



Universität für Bodenkultur Wien
Department Bautechnik und Naturgefahren
Institut für Alpine Naturgefahren (IAN)

Peter Jordan Str. 82
A-1190 WIEN

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



IAN REPORT 136

Grundlagenerhebung für die Gefahrenzonenplanerstellung am
Kleinkirchheimerbach im Bezirk Spittal an der Drau



Im Auftrag:

**Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und
Lawinerverbauung**

Sektion Kärnten

**Gebietsbauleitung Liesertal u. Ossiacher
Seebecken**



lebensministerium.at

**Report 136:
Grundlagenerhebung für die
Gefahrenzonenplanerstellung am Kirchheimerbach im
Bezirk Spittal an der Drau**

Im Auftrag von:

Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung
Sektion Kärnten, Gbltg. Liesertal u. Ossiacher Seebecken

GZ: 3/44 160 (132 - 09)

Projektleitung: Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Hübl Johannes

Mitarbeiter: Georg Weissensteiner



Universität für Bodenkultur
Department Bautechnik und Naturgefahren
Institut für Alpine Naturgefahren



Peter Jordan Str. 82
A – 1190 Wien

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

Inhaltsverzeichnis

1	Beschreibung des Einzugsgebietes	10
1.1	Geografische Beschreibung	10
1.2	Geologie.....	16
1.2.1	Gesteine	17
1.2.2	Tektonik.....	17
1.2.3	Thermalquellen	18
1.3	Klima	20
1.4	Landnutzung	21
1.5	Boden.....	24
1.6	Wuchsgebiet.....	25
2	Bachgeschichte, Verbauungschronik	27
2.1	Schadenschronik.....	27
2.2	Verbauungschronik.....	29
3	Hydrologie	30
3.1	Niederschlag	30
3.1.1	Extremwertstatistische Auswertung langjähriger Messreihen	31
3.1.2	Maximierte Modellniederschläge (MaxModN) nach LLORENZ und SKODA 2000.....	35
3.1.3	Auswertung der Starkniederschlagskarten des HAÖ	38
3.1.4	eHyd Bemessungsniederschläge	39
3.1.4.1	eHyd Bemessungsniederschläge für die spätere Szenarienbildung.....	41
3.1.5	Landregen.....	42
3.1.6	Vergleich der einzelnen Bemessungsmethoden	43
3.2	Jahresniederschlag	44
3.3	Niederschlagsszenarien	45
3.3.1	Räumliche Niederschlagsszenarien - Grundlagen	45
3.3.2	Zeitliche Niederschlagsszenarien - Grundlagen	46
3.3.2.1	Blockregen.....	46
3.3.2.2	DVWK-Empfehlung.....	47
3.3.3	Räumlich-zeitliche Niederschlagsszenarien - Auswertung.....	47

4	Abfluss	49
4.1	Abgrenzung von Teileinzugsgebieten.....	49
4.2	Festlegung der Gewässerknoten.....	51
4.3	Abflusssimulation mit den NA-Modellen.....	52
4.3.1	Abflusssimulation nach ZEMOKOST.....	52
4.3.2	Abflusssimulation nach IWK-HW.....	57
4.3.3	HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System.....	61
4.3.3.1	Ermittlung des Niederschlags sowie des Gebietsrückhalts und des daraus resultierenden abflusswirksamen Niederschlags (SCS-Curve Number Loss):.....	63
4.3.3.2	Ermittlung der Abflussganglinien (SCS-Unit Hydrograph Transform).....	65
4.3.3.3	Modellierung der Fortpflanzung der Hochwasserwelle im Gerinne (Kinematic Wave Routing).....	66
4.3.4	Ergebnisse der NA - Modelle.....	67
4.4	Abschätzung der Bemessungsabflüsse nach LÄNGER und MOSER.....	73
4.4.1	Hochwasser – Abflussmengen nach Eugen LÄNGER.....	73
4.4.2	Regionalisierung von Hochwasserkennwerten in Kärnten nach MOSER.....	75
4.4.3	Ergebnisse der Hochwasserabschätzung nach LÄNGER und MOSER.....	79
4.5	Gegenüberstellung der Ergebnisse.....	80
5	Geschiebesimulation mit SETRAC	85
5.1	Allgemeine Modellbeschreibung.....	85
5.1.1	Verwendete Formeln.....	87
5.1.1.1	Fließgeschwindigkeit.....	87
5.1.1.2	Geschiebetransport und Bewegungsbeginn.....	89
5.1.1.3	Deckschicht.....	90
5.1.1.4	Formverluste.....	90
5.2	Modellerstellung.....	92
5.3	Simulation.....	94
5.3.1	Geschiebeeintrag.....	94
5.3.2	Charakteristische Korngrößen.....	95
5.3.3	Eingangsdaten.....	100
5.4	Ergebnisse des Geschiebetransports.....	101
5.4.1	Geschiebetransport im Kleinkirchheimerbach.....	102
5.4.2	Geschiebetransport im St. Oswalderbach.....	104
5.5	Verifizierung.....	105
6	Zusammenfassung	106

7	Literatur.....	109
8	Abkürzungsverzeichnis	114
9	ANHANG	117
9.1	Anhang A: Festgelegte Abflussklassen nach ZEMOKOST	117
9.2	Anhang B: Rauigkeitsklassen nach ZEMOKOST	118
9.3	Anhang C: Gebietsspezifischen Kenngrößen für IWK-HW	119
9.4	Anhang D: Auswertung der HEC-HMS Daten	121
9.5	Anhang E: Weitere Ergebnisse der NA Modelle	123
9.6	Anhang F: Ermittlung der Hochwasserspitze nach LÄNGER.....	126
9.7	Anhang G: Verbauungsmaßnahmen	128
9.7.1	Kleinkirchheimerbach (20601-01):	128
9.7.2	St. Oswalderbach (20601-01.03):.....	131
9.7.3	Brunnachbachl (20601-01.03d_3):.....	133
9.7.4	Kmölnigbach (20601-01.05):	134
9.7.5	Zirkitzenbach (20601-01.06):.....	137
9.7.6	Dragebachl (20601-01.07):.....	139
9.7.7	Ottingerbach (20601-01.12):.....	141
9.7.8	Stücklergraben (20601-01.13):.....	143

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Geographische Lage von Spittal an der Drau	10
Abbildung 2:	Einzugsgebiet des Kleinkirchheimerbaches - Politische Grenzen.....	13
Abbildung 3:	Einzugsgebietes des Kleinkirchheimerbaches – ÖK50 (Blatt 3106).....	14
Abbildung 4:	Orthophoto des Einzugsgebietes des Kleinkirchheimerbaches mit Einzugsgebietsabgrenzung der WLV	15
Abbildung 5:	Geologischer Überblick über das Oberostalpin.....	16
Abbildung 6:	Geologie für den Ort Bad Kleinkirchheim in Kärnten, Blatt 183.	19
Abbildung 7:	Klimadiagramm für die Stadt Radenthein in Kärnten	21
Abbildung 8:	Landnutzungsklassen nach SEGER für den Kleinkirchheimerbach	22
Abbildung 9:	Bodenklassen des Kleinkirchheimerbaches	24
Abbildung 10:	Wuchsgebiete im Einzugsgebiet.....	25
Abbildung 11:	Lage der Messstationen des Hydrografischen Dienstes.....	31
Abbildung 12:	Niederschlagshöhen h_N ($T [a] = 100$) der Gumbelanalyse mit 95%-Konfidenzintervall, Mittelwert \bar{x}	33
Abbildung 13:	Beobachtete maximale Tagesniederschläge	34
Abbildung 14:	Niederschlagshöhen des Eintagesniederschlages ($T [a] = 100$) in [mm]	35
Abbildung 15:	Orographisch-konvektiver Verstärkungsindex OKV [%].....	38
Abbildung 16:	Extrapolation der Niederschlagsdaten der Starkniederschlagskarten des HAÖ	39
Abbildung 17:	Vergleich der einzelnen Bemessungsmethoden (graphische Darstellung)	44
Abbildung 18:	Unterteilung des Einzugsgebietes für räumliche Szenarien	45
Abbildung 19:	Blockförmiger Verlauf der Intensitäten.....	46
Abbildung 20:	DVWK Empfehlung des Verlaufes der Intensitäten.....	47
Abbildung 21:	Übersicht über die Teileinzugsgebiete und die Gewässerknoten	50
Abbildung 22:	Laufzeitmodell.....	53
Abbildung 23:	Schema für die Zuordnung der Abflussbeiwertklassen	56
Abbildung 24:	Oberflächenrauigkeitsklassen	57
Abbildung 26:	Kenngrößen der Einheitsganglinie nach LUTZ.....	60
Abbildung 27:	Flussordnungskonzept für HEC-HMS.....	62
Abbildung 27:	Ganglinien der Auswertungen für Punkt 0.....	69
Abbildung 28:	Ganglinien der Auswertungen für Punkt 15.....	71
Abbildung 29:	Ganglinien der Auswertungen für Punkt 3.....	73
Abbildung 30:	Auszug aus der Karte der Gebietsfaktoren GF100 für Kärnten (rot = Bad Kleinkirchheim)	76
Abbildung 31:	Berechnungsergebnisse nach MOSER.....	77
Abbildung 32:	Jährlichkeitsdiagramm nach MOSER	78
Abbildung 33:	Vergleich der Ergebnisse am Punkt 0 (Mündung BKK).....	81

Abbildung 34:	Häufigkeit und kumulative Verteilung am Punkt 0 (Mündung BKK)	82
Abbildung 35:	Vergleich der Ergebnisse am Punkt 15 (BKK bis Mündung St. Oswalderbach)	82
Abbildung 36:	Vergleich der Ergebnisse am Punkt 3 (Mündung St. Oswalderbach)	83
Abbildung 37:	Gegliedertes Querprofil mit Visualisierung der Fließgeschwindigkeit der einzelnen Streifen	86
Abbildung 38:	SETRAC Gewässersystem Bad Kleinkirchheimer und St. Oswalderbach und deren Zubringer	94
Abbildung 39:	Messpunkte der Linienzahlanalyse im Einzugsgebiet	96
Abbildung 40:	Repräsentative Korngrößenverteilung für den Kleinkirchheimerbach	98
Abbildung 41:	Repräsentative Korngrößenverteilung für den St. Oswalderbach	99
Abbildung 42:	Vergleich der Geschiebefrachtogramme des Kleinkirchheimerbaches 90 min	103
Abbildung 43:	Vergleich der Geschiebefrachtogramme des Kleinkirchheimerbaches 12 h	103
Abbildung 44:	Vergleich der Geschiebefrachtogramme des St. Oswalderbach 90 min	104
Abbildung 45:	Vergleich der Geschiebefrachtogramme des St. Oswalderbach 12 h	105
Abbildung 46:	Verbauung am Kleinkirchheimerbach hm 38,00 – 47,67	128
Abbildung 22:	Verbauung am Kleinkirchheimerbach hm 49,18 – 57,30	129
Abbildung 48:	Verbauung am Kleinkirchheimerbach hm 59,97 – 77,63	130
Abbildung 49:	Verbauung am St. Oswalderbach hm 0,18 – 15,04	131
Abbildung 50:	Verbauung am St. Oswalderbach hm 22,40 – 29,64	132
Abbildung 51:	Verbauung am Brunnachbachl hm 0,00 – 3,51	133
Abbildung 52:	Verbauung am Kmölnigbach hm 1,87 – 7,865	134
Abbildung 53:	Verbauung am Kmölnigbach hm 10,3 – 14,4	136
Abbildung 54:	Verbauung am Kmölnigbach hm 10,3 – 14,4	137
Abbildung 55:	Verbauung am Dragebachl hm 0,51 – 7,035	139
Abbildung 56:	Verbauung am Ottingerbach hm 0,635 – 10,50	141
Abbildung 57:	Verbauung am Stücklergraben hm 0,00 – 14,58	143

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Liste der Zubringer des Kleinkirchheimerbaches im Kompetenzbereich der WLW	11
Tabelle 2:	Liste der Zubringer des St. Oswalderbaches im Kompetenzbereich der WLW	12
Tabelle 3:	Flächenanteile der Landnutzungsklassen nach SEGER für den Kleinkirchheimerbach	23
Tabelle 4:	Gumbelanalyse	32
Tabelle 5:	Mittlerer Punktniederschlag und reduzierter mittlerer Punktniederschlag	37
Tabelle 6:	Mittlerer Punktniederschlag und reduzierter mittlerer Punktniederschlag	39
Tabelle 7:	Für das Einzugsgebiet gemittelte Niederschlagshöhen unterschiedlicher Wiederkehrintervalle gemäß eHyd	40
Tabelle 8:	Abgeminderte, gemittelte Niederschlagshöhen gemäß eHyd für die Wiederkehrzeit $T[a]=100$	41
Tabelle 9:	Abgeminderte, gemittelte Niederschlagshöhen gemäß eHyd für die Wiederkehrzeit $T[a]=100$ für Szenarienbildung	42
Tabelle 10:	Größte gemessene Niederschlagssummen für zwei Tage	43
Tabelle 11:	Vergleich der einzelnen Bemessungsmethoden (tabellarische Darstellung)	43
Tabelle 12:	Räumlich-zeitliche Niederschlagsszenarien ($T[a]=100$)	48
Tabelle 13:	Die Teileinzugsgebiete und relevante Größen	51
Tabelle 14:	Endabflussbeiwert und Anfangsverlust nach dem Regionalisierungsverfahren nach LUTZ	59
Tabelle 15:	Bodentypen (DVWK,1984)	63
Tabelle 16:	Überblick der Bodenfeuchteklassen	64
Tabelle 17:	Bodennutzung laut DVWK 1984	64
Tabelle 18:	Durchlässigkeit von Lockergesteinen nach DIN 18130	67
Tabelle 19:	Ergebnisse der Auswertungen für Punkt 0	68
Tabelle 20:	Ergebnisse der Auswertungen für Punkt 29	70
Tabelle 21:	Ergebnisse der Auswertungen für Punkt 15	71
Tabelle 22:	Ergebnisse der Auswertungen für Punkt 3	72
Tabelle 23:	Ergebnisse der Hochwasserabschätzung nach LÄNGER und nach MOSER	79
Tabelle 24:	Geschiebeeintragsabschätzung der WLW 2010	95
Tabelle 25:	Charakteristische Korngrößen des Kleinkirchheimerbaches	97
Tabelle 26:	Charakteristische Korngrößen des St. Oswalderbaches	98
Tabelle 27:	Parametereinstellungen im Programm SETRAC	100
Tabelle 28:	Verwendete Formelkombinationen für die SETRAC Simulationen	101
Tabelle 29:	Ausgeführte Verbauungsmaßnahmen am Kleinkirchheimerbach hm 38,00 – 47,67	129
Tabelle 30:	Ausgeführte Verbauungsmaßnahmen am Kleinkirchheimerbach hm 49,18 – 57,30	130
Tabelle 31:	Ausgeführte Verbauungsmaßnahmen am Kleinkirchheimerbach hm 59,97 – 77,63	131
Tabelle 32:	Ausgeführte Verbauungsmaßnahmen am St. Oswalderbach hm 0,18 – 15,04	132

Tabelle 33:	Ausgeführte Verbauungsmaßnahmen am St. Oswalderbach hm 22,40 – 29,64	132
Tabelle 34:	Ausgeführte Verbauungsmaßnahmen am Brunnachbachl hm 0,00 – 3,51	133
Tabelle 35:	Ausgeführte Verbauungsmaßnahmen am Kmölnigbach hm 1,87 – 7,865.....	135
Tabelle 36:	Ausgeführte Verbauungsmaßnahmen am Kmölnigbach hm 10,3 – 14,4.....	136
Tabelle 37:	Ausgeführte Verbauungsmaßnahmen am Zirkitzenbach hm 0,00 – 12,465.....	138
Tabelle 38:	Ausgeführte Verbauungsmaßnahmen am Dragebachl hm 0,51 – 7,414	140
Tabelle 39:	Ausgeführte Verbauungsmaßnahmen am Ottingerbach hm 0,635 – 10,50	142
Tabelle 40:	Ausgeführte Verbauungsmaßnahmen am Stücklergraben hm 0,00 – 14,58	144

1 Beschreibung des Einzugsgebietes

1.1 Geografische Beschreibung

Das Einzugsgebiet des Kleinkirchheimerbaches liegt im östlichsten Teil des Kärntner Bezirkes Spittal an der Drau, dem mit 81.719 Einwohnern und 2.763,99 km² Ausdehnung flächenmäßig größten Bezirk Österreichs. Der Bezirk Spittal an der Drau grenzt an die Bezirke Villach Land und Feldkirchen.



Abbildung 1: Geographische Lage von Spittal an der Drau

Der gesamte Bezirk ist von vielen Gebirgen und Tälern durchzogen. Im Nordwesten befinden sich die Schobergruppe und die Reiseckgruppe, die eine hochalpine Topographie mit schroffen Landschaftsformen zeigen. An diese schließen sich nach Osten hin die Lieserbogengruppe und noch weiter - durch das Liesertal getrennt - das Gebiet der Nockberge an. Südwestlich liegt der Millstätter See. Sowohl die Reiseckgruppe als auch der Millstätter Seenerücken sind im Süden durch das Möll- und das untere Drautal abgegrenzt. Südlich dieser Linie befindet sich von Westen nach Osten betrachtet die südöstliche Kreuzeckgruppe sowie die Goldeckgruppe, wobei diese durch das Obere Drautal voneinander getrennt sind. Das gesamte Gebiet des Bezirkes Spittal wird durch die Drau entwässert¹.

Der Kleinkirchheimerbach liegt im Ortsgebiet der Oberkärntner Gemeinde Bad Kleinkirchheim, welche im namensgebenden Bad Kleinkirchheimertal - einem ca. 6 km langen Trogtal der Gurktaler Alpen - liegt. Er entspringt am Südhang der Moschelitzen auf ca. 1.760 m, durchfließt Rottenstein, wo er sich nach Westen längs des Tales wendet und dort

¹ Schuster [Erläuterungen zu Blatt 182]

den Zirkitzbach sowie den Ottingerbach aufnimmt. Im weiteren Verlauf nimmt er dann seinen Weg in westlicher Richtung direkt durch den Ortskern Bad Kleinkirchheims, wo er vom St. Oswalderbach gespeist wird, weiter steil bergab in Richtung Gegendtal nach Untertweg, wo er in den Riegerbach mündet, der wiederum in den Millstättersee entwässert. Der Millstättersee mündet bei Seebach durch den gleichnamigen Bach in die Lieser ein, welche wiederum in Spittal an der Drau in die Drau mündet. Der Bad Kleinkirchheimbach entwässert eine ca. 61 km² große Fläche. Die höchste Erhebung bildet nördlich des Einzugsgebietes mit 2.331 m Seehöhe der Klomnock; der tiefste Punkt liegt auf 715 m bei der Einmündung in den Riegerbach, welcher in den Millstättersee fließt. Das Einzugsgebiet des Kleinkirchheimerbaches kann orographisch in folgende Teileinzugsgebiete gegliedert werden. Die IDs der Zubringer im Kompetenzbereich der WLV sind aufsteigend nummeriert. Eine graphische Übersicht zu den folgenden beiden Tabellen ist Abbildung 4 zu entnehmen.

ID_WLV	Teileinzugsgebiet	Fläche [km ²]
20601-01	Kleinkirchheimerbach hm 0,0 - 34,4	4,75
20601-01.01	Hohlernacherbachl bei hm 34,4	0,79
20601-01.02	Untertschernerbach bei hm 41,78	0,85
20601-01.03	St. Oswalderbach bei hm 49,64	26,74
20601-01.04	Aignerbachl bei hm 58,54	0,30
20601-01.05	Kmöllnigbachl bei hm 63,58	1,84
20601-01.06	Zirkitzenbach bei hm 81,45	7,18
20601-01.07	Dragebachl bei hm 98,21	0,58
20601-01.08	Bacherbachl bei hm 100,06	0,33
20601-01.09	Rottensteinerbach bei hm 102,42	1,83
20601-01.10	Angerbach bei hm 94,35	0,63
20601-01.11	Joggelgraben bei hm 88,98	0,41
20601-01.12	Ottingerbach bei hm 78,81	4,38
20601-01.13	Stücklergraben bei hm 57,90	2,76
20601-01.14	Zirkitzer Runse bei hm 76,92	0,19

Tabelle 1: Liste der Zubringer des Kleinkirchheimerbaches im Kompetenzbereich der WLV

Der St. Oswalderbach, der als der größte Zubringer für den Kleinkirchheimerbach auch in die weitere Arbeit mit einbezogen wurde, entspringt im St. Oswalder Hochtal, einem etwa 5 km langem Tal nördlich von Bad Kleinkirchheim.

ID_WLV	Teileinzugsgebiet	Fläche [km ²]
20601-01.03	St. Oswalderbach hm 0 – 14,26	26,73
20601-01.03_a	Brentler Runse Süd bei hm 14,26	0,45
20601-01.03_b	Brentler Runse Nord bei hm 15,36	0,09
20601-01.03_c	Jacklgraben bei hm 17,03	1,19
20601-01.03_d	Hintereggerbach bei hm 32,45	4,63
20601-01.03_d1	Wiesernockbachl Süd bei hm 0,44	0,63
20601-01.03_d2	Wiesernockbachl Nord bei hm 0,97	1,60
20601-01.03_d3	Brunnachbachl bei hm 8,87	0,85
20601-01.03_d4	Ob. Hintereggerbach bei hm 8,87	1,21
20601-01.03_e	Wegerbach bei hm 49,84	2,80
20601-01.03_f	St. Oswalderbach bei hm 51,57	8,43
20601-01.03_g	Dolzengraben bei hm 51,57	2,09
20601-01.03_h	Kisingerbachl bei hm 43,96	1,08
20601-01.03_i	Totelitzenbachl bei hm 31,39	1,26

Tabelle 2: Liste der Zubringer des St. Oswalderbaches im Kompetenzbereich der WLW

Das Bad Kleinkirchheimer Tal sowie das St. Oswalder Hochtal liegen auf durchschnittlich 1.087 Meter Seehöhe.

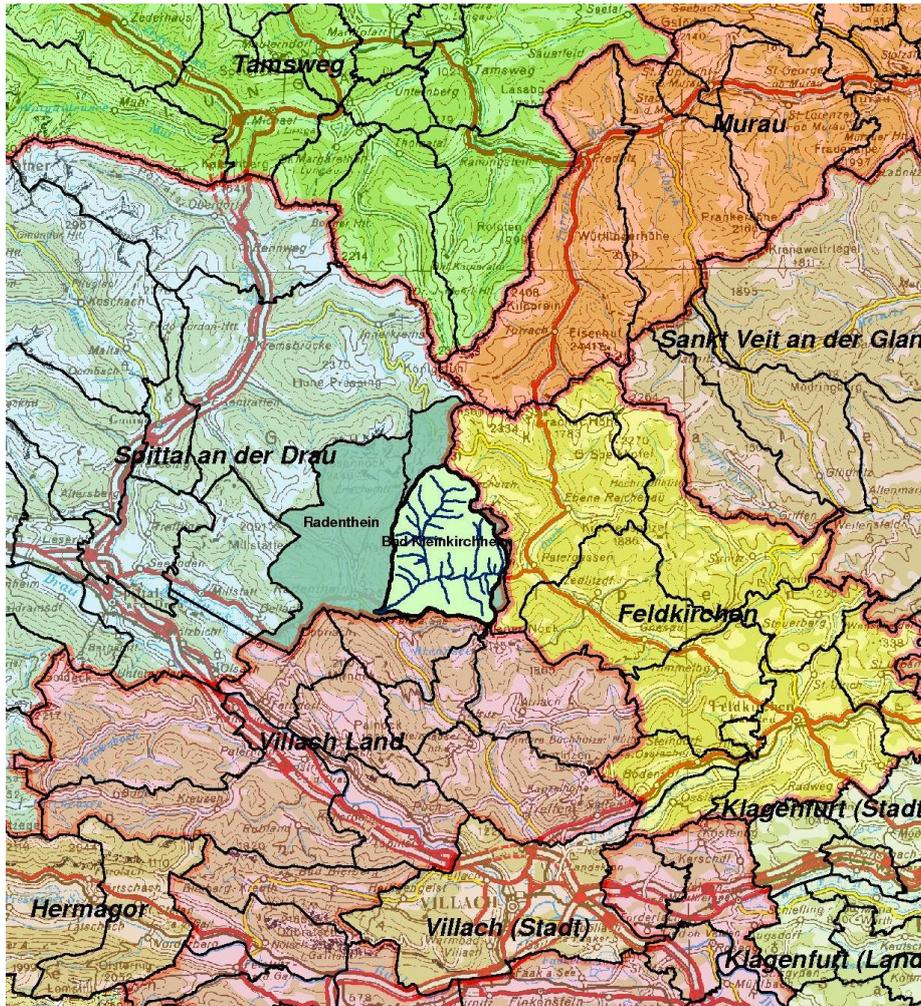


Abbildung 2: Einzugsgebiet des Kleinkirchheimerbaches - Politische Grenzen

Das umliegende Bergland der beiden Bäche kann folgendermaßen charakterisiert werden: Auf der westlichen Seite des in nordsüdlicher Richtung verlaufenden St. Oswalder Hochtales bilden der Mallnock (2.215 m), die Brunnachhöhe (1976 m), die Scharte (1.800 m), der Wiesernock (1969 m) und der Priedröf (1.963 m) eine Bergkette, die sich auf der gegenüberliegenden östlichen Seite über den Klomnock (2.331 m), den Falkert (2.308 m), den Steinnock (2.144 m), die Moschelitzen (2.305 m) und die Totelitzen (1.990 m) fortsetzt.

