räumliche Ausbreitung des Schwallts wurde anhand der Schäden an den Stämmen, an der Anlandung von Feststoffen (Geschiebe und Asphaltplatten), an der Richtung der umgelegten Bäume und durch die Schäden an Bauwerken dokumentiert. Durch den Einstoß des Waldbachgrabens wurde der Fischbach linksufrig abgedrängt, ohne aber die Böschungen zu erodieren.

Abbildung 25 skizziert die Ergebnisse der Erhebung vor Ort. Ergänzende Fotos sind dem Anhang B2 zu entnehmen.

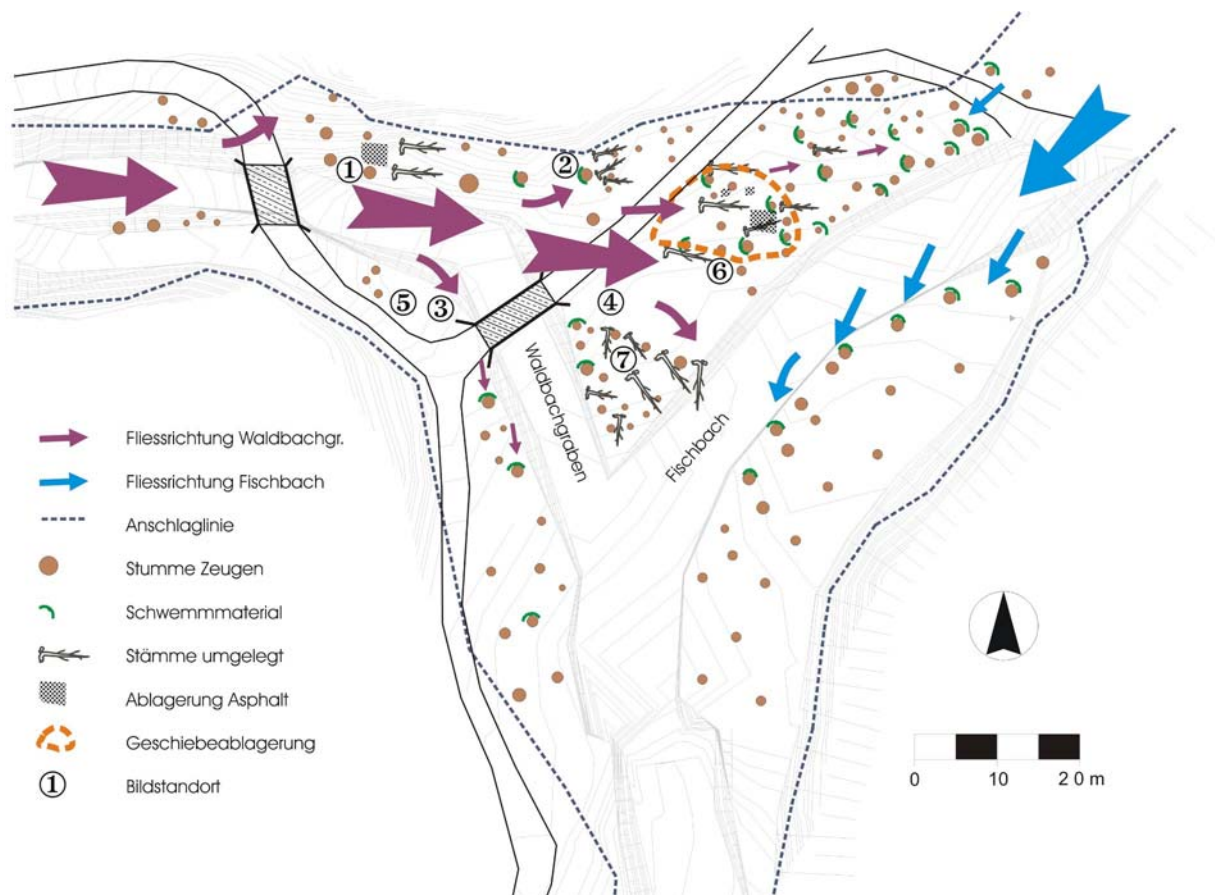


Abbildung 25: Stumme Zeugen des Sperrenbruchs im Mündungsbereich des Waldbachgrabens



1) Schäden an einer Buche (Höhe 3 m)



2) Umgelegte Stämme im Hintergrund



3) Zerstörtes Brückengeländer (linksufrig)



4) "Schneise" verursacht durch die Flutwelle



5) Wegweiser nicht beschädigt



6) Anlandung von Feststoffen



7) Zusammenfluss Fischbach-Waldbachgraben, keine Schäden,

Abbildung 26: Stoßrichtung der Flutwelle durch Sperrenbruch anhand von Stummen Zeugen

5.7 Abfluss

5.7.1 Erfassung und Verortung von Interpretationsprofilen und Aufnahme der hydraulisch relevanten Parameter

Im gesamten Einzugsgebiet des Fischbaches wurden 95 Querprofile georeferenziert aufgenommen, in denen der Wasserstand des Ereignisses deutlich erkennbar war (Anhang B1). Grundsätzlich wurde darauf geachtet, vor und nach der Mündung eines Zubringers ein Abflussprofil aufzunehmen. Neben der geometrischen Aufnahme wurde das Profil zu Dokumentationszwecken fotografiert. Zusätzlich gemessen wurde das Längsgefälle. Die Rauigkeit (nach STRICKLER) und der d_{90} wurden gutachtlich geschätzt.

Die einzelnen Profile mit Durchflussquerschnitt, Abflussmarken, Gefällsangaben und Foto sind im Anhang C1 aufgelistet.

Die Vorgehensweise bei der Profilaufnahme:

Ein Maßband wurde über das Profil gespannt und mit Hilfe von Fluchtstangen befestigt. Je nach Profilgeometrie wurde in horizontalen Abständen von 0,5 bis 1,0 m (x-Wert) die Tiefe des Profils (y-Wert) gemessen. Aus diesen Werten (inklusive der Anschlaglinie) konnte das Profil rekonstruiert werden. Die nachfolgende Skizze zeigt schematisch die Vorgehensweise.

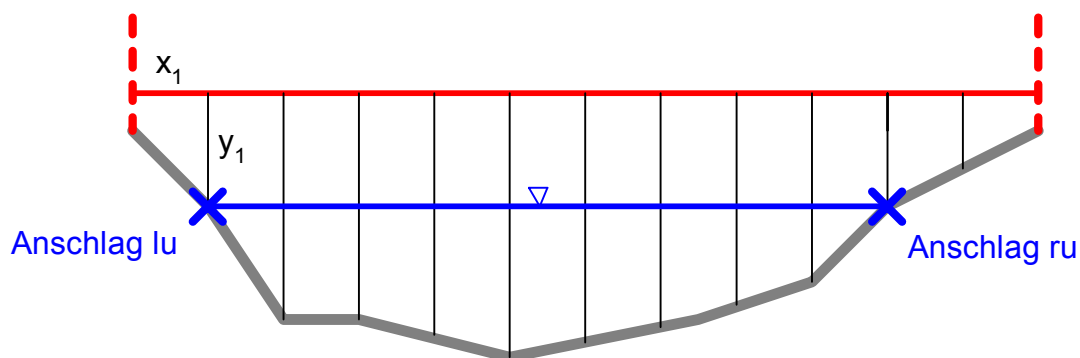


Abbildung 27: Aufnahmeschema Querprofil

6 Ereignisanalyse

6.1 Niederschlag

6.1.1 Vorbefeuchtung

Einen Hinweis auf die Vorbefeuchtung im Einzugsgebiet liefern die Tagesniederschläge vorangegangener Perioden. Zur Beurteilung werden sowohl die 5-Tagessumme als auch die 14-Tagessumme des Niederschlages relevanter Stationen herangezogen.

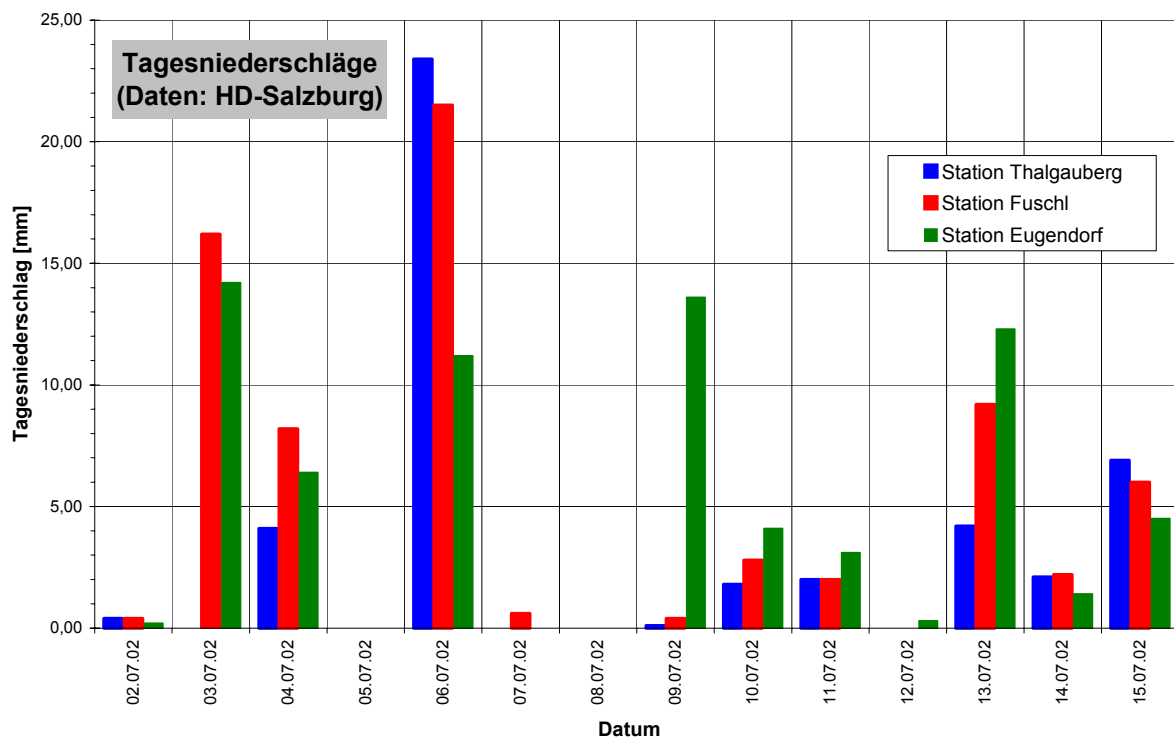


Abbildung 28: Tagesniederschläge der 14 dem Ereignis vorangegangenen Tage der Stationen Eugendorf, Thalgauberg und Fuschl (Quelle: HD-Salzburg)

In den 2 Wochen vor dem Ereignis kam es fast täglich zu Niederschlägen, die zu einer Vorbefeuchtung führten.

Niederschlagsstation	5-Tagessumme [mm]	14-Tagessumme [mm]
Eugendorf	21,6	71,3
Thalgauberg	15,2	65,0
Fuschl am See	19,4	69,5

Tabelle 3: Niederschlagssummen der letzten 5 und 14 Tage vor dem Ereignis

Entsprechend der SCS-Klassifikation, die auf dem 5-Tage Vorniederschlag beruht, ist diese Vorbefeuchtung als gering einzustufen.

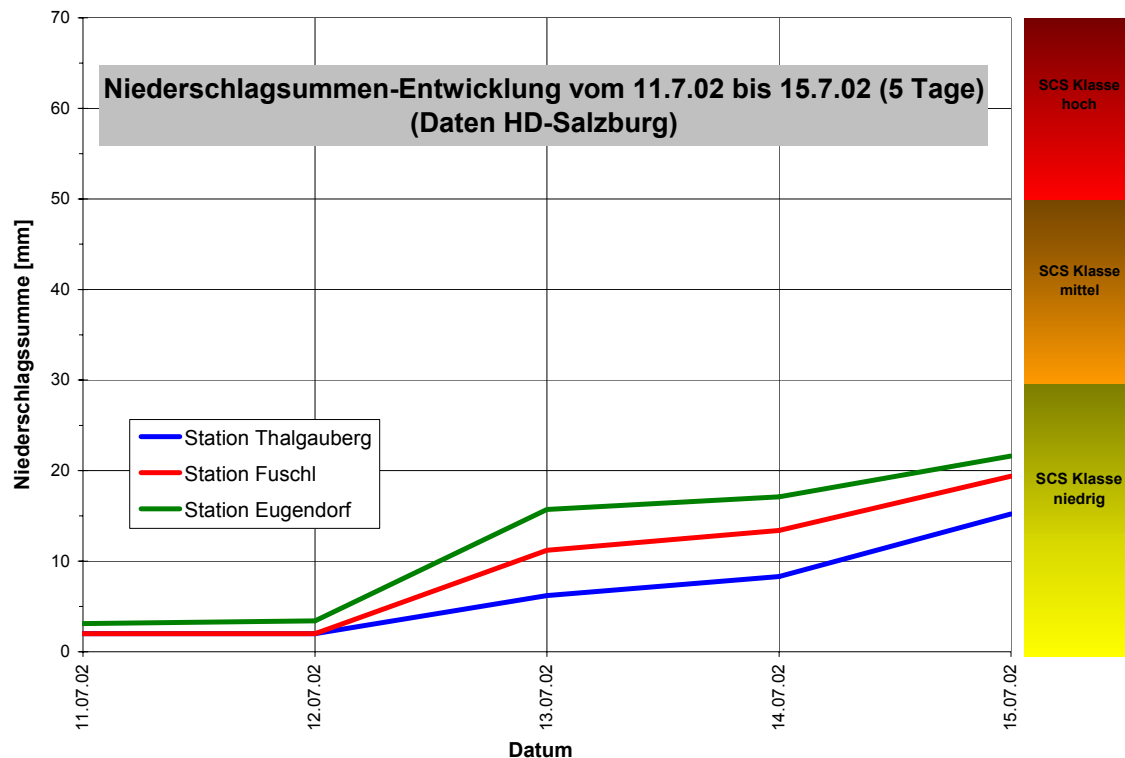


Abbildung 29: Niederschlagssummenlinie der 5 dem Ereignis vorangegangenen Tage der Stationen Eugendorf, Thalgauberg und Fuschl (Quelle: HD-Salzburg)

6.1.2 Niederschlagssummen vom 16. Juli 02

Die Niederschlagsstation Thalgauberg registriert die Niederschläge sowohl mit einem Ombrometer als auch durch eine Niederschlagswaage. Diese erlaubt eine sekundengenaue Auflösung des Niederschlages. Durch die geringe Differenz der Messwerte des Ombrometers und der Waage von nur 4 mm werden die zeitlich hoch aufgelösten Daten der Niederschlagswaage für weitere Berechnungen ohne Korrektur verwendet.

Am 17. Juli 2002 werden um 07:00 MEZ an der Station Thalgauberg 135,5 mm, an der Station Eugendorf 66,2 mm und an der Station Fuschl am See 68,8 mm gemessen. Die Summenlinie der Station Thalgauberg steigt am 17. Juli deutlich von 00:30 bis 02:30 Uhr MEZ an. In diesem Zeitraum ist der Großteil des Tagesniederschlags vom 16. Juli gefallen. Laut Angaben der Bevölkerung handelte es sich um einen starken Gewitterregen, verbunden mit leichtem Hagel. Zum Vergleich werden in Abbildung 30 zusätzlich die gemessenen Tagesniederschlagssummen der Stationen in der Umgebung des Projektsgebietes dargestellt.

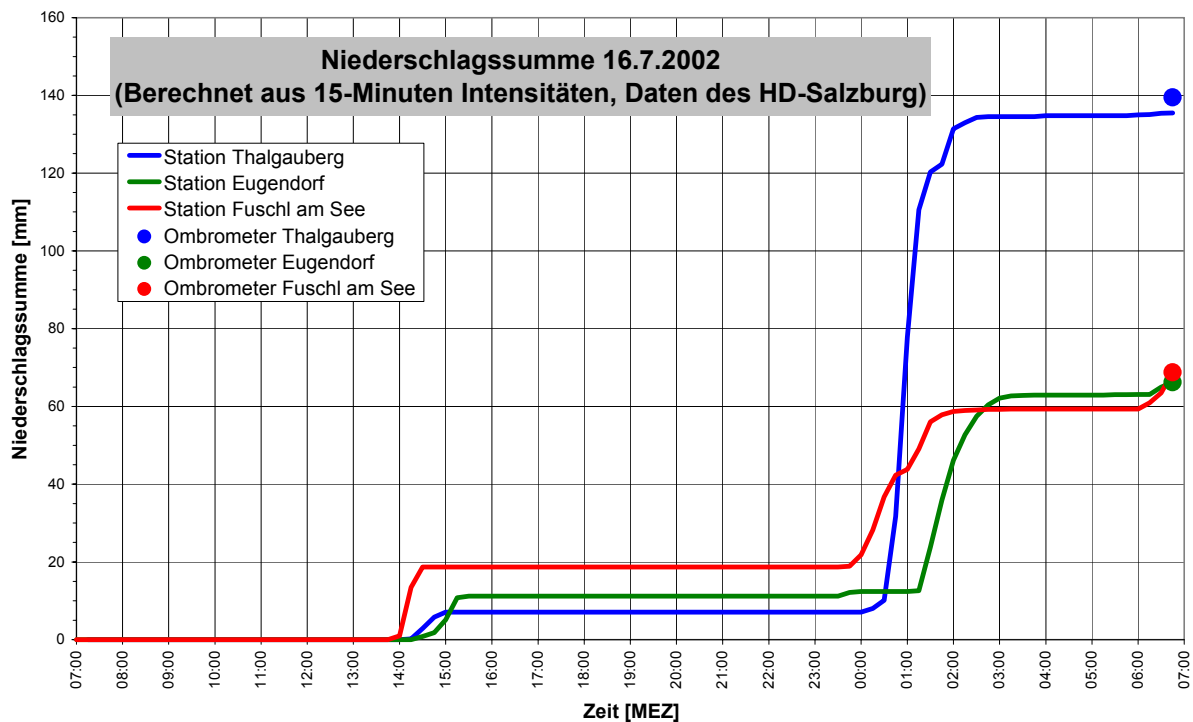


Abbildung 30: Gemessene Niederschlagssummen vom 16. Juli 2002 der Stationen Eugendorf, Fuschl am See und Thalgauberg und Kontrollmessung mit Ombrometermessungen der Stationen (Quelle: HD-Salzburg). Die Niederschlagssummenlinie der Station Fuschl am See wurde an die Ombrometermessung angepasst.

6.1.3 Vergleich der Bemessungsniederschläge

Dieses Kapitel befasst sich mit der Gegenüberstellung der Bemessungsniederschläge anhand unterschiedlicher Modellansätze. Es werden die Starkregenauswertung nach SCHIMPF (1970), die Starkregenvorgaben des HD-Salzburg und des Bemessungsniederschlags der WLV zum Verbauungsprojekt 1995, die Ergebnisse des Modells nach LORENZ & SKODA (2000) sowie extremwertstatistische Analysen mit den maximal aufgetretenen Niederschlagsintensitäten während des Ereignisses verglichen.

6.1.3.1 Bemessungsniederschläge nach SCHIMPF

SCHIMPF (1970) hat Untersuchungen über das Auftreten beachtlicher Niederschläge in Österreich durchgeführt. Für das Einzugsgebiet des Fischbachs gilt das K45-Kriterium. Die Niederschlagshöhen werden aus Abbildung 31 für die jeweilige Niederschlagsdauer von 60, 120 und 180 Minuten interpoliert (Tabelle 4).

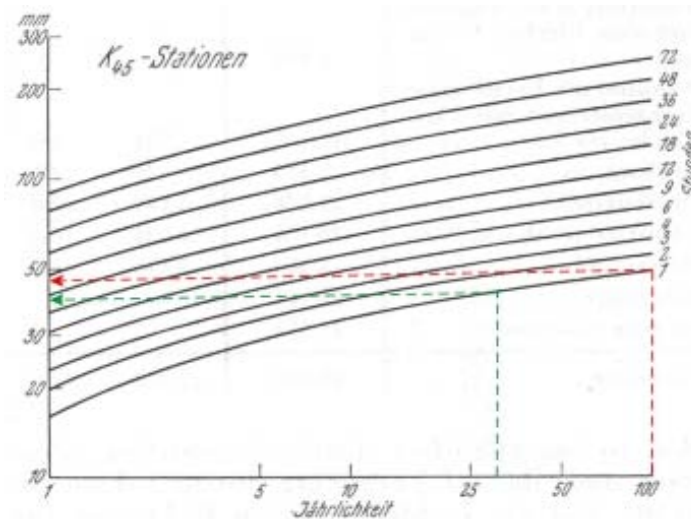


Abbildung 31: Grafische Ermittlung der Bemessungsniederschläge für K45-Stationen

Dauer [min]	$h_{N(30)}$ [mm]	$h_{N(100)}$ [mm]
60	43	48
120	48	54
180	55	65
Dauer [min]	$h_{N(30)}$ [mm/h]	$i_{N(100)}$ [mm/h]
60	43.0	48.0
120	24.0	27.0
180	18.3	21.7

Tabelle 4: Bemessungsniederschläge für K-45 Stationen

6.1.3.2 Bemessungsniederschläge gemäß HD Salzburg

Vom Hydrographischen Dienst des Amtes der Salzburger Landesregierung werden Niederschlagshöhen und -intensitäten zu Bemessungszwecken, wie in Tabelle 5 aufgelistet, zur Verfügung gestellt.

Dauer [min]	$h_{N(2-3)}$ [mm]	$h_{N(10)}$ [mm]	$h_{N(30)}$ [mm]	$h_{N(50)}$ [mm]	$h_{N(100)}$ [mm]
15	16.2	23.4	32.4	38.7	49.5
30	25.2	36	48.6	57.6	68.4
60	36	54	72	86.4	100.8
Dauer [min]	$i_{N(2-3)}$ [mm/min]	$i_{N(10)}$ [mm/min]	$i_{N(30)}$ [mm/min]	$i_{N(50)}$ [mm/min]	$i_{N(100)}$ [mm/min]
15	1.08	1.56	2.16	2.58	3.3
30	0.84	1.2	1.62	1.92	2.28
60	0.6	0.9	1.2	1.44	1.68

Tabelle 5: Bemessungsniederschläge des HD Salzburg (Stand 2002)

6.1.3.3 Bemessungsniederschläge gemäß WL-V-Projekt (1995)

Zur hydrologischen Bemessung der Schutzbauten am Fischbach wurden im Verbauungsprojekt 1995 nach Rücksprache mit dem HD-Salzburg folgende Kenndaten der Jährlichkeit 150 verwendet. Diese Werte sind jedoch nicht als Punktdaten anzusehen, sondern gelten bei einer gleichmäßigen Überregnung des gesamten Einzugsgebiets.

Dauer [min]	$h_{N(150)}$ [mm]	$i_{N(150)}$ [mm/h]
30	54	108
60	70	70
72	72	60
90	75	50
120	77	38.5
180	82	27.3

Tabelle 6: Bemessungsniederschläge im WL-V Projekt Fischbach (1995)

6.1.3.4 Bemessungsniederschläge nach extremwertstatistischen Verfahren

Extremwertstatistische Auswertungen von Tagesniederschlägen entsprechen dem Stand der Technik, aussagekräftige Schätzwerte für Tagesniederschläge einer bestimmten Wiederkehrsdauer können aber nur bei Vorliegen langer Messreihen erzielt werden.

Von den Stationen Fuschl, Mondsee und Eugendorf werden Niederschläge von 1901-1999, von Sommerholz der Zeitraum 1951-1994 und von Thalgauberg von 1977-1999 zur Auswertung herangezogen. Unterstellt wird eine Wahrscheinlichkeitsverteilung, die dem Extremal Typ I - besser bekannt als Gumbel-Verteilung - entspricht.

Tn [a]	Mondsee		Eugendorf		Fuschl am See		Thalgauberg		Sommerholz	
	xT [mm]	KIV 5% [mm]	xT [mm]	KIV 5% [mm]	xT [mm]	KIV 5% [mm]	xT [mm]	KIV 5% [mm]	xT [mm]	KIV 5% [mm]
5	83,8	7,1	75,1	7,2	83,8	6,9	94,6	18,4	71,4	8,7
10	97,6	9,7	89,1	9,8	97,4	9,4	112,9	25,5	83,1	12,0
25	115,2	13,2	106,9	13,2	114,6	12,8	136,0	34,9	97,8	16,3
30	118,6	13,9	110,4	13,9	117,9	13,5	140,5	36,8	100,7	17,2
50	128,2	15,9	120,1	15,9	127,3	15,3	153,1	42,0	108,8	19,6
100	141,1	18,5	133,2	18,5	139,9	17,9	170,1	49,2	119,7	22,9
150	148,7	20,1	140,8	20,1	147,3	19,4	180,1	53,4	126,0	24,8

Tabelle 7: 100-jährliche Tagesniederschläge (Gumbel-Verteilung)

Betrachtet man die Schätzung der 100-jährlichen Tagesniederschläge der Stationen mit ausreichend langem Beobachtungszeitraum, liegt der Schätzwert für den Tagesniederschlag zwischen 130 und 140 mm.

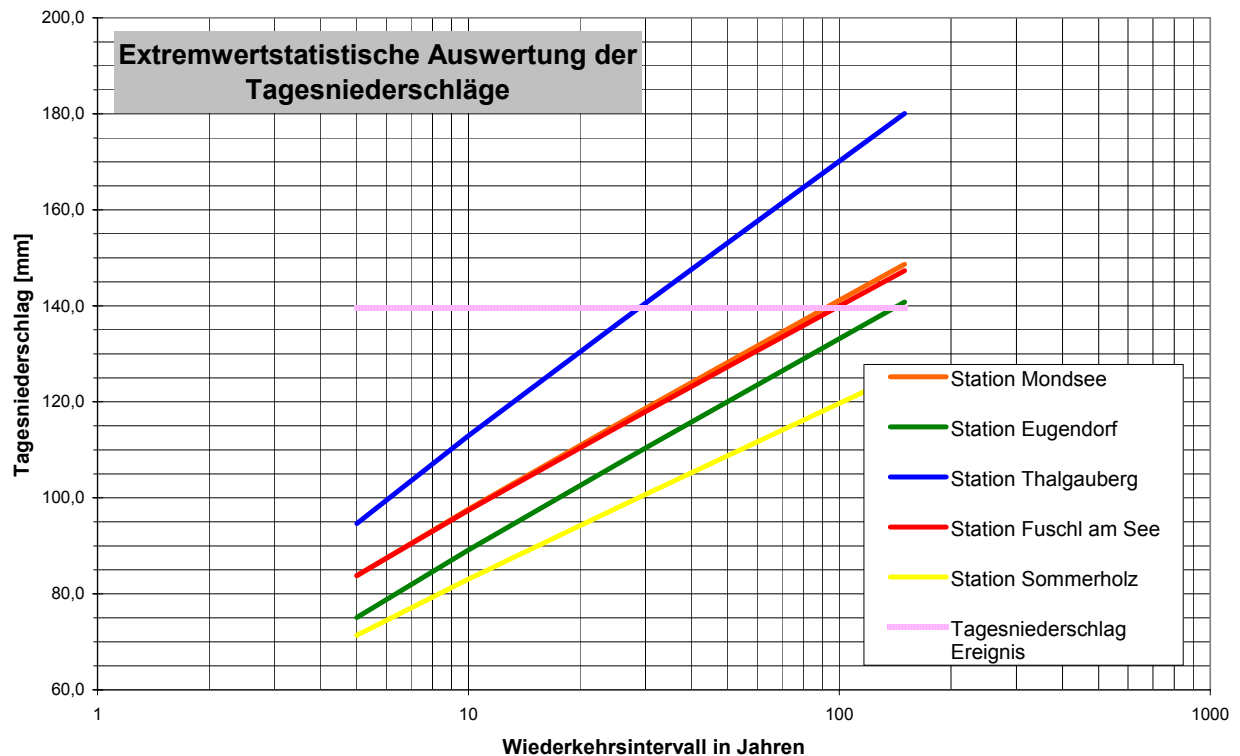


Abbildung 32: 100-jährliche Tagesniederschläge der Stationen in der Umgebung des Fischbaches (Extremal Typ I oder Gumbel Verteilung)

6.1.3.5 Bemessungsniederschläge nach LORENZ/SKODA

Die Höhen punktueller Extremniederschläge werden vom HZB österreichweit für unterschiedliche Niederschlagsdauer zur Verfügung gestellt. Die verwendete Methodik ist in der Publikation "Bemessungsniederschläge kurzer Dauerstufen mit inadäquaten Daten" (LORENZ & SKODA, 2000) nachzulesen. In diesem Zusammenhang scheint erwähnenswert, dass die für das Modell verwendeten Parameter vor allem mit Daten aus dem Salzkammergut angepasst wurden. Somit scheinen die Ergebnisse vorerst auch für den Raum Thalgau übertragbar. Der Extremwert repräsentiert dabei den Maximalwert, der innerhalb eines Flächendomains von ca. 5 km mal 5 km "punktuell" auftreten kann. In Abbildung 33 werden beispielhaft die Extremwerte für ein 100-jährliches 1-Stunden Ereignis im Bereich Thalgau dargestellt.

Zur Bildung des Gebietsniederschlages können diese Extremwerte abgemindert werden.

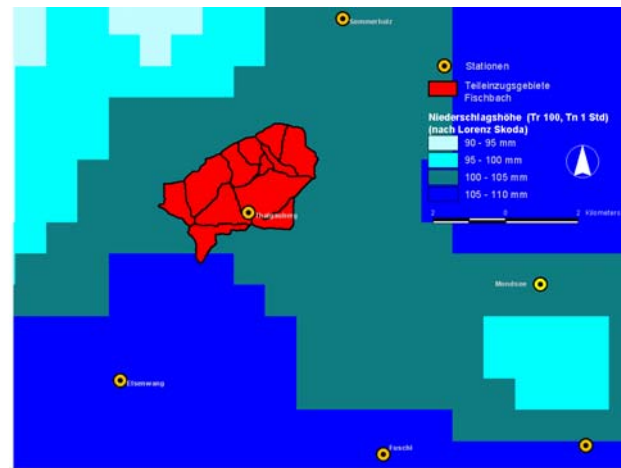


Abbildung 33: Beispiel für Niederschlagsintensitäten nach LORENZ & SKODA im Bereich des Einzugsgebietes

6.1.3.6 Bemessungsniederschläge nach Verfahren von ZELLER (1974)

Zur Extrapolation kürzerer Niederschlagsdauern werden nach ZELLER (1974) die logarithmierten Werte für Niederschlagsintensität [mm/h] und Niederschlagsdauer [h] der Tages- und Monatsmaxima verwendet.

	Eugendorf		Fuschl am See		Mondsee		Sommerholz	
t_N	h_N	i	h_N	i	h_N	i	h_N	i
[h]	[mm]	[mm/h]	[mm]	[mm/h]	[mm]	[mm/h]	[mm]	[mm/h]
0,5	29,6	59,14	33,9	67,71	35,3	70,55	23,6	47,18
1	38,5	38,46	43,4	43,38	44,9	44,93	31,2	31,22
3	58,3	19,44	64,3	21,42	65,9	21,98	48,7	16,22
6	75,9	12,64	82,4	13,73	84,0	14,00	64,4	10,73
12	98,7	8,22	105,5	8,80	107,0	8,92	85,2	7,10
24	128,3	5,35	135,3	5,64	136,3	5,68	112,7	4,70
36	149,6	4,16	156,4	4,34	157,0	4,36	132,7	3,69
48	166,9	3,48	173,3	3,61	173,6	3,62	149,1	3,11
96	217,0	2,26	222,1	2,31	221,1	2,30	197,3	2,06
720	465,8	0,65	456,7	0,63	446,8	0,62	445,2	0,62
8544	2410,0	0,28	2427,9	0,28	2345,5	0,27	2301,3	0,27

Tabelle 8: 100-jährliche Niederschläge nach Zeller für kürzere Niederschlagsdauer

Im Niederschlagsintensitäts-Dauer Diagramm (Abbildung 34) sind die 100-jährlichen Niederschlagsintensitäten nach diesem Verfahren, zusätzlich aber auch die Ergebnisse nach LORENZ & SKODA (2000) dargestellt. Der Vergleich zeigt die hohen Abweichungen der beiden Verfahren bei Niederschlägen kurzer Zeitdauer. Nach ZELLER errechnet sich eine Niederschlagsintensität für eine Dauer von 1 Stunde von 30 – 45 mm/h (je nach Station), bei LORENZ & SKODA hingegen eine Intensität von 100 mm/h.

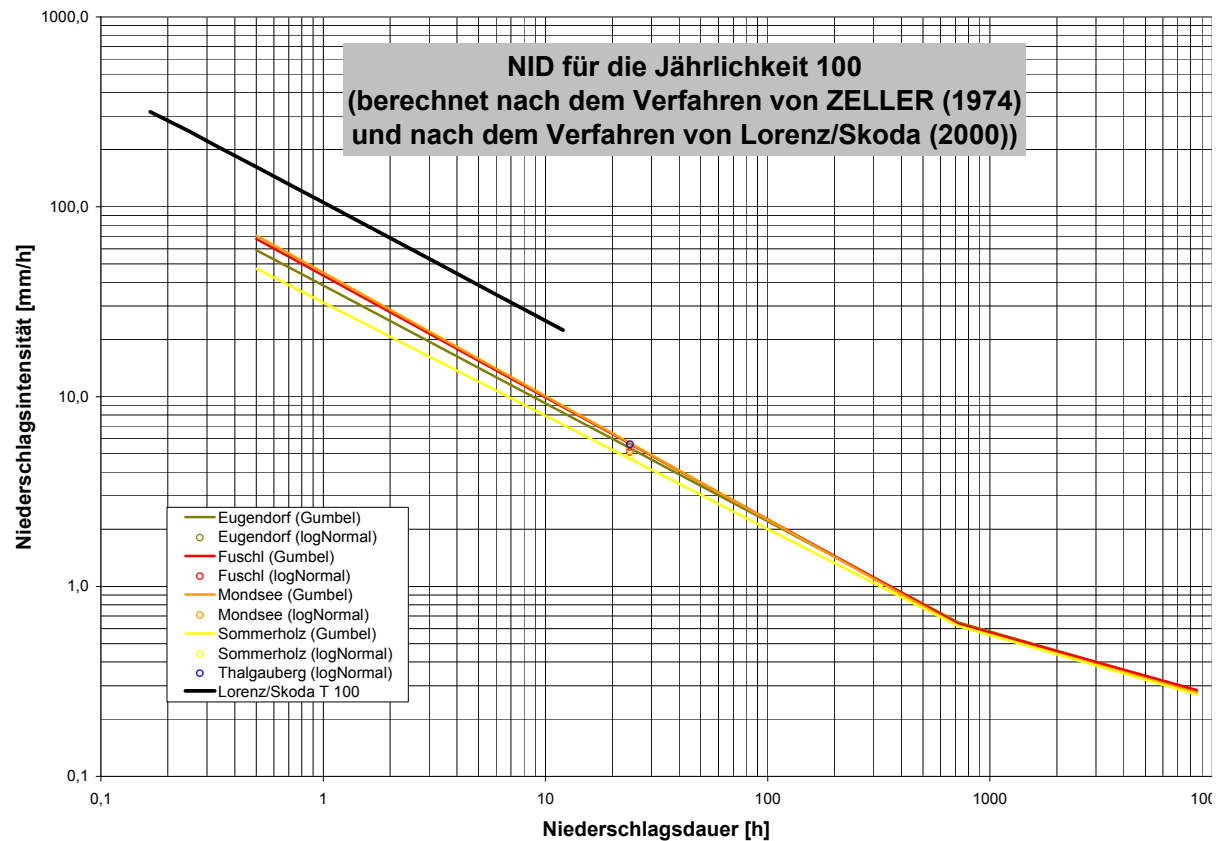


Abbildung 34: Niederschlagsintensitätsdiagramm für die Jährlichkeit 100; Vergleich der Ergebnisse nach ZELLER (1974) und LORENZ & SKODA (2000)

6.1.3.7 Gemessene maximale Intensitäten an der Station Thalgauberg

Durch die ereignisgesteuerte Niederschlagsaufzeichnung der Station Thalgauberg lassen sich maximale Intensitäten für unterschiedliche Zeitintervalle ermitteln. Diese Maximalwerte können zum Vergleich mit den Bemessungsniederschlägen herangezogen werden.

t [min]	t [h]	h_N [mm]	i_N [mm/min]	i_N [mm/h]
1	0,02	5,4	5,4	324,0
5	0,08	19,6	3,9	235,2
10	0,17	35,0	3,5	210,0
15	0,25	52,5	3,5	210,0
20	0,33	68,0	3,4	204,0
30	0,50	85,5	2,85	171,0
45	0,75	103,2	2,3	137,6
60	1,00	110,4	1,85	110,4
120	2,00	124,9	1,05	62,5
180	3,00	127,0	0,7	42,3
360	6,00	127,9	0,35	21,3

Tabelle 9: Maximale Niederschlagshöhen und Intensitäten beim Ereignis

6.1.3.8 Vergleich und Interpretation der Ergebnisse

Die gemessenen Intensitäten an der Station Thalgauberg überschreiten für Niederschlagsintervalle von 15 bis 90 Minuten die als sehr hoch angesehenen Schätzwerte für einen 100-jährlichen Niederschlag nach LORENZ & SKODA ebenso wie die Vorgaben des HD-Salzburg. Die Niederschläge, die dem WLV-Projekt 1995 unterstellt sind, betragen rund zwei Drittel der beobachteten Werte. Die Berechnungen nach SCHIMPF und ZELLER, die für den Zeitpunkt der Projekterstellung durch die WLV (1995) als Stand der Technik galten, liegen unter den Annahmen der WLV. Der Tagesniederschlag von 139,5 mm (Ombrometer) bzw. 135,5 mm (Waage) entspricht in etwa dem 100-jährlichen Tagesniederschlag der Stationen Mondsee, Eugendorf und Fuschl am See.

Die Jährlichkeit des rund 2-stündigen Niederschlagsereignisses vom 16./17. Juli 2002 kann daher mit über 100 Jahren angegeben werden.

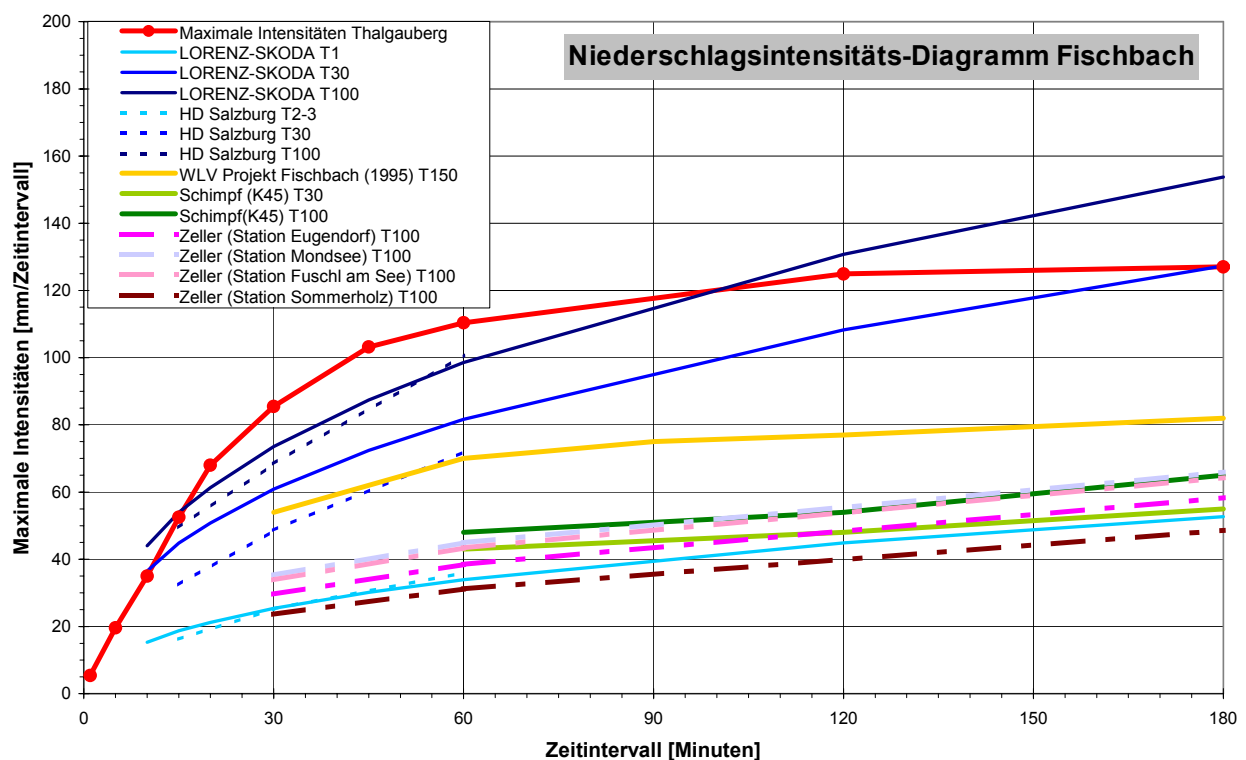


Abbildung 35: Vergleich der Niederschlagsintensitäten aus verschiedenen Berechnungsmethoden

6.1.3.9 Überschreitungsdauerlinie

Analog zur Überschreitungsdauerlinie der Abflüsse kann auch eine solche für den Niederschlag mit den vorhandenen Daten errechnet werden. Die Intensitäten, die im Minutenintervall vorliegen, werden dazu in Intensitätsklassen von 0,2 mm unterteilt und die Anzahl der Minuten, deren Intensität dem Intervall zuzuordnen ist, ermittelt.