Die eben beschriebenen Berge rund um das St. Oswalder Tal bilden den nördlichen Teil des in westöstlicher Richtung verlaufenden Bad Kleinkirchheimer Tales. Das Bergland südlich davon wird durch die Kaiserburg (2.055 m) und den dahinter liegenden Wöllanernock (2.145 m) gebildet; daran schließen sich nach Westen hin der Strohsack (1.904 m) und der Kolmnock (1.845 m) an.

1. Beschreibung des Einzugsgebietes

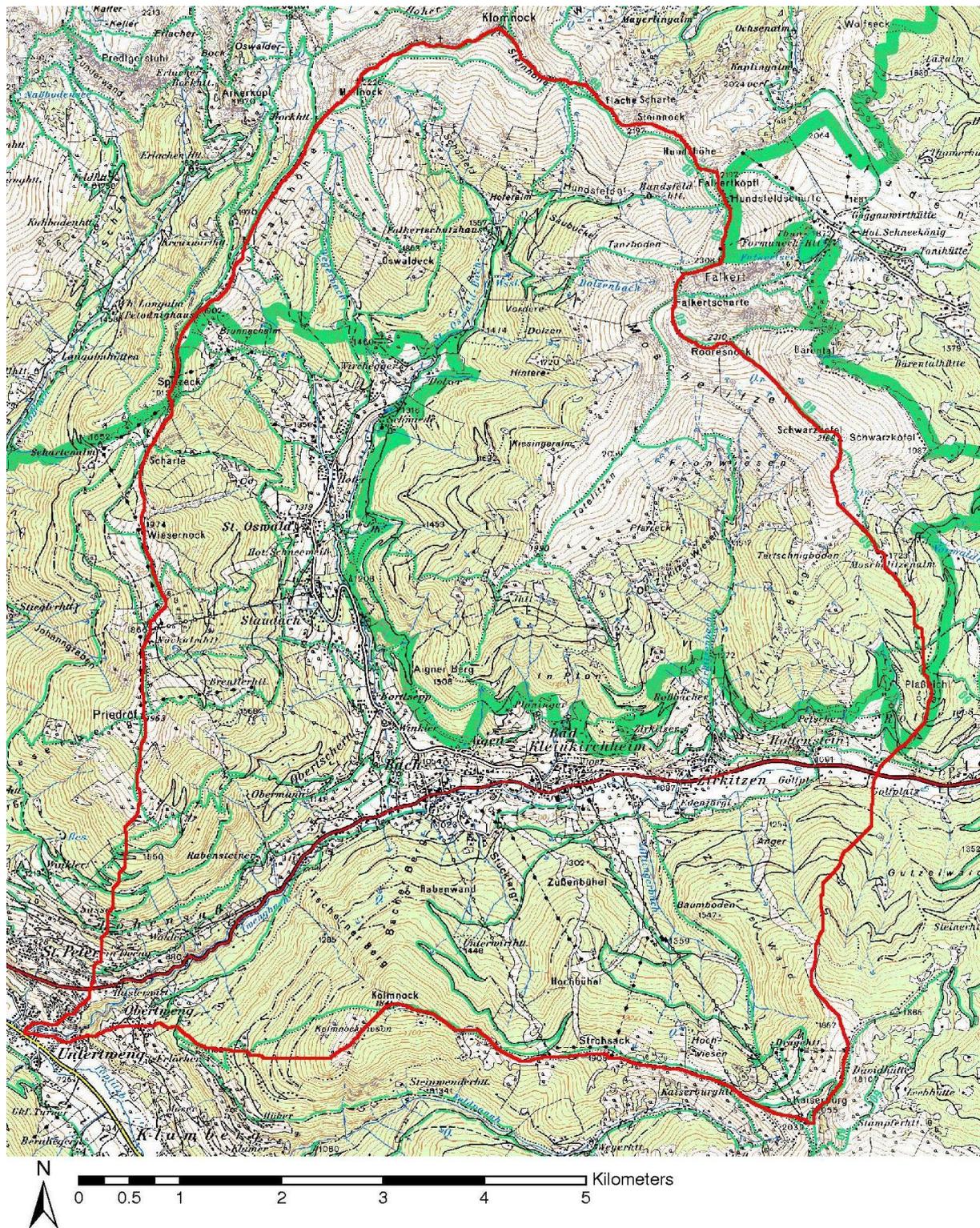


Abbildung 3: Einzugsgebietes des Kleinkirchheimerbaches – ÖK50 (Blatt 3106)

Die Länge des Kleinkirchheimer Baches von dessen Ursprung bis zur Kompetenzgrenze des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinerverbauung (WLV) Kärnten (im Folgenden kurz Wildbachverbauung genannt) beträgt rund 13,01 km; jene des St. Oswalderbaches 7,12 km.

1. Beschreibung des Einzugsgebietes

Die Bearbeitungsgrenze wurde für dieses Projekt an der Mündung des Kleinkirchheimerbaches an den Riegerbach festgelegt. Dieser Querschnitt wird mit hm 0,0 definiert. Auch der St. Oswalderbach wird bei der Mündung in den Kleinkirchheimerbach mit hm 0,0 definiert.

Die Größe des Einzugsgebietes bis zur Bearbeitungsgrenze beläuft sich auf rund 61,5 km².

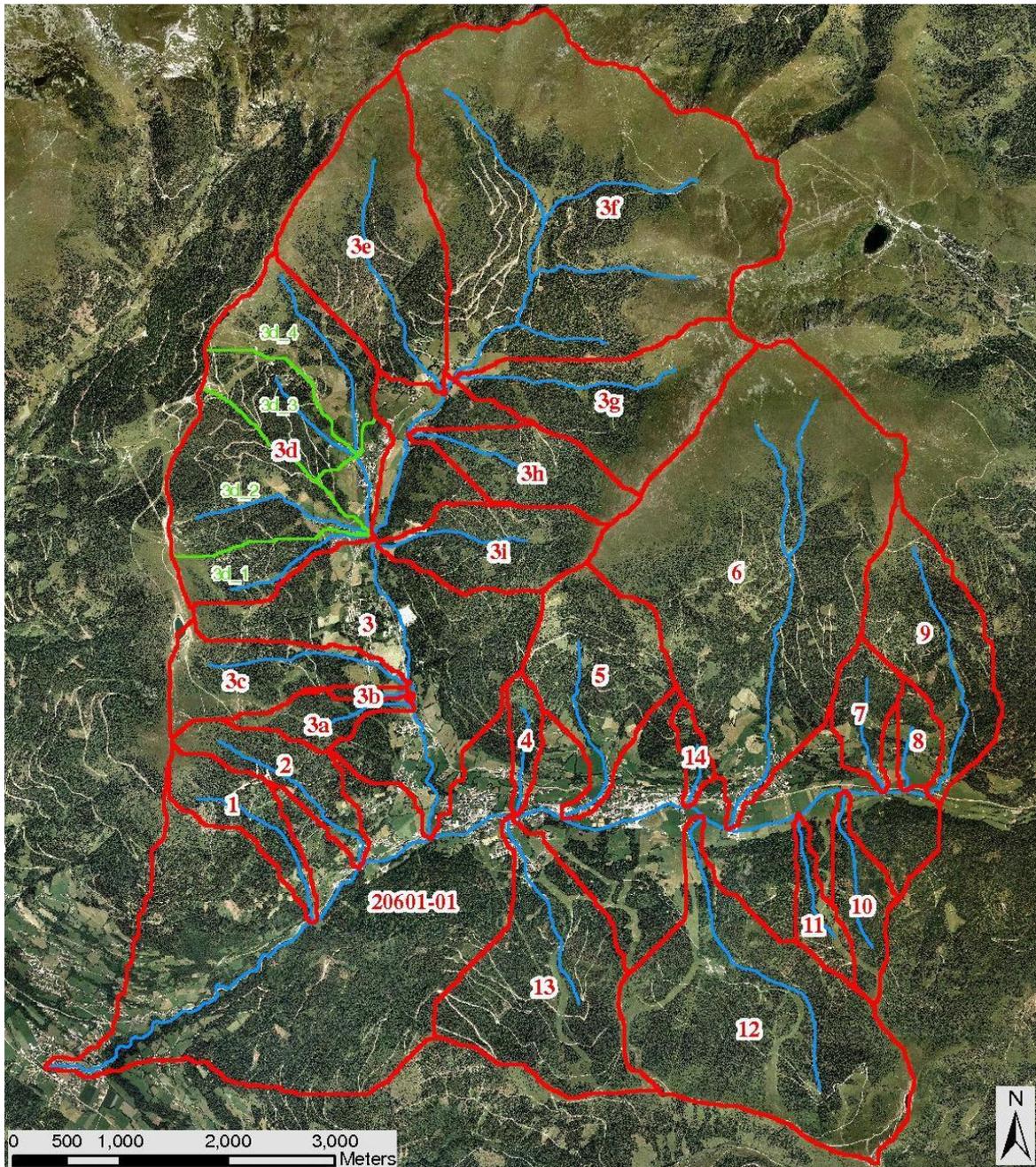


Abbildung 4: Orthophoto des Einzugsgebietes des Kleinkirchheimerbaches mit Einzugsgebietsabgrenzung der WLV

1.2 Geologie

Der Landschaftscharakter Kärntens bietet eine Vielfalt an geologischen Zonen - vom schroffen Hochgebirge der Karawanken bis hin zur sanften Hügellandschaft der Nockberge bei Bad Kleinkirchheim. Diese mit 1.800 bis 2.300 m recht niedrigen Gebirge mit ihren sanften Formen, wie man sie im Einzugsgebiet des Kleinkirchheimer Baches findet, entwickelten sich in der letzten Eiszeitphase, da sie von den Gletschern der Umgebung nur am Rande gestreift wurden. Der Bereich um Bad Kleinkirchheim ordnet sich im westlichen Teil den Gurktaler Alpen zu und befindet sich zwischen dem Seental und dem Gurktal. Dieser Bereich bildet auch das Oberostalpin.

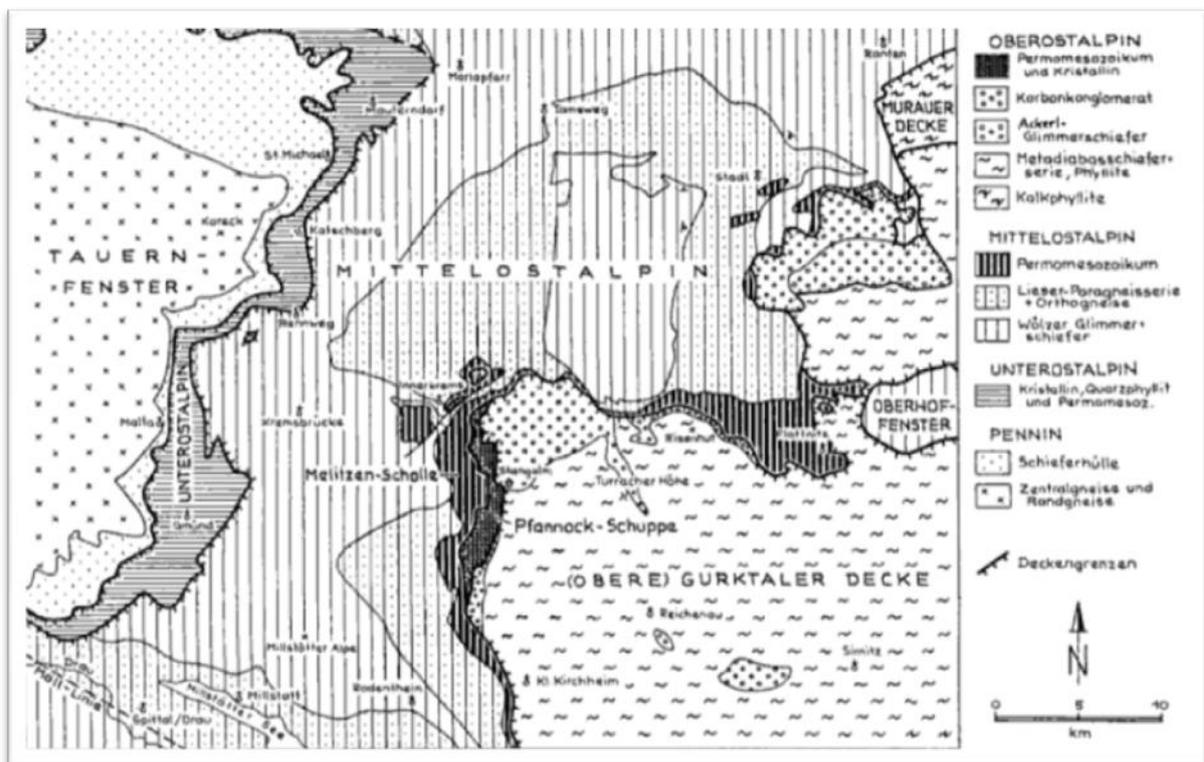


Abbildung 5: Geologischer Überblick über das Oberostalpin²

Häufig vorkommende Gesteinsarten sind hier metamorph überprägte altpaläozoische Sedimente, wie Phyllite, Quarzite, Kieselschiefer, Karbonate und basische Vulkanite, wie Metatuffen, Diabasen und Grünschiefer³.

Direkt um Bad Kleinkirchheim kommt noch eine weitere geologische Besonderheit zu tragen. Der Ort liegt auf einer Überschiebungslinie, wo die paläozoischen Gesteine der Gurktaler

² Vgl. Zötl [Mineral- und Heilwasser] S.138

³ Vgl. Gradner [Kärnten] S.8f

Decke dem zentralalpinen „Stangalmmesozoikum“ überschoben sind.⁴ Im Ortsgebiet von Bad Kleinkirchheim kommen dennoch stellenweise (z.B. bei der Kaiserburg) die Trias Kalke des „Stangalmmesozoikum“ zum Vorschein.

1.2.1 Gesteine

Neben Ton- und Schottervorkommen sind unter anderem die folgenden Gesteinsarten als charakteristisch für diese Region zu nennen⁵:

- Kalkmarmor: Die weißen Kalzitmarmore in diesem Gebiet haben meist einen deutlichen Muskovit- und Quarzgehalt.⁶
- Tuffitischer Phyllit, Metatuff
- Magnesitischer Dolomit
- Eisen Dolomitschiefer, Bänder Kalkschiefer
- Quarzit, quarzitischer Phyllit: Der Gurktaler Quarzphyllit ist eine Sammelbezeichnung für epimetamorphe Gesteine aus Quarz, Serizit, Chlorit und Glimmer⁷; sie sind meist hellgraue, mittel- bis feinkörnige Gesteine mit Bankung im cm- bis dm-Bereich⁸.
- Phyllitischer Glimmerschiefer: Die verschiedenen Arten des Glimmerschiefers bestehen in unterschiedlichen Verhältnissen aus Biotit, Muskovit, Quarz, Plagioklas und Granat⁹. Im Gegensatz zu „normalem“ Glimmerschiefer enthält der Phyllitische keine Relikte, kein Mikroniotit und kein Serizit, dafür aber Parasinite und Chloritoide¹⁰.
- Wettersteindolomit: Hierbei handelt es sich um einen weißen bis gelblichen Dolomitmarmor¹¹.

1.2.2 Tektonik

Das Sedimentationsalter der einzelnen Schichten ist im Altpaläozoikum und weiter im Mesozoikum anzusiedeln.

Die unterste Schicht bildet kristallines Grundgebirge, welches im Bereich um Bad Kleinkirchheim zu einem erheblichen Teil aus basalem Radentheimer Glimmerschiefer mit Übergängen in quarzitischer und Feldspat führende Typen besteht. Sie bildet eine für die

⁴ Vgl. Oberhauser [Geologischer Aufbau Österreichs] S.373

⁵ Vgl. Geologische Bundesanstalt [Geologische Karten Österreich]

⁶ Vgl. Schuster [Erläuterungen zu Blatt 182] S.67

⁷ Vgl. Beck [Übersicht über die östlichen Gurktaler Alpen] S.327

⁸ Vgl. Pistotnik [Geologie der Gurktaler Masse] S.130

⁹ Vgl. Schuster [Erläuterungen zu Blatt 182] S.63

¹⁰ Vgl. Beck [Übersicht über die östlichen Gurktaler Alpen] S.331

¹¹ Vgl. Pistotnik [Geologie der Gurktaler Masse] S.133

Thermalquellen wichtige, nur wenig durchlässige und somit das Wasser in der darüber liegenden durchlässigen Sedimentsschicht stauende Unterlage^{12, 13}.

Zwischen diesem Grundgestein und der zuoberst liegenden Gurktaler Decke siedelt sich die Besonderheit des Stagalmmesozoikums an, welche an verschiedenen Stellen an die Oberfläche tritt. Die Sedimentfolge wird von weißen bis grünlichweißen, zum Teil konglomeratischen Quarziten bis Quarzitschiefern eingeleitet, über denen Lagen von Rauhacken, karbonatischen Schiefern und sandigen Kalkschiefern in die mächtigen Dolomite überleiten¹⁴.

Die oberste Gesteinsschicht bildet die paläozoische Gurktaler Decke; genauer gesagt handelt es sich im untersuchten Gebiet um die Stolzalpendecke, welche neben der Murauer Decke oft unter dem Begriff „Gurktaler Decke“ zusammengefasst wird¹⁵.

1.2.3 Thermalquellen

Durch das Auftreten des Stagalmmesozoikums konnte es im Gebiet um Bad Kleinkirchheim überhaupt erst zur Bildung dieses einzigartigen Thermalwassers kommen. Das Thermalwasser zeichnet sich in diesem Gebiet durch einen niedrigen Mineralisierungsgrad aus, der aus der Tatsache resultiert, dass es sich um Niederschlagswasser handelt, welches auf den verkarsteten Dolomitflächen oberhalb des Ortes versickert. Das Wasser setzt sich dann zwischen den Gesteinen des Stagalmmesozoikums und denen der Gurktaler Masse ab, wo es sich auf eine Temperatur von etwa 33°C erwärmt¹⁶.

¹² Vgl. Gosen [tektonische Baueinheit] S.693ff

¹³ Vgl. Clar [Thermalwasservorkommen von Bad Kleinkirchheim] S.13

¹⁴ Vgl. Clar [Thermalwasservorkommen von Bad Kleinkirchheim] S.14

¹⁵ Vgl. Gosen [tektonische Baueinheit] S.693ff

¹⁶ Vgl. Zötl [Mineral- und Heilwasser] S.138ff

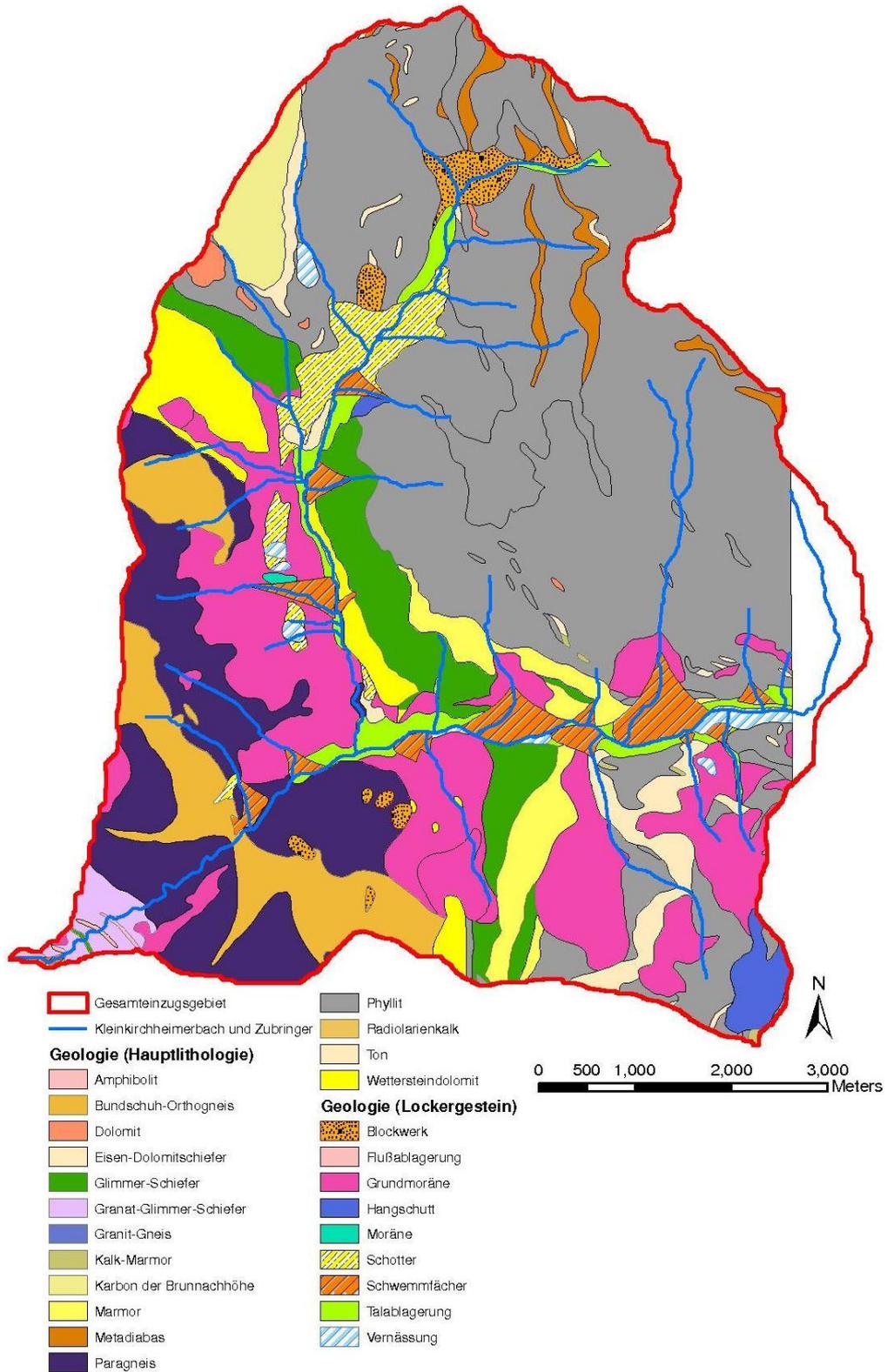


Abbildung 6: Geologie für den Ort Bad Kleinkirchheim in Kärnten, Blatt 183.
(Blatt 184 wurde von der WLW nicht zur Verfügung gestellt.)

1.3 Klima

Die Region um den Kleinkirchheimerbach zählt zum südalpinen Klimaraum, welcher sich durch gemäßigttes, mediterran beeinflusstes Klima auszeichnet. Generell ist die klimatische Lage Kärntens so zu definieren, das dieses Bundesland von Norden her durch den Alpenhauptkamm abgeschirmt ist und deshalb recht wenig mit dem Klima von Restösterreich gemein hat. Durch die Einfassung Kärntens von mehreren hohen Gebirgen hat sich ein markantes Beckenklima gebildet. Kennzeichnend dafür sind eine hohe Nebelbildungswahrscheinlichkeit, relativ hohe Niederschlagswerte und ein mitunter recht heftiger Tauernföhn.¹⁷

Die klimatischen Begebenheiten in Bad Kleinkirchheim werden zusätzlich jedoch auch noch von der inneralpinen Lage des Ortes beherrscht. Durch die hohe Lage der Ortschaft, wird der Einfluss des typischen Beckenklimas abgeschwächt.

Die meisten Niederschläge fallen in diesem Gebiet in den Sommermonaten zwischen Juni und August in Form von kurzen, aber intensiven Niederschlägen, die meist durch konvektive Gewitter ausgelöst werden. Der Jahresniederschlag für das betrachtete Gebiet liegt bei 1000 – 1250 mm¹⁸.

Nachfolgend wird das Klimadiagramm der Stadt Radenthein, die sich ca. 6 km südwestlich von Bad Kleinkirchheim befindet, gezeigt. Herauszulesen ist für die Stadt eine jährliche Niederschlagsmenge von rund 990 mm. Aufgrund der inneralpinen Südstaulage Radentheins ist die Gegend um Bad Kleinkirchheim trotz geringer geographischer Entfernung differenziert zu betrachten.

In Bad Kleinkirchheim selbst fällt deutlich mehr Niederschlag (bis zu 1.300 mm). Auch die Temperaturen unterscheiden sich von jenen in untenstehender Graphik, da Bad Kleinkirchheim ca. 350 m höher liegt als Radenthein und somit auch die Temperaturwerte im Sommer um ca. 0,7 °C pro 100 m und im Winter um ca. 0,5 °C sinken.^{19, 20}

¹⁷ Vgl. Gradner [Kärnten] S.10f

¹⁸ Hydrographisches Institut Österreich [Niederschlagskarte]

¹⁹ Vgl. Walter [Klimadiagramm - Weltatlas]

²⁰ ZAMG mündliche Auskunft

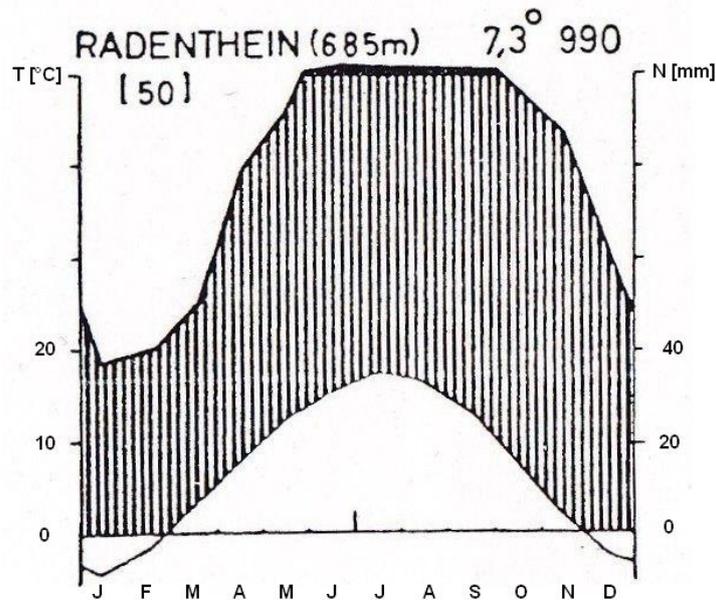


Abbildung 7: Klimadiagramm für die Stadt Radenthein in Kärnten ²¹

1.4 Landnutzung

Früher wurde das nur dünn besiedelte Gebiet um Bad Kleinkirchheim hauptsächlich landwirtschaftlich genutzt. Die Bewohner lebten vorwiegend von Alm- und Viehwirtschaft sowie vom Ackerbau. Erst Mitte des 20. Jahrhunderts mit der Verbreitung des Wissens über die Bedeutung der Heilkraft von Thermalquellen etablierte sich in Bad Kleinkirchheim die Tourismuswirtschaft. Nach und nach wurden die landwirtschaftlich genutzten Flächen des umliegenden Berglandes zu Skipisten umgebaut und die Ackerflächen im Tal machten Hotels und Thermalbädern Platz.

Den größten Teil des Einzugsgebietes des Baches bilden aber nach wie vor unbebaute bzw. unpräparierte Waldflächen, wobei die Waldgrenze durch die stark anthropogen beeinflusste Almwirtschaft in tiefere Lagen gedrängt wurde. So entstanden die heutigen „alpinen Rasen“ und Heidegesellschaften, die 15,68 % der Einzugsgebietsfläche einnehmen. Die für den Skitourismus gebauten Skipisten beanspruchen 4,53 % der Fläche. In den Tallagen und an den Südhängen befinden die Siedlungsgebiete mit relativ lockerem Verbauungsgrad.

Die oben genannten Flächenanteile der verschiedenen Landnutzungsklassen wurden anhand des Datensatzes des „Landesinformationssystems Österreich“ von SEGER²² errechnet (siehe Abbildung 8).

²¹ Vgl. Walter [Klimadiagramm - Weltatlas]

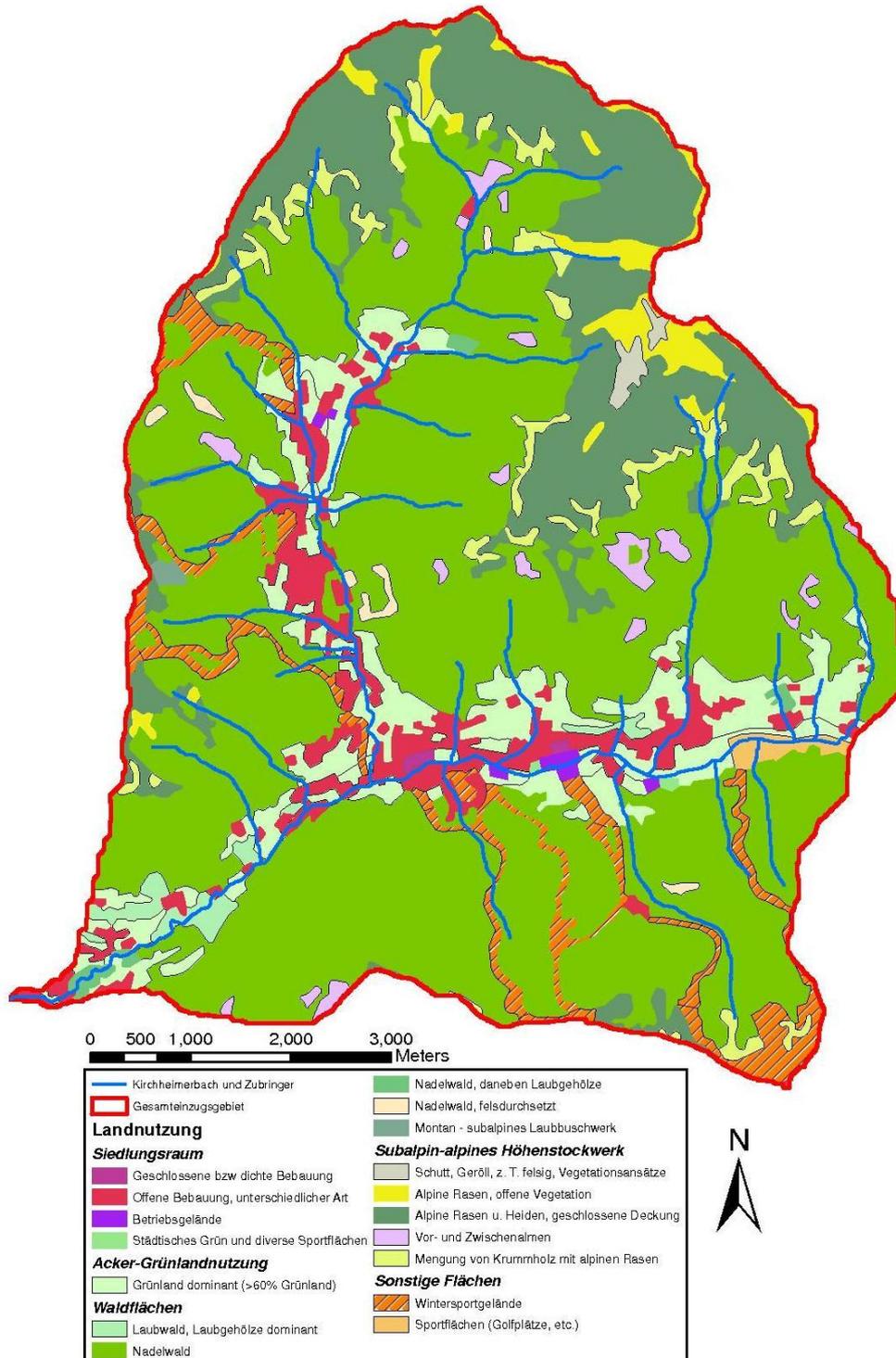


Abbildung 8: Landnutzungsklassen nach SEGER für den Kleinkirchheimerbach²³

²² Vgl. Seger [Studienblätter]

²³ ebenda

Landnutzung	%	Fläche [km ²]
Alpine Rasen u. Heiden, geschlossene Deckung	15.68 %	9.65
Alpine Rasen, offene Vegetation	2.23 %	1.37
Betriebsgelände	0.23 %	0.14
Geschlossene bzw. dichte Bebauung	0.10 %	0.06
Grünland dominant (>60% Grünland)	8.93 %	5.49
Laubwald, Laubgehölze dominant	0.90 %	0.55
Mengung von Krummholz mit alpinen Rasen	2.91 %	1.79
Montan - subalpines Laubbuschwerk	0.10 %	0.06
Nadelwald	56.20 %	34.58
Nadelwald, daneben Laubgehölze	0.34 %	0.21
Nadelwald, felsdurchsetzt	0.36 %	0.22
Offene Bebauung, unterschiedlicher Art	5.45 %	3.35
Schutt, Geröll, z. T. felsig, Vegetationsansätze	0.33 %	0.20
Sportflächen (Golfplätze, etc.)	0.42 %	0.26
Städtisches Grün und diverse Sportflächen	0.06 %	0.04
Vor- und Zwischenalmen	1.22 %	0.75
Wintersportgelände	4.53 %	2.79
Gesamtergebnis	100.00 %	61.53

Tabelle 3: Flächenanteile der Landnutzungsklassen nach SEGER für den Kleinkirchheimerbach²⁴

²⁴ Vgl. Seger [Studienblätter]

1.5 Boden

Die Böden des Gebietes sind genauso vielfältig wie dessen Geologie, wobei hierbei jedoch vorwiegend sandige Böden vorzufinden sind. Die folgende Graphik zeigt die Bodenklassen des Einzugsgebietes des Kleinkirchheimerbaches:

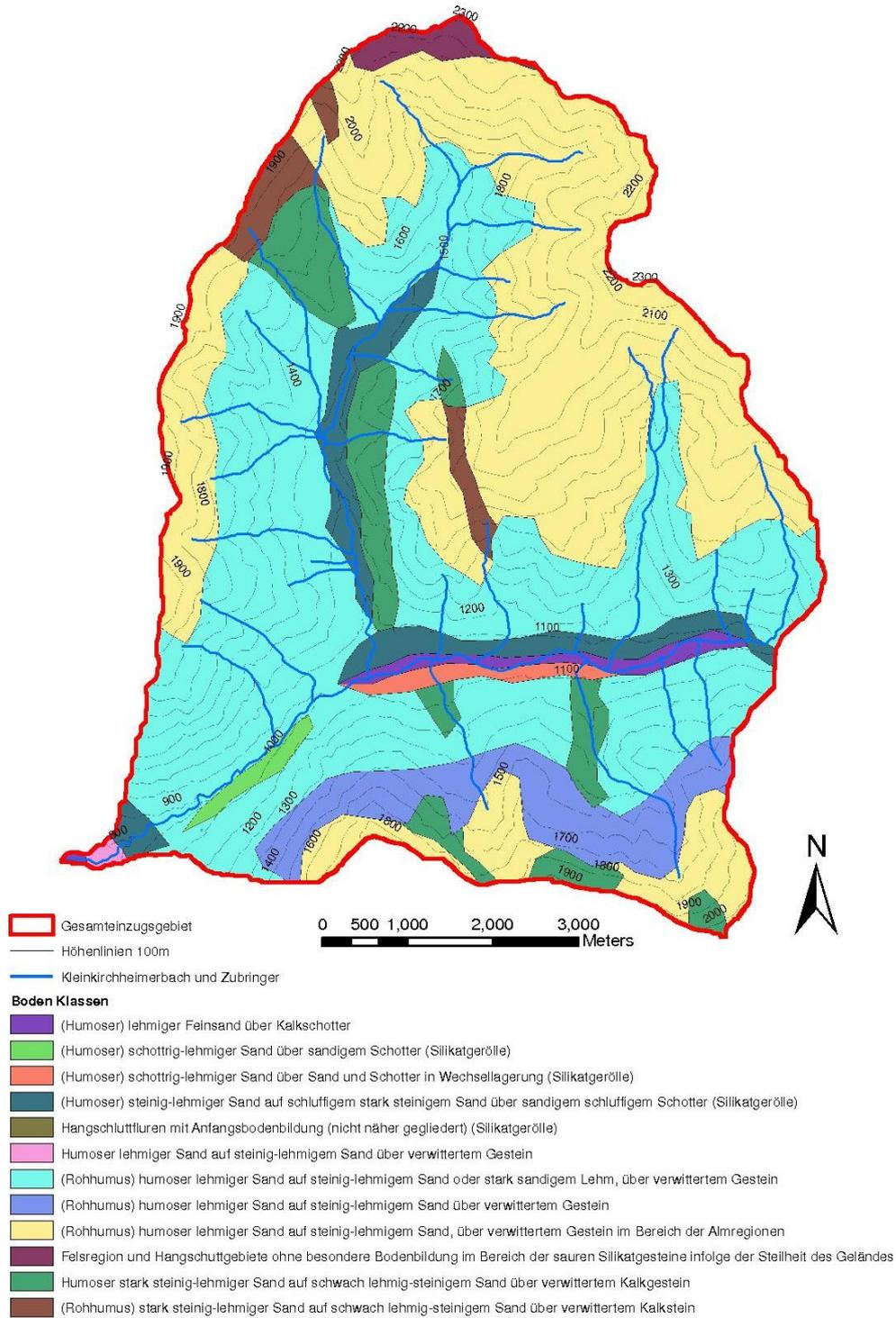


Abbildung 9: Bodenklassen des Kleinkirchheimerbaches²⁵

²⁵ Datenmaterial wurde von der WLV zur Verfügung gestellt.

Wie aus der obigen Graphik abgeleitet werden kann, überwiegen im Ortsgebiet von Bad Kleinkirchheim lehmiger Feinsand und schottrig-lehmiger Sand über diverse Schotterarten. In den höher gelegenen Teilen des Einzugsgebietes treten hingegen vorwiegend humose Böden auf lehmiger und sandiger Basis auf.

1.6 Wuchsgebiet

Das Einzugsgebiet des Kleinkirchheimerbaches zählt zum größten Teil zum Wuchsgebiet 1.3 „Subkontinentale Innenalpen – Ostteil“. Im Südwesten grenzt es an das Wuchsgebiet 3.3 „Südliche Zwischenalpen“. Das Einzugsgebiet und dessen Wuchsgebiete weisen Waldgesellschaften der submontanen (750 - 850 müA), der tiefmontanen (850 - 1100 müA), der mittelmontanen (1100 - 1400 müA), der hochmontanen (1400 - 1650 müA) sowie der tiefsubalpinen (1650 - 1900 müA) und der hochsubalpinen (1900 - 2100 müA) Stufe auf.

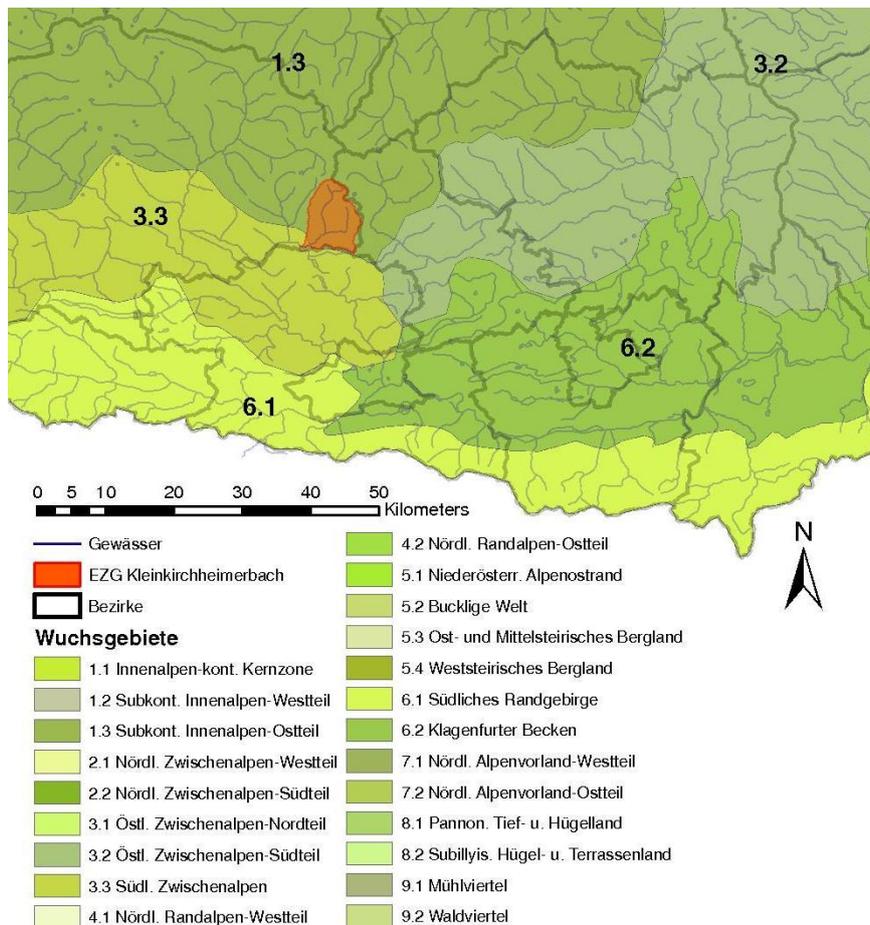


Abbildung 10: Wuchsgebiete im Einzugsgebiet

Es handelt sich um ein Übergangsgebiet von gemischtem Fichten-Tannenwald und Fichtenwald als Leitgesellschaft. Durch anthropogene Förderung der Fichte ist die Abgrenzung des natürlichen Tannenanteils schwierig.

Im Detail werden für das betrachtete Gebiet die folgenden natürlichen Waldgesellschaften in der Literatur angeführt²⁶:

- **Fichtenwald** (Leitgesellschaft) bzw. **Fichten-Tannenwald** submontan bis hochmontan. Tannenfreier montaner Fichtenwald am Rande des Wuchsgebietes v.a. lokalklimatisch (Frostbeckenlagen) oder edaphisch (anmoorige Standorte, Blockhalden) bedingt. Randlich geringwüchsige Buchen lokal beigemischt.
- **Rotföhrenwälder** als montane Dauergesellschaften an flachgründigen, sonnigen Standorten nur kleinflächig.
- **Grauerlenbestände** (*Alnetum incanae*) als Auwald und an feuchten Hängen (z.B. Muren, Lawinenzüge).
- In luftfeuchtem Lokalklima (Grabeneinhang) an frisch-feuchten Hangstandorten lokales Vorkommen von **Bergahorn-Bergulmen-Eschenwäldern**.
- Tiefsubalpiner **Fichtenwald** (v.a. *Larici-Piceetum*) und hochsubalpiner **Lärchen-Zirbenwald** (*Larici-Pinetum cembrae*) sind noch gut ausgebildet.
- **Silikat-Latschengebüsche** mit Rostroter **Alpenrose** (*Rhododendro ferruginei-Pinetum prostratae*) in der subalpinen Stufe gut entwickelt.
- Subalpines **Grünerlengebüsch** (*Alnetum viridis*) an feuchten, schneereichen Standorten (Lawenstriche).

²⁶ Vgl. Kilian [Wuchsgebiete] S.18ff

2 Bachgeschichte, Verbauungschronik

2.1 Schadenschronik

Nennenswerte Schäden sind nur bis zur starken Verbauung des Baches nachzuweisen, in jüngeren Jahren wurden, wie eine Auskunft des Gemeindeamtes besagt, keine größeren Schäden mehr berichtet. Die unten angeführten Schäden wurden 1985 von der WLV Kärnten Gebietsbauleitung Liesertal und Ossiacher Seebecken von Herrn OR. Hafner in die Wildbach- und Lawinenaufnahmeblätter aufgenommen.

Kleinkirchheimerbach (20601-01):

Vor Regulierungsarbeiten: 1898, 1903, 1909, 1920, 1946 – Uferanrisse und kleinräumige Überflutungen

Bürgermeister Oberegger: 1946 hat der Bach die Säge in Untertschern weggerissen

Untertschernbach (20601-01.02):

Bach ist 1966 bei Brücke – hm 1,50 – ausgebrochen und hat Grundstück überflutet.

St. Oswalderbach (20601-01.03):

Haus Waldheim, ru. Grabenausgang: 1946 ist der Bach einmal oberhalb des jetzigen Hausstandortes vorbei geflossen (Haus wurde erst 1950 erbaut), durch die Absenkung einer Wehranlage wurde seither nie mehr ein so hoher Wasserstand erreicht. 1966 Überflutung der Bereiche in Untertschern (Trattlerhof).

Aigenbachl (20601-01.04):

Nach Starkregen und Gewitter hat der Bach schon teilweise das Wegenetz und anschließende Grundstücke beeinträchtigt.

Kmöllnigbach (20601-01.05):

Hr. Ploninger: Gefährdung der Talschaft ist bei Bruch der alten Sperrungen gegeben; früher war das Einzugsgebiet weniger bewaldet. Hochwasserkatastrophen 1920, 1922 Vermurung von bachnahen Grundstücken und Objekten.

Zirkitzenbach (20601-01.06):

Registrierte Hochwasserereignisse am Zirkitzenbach: 1898, 1902, 1920, 1946; Seither gab es keine nennenswerten Großereignisse mehr (auch nicht 1965/66)

Dragebachl (20601-01.07):

Hr. Schabus: Bach ist in den 50iger Jahren ausgebrochen und in das Gasthaus eingedrungen, Verbauung wäre wünschenswert, er fühlt sich auch nicht sicher (Gästehaus „Markus“);

Rottensteinerbach (20601-01.09):

Hr. Seebacher (Rottenstein): Bach ist 1946, 1947 und 1966 ausgebrochen, 1946 am Grabenausgang nach linksufriger Verschotterung der bachnahen Grundstücke und Objekte.

Angerbachl (20601-01.10):

Vgl. Drage: Bach bricht bei Starkregen häufig aus: entweder links oder rechts gegen die Mulden (Ichsen der Schwemmkegel) Verschotterung der Felder.

Jogglgraben (20601-01.11):

Vgl. Drage: bei Starkregen häufige Überflutung des Schwemmkegels wenig Schotterablagerung

Ottingerbach (20601-01.12):

Vgl. Ottinger: altes Haus wurde durch den ausbrechenden Bach einmal eingedrückt (1850), westlich des Weges stieß man bei Aushubarbeiten in 2 m Tiefe auf dicke Lärchenwurzelstücke.

Stücklergraben (20601-01.13):

Bauleitung: Bach ist bereits am oberen Straßendurchlass ausgebrochen und der Straße entlang geflossen und hat weite Areale überflutet. Hotelbauten am Bach hatten bereits Wasser und Schlamm im Kellergeschoß zu verzeichnen.

2.2 Verbauungschronik

Von der Quelle bis hin zum besiedelten Gebiet nimmt der Kleinkirchheimerbach einen fast natürlichen Verlauf. Dieser natürliche Verlauf ist auf die relativ geringe Wassermenge des Baches (die meisten Zuspeisungen treten erst im Gemeindegebiet Bad Kleinkirchheim auf) und die dünne Besiedlung der Bachufer zurückzuführen. Dem sich im Umkreis befindlichen Ackerland bzw. den Almen können kleinräumige Überflutungen nichts anhaben. Erst in der Ortschaft Bad Kleinkirchheim ist eine stärkere Verbauung vorzufinden. Die Bewohner waren durch frühere Überflutungen und durch die Nähe des Baches zu deren Wohnhäusern zu Sicherungsmaßnahmen gezwungen. Die ersten Nachweise von Verbauungstätigkeiten stammen aus den Jahren 1928. Es ist jedoch anzunehmen, dass bereits vor diesem Zeitpunkt kleinräumige Bau- und Regulierungstätigkeiten am Kleinkirchheimerbach vorgenommen wurden, jedoch stehen diesbezüglich keine stichhaltigen Unterlagen zur Verfügung. In der jüngeren Vergangenheit wurden hauptsächlich lokale Maßnahmen wie Errichtung von Ufersicherungen in Grobsteinschichtung (GSS), das Setzen von Sohlgurten und Grundswellen sowie Steinkastensperren durchgeführt. Des Weiteren wurden Bachbetträumungen, Stahlrohrdurchlässe und Sanierung sowie Neuerrichtungen von Brücken durchgeführt. Details dazu sind in den Luftaufnahmen der Verbauungstätigkeit im Anhang G: Verbauungsmaßnahmen dieser Arbeit zu entnehmen.