Daraus lässt sich die Überschreitungsdauerlinie ableiten. Das Klassenmittel multipliziert mit der Anzahl der Überschreitungen im Intervall ergibt die Niederschlagshöhe des Intervalls. Damit lässt sich zeigen, dass rund die Hälfte des Niederschlages von 00:01 bis 03:00 Uhr (17.7.2002) innerhalb weniger als 20 Minuten bei Intensitäten über 2,5 mm/min gefallen sind.

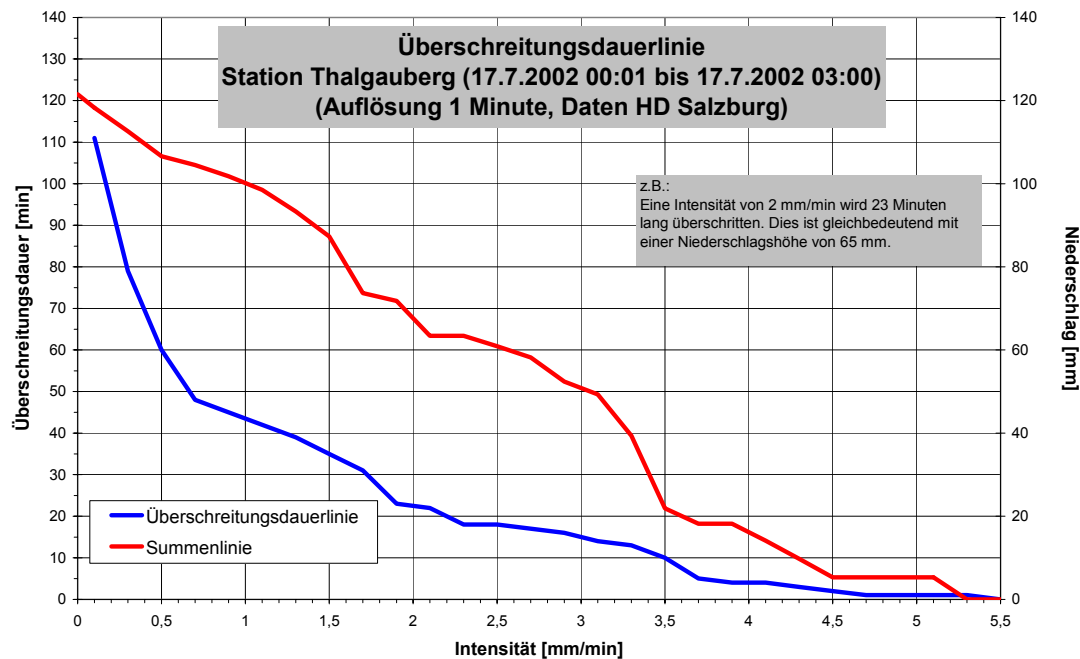


Abbildung 36: Überschreitungsdauerlinie der Intensitätsstufen [mm/min]

6.1.4 Kennwerte der Niederschlagsstationen

Niederschlagsstation	Thalgauberg	Eugendorf	Fuschl am See
Seehöhe [m ü.A.]	720	540	670
Maximaler Jahresniederschlag [mm]	2058	2428	2435
Maximaler Monatsniederschlag [mm]	452	526	441
Maximaler Tagesniederschlag vor dem 16.7.2002 [mm]	132,4	149,5	152,4
Vorbereitung [mm]			
5-Tagessumme [mm]	15,2	21,6	19,4
14-Tagessumme [mm]	65	71,3	69,5
Tagesniederschlag [mm]			
Ombrometer	139,5	66,2	68,8
Ombrograph	135,5	66,2	-
100-Jährlicher Tagesniederschlag nach Gumbel [mm]	172,3 ± 55	140,8 ± 20,1	147,3 ± 55
Max. Intensitäten Ereignis [mm/Zeiteinheit]			
[mm/15 min]	46,1	20,7	-

Tabelle 10: Niederschlagskennwerte der Stationen

6.1.5 Gebietsniederschlag

Durch die punktuelle Erfassung des Niederschlags durch ortsgebundene Niederschlagsstationen kann die räumliche Verteilung des Niederschlags nicht repräsentativ abgebildet werden. Besonders die räumliche Variabilität des Niederschlags kann bei kleinräumigen und kurzen Starkregen nicht von den Niederschlagsmessstationen wiedergegeben werden. Diese unzureichende Berücksichtigung der räumlichen Verteilung der Niederschläge wird als größter Unsicherheitsfaktor bei der Niederschlag-Abfluss Simulation angesehen (MAUL-KÖTTER, 1998). Eine Möglichkeit zur besseren Bestimmung der räumlichen Variabilität des Gebietsniederschlags ist die Nutzung von radargemessenen Niederschlagsdaten.

6.1.5.1 Datengrundlage

Die Grundlage der Auswertung bilden die Wetterradarbilder der Austro Control mit einer zeitlichen Auflösung von 5 Minuten vom 16.7.2002 21:50 - 17.7.2002 05:20 MEZ und einer räumlichen Auflösung von 1 km² (Ausschnitt 13,00°/47,70° und 13,40°/48,00° MGI). Die Radarbilder (*gif, RGB) werden mit 16 Passpunkten georeferenziert, entzerrt, in Grids konvertiert und die Bildwerte der Intensitätsklassen in Zahlenwerte (0-14) transformiert. Die Zahlenwerte der einzelnen Gridzellen der 5-Minuten-Intervalle werden in einer Datenbank (Wetterradarauswertung.mdb) zusammengefügt und in ArcView mit einem Polygonraster verknüpft, der die Gridzellen repräsentiert. Die Pixelauflösung der Wetterradarbilder wird, der Datengenauigkeit entsprechend, auf 1 km² angepasst.

Die WetterradarDaten werden weiters von UTC in MEZ umgerechnet, um die Vergleichbarkeit mit den Daten des HD-Salzburg zu gewährleisten.

Die Radarmessungen erfolgen 4.5 Minuten lang, bevor die Werte am Beginn der 5-Minuten-Messintervalle abgespeichert werden, während die Werte der Niederschlagsmessstation (Niederschlagswaage) am Ende der Messintervalle abgespeichert werden. Dies erfordert die Verschiebung der Radarmessdaten um ein 5-Minuten Intervall, um diese mit den Messwerten der Niederschlagsstation Thalgauberg vergleichen zu können. Eine mögliche zeitliche Verschiebung des internen Speichers des Dataloggers der Station Thalgauberg wurde überprüft. Die diesbezügliche Auskunft beim HD Salzburg ergab, dass die Abweichung der Datalogger-Zeit innerhalb einer Minute liegt. Somit sind beide Datensätze ohne weitere zeitliche Korrektur miteinander zu vergleichen.

6.1.5.2 Anpassung der Wetterraddaten an die gemessenen Niederschlagswerte

Die Niederschlagsstation Thalgauberg befindet sich im südöstlichen Randbereich des Einzugsgebietes. Die Radardaten des Pixels, in welches die Niederschlagsstation fällt, wird mit den Messwerten des ereignisauslösenden Niederschlags vom 17.7.2002 zwischen 00:20 MEZ und 02:55 MEZ überprüft.

Da die höchste Intensitätsklasse auf den Radarbildern nach oben nicht begrenzt ist, wird der Maximalwert bzw. der Mittelwert der höchsten Niederschlagsintensität (>153,8 mm/h) mit Hilfe einer Exponentialgleichung (Abbildung 37) abgeschätzt.

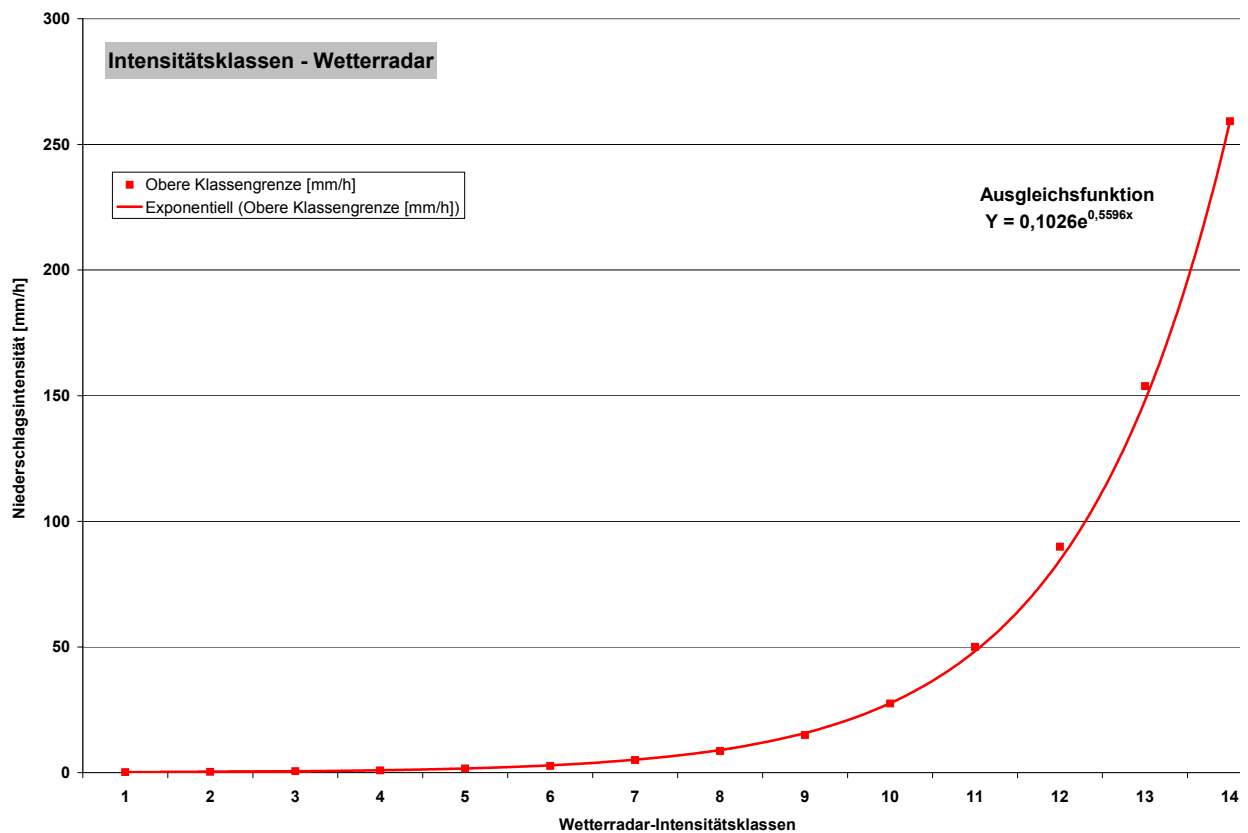


Abbildung 37: Abschätzung der Obergrenze der Niederschlagsintensität der höchsten Intensitätsklasse der Wetterraddaten

In einem ersten Schritt werden die Mittelwerte der Intensitätsklassen der Wetterraddaten den 5-Minuten Messwerten der Niederschlagsstation gegenübergestellt. Die Mittelwerte der Intensitätsklassen werden in einem zweiten Schritt pro Zeitintervall so angepasst, dass der Mittelwert durch den Minimal- oder Maximalwert der jeweiligen Intensitätsklasse ersetzt wird, wenn dieser sich besser mit den Werten der Niederschlagsstation deckt. Aus den Mittel-, Minimal- oder Maximalwerten der einzelnen Zeitschritte werden in einem weiteren Schritt die „modifizierten Mittelwerte“

für die einzelnen Intensitätsklassen ermittelt. Dadurch kann eine bessere Anpassung an die Messwerte der Niederschlagsstation erreicht werden.

Klassen	Intensität (mm/h)		Weterradar	Anpassung
	von	bis	Mittelwert (mm/h)	Mod. Mittelwert (mm/h)
1	0,0	0,2	0,1	0,1
2	0,2	0,3	0,3	0,3
3	0,3	0,6	0,5	0,6
4	0,6	0,9	0,8	0,6
5	0,9	1,7	1,3	0,9
6	1,7	2,7	2,2	2,7
7	2,7	5,0	3,9	3,9
8	5,0	8,6	6,8	6,2
9	8,6	15,0	11,8	11,2
10	15,0	27,5	21,3	27,5
11	27,5	50,0	38,8	42,5
12	50,0	89,9	70,0	84,9
13	89,9	153,8	121,9	153,8
14	153,8	259,2	215,8	188,9

Tabelle 11: Intensitätsklassen und Mittelwerte der Weterradardaten

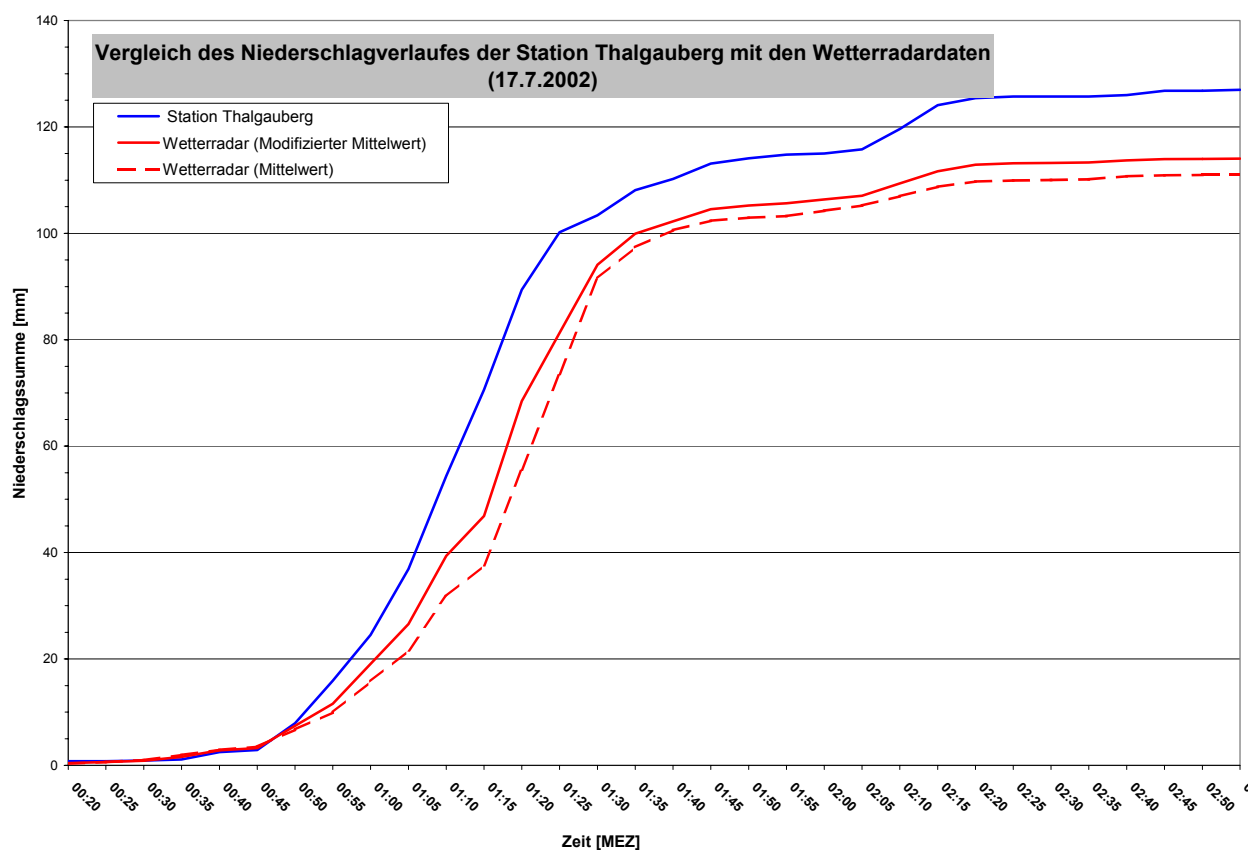


Abbildung 38: Niederschlagssummenlinien - Vergleich der Weterradardaten mit Niederschlagsdaten der Station Thalgauberg, Ereignisniederschlag am 17.7.2002

Die maximale Niederschlagsklasse der Weterradarmessungen ($> 153,8$ mm/h) überschätzt die Messwerte der Niederschlagswaage durchschnittlich um 110 Prozent

(ohne Korrektur 176 %), während die Niederschlagsklasse von 89.9 bis 153,8 mm/h die Messwerte um 26 % (ohne Korrektur 42 %) unterschätzt. Die Intensitätsklassen der Wetterradaressungen von 5 bis 89 mm/h überschätzen die Messwerte durchschnittlich um rund 14 % (ohne Korrektur rund 29 %). Die Intensitätsklassen unter 5 mm/h unterschätzen die Niederschläge durchschnittlich um rund 20 % (ohne Korrektur rund 30 %). Die Abweichungen in den unteren Intensitätsklassen wirken sich jedoch kaum auf die Niederschlagssumme aus. Die Niederschlagssumme der Wetterradaresswertung unterschätzt den von der Waage gemessenen Niederschlag um 10,2 Prozent (ohne Korrektur 12,6%). Dieser Vergleich zeigt, dass die Wetterradaressdaten zur Bestimmung des Gebietsniederschlages grundsätzlich verwendet werden können.

6.1.5.3 Räumliche und zeitliche Verteilung des Gebietsniederschlages

Die „modifizierten Mittelwerte“ werden den Intensitätsklassen des Wetterradaress im Betrachtungsausschnitt zugeordnet. Aus diesen räumlich-zeitlich verteilten Niederschlagshöhen lässt sich der Gebietsniederschlag für die Teileinzugsgebiete (siehe Abbildung 39) berechnen.