3 Hydrologie

3.1 Niederschlag

Um die hydrologischen Gegebenheiten im untersuchten Gebiet besser verstehen und untersuchen zu können, muss zu allererst der Niederschlag detailliert überprüft und dessen Werte bestimmt werden. Für eine aussagekräftige Analyse muss insbesondere der Niederschlag in Form von Regen betrachtet werden. In den nachfolgenden Kapiteln erfolgt eine Bestimmung der Bemessungsereignisse des Niederschlages nach folgender Vorgehensweise:

1. Extremwertstatistische Auswertung der langjährigen Messreihen der in der Umgebung des Einzugsgebietes liegenden Messstationen.
2. Auswertung der Maximierten Modellniederschläge (MaxModN).
3. Auswertung der Starkniederschlagskarten des Hydrologischen Atlas Österreichs (2003, 2005).
4. Anleitung für Bemessungsniederschläge des BMLFUW Abteilung VII/3 – Wasserhaushalt (e-Hyd Fachkarte).
5. Landregen.

Damit man mit obenstehenden Untersuchungsmodellen auch aussagekräftige Ergebnisse erhält, müssen die Niederschlagswerte möglichst vieler Messstationen in die Berechnungen einfließen. Die folgende Graphik gibt einen Überblick über alle vorhandenen Stationen des hydrographischen Dienstes im Raum Ober- und Mittelkärnten. Wie man der Graphik entnehmen kann, befinden sich sieben Messstationen in der unmittelbaren Umgebung, doch werden für die weiteren Untersuchungen 16 der in der näheren Umgebung befindlichen Stationen ausgewertet.

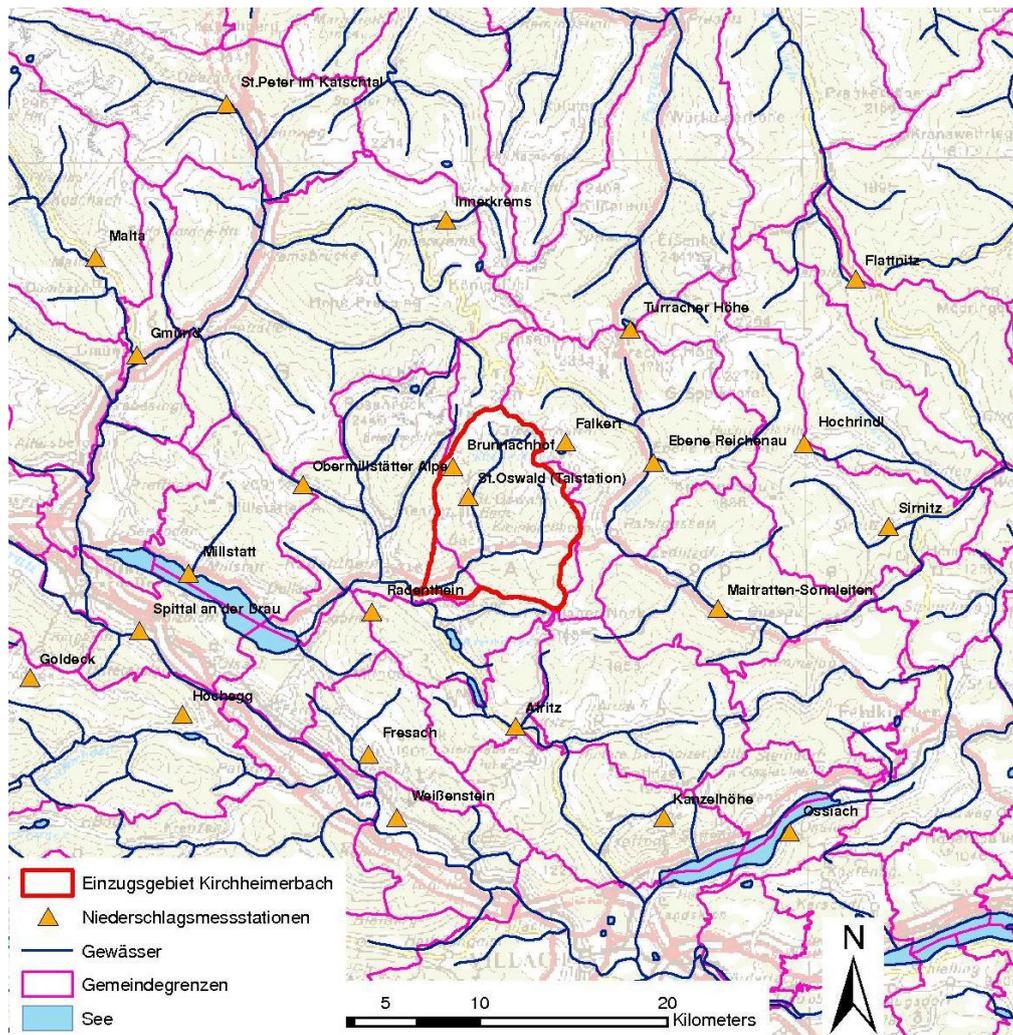


Abbildung 11: Lage der Messstationen des Hydrographischen Dienstes²⁷

3.1.1 Extremwertstatistische Auswertung langjähriger Messreihen

Im ersten Schritt wurde zu einer detaillierten Bestimmung der Bemessungsereignisse des Niederschlags eine Analyse aller Niederschlagsdaten der aufgezeigten Messstationen vorgenommen. In der direkten Umgebung des Einzugsgebietes liegen sieben Messstationen des Hydrographischen Dienstes, wobei bei den Stationen Falkert und Brunnacherhof kaum Niederschlagsdaten vorlagen. Für eine aussagekräftige statistische Auswertung der Messreihen kommen nur Messstationen in Frage, die einen Beobachtungszeitraum von ≥ 40 Jahren aufweisen können, da die Stationen mit einer geringeren Aufzeichnungszeit keine konkreten Werte für die Wiederkehrzeit von 100 bzw. 150 Jahren liefern würden.

Die Niederschlagsdaten aus den Hydrologischen Jahrbüchern Österreichs 1901 – 2006 wurden nun für jede Station in eine bestehende Datenbank des Institutes für Alpine

²⁷ Vgl. digHAO [Hydrologischer Atlas Ö]

Naturgefahren der Universität für Bodenkultur in Wien eingegeben und daraus mittels einer Gumbelanalyse die nachfolgenden Werte ermittelt. Die Gumbelanalyse zeigt durch ein exponentielles Verfahren die Häufigkeit, in der seltene Wetterereignisse auftreten.

Nr.	Messstation (müA)	Beobachtungs-jahre [a]	max. hn [mm]	T [a] = 30		T [a] = 50		T [a] = 100		T [a] = 150	
				x _T [mm]	x _T [mm]	x _T [mm]	x _T [mm]	KIV 95 % [mm]	KIV 95 % [mm]		
113324	St. Peter im Katschtal (1220)	100	124	92.9	100.0	109.6	13.4	115.1	14.6		
113332	Innerkrems (1520)	90	104	90.1	96.7	105.7	13.3	111.0	14.4		
113340	Gmünd (741)	42	94.2	91.8	98.8	108.2	20.3	113.7	22.0		
113399	Malta (830)	100	110.2	90.7	97.1	105.8	12.2	110.8	13.2		
113407	Obermillstätter Alpe (1450)	65	127.5	111.7	119.9	131.1	19.3	137.6	21.0		
113415	Radenthein (685)	97	104.5	89.5	96.1	104.9	12.6	110.0	13.6		
113423	Millstatt (591)	104	98	85.4	91.6	100.1	11.6	105.0	12.6		
113464	Hohegg (1030)	54	118.1	94.3	101.2	110.4	17.5	115.7	19.0		
113480	Weißenstein (510)	61	134.7	102.4	110.4	121.3	19.4	127.6	21.0		
113548	Afritz (715)	100	127.7	93.5	100.4	109.8	13.1	115.1	14.2		
113563	Ossiach (520)	99	101	92.8	99.3	108.1	12.4	113.3	13.5		
113571	Kanzelhöhe (1526)	56	84.7	86.8	92.0	99.1	13.2	103.2	14.3		
113928	Ebene Reichenau (1052)	42	96.2	92.5	99.7	109.4	20.9	115.0	22.7		
114447	St. Oswald Talstation (1319)	40	102.2	99.2	106.6	116.6	22.0	122.4	23.9		
113936	Sirnitz (850)	101	143.2	101.9	110.2	121.4	15.6	127.9	16.9		
113944	Hochrindl (1540)	40	107	92.5	99.0	107.8	19.4	113.0	21.1		
Mittelwert				94.2	101.2	110.6		116.0			

Tabelle 4: Gumbelanalyse

Bei den Werten der Stationen mit lange zurückreichender Beobachtungszeit zeigt sich, dass die geschätzte Niederschlagshöhe der Jährlichkeit 100 bereits beinahe erreicht oder teilweise schon überschritten wurde.

Aus der extremwertstatistischen Auswertung der langjährigen Messreihen lassen sich je nach Messstation für eine Wiederkehrzeit von 100 Jahren Niederschlagshöhen von

$$h_{N,100} [mm] = 99 - 131 \quad (\bar{x} [mm] = 111)$$

ableiten.

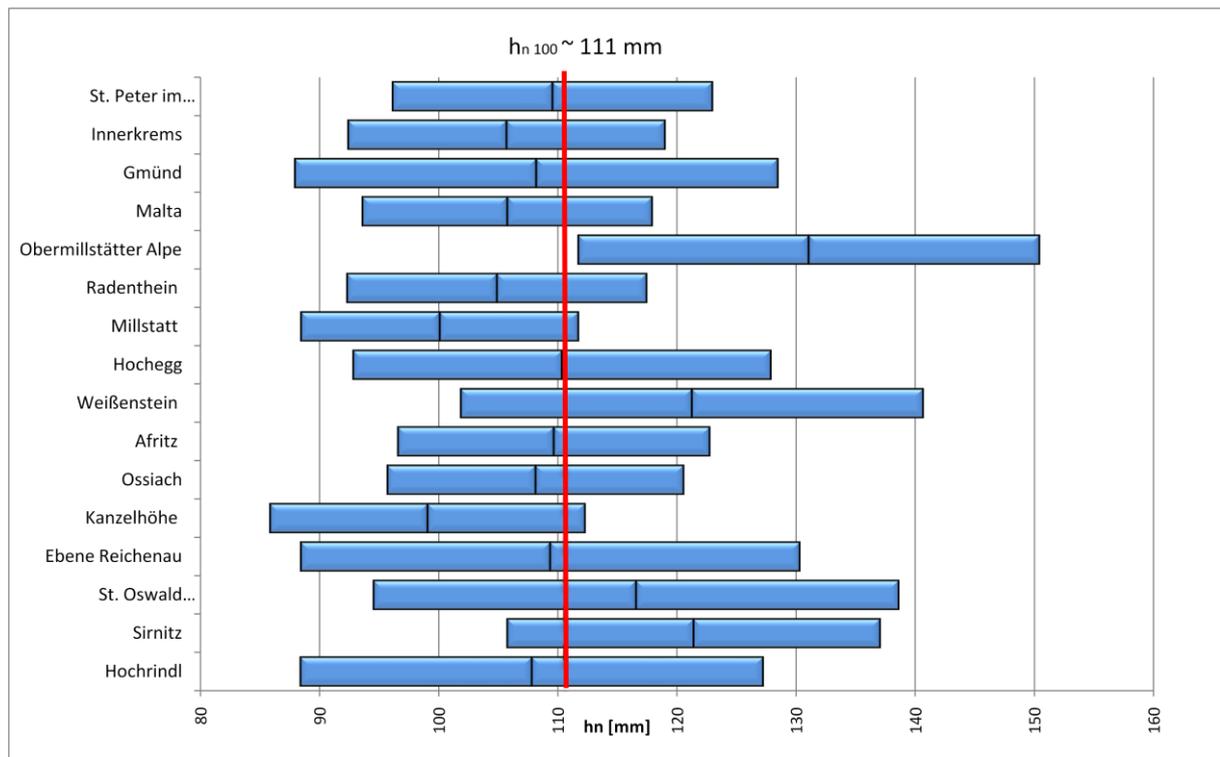


Abbildung 12: Niederschlagshöhen h_N ($T [a] = 100$) der Gumbelanalyse mit 95%-Konfidenzintervall, Mittelwert \bar{x}

Anhand der Ergebnisse der durchgeführten Extremwertanalyse kann nun unter Berücksichtigung des Vertrauensbereichs für die relevanten Messstationen der 100-jährliche Tagesniederschlag für das Einzugsgebiet des Kleinkirchheimerbaches mit etwa 111 mm abgeschätzt werden. Im Vergleich dazu weisen die 150 jährlichen Niederschlagswerte der Gumbelanalyse einen rund 5 % höheren Wert auf als die des 100 jährlichen.

In Abbildung 13 wurden zusätzlich die beobachteten Tagesmaxima dargestellt. Die Werte liegen in einem Bereich von 94,2 mm in Gmünd bis hin zu 143,2 mm in Sirnitz.

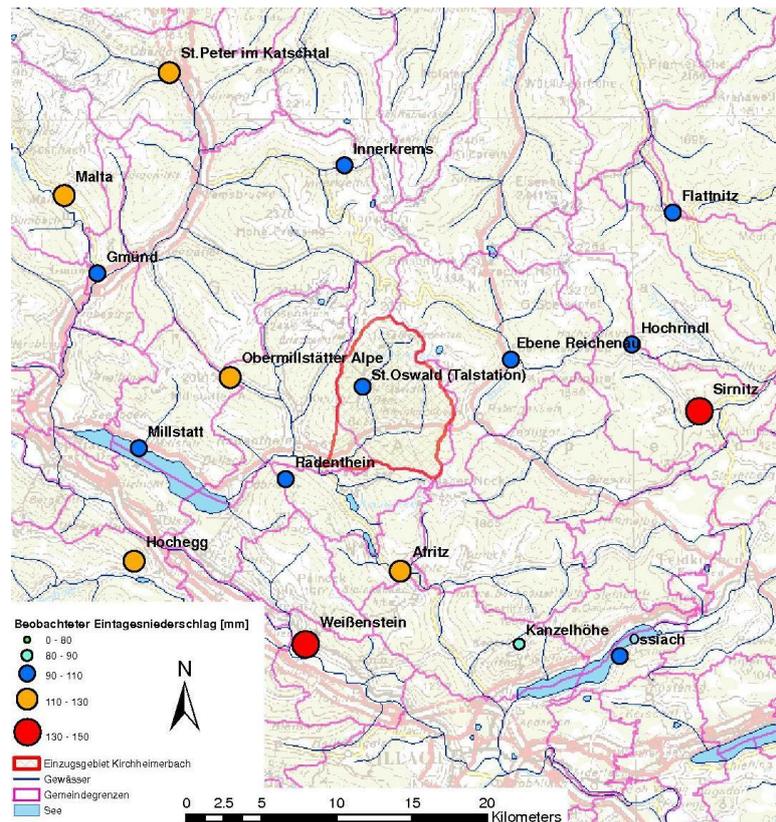


Abbildung 13: Beobachtete maximale Tagesniederschläge

Des Weiteren werden zu Veranschaulichungszwecken in Abbildung 14 die durch das geostatistische Kriging Verfahren ermittelten Niederschlagshöhen für die Tagesmaxima der Wiederkehrzeit $T [a] = 100$ räumlich dargestellt. Das Kriging erfolgte über den „Geostatistical Analyst“ des Programmes Arcmap 9.2 mit der geostatistischen Methode „Ordinary Kriging“ mit einer „Lagsize“ von 1500 und einer Winkelrichtung von 178,3 Grad und einer Winkeltoleranz von 45 Grad. Es wurden immer mindestens zwei der sich in der Nähe befindliche Stationen berücksichtigt. Die Tagesmaxima der Wiederkehrzeit $T [a] = 100$ wurden folgend mit einem Smooth Faktor von 0,5 geglättet. Hierbei ergibt sich für das Einzugsgebiet des Kleinkirchheimerbaches ein mittleres Tagesmaxima von 113,45 mm (für $T [a] = 100$).

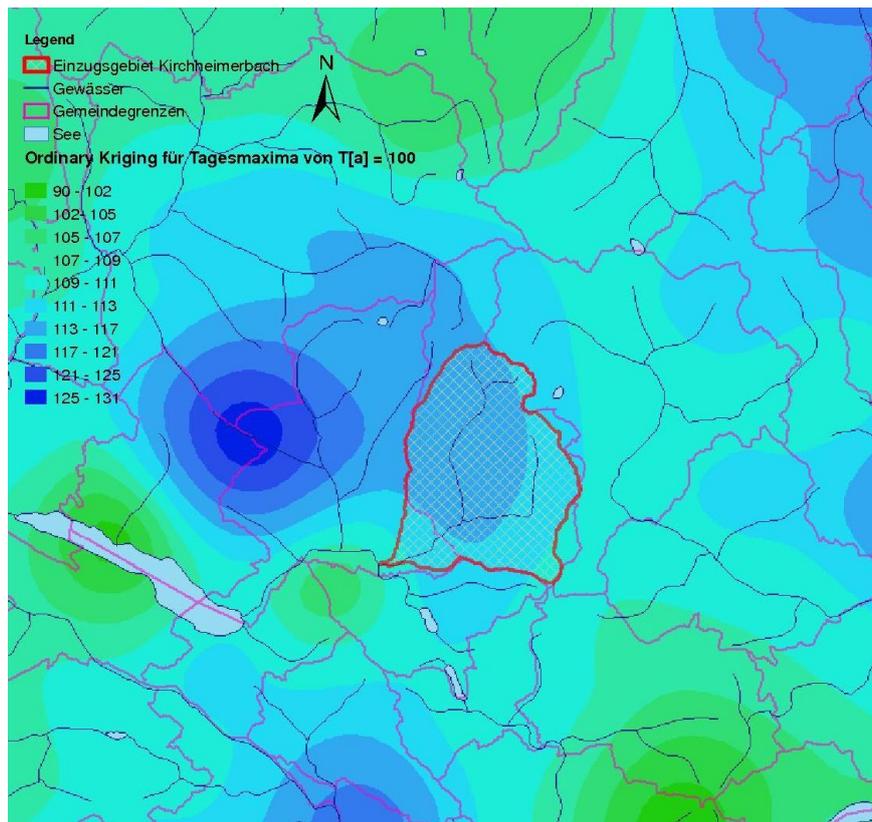


Abbildung 14: Niederschlagshöhen des Eintagesniederschlages (T [a] = 100) in [mm]

3.1.2 Maximierte Modellniederschläge (MaxModN) nach LORENZ und SKODA 2000

Dieses räumlich meteorologische Modell ist aus Ergebnissen von Niederschlagsmodellrechnungen unter maximierten Rand- und Anfangsbedingungen abgeleitet worden. Die Daten für die Dauerstufen 5 Minuten bis 12 Stunden sind auf ein konvektives Niederschlagsmodell zurückzuführen; für längere Dauerstufen wurden die Daten mit dem numerischen Vorhersagemodell ALADIN (Aire Limitee Adaption dynamique Development International) ermittelt. Im Bereich von 6 und 48 Stunden wurden die Daten der beiden Modelltypen dauerstufenabhängig gewichtet. Die in der Analyse zu berücksichtigenden Daten liegen auf einem Gitternetz mit ca. 6 km x 6 km Rasterweite für ganz Österreich vor. Für jedes Rasterelement werden Niederschlagswerte mit Dauerstufen D und Wiederkehrzeit T ausgegeben, die punktuell mindestens einmal in diesem Element auftritt.^{28, 29}

²⁸Vgl. Weilguni [Fachkarte Bemessungsniederschlag] S. 2ff

²⁹Vgl. Weilguni [Bemessungsniederschläge in Ö] S.136f

Für das Gesamteinzugsgebiet des untersuchten Gebietes sind neun dieser Rasterelemente als relevant anzusehen. Aus diesen neun Elementen wurden für die Jährlichkeiten T_{30} und T_{100} die Mittelwerte der Niederschlagshöhen jeder Dauerstufe gebildet.

Da diese Werte jedoch genau genommen nur für einen Punkt gelten, müssen sie räumlich abgemindert werden, damit man einen mittleren Niederschlagswert erhält, der an jedem Punkt der Gitterfläche auftritt.

Hierfür gibt es zwei Ansätze: die sanfte Flächenabminderung nach Lorenz und Skoda³⁰ und eine stärkere Abminderung nach Skoda³¹. Während in die sanfte Flächenabminderung nur die Einzugsgebietsgröße A [km²] und die Niederschlagsdauer D [min] eingehen, wird in der starken Abminderung auch die Niederschlagsintensität mit einbezogen.

Für die in dieser Arbeit getätigten Berechnungen kam somit nur eine Berechnung mit starker Abminderung in Frage, da die Niederschlagsintensität einen großen Einfluss auf die Ergebnisse hat.

Nach Skoda³² gilt dafür diese Formel:

$$RA = (R Pmax) \times \exp(-\omega * A \xi) \quad (Gl. 1)$$

Folgende Formel enthält zusätzlich die Parameter für eine „starke“ Abminderung:

$$\omega \overline{(hn/D)} = 0.0447 \times \overline{(hn/D)} + 0.0026 \quad (Gl. 2)$$

- AGebietsgröße [km²]
- ξ 0.59
- (hn/D) bezeichnet den Erwartungswert der Niederschlagsintensität [mm/min]

Dieser Erwartungswert (hn/D) wird für das vorliegende Projekt entsprechend eines 90 minütigen Ereignisses der Wiederkehrzeit T [a] = 100 mit 80 mm / 1,5 h angenommen.

³⁰ Vgl. Lorenz [Bemessungsniederschläge kurzer Dauerstufen]

³¹ Skoda [Starkniederschläge] S. 83ff

³² ebenda

Diese Berechnungen wurden unter Zuhilfenahme der kritischen Dauerstufe (D_k) mit folgenden Berechnungsmethoden ermittelt³³:

$$D_k = \frac{58L}{A^{0,1} * 1,34 * S^{0,32}} \quad (Gl. 3)$$

$$D_k = 59,34 * A^{0,692} * (\Delta H)^{-0,32} \quad (Gl. 4)$$

D_kkritische Dauerstufe
 AGebietsgröße [km²]
 ΔHMaximale Höhendifferenz
 S($\Delta H/L$)

Mit dieser Berechnung ergeben sich Werte der kritischen Dauerstufe von rund 90 min.

Als Berechnungsergebnis erhält man für ein 60 minütiges Ereignis nach Wiederkehrzeit $T[a]$ = 100 eine Intensität von 75,89 mm/h.

Modellp. Nr.	D	t_d	5621	5622	5623	5728	5729	5730	5835	5836	5837	"starke" Abmin. (2003)		
												Mittel	Mittel red.	Intens.
			R_{max}	R_{max}	R_A	i_{Red}								
	[min]	[h]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm/min]								
5	0.083	23.8	24.0	24.5	25.9	25.5	25.5	26.0	25.7	25.3	25.1	15.5	3.11	
10	0.167	46.2	46.7	48.6	55.9	53.1	53.1	57.3	54.3	52.1	51.9	32.1	3.21	
15	0.25	60.5	61.3	64.2	75.3	70.8	70.8	77.4	72.8	69.4	69.2	42.8	2.85	
20	0.33	69.5	70.4	73.8	87.3	81.9	81.9	89.9	84.2	80.2	79.9	49.4	2.47	
30	0.50	82.9	84.0	88.3	105.4	98.4	98.4	108.7	101.4	96.2	96.0	59.3	1.98	
45	0.75	95.9	97.3	102.4	122.9	114.5	114.5	127.0	118.2	111.9	111.6	69.0	1.53	
60	1	105.2	106.8	112.4	135.4	126.0	126.0	140.0	130.1	123.1	122.8	75.9	1.26	
90	1.5	118.3	120.1	126.5	153.0	142.1	142.1	158.3	146.8	138.7	138.4	85.6	0.95	
120	2	127.4	129.3	136.2	164.8	153.0	153.0	170.4	158.1	149.4	149.1	92.1	0.77	
180	3	142.8	144.9	152.7	184.6	171.2	171.5	190.7	176.9	167.5	167.0	103.2	0.57	
240	4	153.7	156.0	164.4	198.9	184.7	184.7	205.7	190.8	180.3	179.9	111.2	0.46	
360	6	193.0	202.2	190.3	213.2	204.7	201.2	219.4	217.2	217.6	206.5	127.7	0.35	
540	9	227.2	243.1	212.4	222.7	220.4	213.7	228.0	238.2	249.2	228.3	141.1	0.26	
720	12	244.5	264.8	223.4	224.9	226.3	218.1	230.2	247.1	264.1	238.2	147.2	0.20	
1080	18	247.4	267.9	226.0	227.5	229.0	220.7	232.9	250.0	267.2	241.0	148.9	0.14	
1440	24	251.1	271.9	229.4	230.9	232.5	224.0	236.4	253.8	271.3	244.6	151.2	0.10	

Tabelle 5: Mittlerer Punktniederschlag und reduzierter mittlerer Punktniederschlag $T[a] = 100$

³³ Vgl. Lorenz [Bemessungsniederschläge kurzer Dauerstufen] S12f

3.1.3 Auswertung der Starkniederschlagskarten des HAÖ

Die Werte der Starkniederschlagskarten im Hydrologischen Atlas von Österreich³⁴ beruhen auf den Auswertungen der Bemessungsniederschläge kurzer Dauerstufen³⁵. Unter Berücksichtigung des orographisch-konvektiven Verstärkungsindex (OKV) kann auch die Wirkung von Gewitterniederschlägen miteinbezogen werden. Dies ist in einem Gebiet wie Bad Kleinkirchheim, wo im Sommer vermehrt gewittrige Schauer auftreten, besonders wichtig und gehört hier auch zur Starkregencharakteristik.