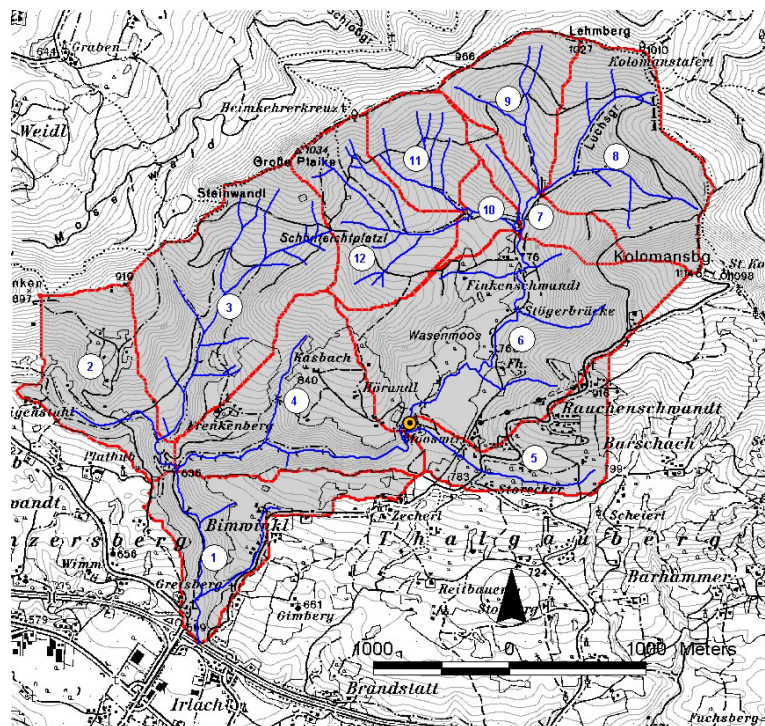


Abbildung 39: Darstellung der abgegrenzten Teileinzugsgebiete 1 – 12

Die Darstellung erfolgt in Form von Isohyetenkarten in 5-Minuten Intervallen (z.B. Abbildung 40 und Anhang A4 und A5). Zur Berechnung der Isohyeten wird die Rasterweite von 1 km mit dem Interpolationsverfahren „Point Kriging“ auf 100 m

linear verdichtet. Die Interpolationspunkte werden umso stärker mit den Werten der Datenpunkte gewichtet, je näher sie beim Datenpunkt liegen.

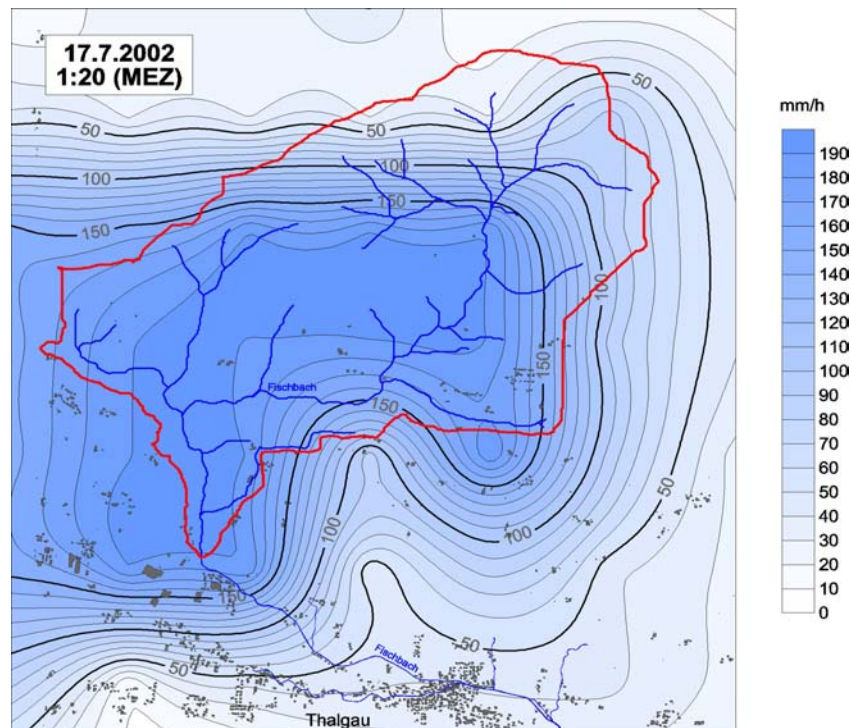


Abbildung 40: Niederschlagsintensität am 17.7.2002 von 1:15 - 1:20 MEZ

Das Niederschlagszentrum mit maximalen Niederschlagsintensitäten bis zu 140 mm/h zwischen 0:25 MEZ und 00:40 MEZ befindet sich südlich des Einzugsgebietes. Der Niederschlag erreicht um 00:50 MEZ Intensitäten von 150 mm/h im Bereich Kasbach. Der Niederschlag breitet sich im Einzugsgebiet von 01:00 MEZ bis 01:30 MEZ in nordöstliche Richtung aus, dabei wird das gesamte Einzugsgebiet von Niederschlagsintensitäten zwischen 100 mm/h und 190 mm/h erfasst. Um 01:35 MEZ entwickeln sich im nordöstlichen und nordwestlichen Teil des Einzugsgebiets zwei konzentrierte Niederschlagszellen mit Intensitäten bis zu 180 mm/h, die sich um 01:40 MEZ nach Nordwesten verlagern. Die Niederschlagsintensitäten im südlichen Einzugsgebiet gehen großflächig auf deutlich unter 50 mm/h zurück und liegen um 01:50 MEZ unter 10 mm/h, während im nordwestlichen Teil des Einzugsgebiets die Intensitäten bis zu 150 mm/h betragen. Um 01:55 MEZ verlagern sich die Niederschlagszellen weiter nach NW. Die Niederschlagsintensität geht deutlich zurück und es werden nur mehr 80 mm/h im oberen Einzugsgebiet erreicht, bevor zwischen 02:00 MEZ und 02:05 MEZ nochmals eine starke Niederschlagszelle im NW des Einzugsgebiets beobachtet werden kann. Ab 02:10 MEZ nehmen die Niederschlagsintensitäten im gesamten Einzugsgebiet

ab, in weiten Teilen des Einzugsgebietes liegen die Intensitäten unter 10 mm/h und um 02:55 MEZ treten nur mehr im äußersten Nordwesten des Einzugsgebietes Niederschlagsintensitäten unter 10 mm/h auf.

Die Niederschlagsverläufe beim Ereignis unterscheiden sich in den einzelnen Teileinzugsgebieten (Abbildung 38). Das unterste Teileinzugsgebiet des Fischbaches (TG 1) wurde früher und wesentlich stärker überregnet als etwa der Bereich der Niederschlagsmessstation Thalgauberg. Das Teileinzugsgebiet im Nordwesten des Einzugsgebietes (TG 9) wurde nicht nur später, sondern auch weniger stark überregnet als der Bereich der Messstation.

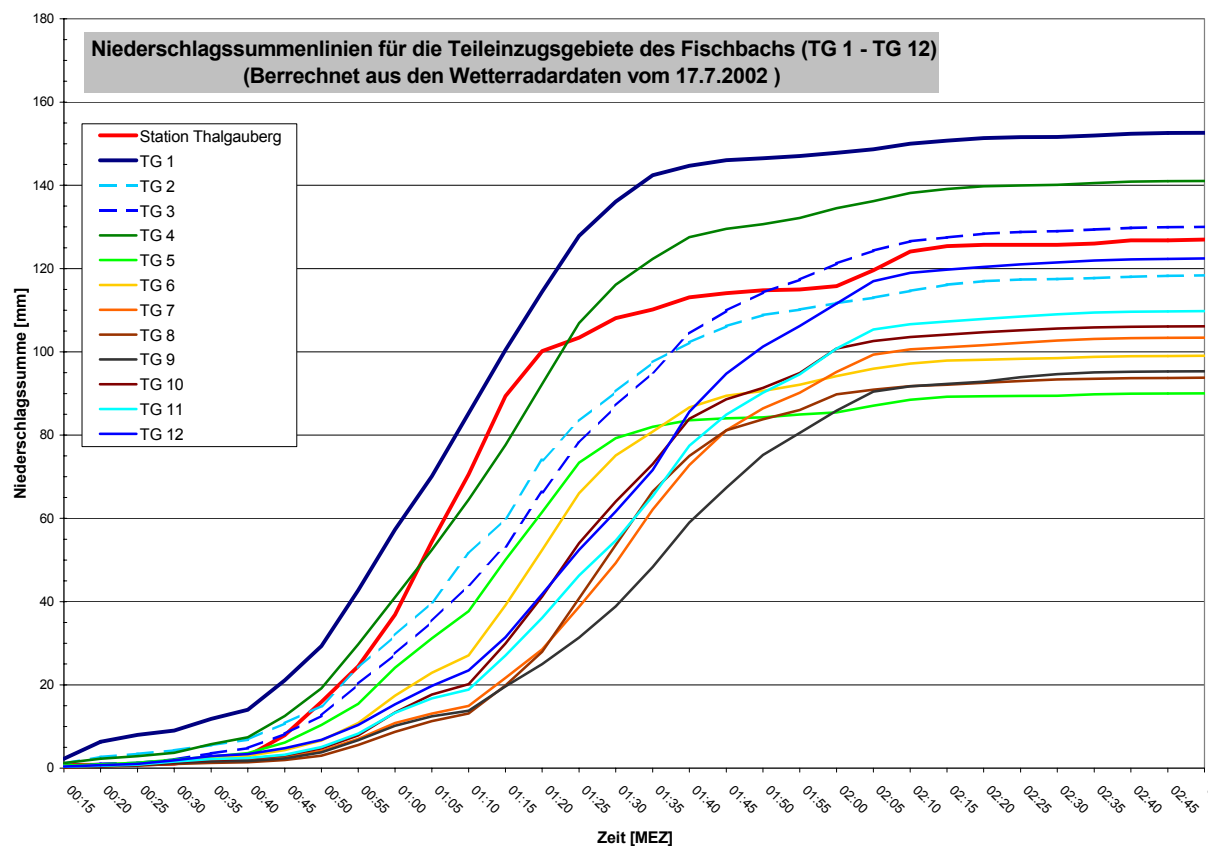


Abbildung 41: Summenlinie des Niederschlags in den Teileinzugsgebieten und Vergleich mit der Summenlinie der Station Thalgauberg

Betrachtet man den Gebietsniederschlag für den für die Entstehung des Hochwassers wesentlichen Zeitabschnitt von 00:15 bis 02:50 MEZ, zeigt sich, dass die größten Niederschlagshöhen mit über 170 mm im Bereich des Zusammenflusses vom Waldbachgraben mit dem Fischbach auftraten (Abbildung 42).

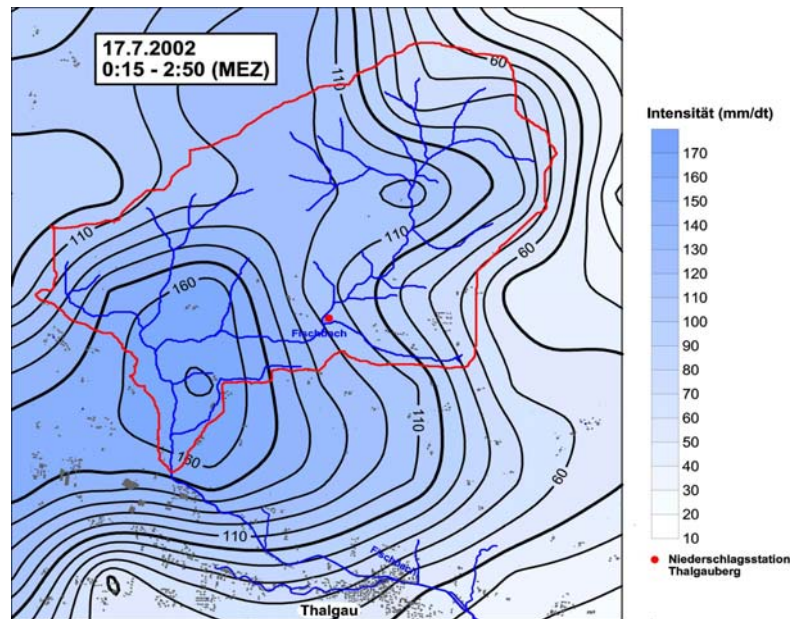


Abbildung 42: Isohyetenkarte, Ereignis 17.7.2002 0:15 – 2:50 MEZ

Die Niederschlagsfrachten der Teileinzugsgebiete sind aus Abbildung 43 ersichtlich.

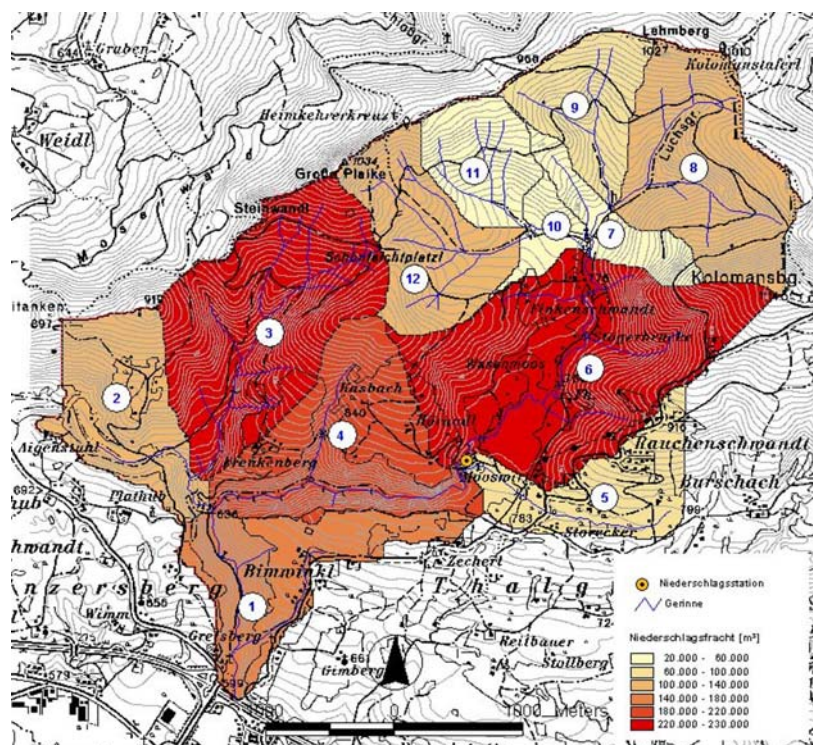


Abbildung 43: Räumliche Verteilung der Niederschlagsfrachten im Einzugsgebiet

6.1.5.4 Vergleich der Niederschlagsfracht aus der Stationsmessung mit der Auswertung des Wetterradars

Die Niederschläge aus Stationsmessungen sind, wenn sie auf Einzugsgebiete von 10 bis 200 km² übertragen werden, nach DVWK-Richtlinie 113 (1984) abzumindern.

Die Niederschlagsfracht mit den Daten der Station Thalgauberg beläuft sich auf 1.506.500 m³, mit jenen des Wetterradars auf 1.368.400 m³. Dies bedeutet, dass die Stationsmessung den Gebietsniederschlag um 10,1 % überschätzt.

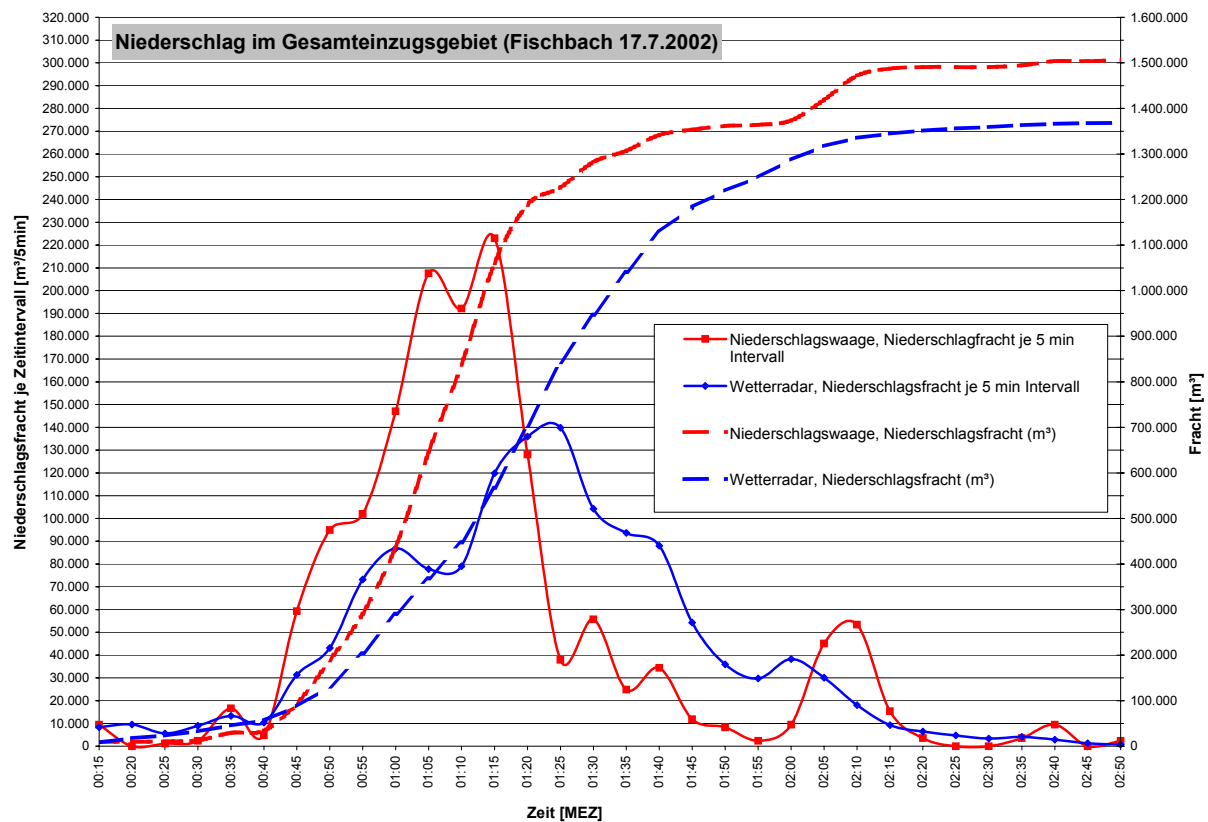


Abbildung 44: Vergleich der Niederschlagsfrachten zwischen Wetterradardaten und Niederschlagsmessungen der Station Thalgauberg, Ereignis 17.7.2002 00:15-02:50 MEZ

6.1.5.5 Vergleich zeitlicher Verläufe des Gebietsniederschlags

Für die Beschreibung des zeitlichen Verlaufs des Gebietsniederschlags stehen in der Hydrologie verschiedene Modelle zur Verfügung. In der Praxis wird vor allem der blockförmige, der endbetonte und der Verlauf entsprechend der DVWK Empfehlung (1984) angewendet. Diese zeitlichen Verläufe werden mit dem aus den Wetterradardaten abgeleiteten Gebietsniederschlag verglichen (Abbildung 45).

Die zeitliche Niederschlagsverteilung des Ereignisses am 17.7.2002 von 00:15-2:50 MEZ ergibt für das Einzugsgebiet Fischbach ($A=11,86 \text{ km}^2$) annähernd die vom DVWK (1984) empfohlene Niederschlagsverteilung.