Im untersuchten Gebiet rund um die Ortschaft Bad Kleinkirchheim weist der orographisch-konvektive Verstärkungsindex Werte von 31,2 bis 52,84 auf (siehe Abbildung 15).

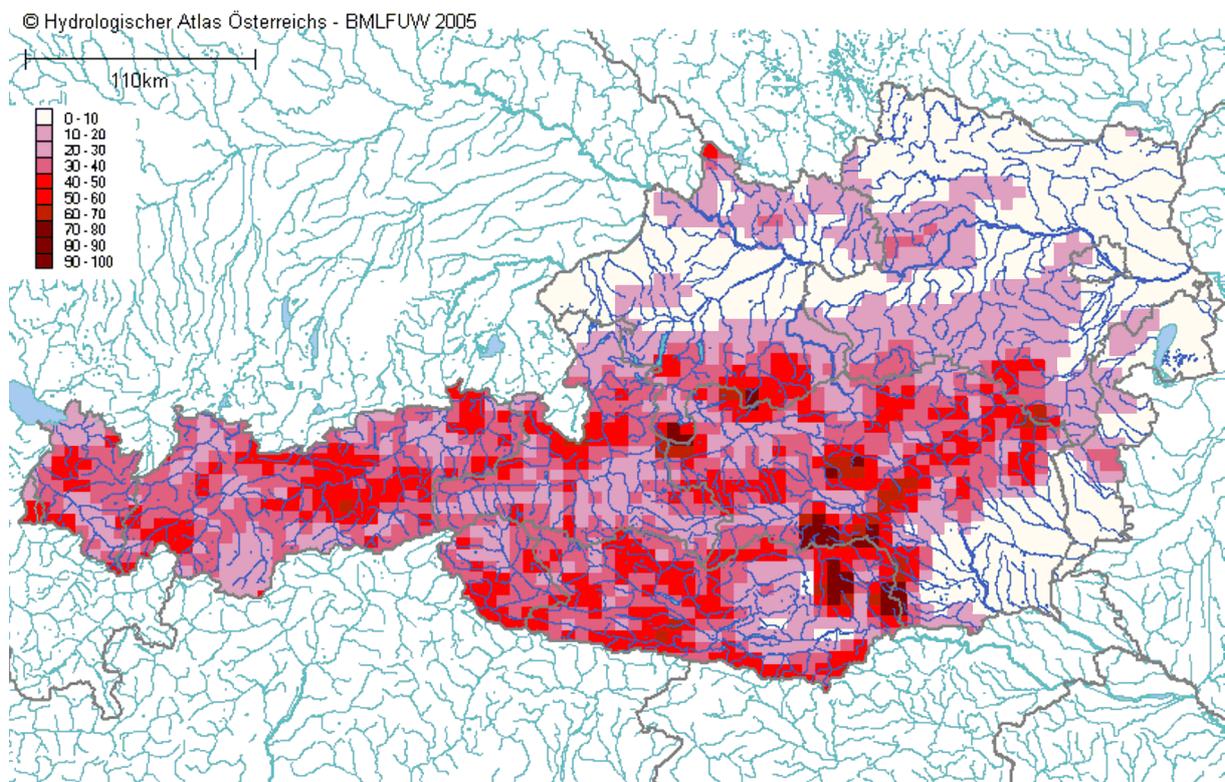


Abbildung 15: Orographisch-konvektiver Verstärkungsindex OKV [%]³⁶

Die Niederschlagshöhen für die Wiederkehrzeit $T[a] = 100$ werden dem Hydrologischen Atlas Österreichs 2005 entnommen und der Mittelwert der Niederschlagshöhen für die relevanten Modellpunkte ermittelt (siehe Tabelle 6). Es stehen nur die Niederschlagshöhen der zugehörigen Dauerstufen $D [min] = 15, 60$ und 180 zu Verfügung; um auch die

³⁴ Vgl. digHAO [Hydrologischer Atlas Ö]

³⁵ Vgl. Lorenz [Bemessungsniederschläge kurzer Dauerstufen]

³⁶ Vgl. digHAO [Hydrologischer Atlas Ö]

Niederschlagshöhen von höheren Dauerstufen zu erhalten, werden durch eine Extrapolation der vorhandenen Daten die Dauerstufen bis 24 h ermittelt (siehe Abbildung 16).

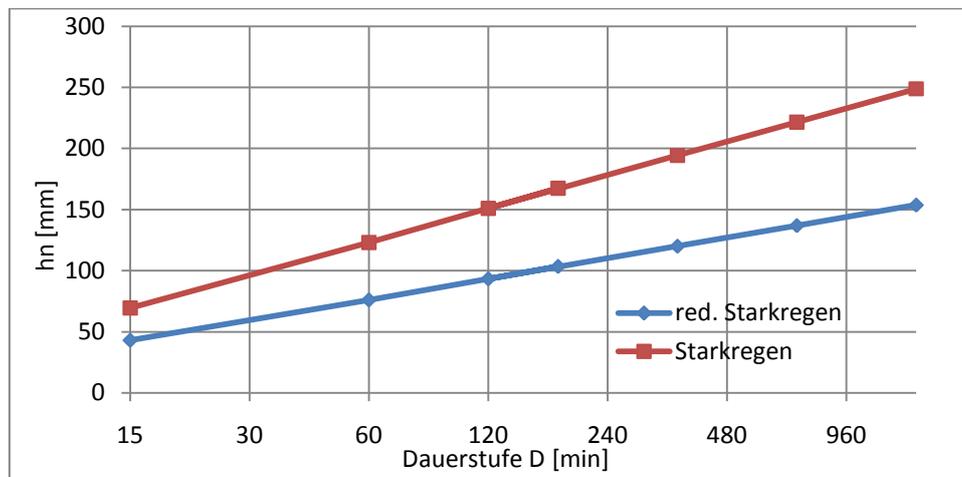


Abbildung 16: Extrapolation der Niederschlagsdaten der Starkniederschlagskarten des HAÖ

Des Weiteren erfolgt nach Skoda³⁷ eine räumliche Abminderung der Bemessungswerte aus Gl. 1 und Gl. 2 mit den Parametern für „starke“ Abminderung.

Modellp. Nr.		5673	5674	5675	5781	5782	5783	5889	5890	5891	"starke" Abmin. (2003)		
D	t _d	R _{max}	R _{max}	R _{max}	R _{max}	R _{max}	R _{max}	R _{max}	R _{max}	R _{max}	Mittel	Mittel red.	Intens.
[min]	[h]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	R _{max}	R _A	i _{Rred}
15	0.25	60.8	61.6	64.4	75.8	71.2	71.2	77.9	73.2	69.8	69.5	43.0	2.87
60	1	105.4	106.9	112.6	135.8	126.3	126.3	140.4	130.4	123.3	123.0	76.1	1.27
180	3	142.9	145.1	152.9	185.2	171.9	171.9	191.6	177.6	167.8	167.4	103.5	0.57
120	2	extrapolierte Werte									151.0	93.3	0.78
360	6										194.3	120.1	0.33
720	12										221.5	136.9	0.19
1440	24										248.8	153.8	0.11

Tabelle 6: Mittlerer Punktniederschlag und reduzierter mittlerer Punktniederschlag
T[a] = 100

3.1.4 eHyd Bemessungsniederschläge

Der Bemessungsniederschlag wird an jedem Gitterpunkt für jede Dauerstufe und Jährlichkeit durch dauerstufenabhängige Gewichtung der MaxModN-Daten mit den interpolierten ÖKOSTRA-Daten gebildet.

³⁷ Skoda [Starkniederschläge] S. 83ff

Für jeden Gitterpunkt werden vom HZB Daten bereitgestellt, die für Dauerstufen von 5 Minuten bis 6 Tage und Jährlichkeiten bis 100 die Ergebnisse der Niederschlagsauswertungstypen (MaxModN, ÖKOSTRA, Bemessung) enthalten. Darin sind neben den Bemessungsniederschlägen als obere Werte die MaxModN sowie als untere Werte die Ergebnisse der ÖKOSTRA-Messstelleninterpolation angeführt. Damit wird auch die mögliche Bandbreite von Bemessungswerten abschätzbar. Durch die Angabe von Gauß-Krüger-Koordinaten mit Bezugsmeridian ist die Lage des Gitterpunkts, welcher numerisch gekennzeichnet ist, festgelegt. Für das Einzugsgebiet des Kleinkirchheimerbaches wurden aus umliegenden Rasterpunkten (7x7) mittels einer inversen quadratischen Distanzgewichtung folgende Werte ermittelt.

Wiederkehrzeit (T)	1	2	3	5	10	20	25	30	50	75	100
Dauerstufe (D)	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
5 Minuten	5.9	8.2	9.6	11.3	13.6	15.9	16.7	17.3	19.0	20.4	21.3
10 Minuten	9.2	13.5	16.1	19.3	23.6	27.9	29.3	30.5	33.7	36.2	38.0
15 Minuten	11.3	16.8	20.0	24.1	29.6	35.1	36.9	38.3	42.4	45.6	47.9
20 Minuten	12.6	18.9	22.5	27.1	33.3	39.5	41.5	43.2	47.8	51.4	54.0
30 Minuten	14.7	22.0	26.2	31.5	38.7	45.9	48.2	50.1	55.5	59.7	62.7
45 Minuten	16.9	25.0	29.7	35.7	43.7	51.8	54.4	56.5	62.5	67.2	70.6
60 Minuten	18.56	27.2	32.2	38.6	47.1	55.7	58.5	60.8	67.1	72.1	75.7
90 Minuten	21.0	30.3	35.7	42.5	51.8	61.0	64.0	66.4	73.2	78.7	82.5
2 Stunden	23.1	32.7	38.3	45.4	55.0	64.6	67.7	70.2	77.3	82.9	86.9
3 Stunden	26.4	36.6	42.6	50.1	60.4	70.6	73.9	76.6	84.1	90.1	94.3
4 Stunden	29.1	39.9	46.1	54.1	64.8	75.5	79.0	81.8	89.7	96.0	100.4
6 Stunden	35.3	47.9	55.2	64.5	77.0	89.6	93.6	96.9	106.2	113.5	118.7
9 Stunden	41.7	56.8	65.6	76.7	91.7	106.8	111.6	115.6	126.7	135.5	141.8
12 Stunden	46.5	63.2	73.0	85.3	101.9	118.6	124.0	128.4	140.7	150.4	157.4
18 Stunden	52.2	69.8	80.0	93.0	110.6	128.1	133.8	138.4	151.4	161.6	168.9
1 Tag	59.6	77.7	88.3	101.7	119.8	137.9	143.7	148.5	161.8	172.4	179.9
2 Tage	72.6	91.3	102.3	116.2	134.9	153.7	159.7	164.6	178.5	189.4	197.2

Tabelle 7: Für das Einzugsgebiet gemittelte Niederschlagshöhen unterschiedlicher Wiederkehrintervalle gemäß eHyd

Die in Tabelle 8 berechneten Werte wurden ebenfalls, wie untenstehend zu sehen ist, mit Hilfe von Gl.1 und Gl.2 abgemindert.

Starke Abminderung (2003)	
Wiederkehrzeit (T)	100
Dauerstufe (D)	[mm]
5 Minuten	12.5
10 Minuten	22.2
15 Minuten	28.0
20 Minuten	31.5
30 Minuten	36.6
45 Minuten	41.2
60 Minuten	44.2
90 Minuten	48.2
2 Stunden	50.7
3 Stunden	55.1
4 Stunden	58.7
6 Stunden	69.4
9 Stunden	82.8
12 Stunden	91.9
18 Stunden	98.7
1 Tag	105.1
2 Tage	115.2

Tabelle 8: Abgeminderte, gemittelte Niederschlagshöhen gemäß eHyd für die Wiederkehrzeit $T[a]=100$

3.1.4.1 eHyd Bemessungsniederschläge für die spätere Szenarienbildung

Für die später notwendige Erstellung einzelner Niederschlagsszenarien (in Kapitel 3.3 beschrieben) wurde im Zuge der gerade zuvor beschriebenen Berechnungen diese auch für den Kleinkirchheimerbach und den St. Oswalderbach getrennt durchgeführt. Des Weiteren werden für die einzelnen relevanten Teileinzugsgebiete Niederschlagsdaten des eHyd Bemessungsniederschlags abgemindert. Da, wie in Kapitel 3.1.2 beschrieben, die Auswertungen von verschiedenen Faktoren abhängig sind, die je nach Einzugsgebiet variieren, sind für die weiteren Forschungen getrennte Berechnungen unumgänglich.

Die eHyd Bemessungsniederschläge wurden für beide Gebiete mit denselben Berechnungsmethoden für die Jährlichkeit 100 sowie für das Gesamteinzugsgebiet durchgeführt. Durch die starke Ähnlichkeit der beiden Gebiete (nicht nur in Hinblick auf die Fläche) ergaben sich bei der Konzentrationszeitberechnung der beiden Bäche nahezu gleiche Werte, daher werden die Ergebnisse der Einfachheit halber nur einmal dargestellt:

Starke Abminderung (2003)	
Wiederkehrzeit (T)	100
Dauerstufe (D)	[mm]
5 Minuten	14.3
10 Minuten	25.4
15 Minuten	32.0
20 Minuten	36.1
30 Minuten	41.9
45 Minuten	47.1
60 Minuten	50.6
90 Minuten	55.1
2 Stunden	58.0
3 Stunden	63.0
4 Stunden	67.1
6 Stunden	79.3
9 Stunden	94.7
12 Stunden	105.1
18 Stunden	112.8
1 Tag	120.1
2 Tage	131.7

Tabelle 9: Abgeminderte, gemittelte Niederschlagshöhen gemäß eHyd für die Wiederkehrzeit $T[a]=100$ für Szenarienbildung

3.1.5 Landregen

Unter Landregen versteht man lang anhaltenden Regen, der in der Regel an einer Warmfront auftritt.³⁸ Natürlich ist es auch unumgänglich, solche länger andauernden Niederschläge in der Berechnung zu berücksichtigen. Hierfür werden 2-Tages-Niederschläge mit ungefähr gleich bleibender Intensität aufgenommen.

³⁸ Vgl. Wetterlexikon [Landregen]

Zu diesem Zwecke werden, wie aus nachfolgender Tabelle ersichtlich, die 2-Tagesstarkniederschlagssummen für 14 relevante Messstationen ermittelt^{39,40}.

Nr.	Messstation	Beobachtungsjahre [a]	hn _{max} (2d) [mm]	Datum
113324	St. Peter im Katschtal	100	109	05.04.1975
113332	Innerkrems	90	99	24.09.1973
113399	Malta	100	110	29.03.1975
113407	Obermillstätter Alpe	65	151	05.04.1975
113415	Radenthein	97	110	24.09.1973
113423	Millstatt	104	110	24.09.1973
113464	Hohegg	54	118	24.09.1973
113480	Weißenstein	61	128	24.09.1974
113548	Afritz	100	116	24.09.1973
113563	Ossiach	99	119	08.10.1980
113571	Kanzelhöhe	56	117	24.09.1973
113936	Sirnitz	101	128	29.07.1980
113951	Flattnitz	37	119	08.10.1980
114447	St. Oswald Talstation	40	85	02.09.1983

Tabelle 10: Größte gemessene Niederschlagssummen für zwei Tage

Der mit Abstand höchste Wert mit 151 mm wurde im Jahr 1975 auf der Obermillstätter Alpe gemessen.

3.1.6 Vergleich der einzelnen Bemessungsmethoden

Nach Durchführung der fünf beschriebenen Bemessungsmethoden und der Erläuterung der Einzelergebnisse wurde des Weiteren noch ein Vergleich der Ergebnisse durchgeführt. Dies war notwendig, da konkrete Rückschlüsse nur nach Betrachtung des Ganzen zu ziehen sind.

D [min]	StarkNS HAÖ [mm]	StarkNS HAÖ starke Abm. [mm]	MaxModN [mm]	MaxModN starke Abm. [mm]	eHyd Bem. [mm]	eHyd Bem starke Abm. [mm]	NS_Station [mm]
15	69,5	43,0	69,2	42,8	47,9	29,6	
60	123,0	76,1	122,8	75,9	75,7	46,8	
180	167,4	103,5	167,0	103,2	94,3	58,3	
360	194,3	120,1	206,5	127,7	118,7	73,4	
720	221,5	136,9	238,2	147,2	157,4	97,3	
1440	248,8	153,8	244,6	151,2	179,9	111,2	
							111,0

Tabelle 11: Vergleich der einzelnen Bemessungsmethoden (tabellarische Darstellung)

³⁹ Vgl.HD Österreich [Beiträge zur Hydrographie 1983]

⁴⁰ Vgl.HD Österreich [Beiträge zur Hydrographie 1994]

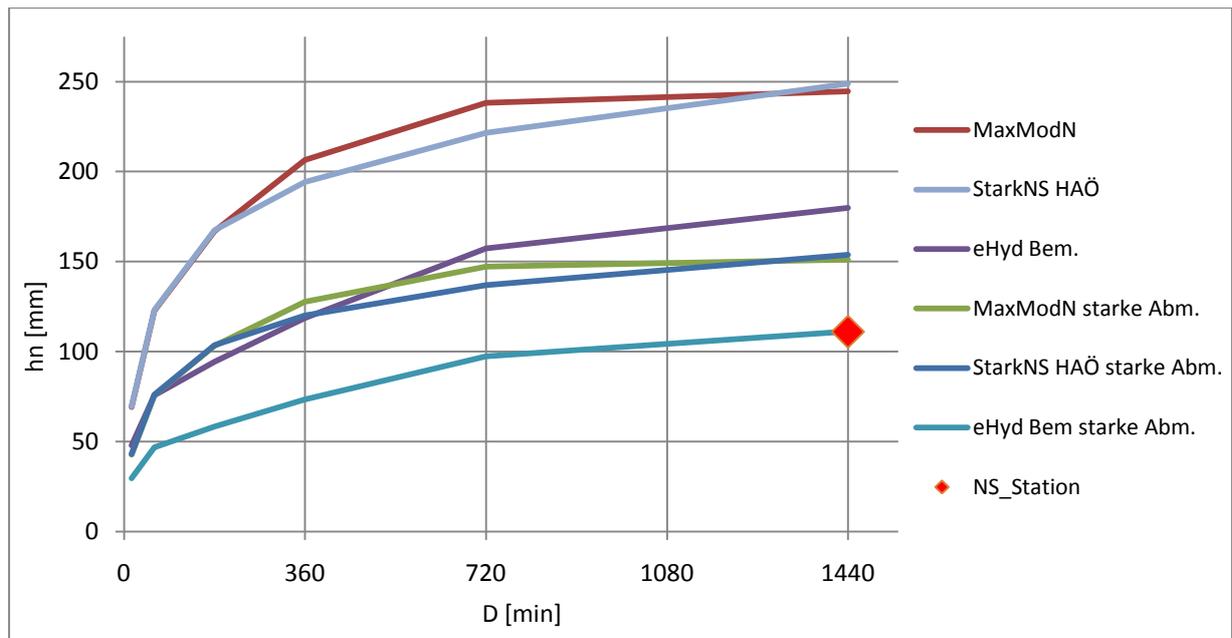


Abbildung 17: Vergleich der einzelnen Bemessungsmethoden (graphische Darstellung)

Beim Vergleich dieser Daten ist zu erkennen, dass sowohl die MaxModN (ohne Abminderung) als auch die Starkniederschlagsauswertung des HAÖ (ohne Abminderung) um mehr als 100 % zu hohe Werte aufweisen. Auch die eHyd Bemessungsniederschläge (ohne Abminderung), die MaxModN (starke Abminderung) und die Starkniederschlagsdaten des HAÖ (starke Abminderung) zeigen zu hohe Werte für die Niederschlagsabflusssimulation auf. Einzig und allein der stark abgeminderte eHyd Bemessungsniederschlag deckt sich mit den Auswertungen der langen Messreihen der Niederschlagsstationen und wird daher für die weiteren Simulationen herangezogen.

3.2 Jahresniederschlag

Der durchschnittliche Jahresniederschlag beträgt an der Station St. Oswald (Talstation) 1058 ± 115 mm. Dieser Wert wurde anhand eigener Berechnungen mit Hilfe der Zeitreihe des Hydrographischen Dienstes von 1903 bis 2002 ermittelt. Die Niederschlagsmengen werden vom Hydrographischen Dienst mit Ombrographen und Ombrometern gemessen und aufgezeichnet, wobei Schnee- oder Hagelniederschläge in Wasser umgerechnet werden.

3.3 Niederschlagsszenarien

3.3.1 Räumliche Niederschlagsszenarien - Grundlagen

Das untersuchte Einzugsgebiet hat eine Größe von 61,53 km² und ist in zwei Täler (den Kleinkirchheimer Tal und den St. Oswaldertal) unterteilt. Durch diese Tallagen und die gesamten klimatischen Bedingungen ist es äußerst unwahrscheinlich, dass ein Starkregen das gesamte Einzugsgebiet erfasst. Für die Erstellung räumlicher Szenarien ist es daher notwendig, das Gebiet in zwei Teile zu unterteilen. Wie in Abbildung 18 ersichtlich, wurde das Gesamteinzugsgebiet einmal in das Einzugsgebiet „Kleinkirchheimerbach“ und einmal in das Einzugsgebiet „St. Oswalderbach“ getrennt. Die Trennlinie wurde bei der Mündung des St. Oswalderbaches in den Kleinkirchheimerbach definiert. Zur weiteren Untersuchung stehen nun drei verschiedene räumliche Szenarien zur Verfügung.

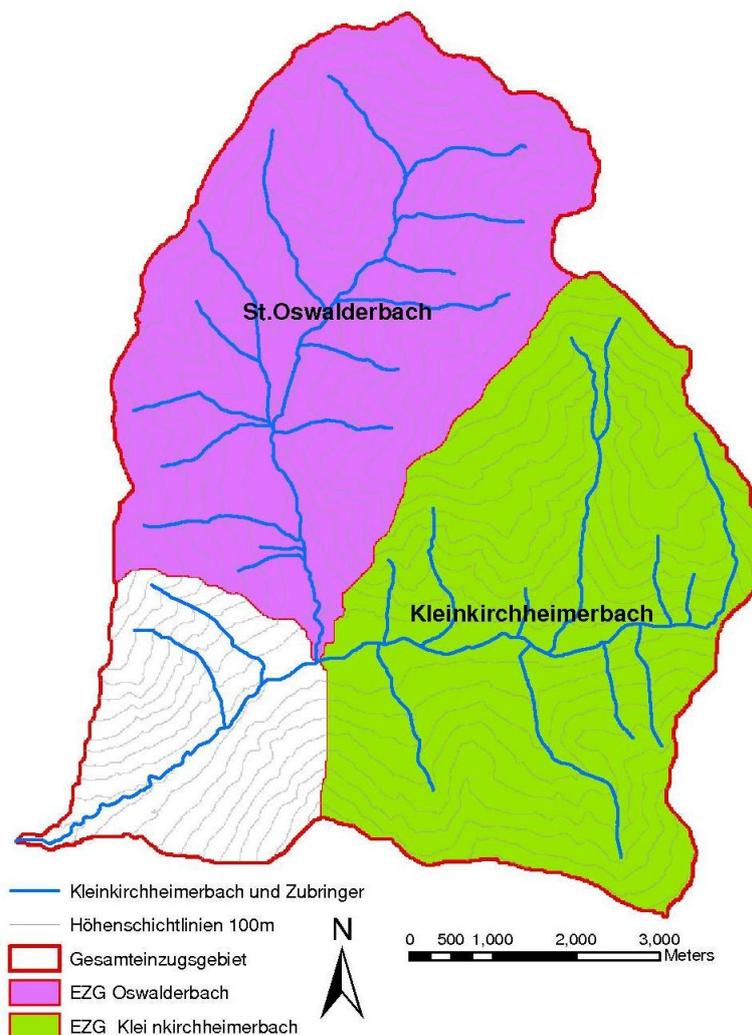


Abbildung 18: Unterteilung des Einzugsgebietes für räumliche Szenarien

3.3.2 Zeitliche Niederschlagszenarien - Grundlagen

In zeitlicher Hinsicht wird mit zwei unterschiedlichen Szenarien gearbeitet, da die zeitliche Verteilung des Niederschlages einen großen Einfluss auf die resultierende Abflussganglinie ausübt.

3.3.2.1 Blockregen

Wenn die Niederschlagsintensitäten während des gesamten Niederschlags keine Schwankungen aufweisen, spricht man von einem Blockregen. Diese Verteilung wird standardmäßig für viele Niederschlag-Abflussmodelle angewandt.

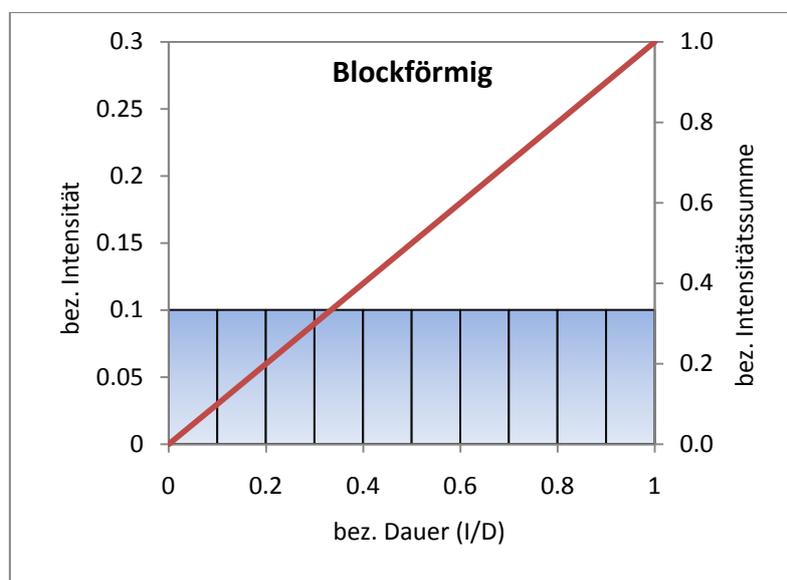


Abbildung 19: Blockförmiger Verlauf der Intensitäten⁴¹

⁴¹ DVWK [Bestimmung des Niederschlages für Bemessungshochwässer]

3.3.2.2 DVWK-Empfehlung

Die Verteilung nach der DVWK-Empfehlung stellt in Bezug auf den höchsten Scheitelwert des Abflusses den ungünstigsten Regenverlauf dar, und ist für Starkregenereignisse typisch. Es wird angenommen, dass in den ersten 30 % der Niederschlagsdauer 20 % der Gesamtniederschlagshöhe, in den folgenden 20 % der Niederschlagsdauer 50 % der Gesamtniederschlagshöhe und in den übrigen 50 % der Niederschlagsdauer die restlichen 30 % der Gesamtniederschlagshöhe fällt.

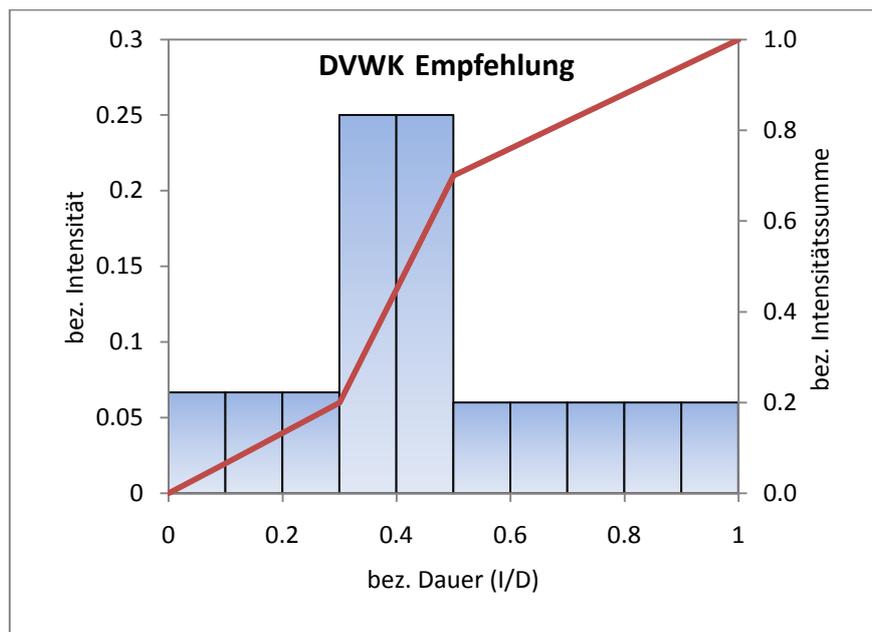


Abbildung 20: DVWK Empfehlung des Verlaufes der Intensitäten⁴²

3.3.3 Räumlich-zeitliche Niederschlagsszenarien - Auswertung

Den zuvor beschriebenen drei räumlichen Szenarien (Code RRxxxx) werden verschiedene Bemessungsniederschläge mit unterschiedlichen Niederschlagsverläufen zugewiesen.

Als Niederschlagsdaten werden die stark abgeminderten Werte des eHyd Bemessungsniederschlags in den Szenarien berücksichtigt (siehe Berechnungen im Kapitel 3.1.4.1), wobei bei den Szenarien Kleinkirchheimerbach und St. Oswalderbach jeweils das divergierende Einzugsgebiet mit einem erhöhten Basisabfluss belastet wird (Code xxNNxx).

⁴² DVWK [Bestimmung des Niederschlags für Bemessungshochwässer]

Die zeitliche Niederschlagsverteilung für eine ein- bzw. für zwei-stündige Niederschlagsdauer wird nach DVWK angenommen, während für 3, 6, 12 sowie 24 stündige Niederschläge Blockregen angenommen wird (Code xxxxZZ).

Szenario	t_N [h]	h_N [mm]	Nr.	Verlauf	Zusatzbelastung
Gesamtes EZG	1	46,8	010101	DVWK	
	2	53,7	010201	DVWK	
	3	58,3	010302	Blockregen	
	6	73,4	010402	Blockregen	
	12	97,3	010502	Blockregen	
	24	111,2	010602	Blockregen	
Kleinkirchheimerbach	0.5	41,9	020001	DVWK	erhöhter Basisabfluss St. Oswalderbaches
	1	50,6	020101	DVWK	
	2	58,0	020201	DVWK	
	3	63,0	020302	Blockregen	
	6	79,3	020402	Blockregen	
	12	105,1	020502	Blockregen	
	24	120,1	020602	Blockregen	
St. Oswalderbach	0.5	41,9	030001	DVWK	erhöhter Basisabfluss Kleinkirchheimerbach
	1	50,6	030101	DVWK	
	2	58,0	030201	DVWK	
	3	63,0	030302	Blockregen	
	6	79,3	030402	Blockregen	
	12	105,1	030502	Blockregen	
	24	120,1	030602	Blockregen	

Tabelle 12: Räumlich-zeitliche Niederschlagsszenarien (T[a]=100)

Um Vergleichs- und Anhaltswerte zu erhalten werden mittels empirischen Formeln die Konzentrationszeiten t_c der einzelnen Szenarien ermittelt. Hierfür wurden die Formeln von KIRPICH sowie CARTER herangezogen. Da die Formel von KIRPICH in der Regel die tatsächlichen Konzentrationszeiten unterschätzt, wurde auch die modifizierte Formel nach HAAN herangezogen.⁴³

Es ergeben sich für das gesamte Einzugsgebiet Konzentrationzeiten von ca. 90 min bis 3,0 h. Für die Szenarien Kleinkirchheimerbach und St. Oswalderbach erhält man Werte von rund 25 min bis 1,5 h.

⁴³ Vgl. Maniak [Hydrologie und Wasserwirtschaft]

4 Abfluss

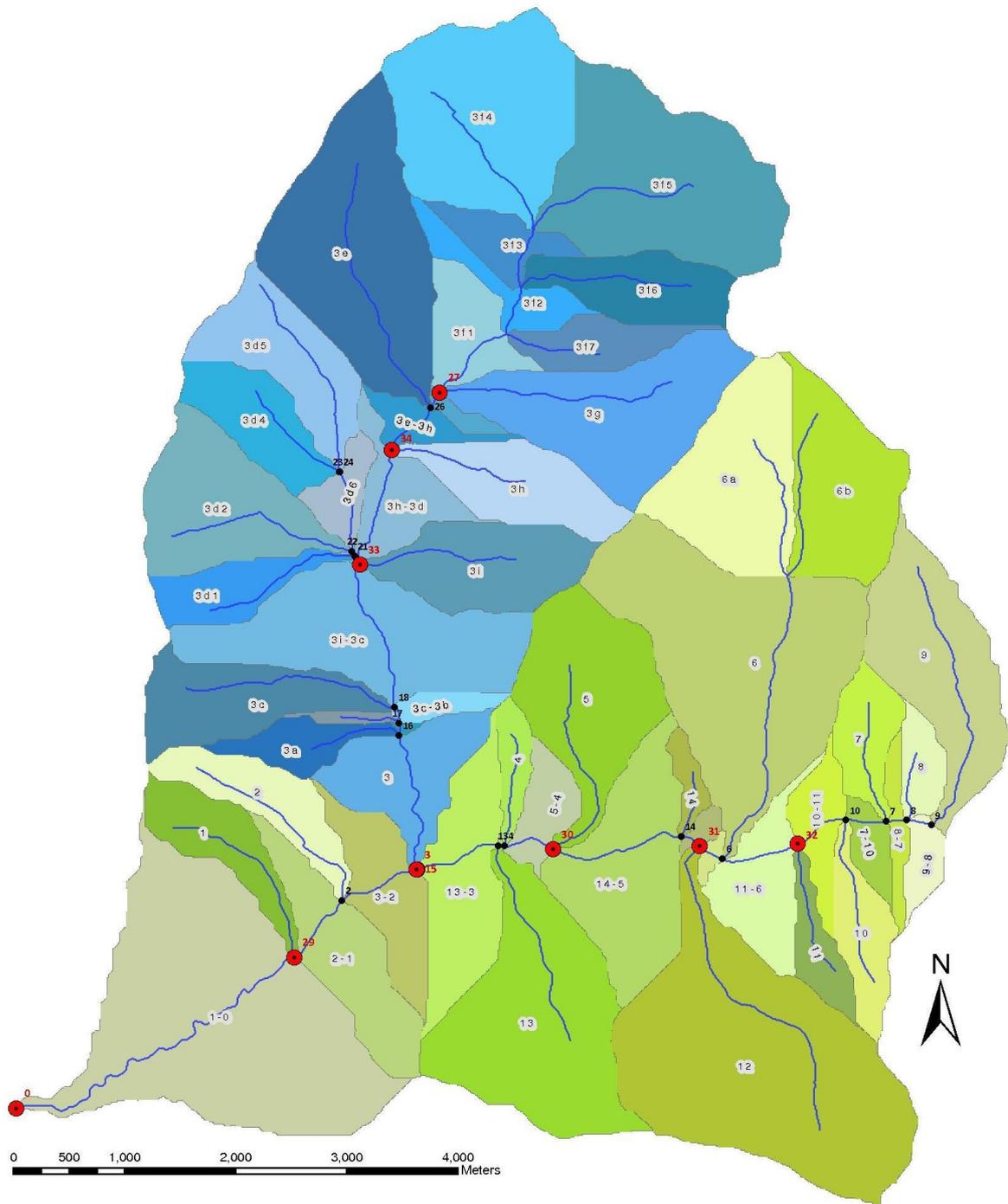
Der folgende Teil dieser Arbeit wird der Berechnung des Abflusses des gesamten Kleinkirchheimerbaches sowie der Interpretation der ermittelten Ergebnisse gewidmet. Hierzu wurden bei der Analyse drei unterschiedliche Niederschlag-Abflussmodelle zur Berechnung herangezogen.

Beim ersten verwendeten Programm handelte es sich um ZEMOKOST_NG, welches von Bernhard KOHL und Leopold STEPANEK entwickelt wurde. Als zweite Software wurde das Programm IWK-HW Version 5.0 des Institutes für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe ausgewählt. Bei der dritten Software handelt es sich um das Programm HEC-HMS 3.4 „Hydrologic Modeling System“ des US Army Corps of Engineers.

Die Ergebnisse der Simulationen wurden mit den Resultaten aus der Berechnung nach LÄNGER (1981) sowie mit den Berechnungen von Herrn DI Johannes MOSER des Hydrographischen Dienstes Kärnten gegenübergestellt.

4.1 Abgrenzung der Teileinzugsgebiete

Die Abgrenzung der Teileinzugsgebiete wurde aus dem digitalen Höhenmodell abgeleitet und erfolgte mit ArcMap und der Applikation „Arc Hydro Tool“. Die Codierung wurde an jene der Einzugsgebietscodierung der Wildbachverbauung angelehnt, sodass unter Berücksichtigung der 13 definierten Teileinzugsgebiete des Kleinkirchheimerbaches (in nachfolgender Grafik in Grüntönen dargestellt und der zwölf Teileinzugsgebiete des St. Oswalderbaches (in nachfolgender Grafik in Blautönen dargestellt) insgesamt 25 relevante Teileinzugsgebiete für die Abflusssimulation festgelegt wurden.



● ausgewählte Knotenpunkte für NA_Modelle siehe Kapitel 4.3.4

● Knotenpunkt

Abbildung 21: Übersicht über die Teileinzugsgebiete und die Gewässerknoten

4.2 Festlegung der Gewässerknoten

Für jedes Niederschlags-Abflussmodell gelten für die Einteilung der Gewässerknoten unterschiedliche relevante Bedingungen; deshalb wurden für die oben genannten 25 Teileinzugsgebiete und die zusammengefassten Einzugsgebiete

- St. Oswalderbach bis Mündung Kleinkirchheimerbach,
- Kleinkirchheimerbach bis Mündung des St. Oswalderbaches;
- aggregiertes Einzugsgebiet der beiden Bäche St. Oswalderbach und Kleinkirchheimerbach (Trattlerwirt) sowie
- Gesamteinzugsgebiet

eine einheitliche Nummerierung der Abflussknoten festgelegt (siehe Abbildung 21).

EZG_Code	EZG_Name	Abfl. Knoten	A [km ²]	L _{Ger} [km]
1	Hohlernachbachl	1	0.79	1.901
2	Untertschernerbach	2	0.85	2.068
3a	Brentler Runse Süd	16	0.45	0.912
3b	Brentler Runse Nord	17	0.09	0.579
3c	Jacklgraben	18	1.19	2.092
3d1	Wiesernockbachl Süd	21	0.63	1.539
3d2	Wiesernockbachl Nord	22	1.60	1.865
3d4	Brunnachbachl	23	0.85	1.136
3d5	Hintereggerbach	24	1.21	2.037
3d8	Hintereggerbach Mü	20	4.63	2.924
3e	Wegerbach	26	2.80	2.608
3f1	Sankt Oswalderbach	27	8.43	3.702
3g	Dolzengraben	28	2.09	2.290
3h	Kisingerbach	25	1.08	1.349
3i	Toteltzenbachl	19	1.26	1.547
3	St. Oswalderbach Mü	3	26.73	8.858
4	Aignerbachl	4	0.30	1.010
5	Kmölnigbach	5	1.84	2.086
6	Zirkitzenbach	6	7.18	4.596
7	Dragebachl	7	0.58	1.192
8	Bacherbachl	8	0.33	0.685
9	Rottensteinerbach	9	1.83	2.772
10	Angerbachl	10	0.63	1.642
11	Jogglgraben	11	0.41	1.324
12	Ottingerbach	12	4.38	3.367
13	Stücklergraben	13	2.76	2.086
14	Zirkitzen Runse	14	0.19	0.657
-	BKK bis Mü St. Oswb.	15	26.24	8.049
-	BKK Gde Grenze	29	55.82	9.570
-	BKK Radenthein	0	61.53	13.013

Tabelle 13: Die Teileinzugsgebiete und relevante Größen

Die in Tabelle 13 dargestellten Werte wurden aus dem Digitalen Höhenmodell mittels ArcGis und der vorhandenen Applikationen HECGeo-HMS ermittelt.

4.3 Abflusssimulation mit den NA-Modellen

4.3.1 Abflusssimulation nach ZEMOKOST

Bei dieser Excel-Applikation handelt es sich um ein, auf dem Laufzeitverfahren von ZELLER (1974, 1981) basierendes sowie dann in weiterer Folge u.a. vom Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen des BFW zusammen mit der Wildbach- und Lawinenverbauung modifizierten Modell zur raschen Abschätzung von Wasserspitzenabflüssen in Wildbacheinzugsgebieten – daher leitet sich auch der Name ZEMOKOST ab: Laufzeitverfahren zur Hochwasserabschätzung in Wildbacheinzugsgebieten nach Zeller modifiziert durch Kohl und Stepanek. Das Programm verfügt sowohl über Arbeitsblätter zur Dateneingabe als auch solche für die Analyse und Visualisierung; darüber hinaus besteht es aus verborgenen Arbeitsblättern für Berechnungen im Hintergrund sowie zwei Visual-Basic-Modulen. ZEMOKOST erzeugt auf Basis einer Vielzahl relativ leicht zu erhebender Parameter, die nachfolgend noch genauer dargestellt werden, für bestimmte Niederschlagsmengen in definierten Teileinzugsgebieten anhand ihrer Fließzeiten an der Oberfläche und im Gerinne Abflussganglinien. Das Programm ermöglicht eine hierarchische Einzugsgebietsgliederung als Knotentopologie, wodurch Abflussberechnungen sowohl für einzelne Teilgebiete als auch für das gesamte Gebiet möglich werden.⁴⁴

Dem Laufzeitverfahren liegt die Vorstellung zugrunde, dass ein Einzugsgebiet dann die maximale Abflussspitze einer zuvor definierten Jährlichkeit aufweist, wenn die Niederschlagsdauer der totalen Laufzeit entspricht und dabei die Niederschlagsintensität maximal ist. Die „Laufzeit“ setzt sich dabei aus der Oberflächenlaufzeit und der Gerinnelaufzeit zusammen.⁴⁵

Der durch einen Starkregen verursachte Niederschlag fließt auf zweierlei Arten ab: ein Teil versickert im Untergrund; der andere wird oberflächlich transportiert, wobei die

⁴⁴ Vgl. Kerschbaumer [Geschiebeablagerung] S. 29 sowie BFW [BFW Website] und Stöffler [Niederschlag-Abflussmodul ZEMOKOST] S. 41

⁴⁵ Vgl. Kohl [Starkregensimulation] S. 161 sowie Dobmann [Hochwasserabschätzung] S. 92

Oberflächenlaufzeit von Faktoren wie Standortindikatoren, der Abflussklasse sowie der Oberflächenrauigkeit determiniert wird.⁴⁶

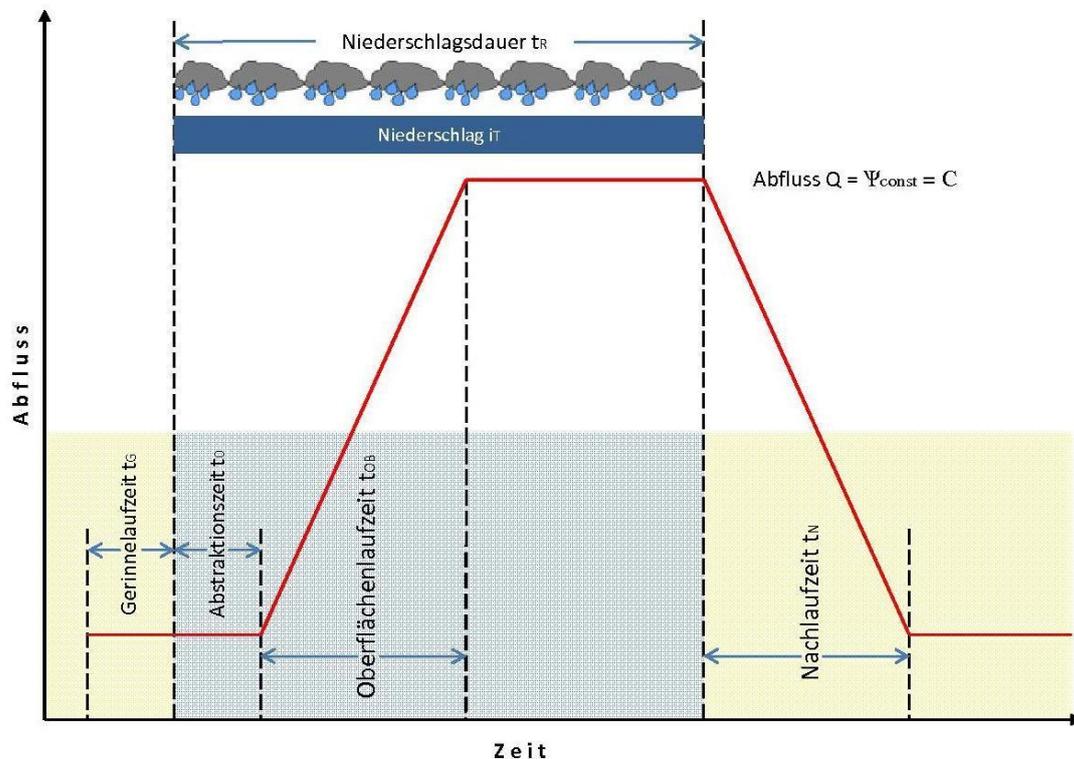


Abbildung 22: Laufzeitmodell⁴⁷

Durch die Gliederung der Gesamteinzugsfläche in mehrere Teileinzugsgebiete sowie der hierarchischen Strukturierung derselben ermöglicht ZEMOKOST die Ermittlung einer Gesamtlaufzeit und der Abflussspitze – und das sowohl für die einzelnen Teilgebiete als auch für das gesamte Einzugsgebiet. Die Gesamt- bzw. Konzentrationslaufzeit (t_{tot}) setzt sich dabei aus der Anlauf- bzw. Abstraktionszeit (t_A), der Oberflächenlaufzeit (t_{OB}) sowie der Gerinnelaufzeit (t_G) zusammen.

$$t_{tot} = t_A + t_{OB} + t_G \text{ (Gl. 5)}$$

Die Anlauf- bzw. Abstraktionszeit bezeichnet jene Dauer die verstreicht, bis der Oberflächenabfluss einsetzt; hier schließt die Fließzeit an der Oberfläche an, welche die Länge bezeichnet, die ein Wassertropfen von der Wasserscheide über die Oberfläche bis ins

⁴⁶ Vgl. Stepanek [Spitzenabfluss] S. 101 ff.

⁴⁷ Vgl. Kohl [Starkregensimulation] S.161

nächste Gerinne benötigt.⁴⁸ Die Oberflächenlaufzeit t_{OB} wird in ZEMOKOST nach der Formel nach IZZARD (1946) berechnet:

$$t_{OB} = \frac{527 * C * L_{OB}^{1/3}}{J_{OB}^{1/3} * (C * i_T)^{2/3}} \quad (Gl. 6)$$

t_{OB} Oberflächenlaufzeit [min]
 c Oberflächenrauigkeit (Wasserabflusskoeffizient)
 C Abflussbeiwert (Wasserverlustkoeffizient)
 L_{OB} projizierter Oberflächenfließweg [m]
 J_{OB} mittlere Hangneigung [-]
 i_T Gebietsniederschlag – Intensität [mm/h]

Die Fließzeit im Gerinne t_G berechnet sich gemäß folgender Formel:

$$t_G = \frac{L_G}{v_m} \quad (Gl. 7)$$

t_G Gerinnelaufzeit [s]
 L_G Gerinnelänge [m]
 v_m Mittlere Fließgeschwindigkeit im Gerinne [m/s]

Die Fließgeschwindigkeit wird im ZEMOKOST Modell nach den Ansätzen von RICKENMANN⁴⁹ berechnet. Hiernach werden die Fließgeschwindigkeiten der einzelnen Gerinneabschnitte durch folgende Formel errechnet:

$$V_g = \frac{0.96 * g^{0.36} * Q^{0.29} * J_G^{0.35}}{D_{90}^{0.23}} \quad (Gl. 8)$$

g Erdbeschleunigung [m/s²]
 Q Spitzenabfluss [m³/s]
 D_{90} Korndurchmesser [m]
 J_G Gerinneneigung [°]

Der Korndurchmesser d_{90} wurde durch Linienzahlanalysen am Kleinkirchheimerbach sowie am St. Oswalderbach und einer anschließenden Auswertung nach FULLER bestimmt.