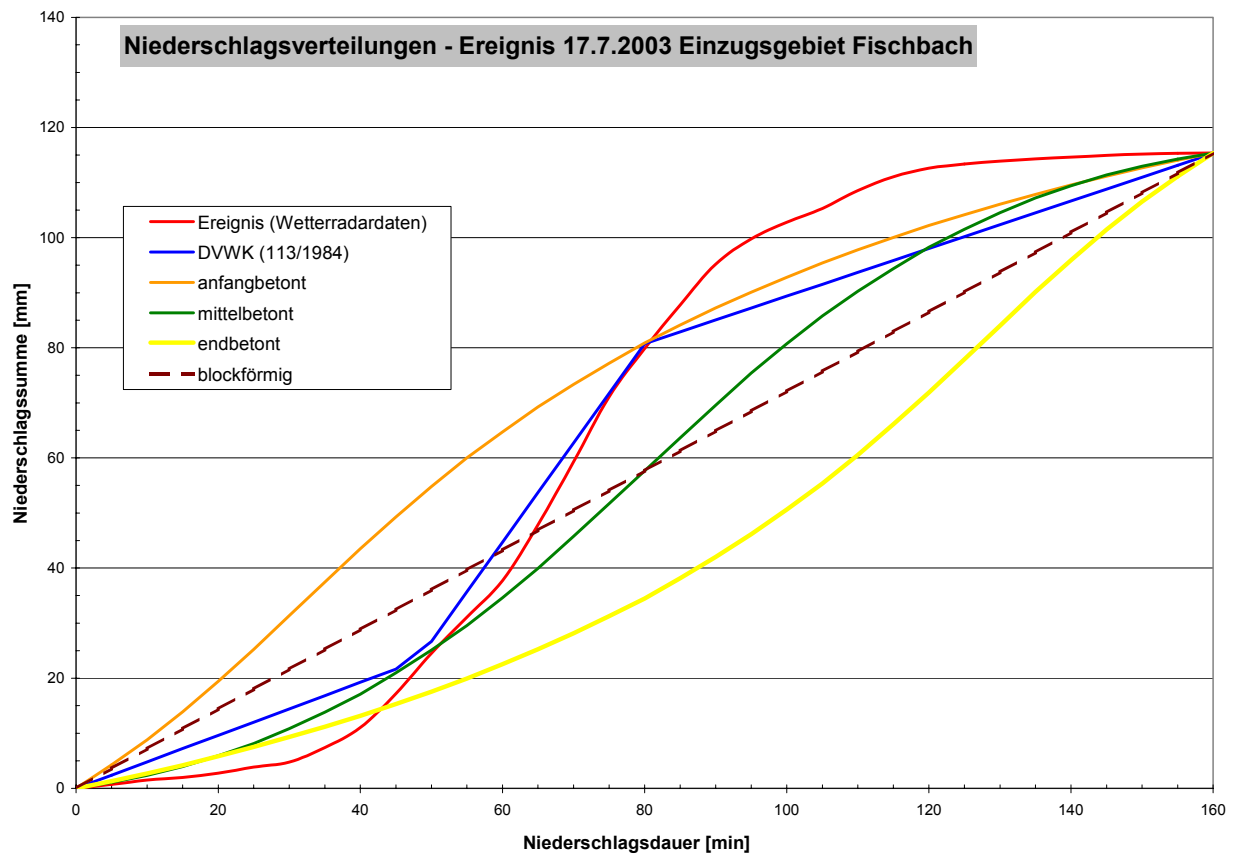


Abbildung 45: Vergleich unterschiedlicher zeitlicher Niederschlagsverteilungen

6.1.5.6 Kennwerte Gebietsniederschlag

Einzugsgebiet	Fläche [m ²]	h_N [mm]	V_N [m ³]
1	957.500	152,6	146.146
2	885.000	118,4	104.745
3	1.764.500	130,0	229.415
4	1.333.800	141,4	188.167
5	731.700	90,1	65.907
6	2.277.000	99,0	225.508
7	356.400	103,4	36.857
8	1.286.900	93,8	120.733
9	644.600	95,3	61.459
10	207.600	106,1	22.036
11	522.700	109,8	57.386
12	893.200	122,4	109.368
Gesamt	11.860.900	115,3	1.367.727

Tabelle 12: Kennwerte Gebietsniederschlag (00:15 bis 02:50 MEZ)

6.2 Abfluss

6.2.1 Rückrechnung des Abflusses in natürlichen Profilen

Die Berechnung des Abflusses folgt dem in Abbildung 46 skizzierten Ablaufschema. Die Datengrundlagen und Ergebnisse der Rückrechnung sind im Anhang C2 tabellarisch zusammengestellt.

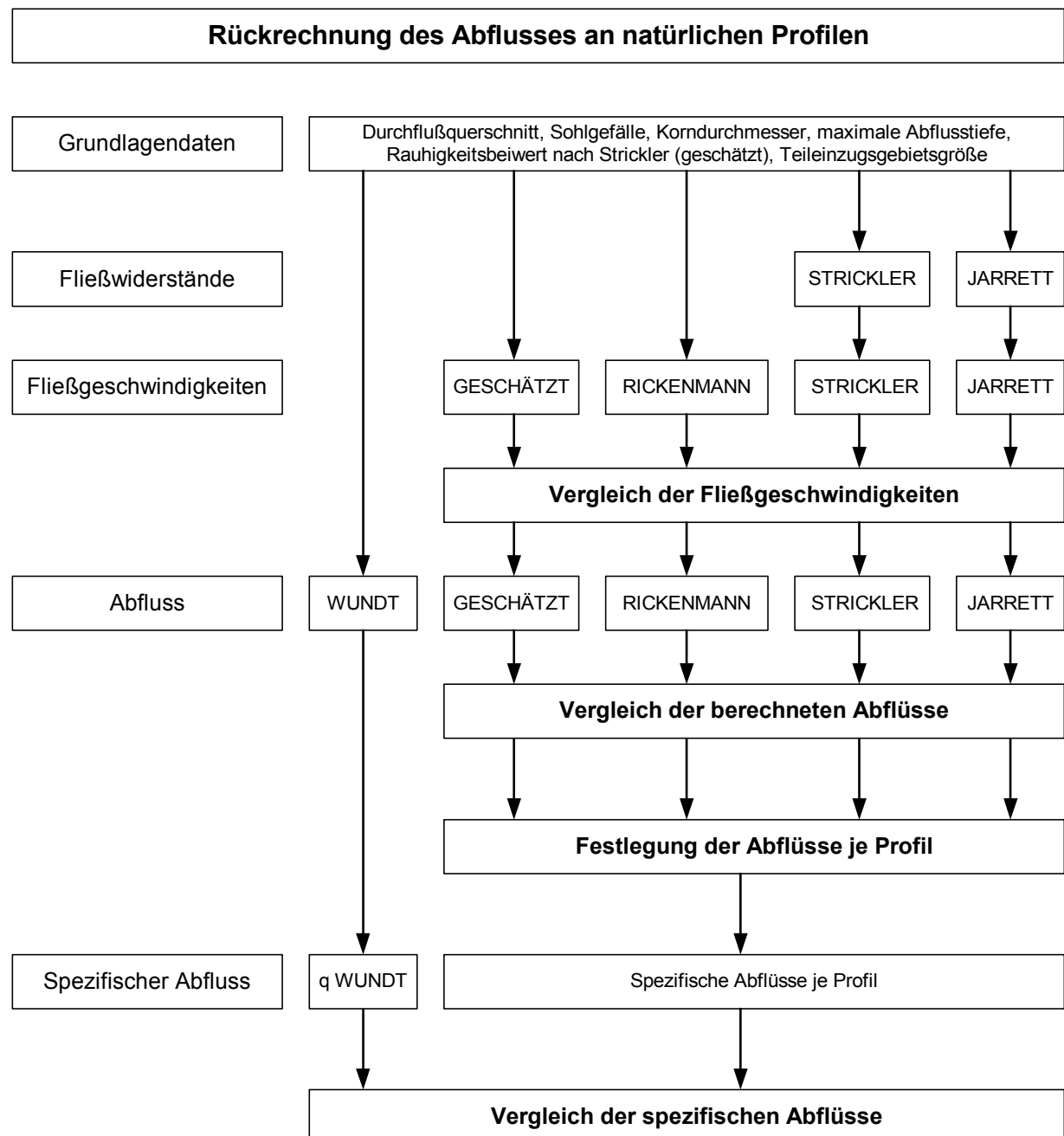


Abbildung 46: Schema zur Rückrechnung der Abflüsse

Die Lage der aufgenommenen 97 Profile ist aus Abbildung 47 ersichtlich.

Profilstandorte und Teileinzugsgebiete

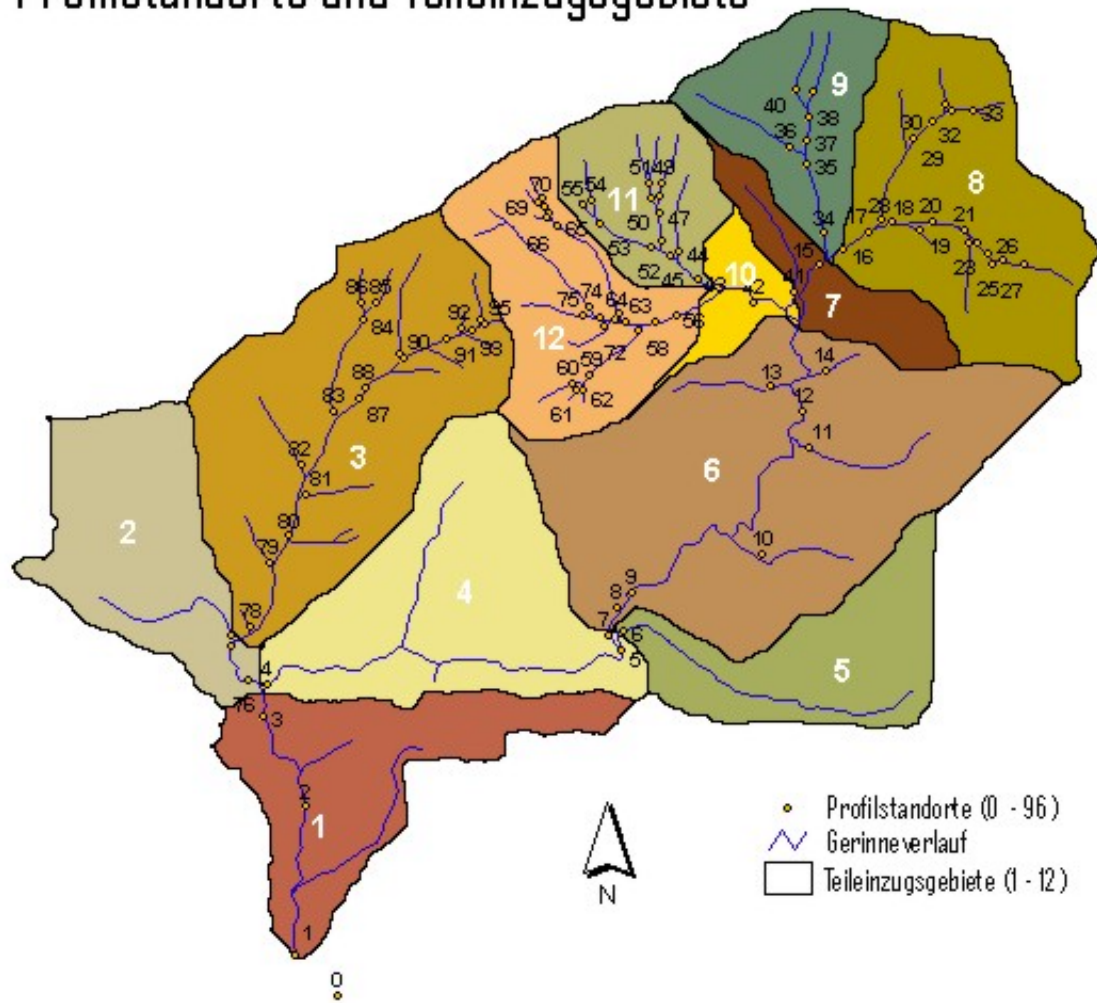


Abbildung 47: Lage der Profilstandorte

Folgende Abkürzungen gelten in den nachstehend angeführten Formeln:

d_{90} ...Korndurchmesser [m]

g ...Erdbeschleunigung [m/s^2]

h ...maximale Abflusstiefe [m]

J ...Gefälle [-]

k_{st} ...Reibungsbeiwert [$\text{m}^{1/3}/\text{s}$]

R ...Hydraulischer Radius [m]

v ...Fließgeschwindigkeit [m/s]

6.2.1.1 Ermittlung des Abflusses mittels Schätzung der Fließgeschwindigkeit

Nach dem Ansatz von RUF (1988) und HODEL et al (2000) werden die Fließgeschwindigkeiten die beim Ereignis aufgetreten sind, je nach Gerinnemorphologie, Gefälle und Durchflussfläche sowie vermuteten Geschiebetransport zwischen 1,5 m/s und 4 m/s geschätzt.

6.2.1.2 Ermittlung des Abflusses mittels berechneter Fließgeschwindigkeit

Die üblicherweise verwendeten Geschwindigkeitsformeln waren ursprünglich nur für flache Fließverhältnisse entwickelt worden. Zur Berechnung des Abflusses in steileren Gerinnen finden sich neue Berechnungsansätze in der Fachliteratur. Nach RICKENMANN (1996) sollen die verschiedenen Formeln nur innerhalb des Bereichs angewendet werden, welcher die Grundlage für deren Herleitung bildete.

Die Eingangsgrößen der Formeln lassen sich in der Natur meist nur schwer exakt ermitteln, sodass auch die Ergebnisse stets mit Unsicherheiten behaftet sind.

JARRETT (1984)

JARRETT entwickelte auf Grund von 75 Messungen in Gebirgsflüssen eine empirische Beziehung für den Strickler'schen Reibungsbeiwert, die für das metrische System umgeformt werden kann (RICKENMANN, 1996). Die Formel ist im Gefällsbereich von 0,2 – 3,9 % gültig.

$$k_{st} = 3,14 R^{0,16} / J^{0,38}$$

$$v = 3,81 R^{0,83} J^{0,12}$$

STRICKLER (1923)

Der zur Fließgeschwindigkeit proportionale Fließwiderstand (Strickler-Beiwert) kann diversen Tabellenwerken entnommen werden.

$$v = k_{st} R^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}}$$

RICKENMANN (1996)

RICKENMANN (1996) hat einen Ansatz zur Ermittlung der Fließgeschwindigkeit entwickelt, wonach diese in natürlichen Gerinnen als Potenzfunktion der Parameter g, Q, J und d₉₀ bestimmt werden kann. Die Formel ist im Gefällsbereich von 0,8 bis 63 % gültig.

$$k_{st} = 0,97 g^{0,41} Q^{0,19} / (J^{0,19} d_{90}^{0,64})$$

$$v = 0,37 g^{0,33} Q^{0,34} J^{0,20} / d_{90}^{0,35}$$

Q...Abfluss [m³/s] mit v nach RICKENMANN & WEBER (2000)

Der für die Berechnung der Rauigkeit und der Fließgeschwindigkeit nötige Abfluss (Q) wird mit Hilfe der Gerinnegeometrie und der berechneten Fließgeschwindigkeit nach RICKENMANN & WEBER (2000) bestimmt. Die Formel ist im Bereich $0,4 < h/d_{90} < 10$ gültig.

$$v = (0,69 / J^{0,34}) (h / d_{90})^{0,5} (ghJ)^{0,5}$$

6.2.1.3 Fließgeschwindigkeiten in den Profilen

Die Fließgeschwindigkeiten aller berücksichtigten Ansätze schwanken im jeweiligen Profil um rund 0,5 bis 1 m/s. Die mittleren Fließgeschwindigkeiten der Profile in Kleinstezugsgebieten liegen durchschnittlich unter 1,5 m/s, in größeren Einzugsgebieten ergeben sich mittlere Fließgeschwindigkeiten von 3 bis 4 m/s (Abbildung 48).

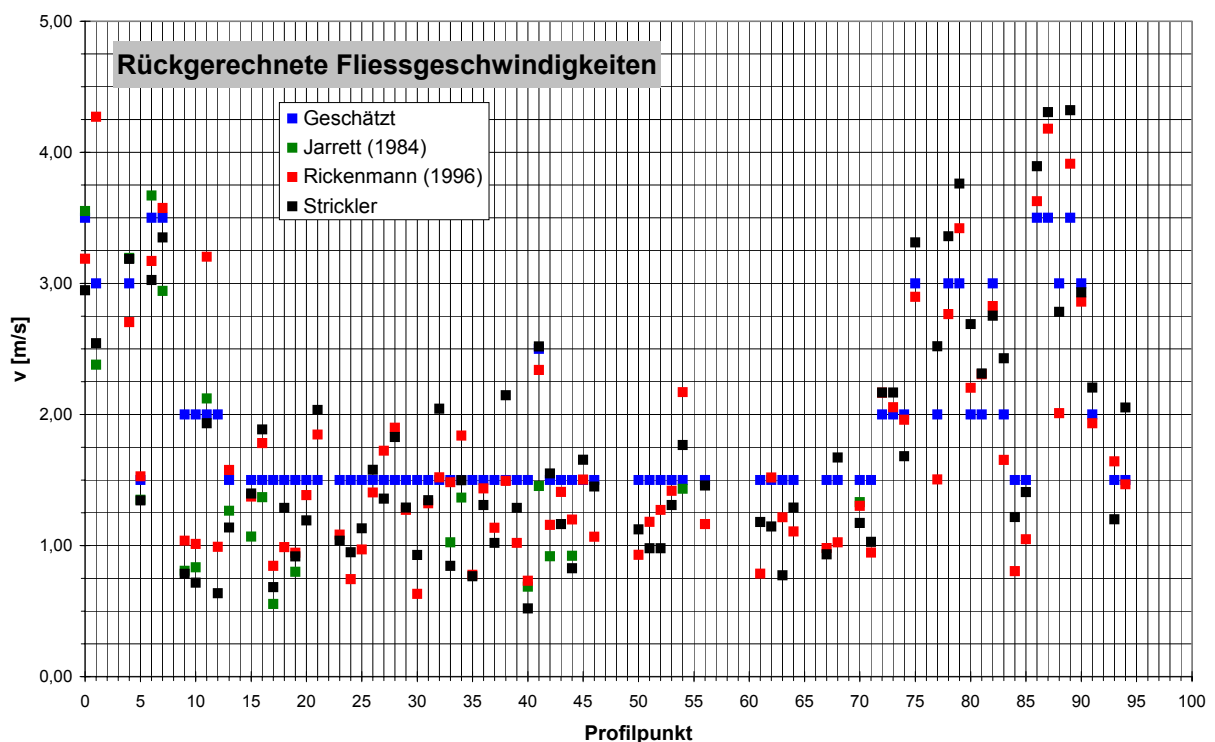


Abbildung 48: Rückgerechnete Fließgeschwindigkeiten in den natürlichen Profilen

6.2.1.4 Abflüsse in den Profilen

Die errechneten Abflüsse weisen trotz unterschiedlicher Berechnungsansätze meist nur eine geringe Schwankungsbreite auf.

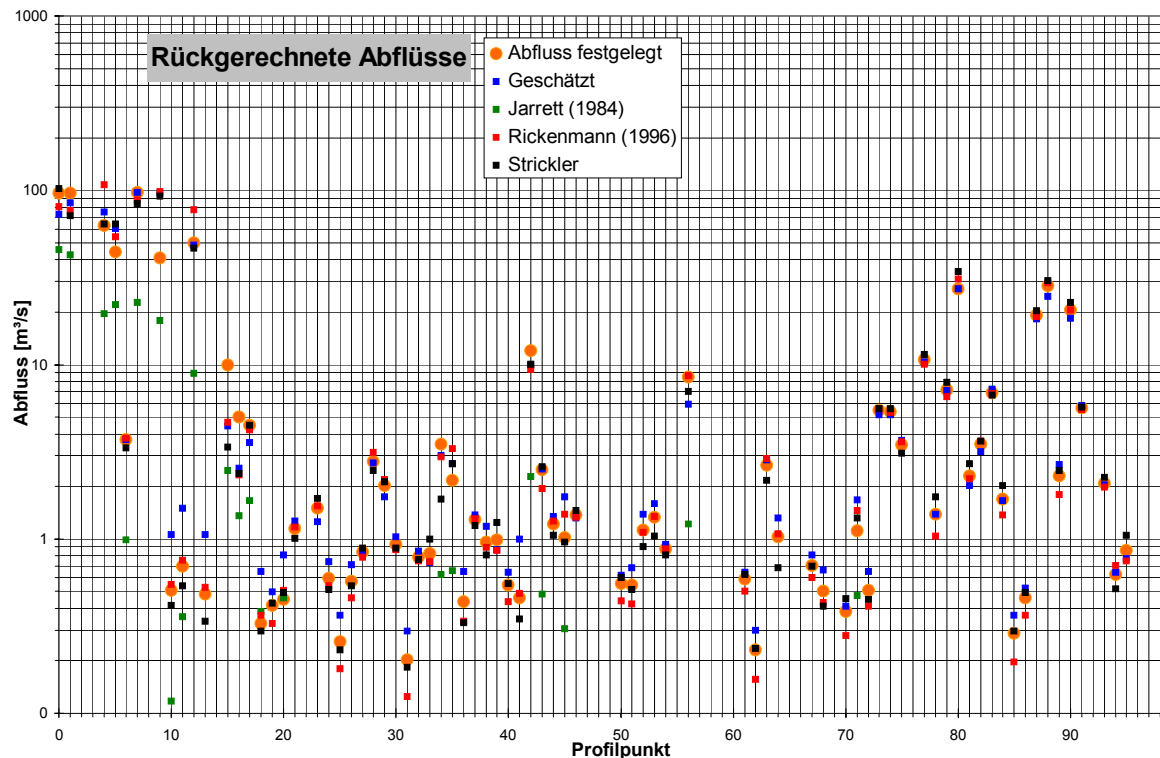


Abbildung 49: Rückgerechnete Abflüsse in den natürlichen Profilen

6.2.2 Rückrechnung des Abflusses an Standorten mit technischen Einbauten

Die Berechnung der hydraulisch relevanten Kennlinien erfolgte mit den in der Hydrodynamik gebräuchlichen Formeln. Der Ausfluss des Grundablasses bzw. der Sperrenschlitze wurde mit der Formel für einen freien Ausfluss aus einer Schützöffnung nach RÖSSERT (1974, S. 105) berechnet. Die Berechnung der Hochwasserentlastung (Abflusssektion und Flügel) erfolgte mit der Formel für einen Trapezüberfall nach WEHRMANN (1950). Für detailliertere Angaben wird auf die entsprechende Literatur verwiesen. Die berechneten Kennlinien der Einbauten sind im Anhang C3 dargestellt.