Mit ZEMOKOST werden unter der Annahme eines blockförmigen Niederschlags anhand der errechneten Fließzeiten (Laufzeiten) an der Oberfläche und im Gerinne, sowie auf Basis der Niederschlagsmengen in den einzelnen definierten und hierarchisch gegliederten Teileinzugsgebieten für jeden Knoten und jede Dauerstufe die jeweiligen Abflussganglinien

⁴⁸ Vgl. Dobmann [Hochwasserabschätzung] S. 92 f. sowie Kohl [Starkregensimulation] S. 161

⁴⁹ Vgl. Kohl [Starkregensimulation] S.162

mit Anlauf-, Oberflächen- und Nachlaufzeit sowie der entsprechenden Spitzenabfluss berechnet.⁵⁰

Unter Berücksichtigung verschiedener Parameter (Niederschlagsdaten des Einzugsgebietes und diverse topographische Daten) und deren Gewichtung wird ein Abflussbeiwert C errechnet. Es handelt sich bei diesem Wert um eine Verhältniszahl, die neben den spezifischen Gebietseigenschaften (Form, Neigung, Rauigkeit und Bodendurchlässigkeit) auch ereignisspezifische Charakteristiken (wie Vorgeschichte sowie Dauer und Verlauf der Regenintensitäten) beinhaltet. Das Produkt desselben mit der gesamten Niederschlagsmenge ergibt den abflusswirksamen effektiven Niederschlag. Dieser ergibt eine Abflussspitze Q als Produkt aus der Fläche des Teileinzugsgebietes A und dem Effektivregen.⁵¹

$$Q = A * (C * i_T) \quad (Gl. 9)$$

Q..... Spitzenabfluss [m³/s]
C Abflussbeiwert [-]
i_TGebietsniederschlag – Intensität [mm/h]
AFläche Teileinzugsgebiet [km²]

Zur Berechnung des Abflussbeiwerts, unter welchem man jenen Prozentsatz des Niederschlags versteht, der bei konstanter Infiltration zum Abfluss beiträgt, gilt es, zuvor abhängig von den Standortsindikatoren (Bodeneigenschaften, Art und Intensität der Landnutzung, Bewuchs und etwaige Besonderheiten) die Abflussklasse (AKL) sowie die Rauigkeitsklasse (RKL) zu ermitteln. Durch die Zuordnung von Bereichen, die im Hinblick auf die Abflussbereitschaft ein homogenes Verhalten aufweisen zu sog. Abfluss- und Rauigkeitsklassen wird der Berücksichtigung naturräumlicher Gegebenheiten Rechnung getragen.⁵²

Die Abflussverhältnisse unterliegen in Abhängigkeit von variablen Randbedingungen (wie Vorfeuchte bzw. (saisonale) Schwankungen der Bodenfeuchte, (saisonaalem) Verlauf der Vegetationsentwicklung und Art und Intensität der Bewirtschaftung) starken Schwankungen, weshalb die Angabe in Bandbreiten sinnvoll ist. Für die Abflussklasse werden somit die Vegetationsform eruiert sowie Indikatoren für das Abflussverhalten identifiziert; daraus lässt sich aus einem System mit sieben Klassen (von AKL 0 für jene Flächen, die keinen

⁵⁰ Vgl. Dobmann [Hochwasserabschätzung] S. 94

⁵¹ Vgl. BFW [BFW Website] sowie Stepanek et al. [Spitzenabfluss] S. 104

⁵² Vgl. Dobmann [Hochwasserabschätzung] S. 94 sowie Kohl [Starkregensimulation] S.160

Oberflächenabfluss bieten, bis hin zu Flächen mit AKL 6 mit annähernd vollständigem Abfluss des Niederschlages an der Oberfläche) die jeweilige Abflussbeiwertklasse für das betrachtete Gebiet ablesen. Diese wiederum geht gewichtet nach dem Flächenausmaß in den durchschnittlichen Abflussbeiwert des Teileinzugsgebiets ein.⁵³ Als Grundlage hierfür wurden der Datensatz Landnutzungsklassen von SEGER sowie die Bodenklassen des Gebietes herangezogen.

Abflussbeiwertklasse (AKI)	Oberflächenabfluss in % des Niederschlages
0	0
1	> 0 - 10
2	11 - 30
3	31 - 50
4	51 - 75
5	> 75
6	1,0 (vernässte, versiegelte Flächen)

Abbildung 23: Schema für die Zuordnung der Abflussbeiwertklassen⁵⁴

Details zu den festgelegten Abflussklassen sind unter Kapitel 9.1 Anhang A zu finden.

Eine wesentliche Rolle im Hinblick auf die Abflussbildung und die Abflussgeschwindigkeit und somit in weiterer Linie auf die Abflussganglinie spielt auch die Rauigkeit der Oberfläche. Ähnlich der Geländeanleitung zur Abflussbeiwertschätzung wurde abhängig von der Vegetationsform bzw. Bodenbedeckung auch ein Schema zur Klassifizierung der Rauigkeit entworfen, wobei vereinfacht davon ausgegangen wird, dass dieser Wert für die Dauer des Niederschlagsereignisses keinerlei Änderungen unterliegt. In dieser Klassifizierung werden 6 verschiedene Vegetationstypen unterschieden, die ebenso vielen Rauigkeitsklassen zugeordnet werden können.⁵⁵ Auch diese wurden nach Flächenausmaß für jedes Teileinzugsgebiet flächenmäßig gewichtet.

⁵³ Vgl. Kohl [Starkregensimulation] S. 159 sowie Kohl et al. [Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes] S. 20 f.

⁵⁴ Kohl [Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes] S. 21

⁵⁵ Vgl. Kohl [Starkregensimulation] S. 159 sowie Kohl et al. [Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes] S. 27 ff.

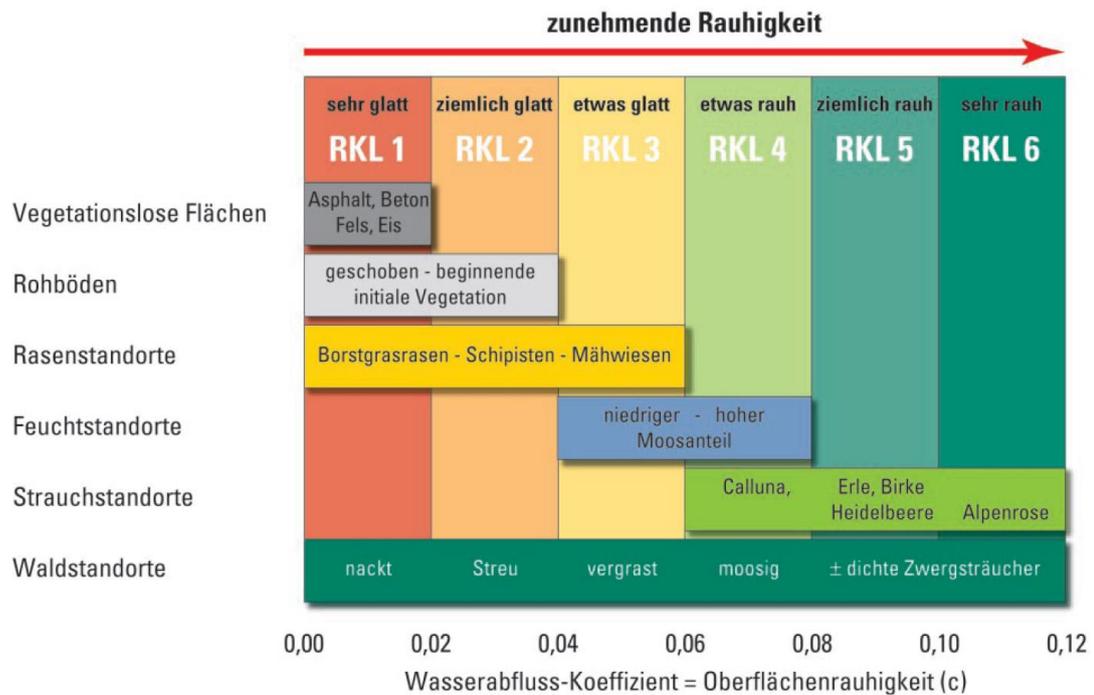


Abbildung 24: Oberflächenrauigkeitsklassen⁵⁶

Weiteres Kartenmaterial befindet sich in 9.2. Anhang B.

4.3.2 Abflusssimulation nach IWK-HW⁵⁷

Als zweites hydrologisches Modell wurde das Niederschlags-Abfluss-Programm des Institutes für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik (IWK) der Universität Karlsruhe zur Hochwasseranalyse und Hochwasserberechnung herangezogen. Das IWK-HW-Software Paket besteht aus insgesamt 29 Teilprogrammen, die in fünf Teilgebiete unterteilt sind:⁵⁸

- statistische Analysen von Messwerten (z.B. Extremwerte)
- Auswertung von Hochwasserereignissen (u.a. Gesamtgebietsniederschlag, Berechnung und graphische Darstellung von Einheitsganglinien)
- Bemessungsgrundlagen von Einzelgebieten (u.a. Dateneditor, Berechnung der Abflussganglinien)
- Modellierung eines flächendetaillierten Flussgebietsmodells (u.a. Dateneditor, Berechnung von Hochwasserereignissen, Ausgabe von Berechnungsergebnissen usw.)
- diverse Zusatzprogramme (z.B. Niederschlagsstatistik, Abflussbeiwertermittlung usw.)

⁵⁶ Kohl [Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes] S. 29

⁵⁷ Vgl. Lutz [Berechnung von Hochwasserabflüssen] S. 72ff

⁵⁸ Vgl. Thunig [Hochwasserscheitelminderung] S. 34 f.

Für die Erstellung des Gewässersystems in IWK-HW wurden mit Hilfe des Programms ArcGIS und des Gewässernetzes sowie der Teileinzugsgebiete insgesamt 86 Knoten festgelegt. Die einzelnen Knoten repräsentieren grundsätzlich jeweils ein Teileinzugsgebiet mit Stadt- und Landabfluss; falls erforderlich kann auch ein Rückhaltebecken an einem beliebigen Knoten eingesetzt werden. Des Weiteren können an jedem dieser Knoten Abflussganglinien ermittelt werden. Der Landabfluss spielte im vorliegenden Projekt als die vorwiegende Abflussart im Gebiet um Bad Kleinkirchheim die größte Rolle. Der Stadtabfluss hingegen wurde außer Acht gelassen, da der Verbauungsanteil in diesem Gebiet lediglich gering ist. Im Modul des Landabflusses musste der auf die Einzugsgebietsfläche fallende Niederschlag in den resultierenden Abfluss umgewandelt werden.

Hierbei wurde der Abflussbeiwert a [-] ermittelt. Dieser stellt das Verhältnis des abflusswirksamen Niederschlags N_{eff} [mm] zum Gebietsniederschlag N [mm] dar. Die Berechnung des Abflussbeiwerts wurde mit dem Regionalisierungsansatz nach LUTZ durchgeführt. Dieser Ansatz liefert den Gebietsrückhalt der einzelnen Teileinzugsgebiete anhand von gebietsspezifischen sowie andererseits auch von ereignisspezifischen Parametern. Als gebietsspezifische Einflussgrößen wurden Bodentyp und Bodennutzung herangezogen und der sogenannte Endabflussbeiwert c [-] sowie die Anfangsverluste der unversiegelten Teilflächen A_v [mm] ermittelt (siehe Tabelle 14) und mit einer Flächengewichtung auf die Teileinzugsgebiete gerechnet.⁵⁹ Des Weiteren gehen noch das gewogene Gefälle I_G [-] sowie die konzentrierte Länge L_C [m] in die Berechnung mit ein. Diese wurden aus dem von der WLW zur Verfügung gestellten digitalen Höhenmodell abgeleitet. Diese gebietsspezifischen Kenngrößen für das betrachtete Gebiet können dem Anhang 9.3 entnommen werden.

⁵⁹ Vgl. Thunig [Hochwasserscheitelminderung] S. 67 f.

Bodentyp	A	B	C	D
Landnutzung	maximale Abflussbeiwerte c [-] (Endabflussbeiwert)			
Waldgebiet	0.17	0.48	0.62	0.70
Ödland	0.71	0.83	0.89	0.93
Reihenkultur : <i>Hackfrüchte</i> <i>Weinbau, u.a.</i>	0.62	0.75	0.84	0.88
Getreideanbau: <i>Weizen,</i> <i>Roggen, u. a.</i>	0.54	0.70	0.80	0.85
Leguminosen : <i>Kleefeld,</i> <i>Luzerne, Ackerfrüchte</i>	0.51	0.68	0.79	0.84
Weideland	0.34	0.60	0.74	0.80
Dauerwiesen	0.10	0.46	0.63	0.72
Haine	0.17	0.48	0.66	0.77
Anfangsverluste Av [mm]				
landwirtschaftliche Flächen	7.0	4.0	2.0	1.5
bewaldete Flächen	8.0	5.0	3.0	2.5
versiegelte Flächen	1.0			
Beschreibung des Bodentyps:				
A : Schotter, Kies, Sand (kleinster Abfluss)				
B : Feinsand, Löss, leicht tonige Sande				
C : bindige Böden mit Sand, Mischböden: lehmiger Mehlsand, sandiger Lehm, toniger-lehmiger Sand				
D : Ton, Lehm, dichter Fels, stauender Untergrund (größter Abfluss)				

Tabelle 14: Endabflussbeiwert und Anfangsverlust nach dem Regionalisierungsverfahren nach LUTZ⁶⁰

Der Endabflussbeiwert ist als maximaler Abflusswert für das Einzugsgebiet bzw. als obere Grenze für den Abflussbeiwert für hohe Niederschläge zu verstehen. Dieser wird über ereignisspezifische Parameter für ein Niederschlagsereignis modifiziert. In diesem Fall wurden folgende Parameter hinzugezogen:⁶¹

- die Niederschlagshöhe N [mm],
- die Jahreszeit (Wochenzahl bzw. Monatsnummer),
- die Vorfeuchte des Bodens (diese wird durch die Basisabflussspende q_b [$l/s/km^2$] berücksichtigt) und
- die Niederschlagsdauer t_n [h].

Da für das beschriebene Einzugsgebiet noch keine Einheitsganglinien aus gemessenen Ereignissen vorhanden waren, musste diese Klassifizierung über ein

⁶⁰ Thunig [Hochwasserscheitelminderung] S. 70.

⁶¹ Vgl. Thunig [Hochwasserscheitelminderung] S. 67 f.

Regionalisierungsverfahren erfolgen. Hierfür wurde der Berechnungsansatz nach LUTZ ausgewählt. Dieser beschreibt die Einheitsganglinie aus den Kenngrößen t_A [h] und Scheitelwert u_{\max} [m³/s] (Abbildung 25).⁶²

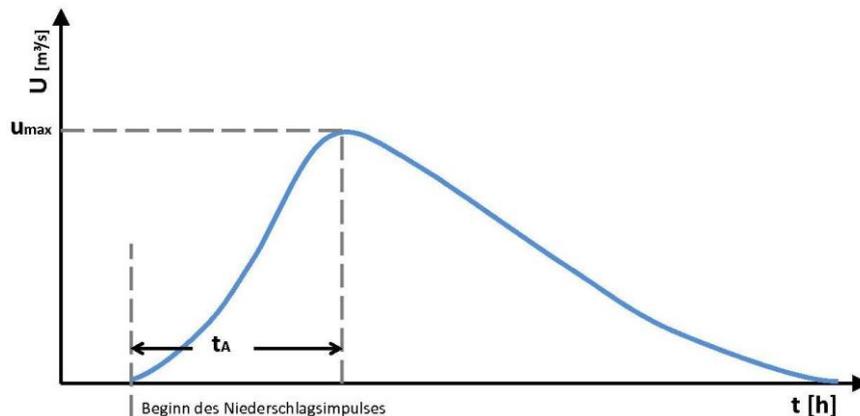


Abbildung 25: Kenngrößen der Einheitsganglinie nach LUTZ⁶³

Aus Korrelationsrechnungen zwischen Ganglinien- und Einzugsgebietsparametern von 75 Untersuchungsgebieten konnte LUTZ den folgenden Zusammenhang ermitteln:⁶⁴

$$t_A = P_1 * \frac{L * L_C^{0.26}}{l_G^{1.5}} * e^{-0.0016 * U} * e^{0.004 * W} \quad (Gl. 10)$$

- taEinheitsganglinienanstiegszeit
- P1 Gebietsfaktor (beschreibt die Gebietsmerkmale im Hinblick auf Ausbaugrad Gewässer und Bebauungsdichte [-])
- L Länge des Hauptvorfluters [km]
- LCLänge des Hauptvorfluters bis zum Schwerpunkt des Einzugsgebietes [km]
- IG gewogenes Gefälle des Hauptvorfluters
- UBebauungsanteil [%]
- WWaldanteil [%]

In weiterer Folge wurde für das betrachtete Untersuchungsgebiet die Anstiegszeit t_A [h] über die Monatsnummer des Ereignisses M [-] sowie den mittleren Abflussbeiwert ψ [-] korrigiert. Der Scheitelwert u_{\max} lässt sich somit aus der korrigierten Anstiegszeit t_A' ableiten und schließlich die Form der Einheitsganglinie durch das Ersetzen der linearen Speicherkaskade bestimmen.

⁶² Vgl. Assmann [Hochwasserschutzmaßnahmen] S. 69 f.

⁶³ Assmann [Hochwasserschutzmaßnahmen] S. 69

⁶⁴ Vgl. Assmann [Hochwasserschutzmaßnahmen] S. 70

4.3.3 HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System)

Das Hydrologic Engineering Center (HEC) ist eine hydrologische Forschungseinrichtung der US-Armee (US Army Corps of Engineers) mit Fokus auf die technischen Bereiche rund um die Hydrologie und Hydraulik (Oberflächen- und Grundwasser-Hydrologie, Hydraulik und Fluss-Sedimenttransport, hydrologische Statistik und Risikokontrollanalyse uvm.). HEC erarbeitet technische Methoden, Leitlinien, Modelle und Workshops und betreibt hierfür intensive Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten, wobei die dabei entwickelten Produkte sowohl für das Corps selbst aber auch für die Öffentlichkeit frei zugänglich sind.⁶⁵

Das Hydrologische Modellsystem (HMS) des HEC stellt eine Sammlung von hydrologischen Modellen dar, mit der die Wasserdynamik bzw. der Abfluss von Niederschlag in verzweigten hydrologischen Einzugsgebieten simuliert und analysiert werden kann.⁶⁶ In diesem EDV-Programm sind verschiedene NA-Modelle implementiert. Unter Berücksichtigung der topographischen Eigenschaften des Einzugsgebietes kann damit die Abflussbildung bei verschiedenen Niederschlagsereignissen modelliert werden. Diese Niederschlags-Abfluss-Modellierungs-Software ist so konzipiert, dass es für eine Vielzahl von geographischen Gebieten anwendbar ist⁶⁷ und zur Bearbeitung einer möglichst großen Anzahl an Fragestellungen dienen kann (für große Einzugsgebiete ebenso wie für kleine oder auch städtische Einzugsgebiete). Die auf diese Weise ermittelten Hydrographen können in weiterer Folge direkt oder aber in anderen Programmen weiterverwendet werden. Aus den Resultaten können eine Vielzahl an Aussagen im Hinblick auf die Untersuchung zur Wasserverfügbarkeit, den Abfluss in Städten sowie Hochwasserwarnung bzw. Hochwasserschäden abgeleitet werden. Das Niederschlags-Abfluss-Simulations-Programm HEC-HMS ist in der Lage, mehrere Teileinzugsgebiete darzustellen. Dies wurde im vorliegenden Projekt mit dem Zusatztool HEC-GeoHMS, welches in GIS implementiert werden kann, durchgeführt. Dazu wurde das Gesamteinzugsgebiet in mehrere Teilbereiche aufgeteilt, die separat behandelt werden können.⁶⁸

⁶⁵ Vgl. USACE [HEC_HMS Website] sowie USACE [HEC_HMS Guide] S.1

⁶⁶ Vgl. Hölzel [Wasserdynamik]

⁶⁷ Vgl. Goster [Wildbach-Analyse] S.28 sowie USACE [HEC_HMS Guide] S.1

⁶⁸ Vgl. Kerschbaumer [Geschiebeablagerung] S. 30

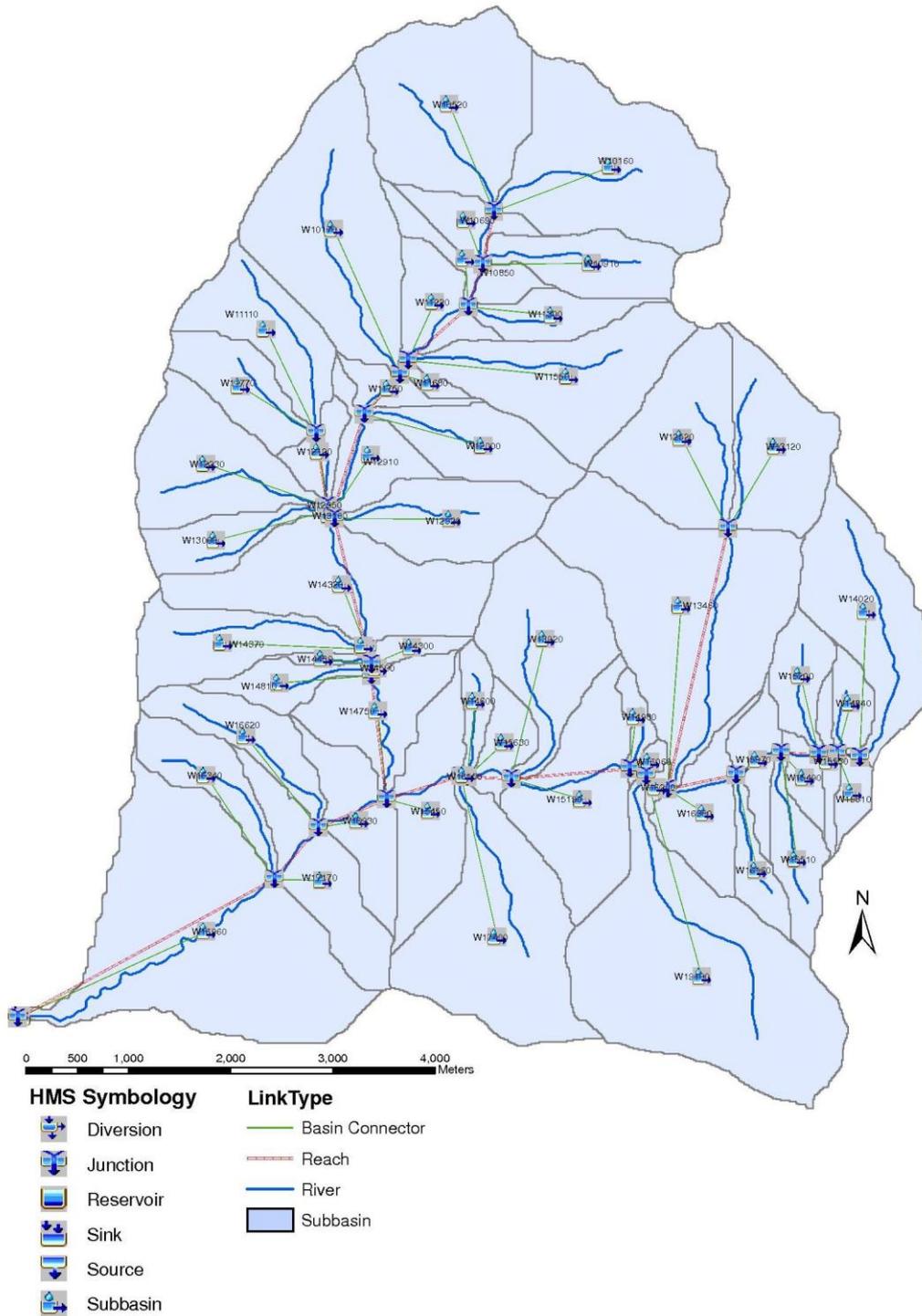


Abbildung 26: Flussordnungskonzept für HEC-HMS

Das Programm verfügt über eine vollständig integrierte Arbeitsumgebung einschließlich einer Datenbank, Dateneingabefeldern, Berechnungsfunktionen und Ergebnis-Auswertungstools. Eine grafische Benutzeroberfläche ermöglicht die nahtlose Bewegung zwischen den

verschiedenen Teilen des Programms. Programm-Funktionalität und das Aussehen sind für alle unterstützten Plattformen gleich.⁶⁹

Die NA-Modellierung bzw. die Berechnung der Hydrographen an ausgewählten Stellen im Einzugsgebiet erfolgte anhand der folgenden Prozessschritte:⁷⁰

4.3.3.1 Ermittlung des Niederschlags sowie des Gebietsrückhalts und des daraus resultierenden abflusswirksamen Niederschlags (SCS-Curve Number Loss):

Zu dessen Ermittlung wurde ein vom Soil Conservation Service (SCS) entwickeltes Verfahren (Curve Number Loss) herangezogen, bei welchem über die Kurvennummer das Rückhaltevermögen des Bodens modelliert wurde.