6.2.2.1 Sperre Waldbachgraben hm 6,87

Bei dieser Sperre sind 3 Schlitze im Sperrenkörper und die Abflusssektion hydraulisch wirksam. Die Schlitze wurden beim Ereignis nicht verlegt, die Abflusssektion wurde beim Ereignis rund 0,5 Meter überströmt. Es errechnet sich ein Abfluss von 27,7 m³/s. Das gerinneaufwärts liegende Profil 80 bei hm 9,37 weist einen Abfluss von 27,2 m³/s auf. Somit kann für diesen Gerinneabschnitt ein Abfluss von rund 27 m³/s angenommen werden, da die hydraulische Berechnung des Gerinneabflusses und des Abflusses beim Bauwerk nur gering voneinander abweichen.

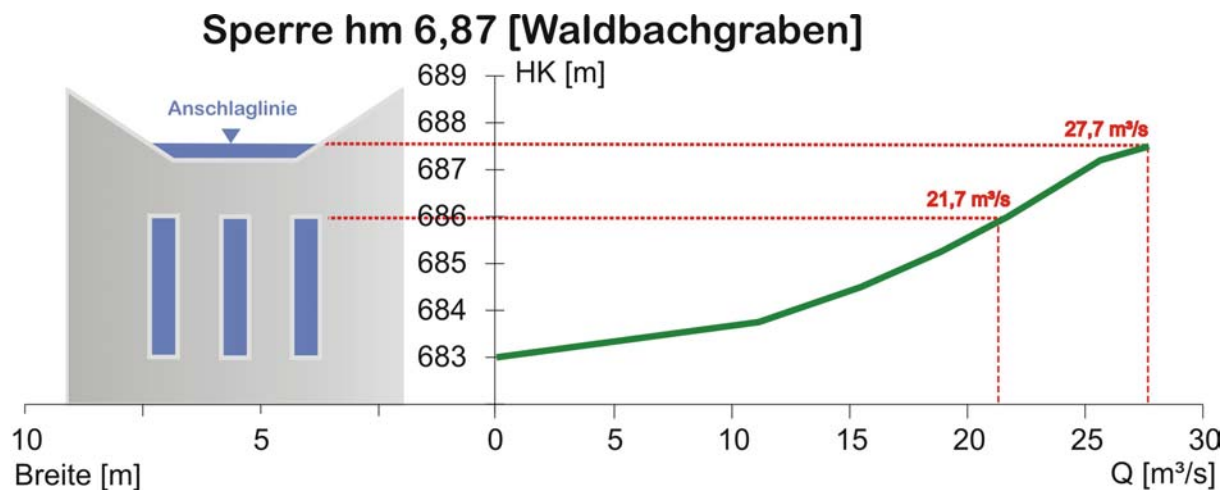


Abbildung 50: Abflusskurve Sperre Waldbachgraben hm 6,87

6.2.2.2 Sperre Waldbachgraben hm 1,29

Bei diesem Bauwerk sind ein Schlitz im Sperrenkörper, die Abflusssektion und Teile der Sperrenflügel bis zum Bruchzeitpunkt hydraulisch wirksam. Der Abfluss kann bis zu der erreichten Stauhöhe mit rund $37,8 \text{ m}^3/\text{s}$ bestimmt werden. Der Gerinneabfluss setzt sich aus dem Abfluss aus Profil 80 und 77 zusammen und erreicht einen Wert von $37,8 \text{ m}^3/\text{s}$. Es kann daher für diesen Gerinneabschnitt ein Abfluss von mindestens $38 \text{ m}^3/\text{s}$ angenommen werden, da sowohl die hydraulische Berechnung des Gerinneabflusses als auch der Abfluss beim Bauwerk den gleichen Wert aufweisen.

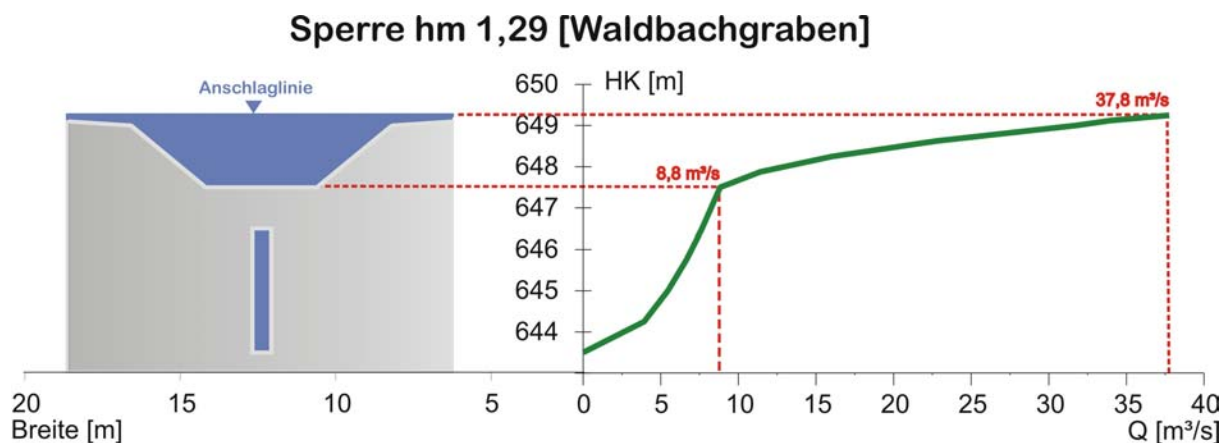


Abbildung 51: Abflusskurve Sperre Waldbachgraben hm 1,29

6.2.2.3 Brücke hm 73,85 (Steinhauerbrücke)

Die sogenannte Steinhauerbrücke wurde im Zuge des Ereignisses nach Aussagen eines Anrainers ca. 0,5 m überströmt. Dieses Profil wurde auf Grund der stabilen Sohle und der gut erkennbaren Anschlaglinie für die Abflussermittlung herangezogen. Die Durchflussgeschwindigkeit wird für den Brückenbereich mit 3 m/s

und für die überströmte Fläche mit 2 m/s gewählt. Somit ergibt sich ein Abfluss von 41 m³/s.

Brücke hm 73,85 Fischbach (Blick bachabwärts)

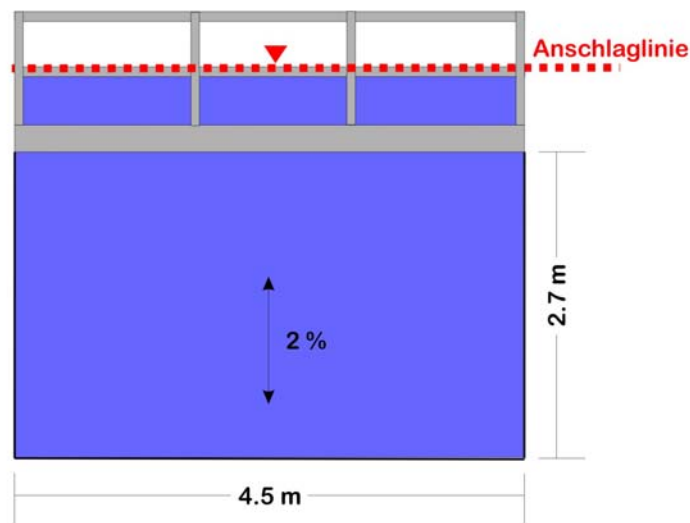


Abbildung 52: Profil bei Steinhauerbrücke (hm 73,85) mit Blick bachabwärts

6.2.2.4 Sperre Fischbach hm 53,45

Bei dieser Sperre wurden beim Ereignis die Abflusssektion und zum Teil die Flügel beansprucht. Es kann ein Abfluss von 62,7 m³/s ermittelt werden. Vergleicht man den Abfluss von rund 65 m³/s am gerinneaufwärts situierten Profil 4 bei hm 52,72, so lässt sich der Abfluss in diesem Gerinneabschnitt mit rund 63 m³/s festlegen.

Sperre hm 53,45 [Fischbach]

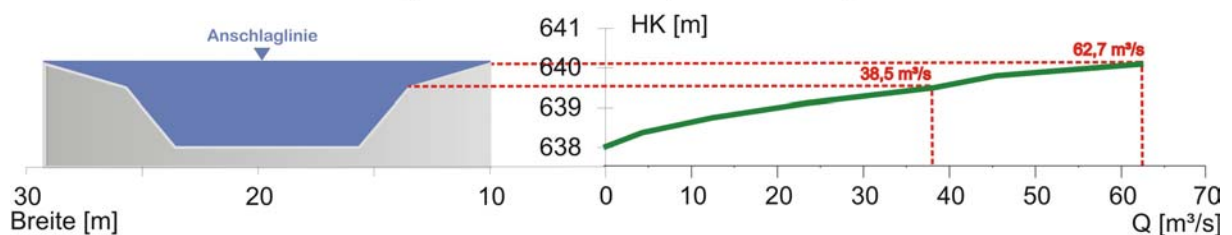


Abbildung 53: Abflusskurve Sperre Fischbach hm 53,45

6.2.2.5 Hochwasserrückhaltebecken Fischbach hm 41,16

Der Abfluss beim Auslassbauwerk des Rückhalterumes setzt sich aus dem natürlichen Hochwasserabfluss und dem Breschenabfluss zusammen. Der Grundablass, die Abflusssektion, der Zufahrtsweg und Teile der Flügel müssen in die Berechnung miteinbezogen werden. Es wird unterstellt, dass die beiden Klappen des Grundablasses geschlossen sind.

Aus der Nachrechnung ergibt sich ein Abfluss von $107 \text{ m}^3/\text{s}$, wenn die Anströmgeschwindigkeit beim Bauwerk auf Grund des großen Retentionsraumes Null beträgt und die überströmte Zufahrt mit einem Abfluss von ca. $12 \text{ m}^3/\text{s}$ ($A=8 \text{ m}^2$; $v_{\text{gewählt}} = 1,5 \text{ m/s}$) angenommen wird.

Grundablass	$37 \text{ m}^3/\text{s}$
Hochwasserentlastung	$50 \text{ m}^3/\text{s}$
Flügel	$8 \text{ m}^3/\text{s}$
Zufahrt	$12 \text{ m}^3/\text{s}$
Gesamt	$107 \text{ m}^3/\text{s}$

Tabelle 13: Rückgerechnete Abflüsse RHB hm 41,16

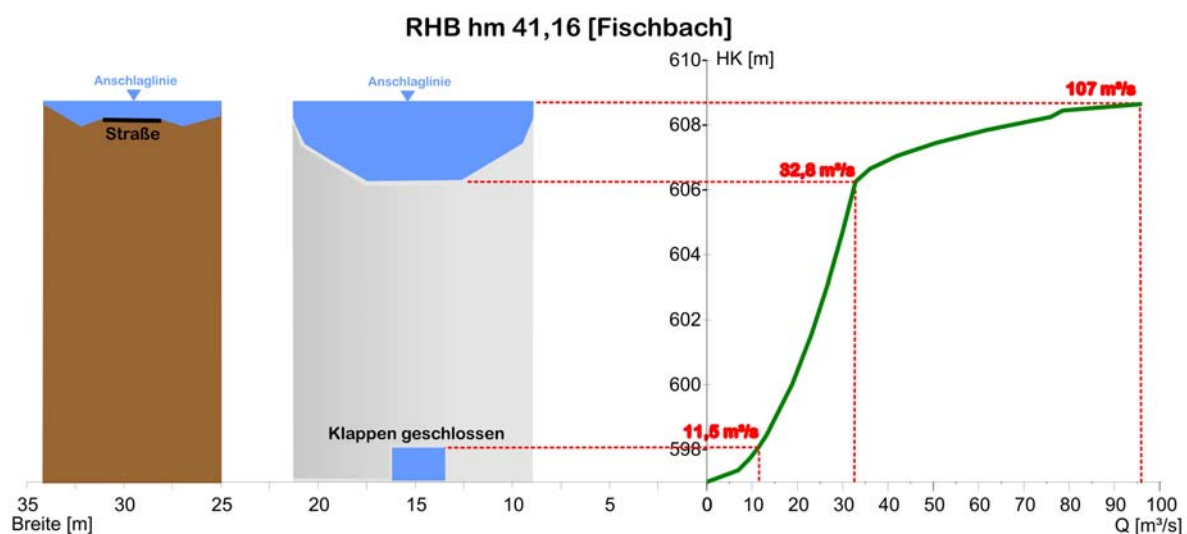


Abbildung 54: Abflusskurve RHB hm 41,16

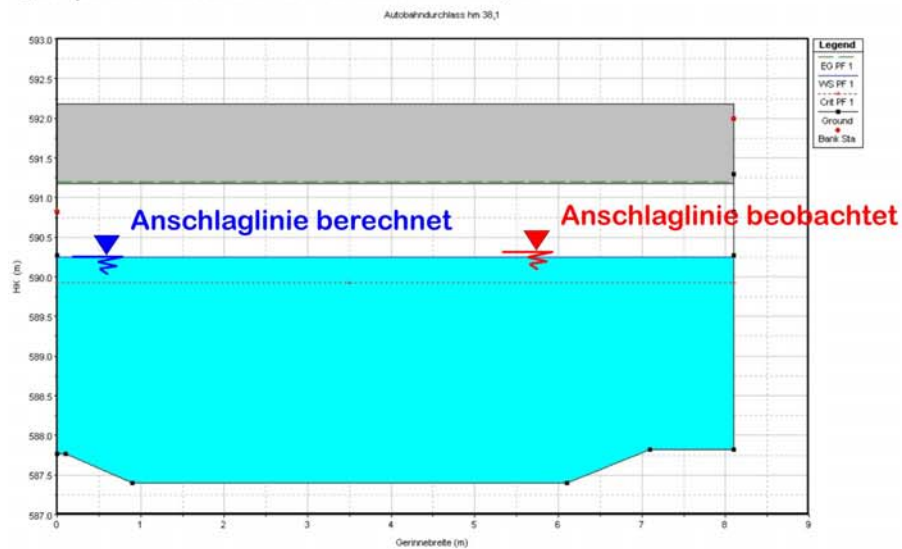
6.2.2.6 Fischbach hm 25,0 bis hm 38,1 (Autobahndurchlass)

Zur Kontrolle des berechneten Abflusses von hm 41,16 wurde der Gerinneabschnitt unterhalb des Autobahndurchlasses mit diesem Abfluss beaufschlagt und die errechneten Wasserspiegellagen mit den Anschlagmarken verglichen. Die Grundlagen für die Modellerstellung mit Hec-Ras stammen aus den unmittelbar nach dem Ereignis mit einfachen Mitteln aufgenommenen Querprofilen. Auf Grund der geringen Differenz kann der rückgerechnete Abfluss als plausibel betrachtet werden.

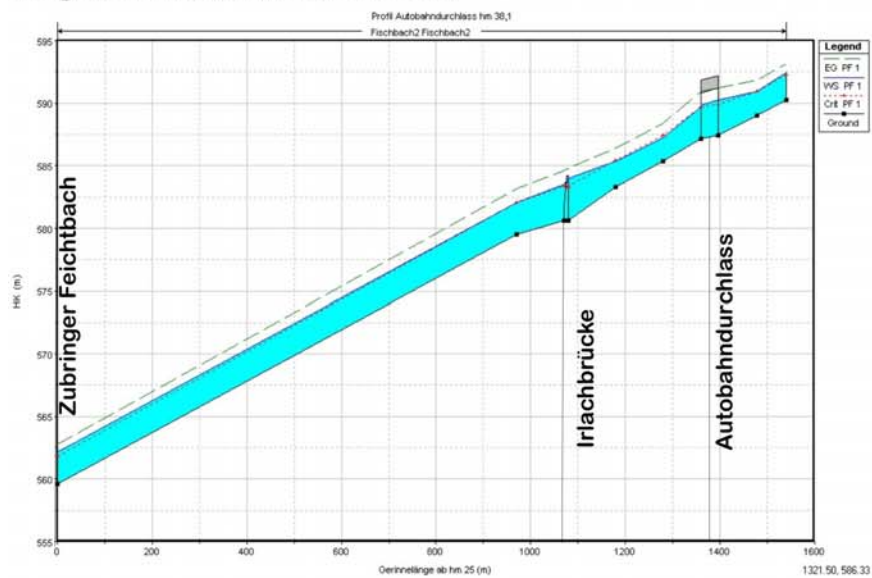
Profil	Q_{max} [m^3/s]	Berechneter WS [HK in m]	WS Ereignis [HK in m]	Differenz [m]
Autobahndurchlass hm 38,1	107	590,24	590,25	- 0,01
Irlachbrücke hm 35,0	107	584,09	583,80	+ 0,29
Zubringer Feichtbach hm 25,0	107	562,20	562,00	+ 0,20

Tabelle 14: Vergleich der errechneten Wasserspiegellagen von hm 25,0 bis 38,1

Querprofil Autobahndurchlass hm 38,10



Längsschnitt von hm 25,0 bis 39,4



Querprofil Irlachbrücke hm 35,0

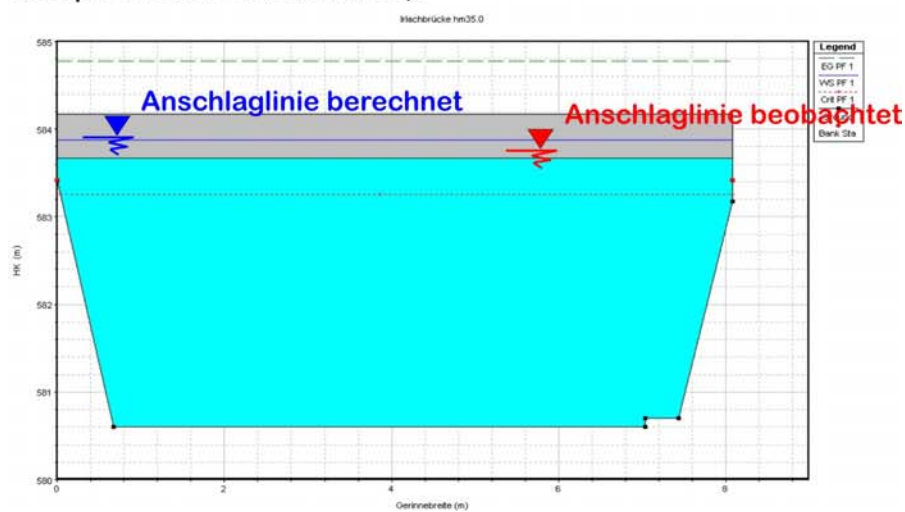


Abbildung 55: Hydraulische Profile hm 35,0 und 38,1 und Längsschnitt hm 25,0 bis 39,4

6.2.3 Abflüsse der Teileinzugsgebiete

Die Abbildung 56 zeigt die für die 12 Teileinzugsgebiete errechneten Spitzenabflüsse. Diese Abflüsse dienen als Eingangs- und Eichparameter für die hydrologische und hydraulische Simulation.

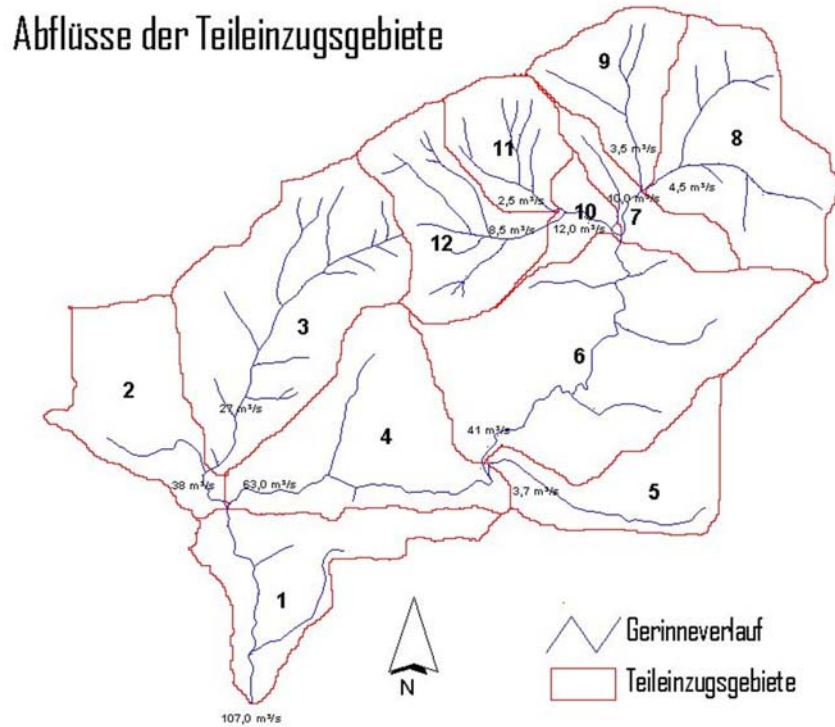


Abbildung 56: Übersicht Teileinzugsgebiete mit den Abflüssen an den Endknoten der Teileinzugsgebiete

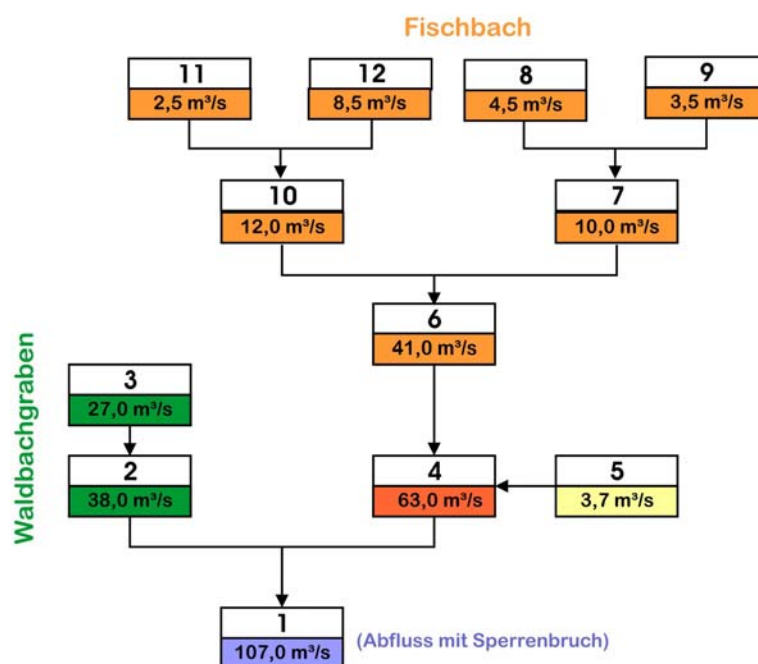


Abbildung 57: Kenndaten Abflüsse an den Endknoten der Teileinzugsgebiete

6.2.4 Vergleich der spezifischen Abflüsse

In der Praxis der Wildbach- und Lawinenverbauung ist die Abflussformel nach WUNDT (1950) weit verbreitet. Deshalb werden die spezifischen Abflüsse für die 97 Profilstandorte ermittelt. Wie Abbildung 58 zeigt, kann die Formel nach WUNDT für eine Abschätzung der Abflüsse aus kleinen Einzugsgebieten resultierend aus Starkregen verwendet werden. Rund 90 Prozent aller spezifischen Abflüsse liegen unter dem Kriterium von WUNDT.

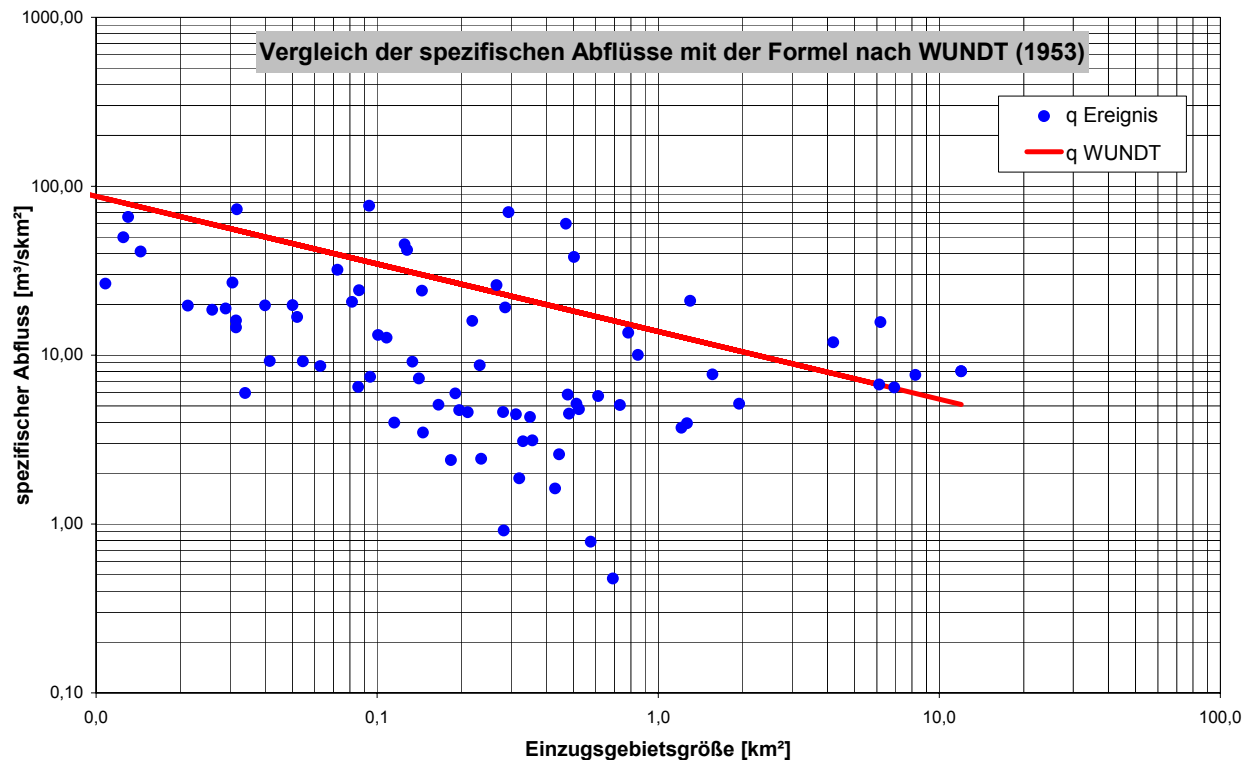


Abbildung 58: Vergleich der rückgerechneten spezifischen Abflüsse mit der Formel von WUNDT (1950)

6.3 Analyse des zeitlichen Ablaufs des Abflussgeschehens

Die Befragungen erstreckten sich vom Frenkenberg (oberhalb Zusammenfluss Fischbach und Waldbachgraben) bis ins Ortszentrum von Thalgau und wurden für 4 Bereiche getrennt ausgewertet.

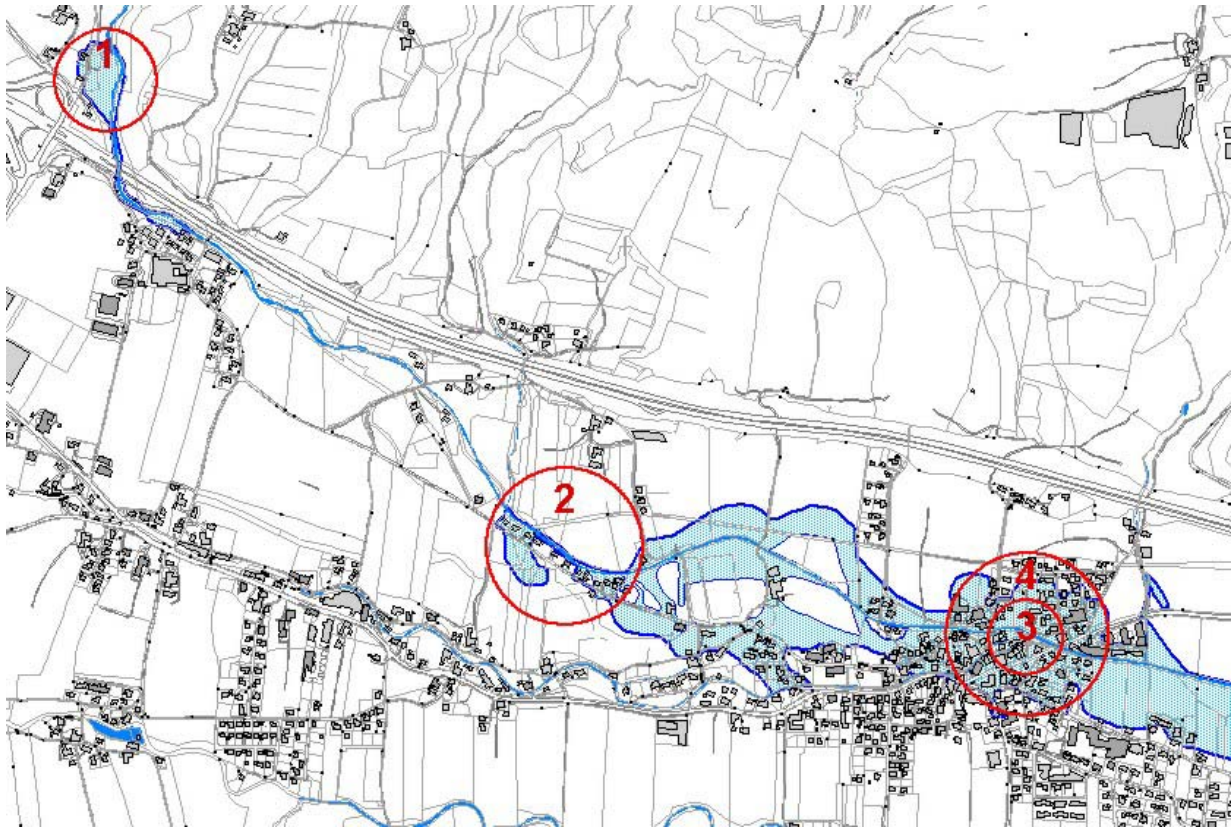


Abbildung 59: Überflutungsfläche mit einer Überblicksdarstellung der Bereiche 1-4.

6.3.1 Zeitliche Rekonstruktion des Abflusses im Befragungsbereich 1

Um 01:30 Uhr MEZ kontrolliert der Imker „Plainer Franz“ im Stauraum des Rückhaltebeckens seine Bienenstöcke (siehe Abbildung 60). Da diese und das Marterl im Rückhalteraum noch nicht eingestaut sind, kann ein Wasserspiegel auf Höhenkote 602,5 m für diesen Zeitpunkt angesetzt werden.

Von 02:05 bis 03:30 MEZ wurde der Zufahrtsweg überströmt. Von 03:30 bis 04:00 erfolgt der Abfluss über die Abflusssektion, ab 04:00 MEZ fällt der Wasserstand rasch ab. Diese Angaben beruhen auf den Aussagen der Anrainer unterhalb des Rückhaltebeckens (Familie Ebner) und der Berichte der Freiwilligen Feuerwehr Thalgau.



Abbildung 60: Situation um ca. 01:30 MEZ mit der rekonstruierten Wasserspiegellage



Abbildung 61: Situation um ca. 02:05 Uhr MEZ mit der hydraulisch beanspruchten Abflusssektion, der Sperrenflügel und dem Straßendurchlass

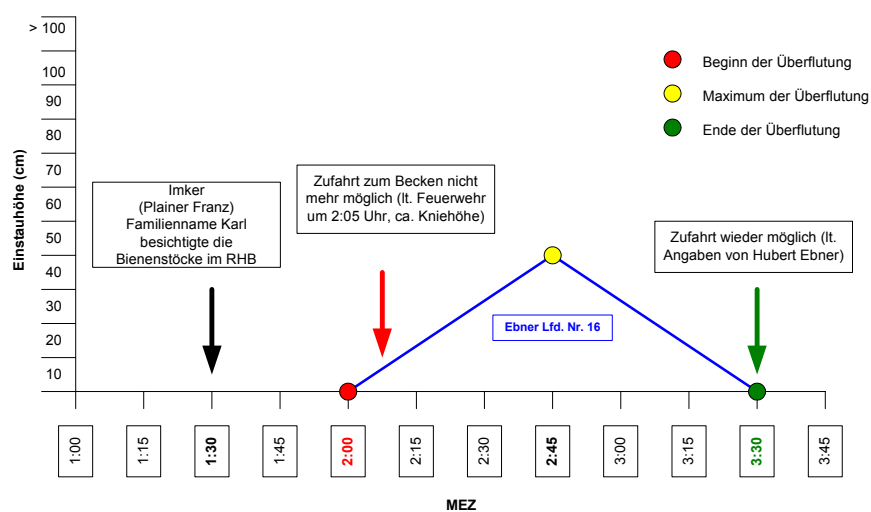


Abbildung 62: Zeitlicher Verlauf des Hochwasserabflusses und der Einstauhöhe beim Rückhaltebeckens hm 41,16 (Befragungsbereich 1)

Zur Rekonstruktion des Hydrographen beim Rückhaltebecken hm 41,16 werden die im jeweiligen Beobachtungszeitraum festgestellten Wasserspiegellagen in den korrespondierenden Abfluss umgerechnet (Tabelle 15).

Zeit [MEZ]	Wasserspiegellage	Q [m³/s]	Angaben der Betroffenen
00:30	Grundablass beansprucht	ca. 15-20	Zufahrt zum Frenkenbergbauer noch möglich (Aichriedler Elfriede)
01:30	Höhenkote 602,5 m (5,5 m Einstauhöhe bis Höhe Bienenstöcke, „Marterl“)	26	Zufahrt ins Becken noch möglich, Bienenstöcke noch nicht unter Wasser,
02:05	Abflusssektion, Flügel und Zufahrt beansprucht	107	Angaben lt. Feuerwehr und Anrainer (Ebner)
03:30	Abflusssektion beansprucht	86	Angabe Hr. Ebner Jun.
04:00	Wasserstand fällt rasch	Rund 30	Angabe Hr. Ebner Jun.

Tabelle 15: Zeitlicher Verlauf der Hochwasserwelle beim Hochwasserrückhaltebecken im Ereigniszeitraum zwischen 00:00 Uhr und 04:30 Uhr MEZ am 17.07.02

Der maximal beim Ereignis vom 17.7.2002 aufgetretene Abfluss kann somit mit rund 107 m³/s festgelegt werden. Die mit obigen Angaben rekonstruierte Ganglinie zeigt Abbildung 63. Mit diesem Hydrographen lässt sich auch die Abflussfracht für den Ereigniszeitraum zwischen 00:00 Uhr und 04:30 Uhr MEZ abschätzen, die in etwa 944.100 m³ betrug. Diese Fracht setzt sich aus dem Grundablass ($V_A=503.958 \text{ m}^3$), der Abflusssektion ($V_A=308.245 \text{ m}^3$) und dem Anteil der überströmten Zufahrt ($V_A=131.913 \text{ m}^3$) zusammen.

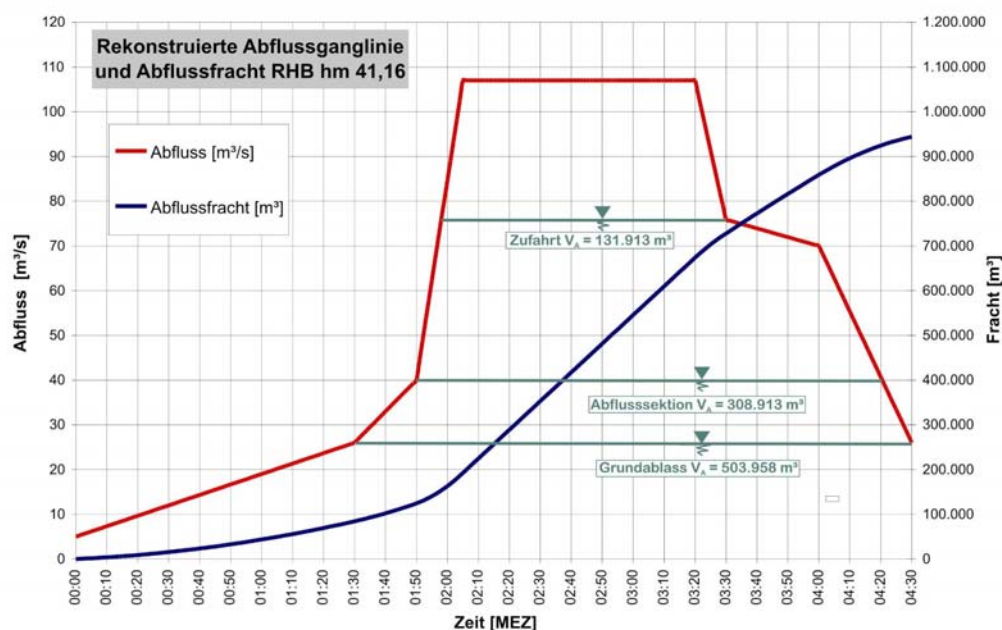


Abbildung 63: Ganglinie und Abflussfracht bei hm 41,16 im Zeitraum von 00:00 Uhr bis 04:30 Uhr MEZ

6.3.2 Zeitliche Rekonstruktion des Abflusses im Befragungsbereich 3 (Zusammenfluss Fischbach – Brunnbach) und rekonstruierter Spitzenabfluss

Im Ortszentrum brach der Fischbach bei hm 12–13 laut Angaben von Berner Hans (Lfd. Nr. 14 im Anhang B4) um ca. 01:00 Uhr MEZ rechtsufrig aus. Im Bereich des Zusammenflusses Fischbach und Brunnbach (hm 11) trat der Bach um ca. 1:30 Uhr MEZ über die Ufer und setzte die Thalgauger Landesstrasse bereits 0,2 bis 0,3 m unter Wasser (lt. Angaben von Stefan Eiterer, lfd. Nr. 17 im Anhang B4 bis zur zweiten Stufe am Hauseingang).

Diese erste Überflutung zwischen hm 11 und 13 passierte zu einem Zeitpunkt, bei dem der Hochwasserretentionsraum (hm 41,16) noch nicht voll beansprucht wurde, sondern lediglich der Grundablass mit einem Abfluss von ca. 26 m³/s (Einstauhöhe ca. 5,5 m, siehe Abbildung 60). Unter der Berücksichtigung des linksufrigen Zubringers Feichtbach bei hm 24,9 (HQ₁₅₀ = 10,7 m³/s, Angabe WLW, Projekt 1995) und des linksufrigen Zubringers Schörghubach bei hm 14,8 (HQ₁₅₀ = 8,2 m³/s, Angabe WLW, Projekt 1995) ergibt sich ein Abfluss vor der Einmündung des Brunnbaches von ca. 45 m³/s. Entsprechend dem Verbauungsprojekt 1995 kann der Fischbach einen Reinwasserabfluss von 46 m³/s schadlos abführen. Da der Brunnbach zu diesem Zeitpunkt seinerseits Hochwasser führte, wurde die Situation im Bereich Zusammenfluss Brunnbach mit Fischbach (hm 11) verschärft und führte zu den oben angeführten Überflutungen.

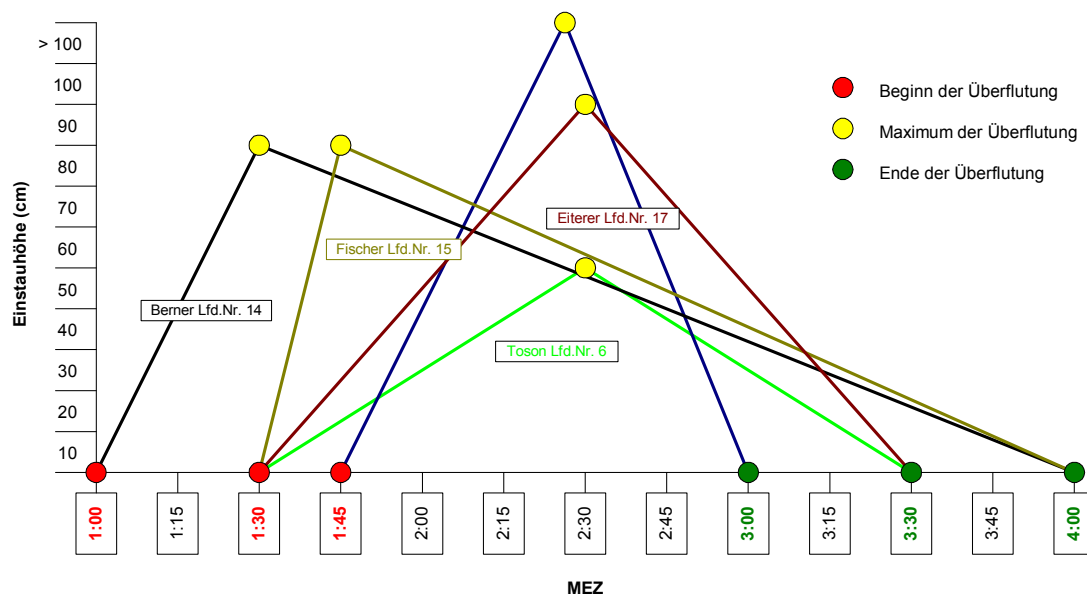


Abbildung 64: Zeitliche Abfolge des Hochwasserabflusses und der Einstauhöhe im Bereich Zusammenfluss Fischbach-Brunnbach bei hm 11 im Befragungsbereich 3

6.3.3 Zeitliche Rekonstruktion des Abflusses im Befragungsbereich 2 und 4

Ab 02:15 Uhr MEZ meldet die Feuerwehr zahlreiche Notrufe. Im Bereich Unterdorf (Befragungsbereich 2) bei der Einmündung des Feichtbachs in den Fischbach (hm 24,8) beobachteten die Bewohner Graml (Unterdorf 101) und Brandstätter (Unterdorf 226) ein Überfluten des Gartens um ca. 02:30 Uhr MEZ (Lfd. Nr. 2 und 3 im Anhang B4). Hr. Labek (Lfd.Nr. 4 im Anhang B4), wohnhaft Enzersbergerstr. 34 (hm 22,5), berichtete von einem raschen Wasseranstieg mit der Überflutung des Gartens um ca. 02:15 Uhr MEZ. Der rechtsufrige Ausbruch ab hm 22,5 erfolgte großflächig bis zum Brunnbach (siehe Anhang B4), dieser trat rechtsufrig über die Ufer und überflutete somit ab dem Bereich Gasthof Santner das Ortsgebiet bis hm 4 großflächig. Linksufrig brach der Fischbach erstmals zwischen hm 21 und hm 21,5 aus und überschwemmte den linksufrigen Bereich bis hm 8. Im Anhang B4 ist der zeitliche Ablauf des Abflussgeschehens mit der Anschlaglinie und den beobachteten maximalen Wasserständen an zahlreichen Standpunkten dargestellt.

Die folgenden Abbildungen zeigen den Beginn, Maximum und das Ende der Überflutung an den Befragungsstandorten 2 und 4 mit der beobachteten maximalen Einstauhöhe.

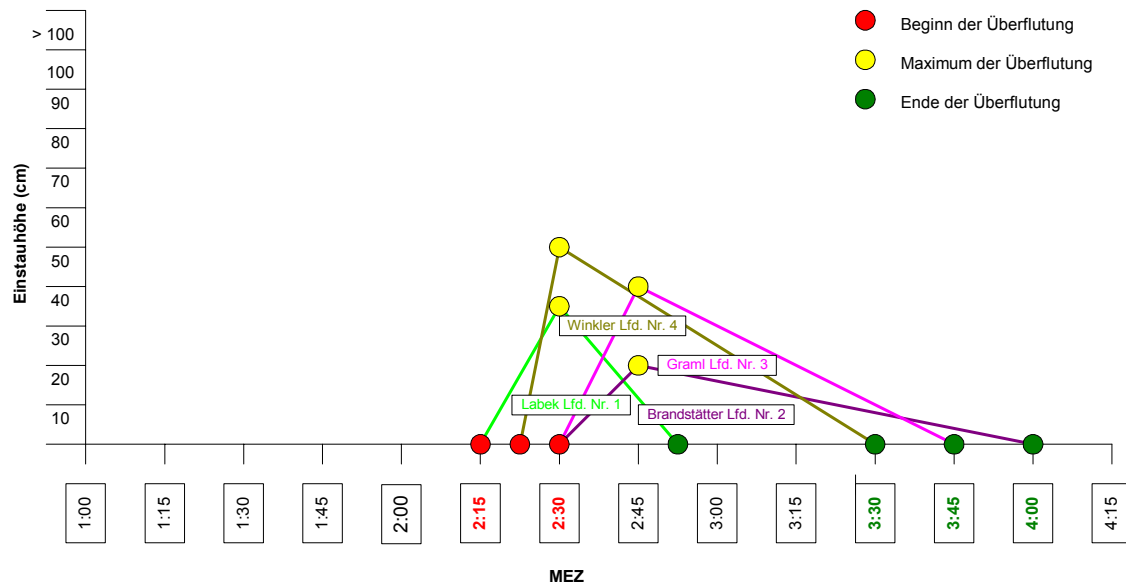


Abbildung 65: Zeitliche Abfolge des Hochwasserabflusses und der Einstauhöhe unterhalb des Zubringers Feichtbach bei hm 24,8 im Befragungsbereich 2

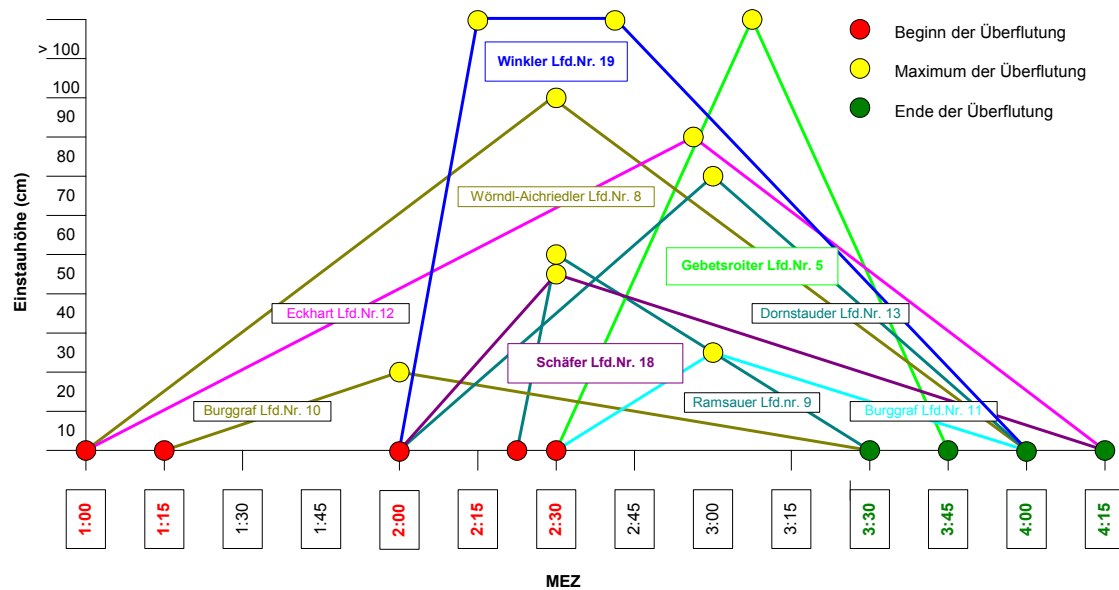


Abbildung 66: Zeitliche Abfolge des Hochwasserabflusses im Befragungsbereich 4

6.3.4 Beginn und Ende des Hochwasserabflusses im Siedlungsgebiet von Thalgau

Die nachfolgende Abbildung 67 zeigt den Beginn, Ende und die Zeitdauer der Überflutung an den einzelnen Befragungsstandorten. Die Dauer der Überflutung wird anhand der dargestellten Balken deutlich. Die Überflutung dauerte im Befragungsbereich 4 in etwa 1 Stunde, während diese im Befragungsbereich 3 rund 2 Stunden betrug.

Erstmals trat der Fischbach im Bereich Zusammenfluss Fischbach-Brunnbach (hm 11,0) um ca. 01:23 Uhr MEZ über die Ufer (Aussagen Berner, Eiterer, Toson, Schäfer). Dieser Zeitpunkt kann noch nicht als der eigentliche Beginn des Hochwasserereignisses angesehen werden, da es nur zu einer geringen Überflutung im Befragungsbereich 3 kam.

Das Rückhaltebecken (hm 41,16) ging zwischen 02:00 und 02:05 Uhr MEZ über. Nimmt man diese Zeiten als Anhaltswert, so ergibt sich eine Fließzeit der Hochwasserwelle vom Rückhaltebecken bis ins Ortszentrum von zirka 10–15 Minuten, woraus sich eine Abflussgeschwindigkeit von 3 - 5 m/s errechnet. Vergleicht man diese Werte mit den Aussagen der Betroffenen im Befragungsbereich 2, so müsste die Überflutung im Bereich hm 22 – 24 (Bereich Labek, Enzersbergerstr. 34) zwischen 2:11 und 2:14 Uhr MEZ passiert sein.

Die Familie Labek teilte mit, dass der Fischbach ab ca. 2:15 Uhr überbordete. Von diesem Bereich ausgehend trat der Fischbach links- und rechtsufrig über die Ufer.

Unterstellt man von diesem Punkt ausgehend wieder die Abflussgeschwindigkeit von 3-5 m/s, dann kann der Beginn der zweiten Überflutung im Ortszentrum zwischen 2:15 und 2:21 Uhr MEZ angenommen werden.

Die Zeitangaben zum Ende der Überflutung schwanken zwischen 03:00 und 05:00 Uhr MEZ. Für das Ortszentrum wurde das Ende zwischen 03:40 Uhr und 04:00 Uhr MEZ angegeben.

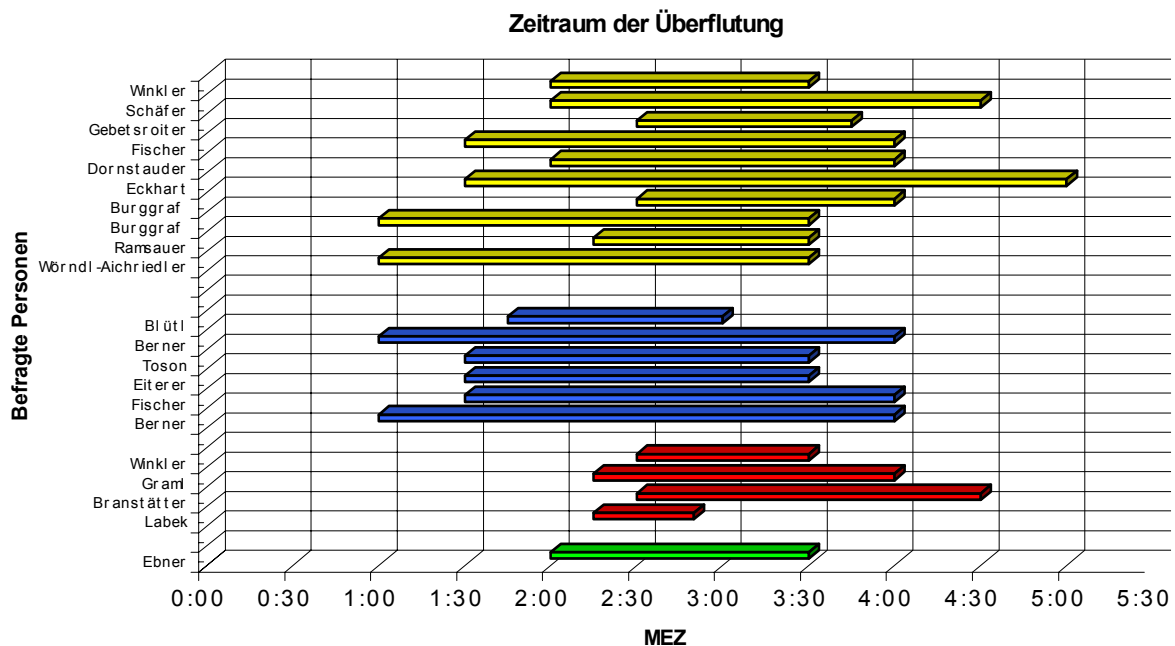


Abbildung 67: Darstellung der Aussagen der befragten Personen zur Überflutungsdauer. (Grün (Befragungsbereich 1), Rot (Befragungsbereich 2), Blau (Befragungsbereich 3), Gelb (Befragungsbereich 4))

7 Zusammenfassung

Der vorliegende Band 1 beinhaltet die Dokumentation und Analyse der Niederschläge, der Abflüsse und des zeitlichen Ablaufs der Hochwasserwelle.

Zur Ermittlung des Niederschlags werden einerseits die Messdaten der Niederschlagsstationen im und im Umkreis des Einzugsgebiets erhoben, andererseits zur Berechnung des Gebietsniederschlags die von der Austro Control zur Verfügung gestellten Wetterradardaten ausgewertet.

An der Station Thalgauberg wurden 139,5 mm mit dem Ombrometer und 136,5 mm mit der Niederschlagswaage gemessen, wobei der Grossteil des Niederschlages zwischen 00:30 und 02:30 MEZ mit Intensitäten bis zu 5,4 mm/min fiel. Der Niederschlagsverlauf folgt etwa der DVWK-Empfehlung. Die Niederschlagssummen in den einzelnen Teileinzugsgebieten schwanken zwischen 90 und 150 mm, die Niederschlagsfracht für das gesamte Einzugsgebiet beläuft sich auf rund 1.500.000 m³. Das Wiederkehrintervall für dieses Niederschlagsereignis mit einer Dauer von rund 2 Stunden ist mit über 100 Jahren anzusetzen.

Die Berechnung der Spitzenabflüsse an 97 natürlichen Querprofilen im gesamten Einzugsgebiet erfolgt mit verschiedenen Berechnungsansätzen. Zusätzlich werden die maximalen Abflüsse an Sperrenstandorten ermittelt. Der natürliche Abfluss aus dem Waldbachgraben beträgt rund 38 m³/s, der aus dem Fischbach bei hm 53,45 rund 63 m³/s. Am Autobahndurchlass bei hm 38,1 errechnet sich ein Abfluss nach Sperrenbruch von rund 107 m³/s. Aus der am Rückhaltebecken bei hm 41,16 rekonstruierten Ganglinie lässt sich eine Abflussfracht von mindestens 945.000 m³ ableiten.

Die ersten durch den Fischbach hervorgerufenen Überflutungen treten am 17. Juli 2002 im Bereich des Zusammenflusses von Fischbach und Brunnbach ab 01:00 MEZ auf. Ab 02:00 MEZ beginnt das Rückhaltebecken zu überborden, wodurch die Siedlung zwischen Rückhaltebecken und Autobahndurchlass in Mitleidenschaft gezogen wird. Ab 02:11 MEZ tritt der Fischbach rechtsufrig bei hm 24 über die Ufer, der zentrale Siedlungsraum von Thalgau wird ab 02:15 MEZ überschwemmt, wobei der Höchststand des Hochwassers dort zwischen 02:30 und 03:00 MEZ erreicht wird. Die Zufahrt zum Rückhaltebecken wird ab 03:30 MEZ wieder frei, im Ortszentrum selber klingt die Hochwasserwelle zwischen 03:40 und 04:00 MEZ ab.

8 Literaturverzeichnis

- DVWK (1984): Arbeitsanleitung zur Anwendung von Niederschlags-Abfluß-Modellen in kleinen Einzugsgebieten, Teil 2, Hrsg. Dt. Verb. Für Wasserwirtschaft u. Kulturbau, Paul Parey - Verlag, Hamburg
- HÖLZEL E. (1977): Österreichischer Atlas für höhere Schulen; geographisches Institut Ed. Hölzel, Wien
- HODEL, H., LEHMANN, CH. (2000): Mittlere Fließgeschwindigkeit in Wildbächen und Gebirgsflüssen – Welche Maximalwerte sind realistisch?; Interpraevent Villach / Österreich, Band 3, Seite 155 – 165
- JARRETT, R. (1984): Hydraulics of high-gradient streams; J: Hyd. Eng., 110,11
- LEHMANN, C. (1993): Zur Abschätzung der Feststofffracht in Wildbächen: Grundlagen und Anleitung., Geographica Bernensia, VII, Reihe G: 42, Geographisches Institut d. Univ. Bern
- LORENZ,P., SKODA.,G. (2000): Bemessungsniederschläge kurzer Dauerstufen ($D \leq 12$) mit inadäquaten Daten. Mitteilungsblatt Nr. 80 des Hydrographischen Dienstes in Österreich, Wien
- MAUL-KÖTTER, B., (1998): Nutzung von radargemessenen Niederschlagsdaten in der wasserwirtschaftlichen Modelltechnik; Jahresbericht des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen; S. 49 ff, Internet: <http://www.lua.nrw.de/veroeffentlichungen/jahresberichte/1998/HAUPT2.pdf>
- RICKENMANN, D. (1996): Fließgeschwindigkeiten in Wildbächen und Gebirgsflüssen, wasser, energie, luft, 88. Jahrgang, Heft 11/12, CH-5401 Baden
- RICKENMANN, D., WEBER, D. (2000): Flow resistance of natural and experimental debris flows in torrent channels; 2nd Int. Conf. Debris-flow hazards mitigation
- RÖSSERT, R. (1988): Hydraulik im Wasserbau, Oldenburg Verlag, 7. Auflage, München-Wien
- RUF, G. (1988): Neue Ergebnisse über die Fließgeschwindigkeit in sehr rauen Gerinnen (Wildbächen); Interpraevent, Graz / Österreich, Band 4, Seite 165 – 176
- SCHIMPF, H., (1970): Untersuchungen über das Auftreten beachtlicher Niederschläge in Österreich; Österreichische Wasserwirtschaft, Jahrgang 22., Heft 5/6, S. 121ff

- STRICKLER, A. (1923): Beiträge zur Frage der Geschwindigkeitsformel und der Rauigkeitszahlen für Ströme, Kanäle und geschlossene Leitungen; Mitteilungen Nr. 16 des Amtes für Wasserwirtschaft, Bern
- WEHRMANN, A. (1950): Die überströmten Querwerke der Wildbachverbauung, Wien
- WLV, Gbltg. Flach- und Tennengau (1995): Technischer Bericht zum Verbauungsprojekt Fischbach, Salzburg, unveröffentlicht
- WUNDT, W. (1950): Die größten Abflussspenden in Abhängigkeit von der Fläche; Wasserwirtschaft, S. 59 – 64, Stuttgart
- ZELLER, J. (1974): Starkniederschläge und ihr Einfluss auf Hochwasserereignisse; Eidg. Anstalt für forstliches Versuchswesen, Bericht Nr. 126
- ZELLER, J. (1988): Starkniederschläge und ihr Einfluss auf Hochwasserereignisse; Eidg. Anstalt für forstliches Versuchswesen Bericht Nr. 126

9 Verwendete Datengrundlagen

- AUSTROCONTROL: Wetterradardaten vom 17.07.02
- FALLY, G.: Geodätische Vermessung des Fischbachgerinnes bzw. des Waldbachgrabens inklusive Anschlaglinien
- HD-SALZBURG: Niederschlagsdaten der Stationen Thalgauberg, Eugendorf, Fuschl am See für den Ereigniszeitraum, Starkregenauswertung
- SAGIS-Basisdaten: digitale Grundkarte (Vektordaten – DHM), Bodenkarte Thalgau, digitale Orthofotos, digitale Katastralmappe
- BEV: digitales Geländehöhenmodell (Rasterweite 10 Meter), KM50-R (ÖK 50) Kartenblatt 64
- WLV, Gbltg. Flach- und Tennengau: Kartierte Überflutungsflächen im Siedlungsgebiet (Wehrmann)