Dieses Verfahren wurde auf Basis einer Vielzahl von beobachteten Hochwasserereignissen speziell für kleine Einzugsgebiete entwickelt. Die Ermittlung des abflusswirksamen Niederschlags wird in Abhängigkeit von verschiedenen Bodentypen und -nutzungen ermittelt, für die verschiedene CN-Werte vorliegen, wobei diese wiederum vom Vorregen und der Jahreszeit abhängig sind. Für die Bodentypen wird je nach Versickerungsvermögen zwischen vier Gruppen (A bis D) unterschieden.

Bodentypen	Versickerungsvermögen der Böden
A	Böden mit großem Versickerungsvermögen, auch nach starker Vorbefeuchtung, z.B. tiefgründige Sand- und Kiesböden
B	Böden mit mittlerem Versickerungsvermögen, tief- bis mäßig tiefgründigen Böden mit mäßig feiner bis mäßig grober Textur, z.B. Sandböden, Löß, (schwach) lehmiger Sand
C	Böden mit sehr geringem Versickerungsvermögen, Böden mit feiner bis mäßig feiner Textur oder mit wasserstauer Schicht, z.B. flachgründige Sandböden, sandiger Lehm
D	Böden mit sehr geringem Versickerungsvermögen, Tonböden, sehr flachen Böden über nahezu undurchlässigem Material, Böden mit dauernd sehr hohem Grundwasserspiegel

Tabelle 15: Bodentypen (DVWK,1984)⁷¹

⁶⁹ Vgl. USACE [HEC_HMS Website]

⁷⁰ Vgl. Goster [Wildbach-Analyse] S.28 ff.

⁷¹ Vgl. Maniak [Hydrologie und Wasserwirtschaft] S. 294 ff.

Der Vorregen und die Jahreszeit wird mittels Bodenfeuchteklassen (I – III) berücksichtigt.

Bodenfeuchteklassen	Niederschlagshöhe in den vergangenen 5 Tagen [mm]	
	Vegetationsperiode	übrige Zeit
CN (I)	< 30	< 15
CN (II)	30 – 50	15 – 30
CN (III)	> 50	> 30

Tabelle 16: Überblick der Bodenfeuchteklassen

Dieser wird von der am häufigsten verwendeten Klasse II, die zwischen einem trockenen und einem nassen Bodenzustand liegt, mit folgenden Formeln umgerechnet:

$$CN_I \approx \frac{CN_{II}}{2.334 - 0.01334 * CN_{II}} \quad (Gl. 11)$$

bzw.

$$CN_{III} \approx \frac{CN_{II}}{0.4036 + 0.0059 * CN_{II}} \quad (Gl. 12)$$

Für jedes einzelne Teileinzugsgebiet werden je nach Bodennutzung (Wald, Wiese, Weide, Ödland, bebautes Land) diese CN-Werte zugeordnet und nach Flächenausmaß gewichtet.⁷²

Bodennutzung	CN für Bodentyp			
	A	B	C	D
Ödland (ohne nennenswerten Bewuchs)	77	86	91	94
Hackfrüchte, Wein	70	80	87	90
Wein (Terrassen)	64	76	84	88
Getreide, Futterpflanzen	64	76	84	88
Weide (normal)	49	69	79	84
Weide (karg)	68	79	86	89
Dauerwiese	30	58	71	78
Wald (stark aufgelockert)	45	66	77	83
Wald (mittel)	36	60	73	79
Wald (dicht)	25	55	70	77
Undurchlässige Flächen (versiegelter Anteil von Ortschaften, Straßen)	100	100	100	100

Tabelle 17: Bodennutzung laut DVWK 1984⁷³

Die SCS-Curve Number Loss berechnet den Niederschlagsanstieg während eines Starkniederschlages durch Rückrechnen des Infiltrationsvolumens am Ende jedes

⁷² Vgl. Goster [Wildbach-Analyse] S.28 f.

⁷³ Vgl. Maniak [Hydrologie und Wasserwirtschaft] S. 294 ff.

Zeitintervalls. Die Infiltration während eines Zeitintervalls ist die Differenz des Volumens am Ende von zwei angrenzenden Zeitintervallen. Die maßgebenden Kennzeichen sind der CN Wert und die Initialabstraktion sowie die Angabe von infiltrationsfreien Flächenanteilen des Teileinzugsgebietes. Die Initialabstraktion oder auch der Anfangsverlust A_V ist jene Menge an Niederschlag in mm, bevor der Oberflächenabfluss einsetzt. Sie ist also der Indikator für den Beginn des Hydrographen.

Die Anfangsverluste laut DVWK [1991] werden im europäischen Raum mit 5% des potentiellen Speichervermögens errechnet.

$$A_V = 0.05 * S \quad (Gl. 13)$$

$$S = \frac{25400}{CN-254} [mm] \quad (Gl. 14)$$

A_VAnfangsverluste (initial abstraction)
 S Potentielles Speichervermögen
 CN Kurvnummer

4.3.3.2 Ermittlung der Abflussganglinien (SCS-Unit Hydrograph Transform)

Im nächsten Schritt wird die Abflussbildung (Gebiets-Routing) mit Hilfe des Einheitsganglinienverfahrens ermittelt. Bei einer Einheitsganglinie (UH-Linie) handelt es sich um eine Ganglinie, die aus 1 mm Nettoregen pro gewähltem Zeitintervall des direkten Reinwasserabflusses resultiert. Es wird davon ausgegangen, dass bei identen Nettoregenmengen gleiche Abflussganglinien erzeugt werden (Zeitinvarianz) und die Ordinaten der Abflussganglinien mit der Regendauer direkt proportional zu den Nettoniederschlägen sind (Linearität); dies lässt die Ableitung von Einheitsganglinien für verschiedene Zeitintervalle und Niederschlagskombinationen zu. Das Verfahren, das hier bei der Ermittlung des UH-Maximums und der bis dahin erforderlichen Zeit zum Einsatz kommt, wurde von SCS (Soil Conservation Service) entwickelt und basiert auf der Eingabe der Konzentrationszeit oder auch Lag Time des jeweiligen Einzugsgebietes. Diese wiederum kann mittels verschiedener empirischer Formeln erfolgen, welche die zentralen topographischen und bodenspezifischen Eigenschaften einbeziehen.⁷⁴

⁷⁴ Vgl. Goster [Wildbach-Analyse] S.29

Die Lag Time bestimmt die Zeitspanne zwischen dem Schwerpunkt des Niederschlags und dem Spitzenabfluss der resultierenden Einheitsganglinie. Die Lag Time wird nach SCS (1972) wie folgt berechnet:

$$t_L = 0,342 * L^{0.8} * \left(\frac{1000}{CN-9}\right)^{0.7} * J^{-0.5} \quad (Gl. 15)$$

t_Llag time [h]
L.....longest Flow Path [km]
J.....Neigung in Prozent
CN.....Kurve Nummer

Die ausgewerteten Daten für HEC-HMS sind in Anhang D Kapitel 0 zu finden.

4.3.3.3 Modellierung der Fortpflanzung der Hochwasserwelle im Gerinne (Kinematic Wave Routing)

Die Ermittlung des Wellenablaufs (Gerinne Routing) erfolgt mit dem semi-hydraulischen Verfahren der kinematischen Welle. Dabei handelt es sich um die einfachste Form der Hochwasserabflussberechnung, wird doch angenommen, dass das Reibungs- und Sohlgefälle immer die gleiche Neigung aufweisen, was insbesondere den Bedingungen im Gerinne mit einem relativ hohen Gefälle entspricht. Andere Terme der Bewegungsgleichung (die lokale und konvektive Beschleunigung sowie der Druckgradient) finden demnach keine Berücksichtigung. Für die kinematische Welle sind folgende Parameter des Fließquerschnittes von Relevanz:⁷⁵

- die Form (Trapez, Rechteck oder Kreis),
- die Breite der Gerinnesohle,
- die Länge des untersuchten Abschnittes,
- das Gefälle sowie
- die Rauigkeit des Querschnittes nach MANNING.

Die modellierten Gerinne werden dabei bei homogenen Eingabedaten in mehrere homogene Gerinneabschnitte unterteilt.⁷⁶

⁷⁵ Vgl. Goster [Wildbach-Analyse] S.30

⁷⁶ Vgl. Goster [Wildbach-Analyse] S.30

4.3.4 Ergebnisse der NA - Modelle

In nun folgenden Kapitel werden die mit den beschriebenen Simulationsmodellen errechneten Ergebnisse dargestellt und analysiert. Am Gewässernetz des Kleinkirchheimerbaches und des St. Oswalderbaches wurden insgesamt 10 Knotenpunkte (siehe Abbildung 21) ausgewählt und für die drei Szenarien und deren Dauerstufen t_N berechnet. Punkt 0 (BKK Mündung), 29 (BKK bis Ortstafel), 15 (BKK bis Mündung St. Oswalderbach) sowie Punkt 3 (Mündung St. Oswalderbach) werden in diesem Kapitel dargestellt. Die Ergebnisse für die restlichen Knotenpunkte (30, 31 und 32 für den Kleinkirchheimerbach sowie jene für die Punkte 33, 34 und 27 für den St. Oswalderbach) sind im Anhang E: Weitere Ergebnisse der NA Modelle“ zu finden.

In Tabelle 23: Ergebnisse der Hochwasserabschätzung nach LÄNGER und nach MOSER“ ist die Auswertung für die Mündung des Kleinkirchheimerbaches in den Riegerbach dargestellt. Es zeigt sich, dass der Scheitelwert bei einer Dauerstufe von 1.5 h den maximalen Abfluss erreicht. Nur bei dem NA-Modell ZEMOKOST wird der maximale Scheitelwert schon bei einer Dauerstufe von einer Stunde erreicht. Dies lässt sich laut DI Bernhard Kohl dadurch begründen, dass die Berechnung des Gesamtgebietes ohne Interflow - also nur mit Oberflächenabfluss - mit längeren Dauerstufen nicht mehr plausibel ist. Interflow ist ein äußerst schwer zu parametrisierender Wert, welcher aber auch im Programm ZEMOKOST berücksichtigt werden kann. Hierfür wurde die Durchlässigkeitsklassifizierung nach DIN 18130 herangezogen.

Durchlässigkeit von Lockergesteinen DIN 18130				
		[m/s]	[cm/h]	c
1	sehr stark durchlässig	$>10^{-2}$	3600	0.1
2	sehr stark bis stark durchlässig		1980	0.6
3	stark durchlässig	10^{-3}	360	1
4	stark bis durchlässig		198	6
5	durchlässig	10^{-5}	3.6	100
6	schwach durchlässig	10^{-7}	0.036	10000
7	sehr schwach durchlässig	$>10^{-8}$	0.0036	100000

Tabelle 18: Durchlässigkeit von Lockergesteinen nach DIN 18130

4. Abfluss

Dieser ist in 7 Klassen unterteilt (von sehr stark durchlässig bis sehr schwach durchlässig) und ermöglichen dadurch eine recht grobe Einteilung des Interflows. Wenn man in ZEMOKOST den Interflow auf 4 stellt (also auf stark bis durchlässig) bekommt man einen um ca. 5% höheren Abfluss; bei Faktor 3 um ca. 20%, bei Faktor 2 um rund 30% und bei Faktor 1 ergibt es einen ca. 150% erhöhten Abfluss. Auf diese Weise ist es jedoch sehr schwer, plausible Werte zu erreichen. Deshalb liefert ZEMOKOST für höhere Dauerstufen unwahrscheinliche Werte. Es gibt jedoch laut Herrn Kohl derzeit nichts Praktikableres am Markt, um Geschwindigkeiten im Untergrund zu differenzieren. Die Programme HEC-HMS und IWK weisen bei einer Ähnlichkeit von 100 und der Dauerstufe von 90 Minuten fast eine idente Abflussspitze von rund 90 m³/s auf.

Auswertung Punkt 0 (HQ100)										
Szenario	t _N [h]	h _N [mm]	Nr.	Verlauf	Q ₁₀₀ [m ³ /s]			Fracht [10 ⁵ m ³]		
					Zemokost	IWK	Hec-Hms	Zemokost	IWK	Hec-Hms
Gesamtes EZG	0.5	38.7	010101	DVWK *	64.4	70.2	59.7	3.173	3.308	2.304
	1	46.8	010201	DVWK *	91.8	87.3	90.1	6.167	4.689	3.992
	1.5	51.0	010302	Blockregen	80.0	90.4	91.5	7.009	5.485	4.413
	2	53.7	010402	Blockregen	53.1	76.6	90.4	6.221	6.408	4.952
	3	58.3	010502	Blockregen	23.5	63.9	85.0	4.465	6.985	5.924
	4	62.1	010602	Blockregen	12.9	55.0	78.7	3.472	7.816	6.780
	6	73.4	010702	Blockregen	7.7	49.8	77.7	3.000	10.498	9.574
	12	97.3	010802	Blockregen	3.4	40.3	67.7	2.476	17.006	16.550
Kleinkirchheimerbach	0.5	41.9	020101	DVWK *	32.3	39.2	29.5	1.936	1.905	1.246
	1	50.6	020201	DVWK *	44.0	48.6	40.2	3.357	2.683	1.966
	1.5	55.1	020302	Blockregen	39.4	49.9	46.3	3.755	3.129	2.390
	2	58.0	020402	Blockregen	28.1	43.2	46.8	3.478	3.458	2.687
	3	63.0	020502	Blockregen	13.1	36.8	45.3	2.607	4.015	3.227
St. Oswalderbach	0.5	41.9	030101	DVWK *	43.0	45.8	38.2	1.994	1.940	1.317
	1	50.6	030201	DVWK *	54.7	57.9	51.6	3.466	2.841	2.066
	1.5	55.1	030302	Blockregen	47.8	57.0	56.6	3.896	3.212	2.505
	2	58.0	030402	Blockregen	33.8	47.1	55.1	3.631	3.527	2.812
	3	63.0	030502	Blockregen	15.6	38.7	50.7	2.726	4.096	3.372

* Mit dem NA-Programm ZEMOKOST ist bei der zeitlichen Verteilung nur Blockregen möglich.

Tabelle 19: Ergebnisse der Auswertungen für Punkt 0
(Mündung des Bad Kleinkirchheimerbaches)

Auch der Vergleich der Ganglinien (Abbildung 27) zeigt, dass die Scheitelwerte bei Berechnungen mittels HEC-HMS und IWK annähernd nach der gleichen Zeitspanne erreicht werden. Bei ZEMOKOST-Berechnungen werden die maximalen Abflussspitzen erst nach ca. drei Stunden erreicht, wohingegen die anderen NA Programme diese schon bei ca. 90 Minuten erreichen.

Auch die Ergebnisse im Hinblick auf den Beginn des Anstieges der Hochwasserwellen ist bei den einzelnen NA-Programmen fast ident, wobei der Anstieg der Ganglinie bei dem Programm HEC-HMS sehr abrupt und steil erfolgt. Des Weiteren ist zu erwähnen, dass die mit dem Programm HEC-HMS errechneten Abflussspitzen mit länger werdender Dauerstufe einen langsameren Rückgang bilden.

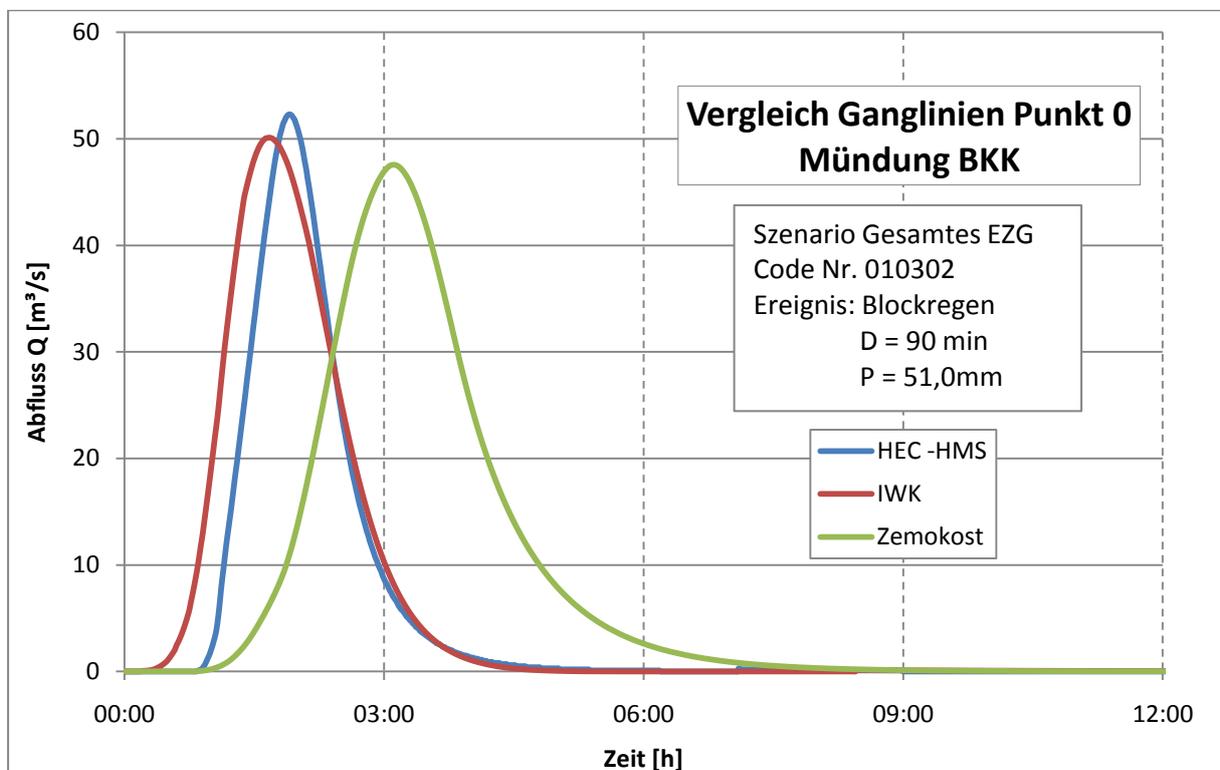


Abbildung 27: Ganglinien der Auswertungen für Punkt 0

Bei den Szenarien Kleinkirchheimerbach sowie St. Oswalderbach ergeben sich am Punkt 0 Abflussspitzen für den Kleinkirchheimerbach von ca. 48 m³/s und für den St. Oswalderbach von ca. 56 m³/s. Hierbei wurde das jeweilige divergierende Einzugsgebiet mit einem Drittel des Bemessungsszenarios beaufschlagt.

Auswertung Punkt 29 (HQ100)										
Szenario	t _N [h]	h _N [mm]	Nr.	Verlauf	Q ₁₀₀ [m ³ /s]			Fracht [10 ⁵ m ³]		
					Zemokost	IWK	Hec-Hms	Zemokost	IWK	Hec-Hms
Gesamtes EZG	0.5	38.7	010101	DVWK *	62.9	66.7	57.2	2.947	3.025	2.126
	1	46.8	010201	DVWK *	87.8	82.7	85.6	5.700	4.286	3.665
	1.5	51.0	010302	Blockregen	75.6	85.3	86.6	6.491	5.014	4.046
	2	53.7	010402	Blockregen	50.0	71.5	85.0	5.787	5.505	4.535
	3	58.3	010502	Blockregen	22.1	59.3	79.1	4.169	6.384	5.417
	4	62.1	010602	Blockregen	12.2	50.7	72.7	3.244	7.142	6.192
	6	73.4	010702	Blockregen	7.2	45.6	71.1	2.803	9.591	8.720
	12	97.3	010802	Blockregen	3.2	36.8	61.4	2.310	15.534	15.022
Kleinkirchheimerbach	0.5	41.9	020101	DVWK *	31.9	38.6	29.5	1.888	1.862	1.249
	1	50.6	020201	DVWK *	43.9	48.0	40.2	3.305	2.638	1.964
	1.5	55.1	020302	Blockregen	39.4	49.4	46.1	3.714	3.082	2.385
	2	58.0	020402	Blockregen	28.1	42.5	46.6	3.445	3.383	2.678
	3	63.0	020502	Blockregen	13.0	36.1	45.0	2.578	3.928	3.212
St. Oswalderbach	0.5	41.9	030101	DVWK *	42.6	45.3	38.2	1.945	1.940	1.318
	1	50.6	030201	DVWK *	54.6	57.1	51.6	3.414	2.770	2.062
	1.5	55.1	030302	Blockregen	47.7	56.3	56.5	3.856	3.145	2.500
	2	58.0	030402	Blockregen	33.8	46.4	55.0	3.597	3.453	2.803
	3	63.0	030502	Blockregen	15.6	38.0	50.4	2.698	4.008	3.357

* Mit dem NA-Programm ZEMOKOST ist bei der zeitlichen Verteilung nur Blockregen möglich

Tabelle 20: Ergebnisse der Auswertungen für Punkt 29
(Bad Kleinkirchheimerbach Gemeindegrenze)

Die Auswertungsergebnisse am Punkt 29, an der Gemeindegrenze des Kleinkirchheimerbaches, sind um ca. 5 m³/s oder ca. 5.5% geringer als an der Mündung. Das Teileinzugsgebiet zwischen Punkt 29 und der Mündung des Bad Kleinkirchheimerbaches beträgt 4.7 km², welches den Unterschied im Abfluss von 5m³/s begründet.

Die Auswertung am Punkt 3, welcher an der Mündung des St. Oswalderbaches in den Bad Kleinkirchheimerbach liegt, liefert einen Spitzenabfluss mit dem Szenario „Kleinkirchheimerbach“ von ca. 41 m³/s. Mit dem Szenario „Gesamtes_EZG“ treten Abflussspitzen von ca. 35 m³/s auf.

Der von den bestehenden Wilbchaufnahmeblättern der WLV Kärnten ausgewiesene Wert liegt ebenfalls bei 35 m³/s. Dieser wurde durch eine modifizierte Wundtformel 1985 von Herrn Hafner ausgewiesen.

Auswertung Punkt 15 (HQ100)										
Szenario	t _N [h]	h _N [mm]	Nr.	Verlauf	Q ₁₀₀ [m³/s]			Fracht [10 ⁵ m³]		
					Zemokost	IWK	Hec-Hms	Zemokost	IWK	Hec-Hms
Gesamtes EZG	0.5	38.7	010101	DVWK *	26.4	28.8	22.4	1.374	1.410	0.937
	1	46.8	010201	DVWK *	38.0	35.6	33.5	2.662	1.999	1.621
	1.5	51.0	010302	Blockregen	32.9	37.1	34.7	3.028	2.338	1.791
	2	53.7	010402	Blockregen	21.7	31.9	34.7	2.699	2.568	2.009
	3	58.3	010502	Blockregen	9.7	27.0	33.3	1.945	2.978	2.403
Kleinkirchheimerbach	0.5	41.9	020101	DVWK *	30.5	32.8	27.0	1.504	1.631	1.135
	1	50.6	020201	DVWK *	43.4	40.6	36.6	2.901	2.306	1.760
	1.5	55.1	020302	Blockregen	39.2	42.1	40.9	3.403	2.691	2.124
	2	58.0	020402	Blockregen	28.0	36.4	40.8	3.189	2.951	2.376
	3	63.0	020502	Blockregen	13.0	30.9	38.9	2.365	3.421	2.832
St. Oswalderbach	0.5	41.9	030101	DVWK *	2.7	4.9	0.7	0.334	0.200	0.030
	1	50.6	030201	DVWK *	4.3	7.1	1.5	0.691	0.358	0.070
	1.5	55.1	030302	Blockregen	3.4	5.5	2.0	0.741	0.340	0.098
	2	58.0	030402	Blockregen	2.6	4.7	2.3	0.712	0.376	0.119
	3	63.0	030502	Blockregen	1.7	4.1	2.6	0.657	0.441	0.160

* Mit dem NA-Programm ZEMOKOST ist bei der zeitlichen Verteilung nur Blockregen möglich

Tabelle 21: Ergebnisse der Auswertungen für Punkt 15
(Bad Kleinkirchheimerbaches bis Mündung St. Oswalderbach)

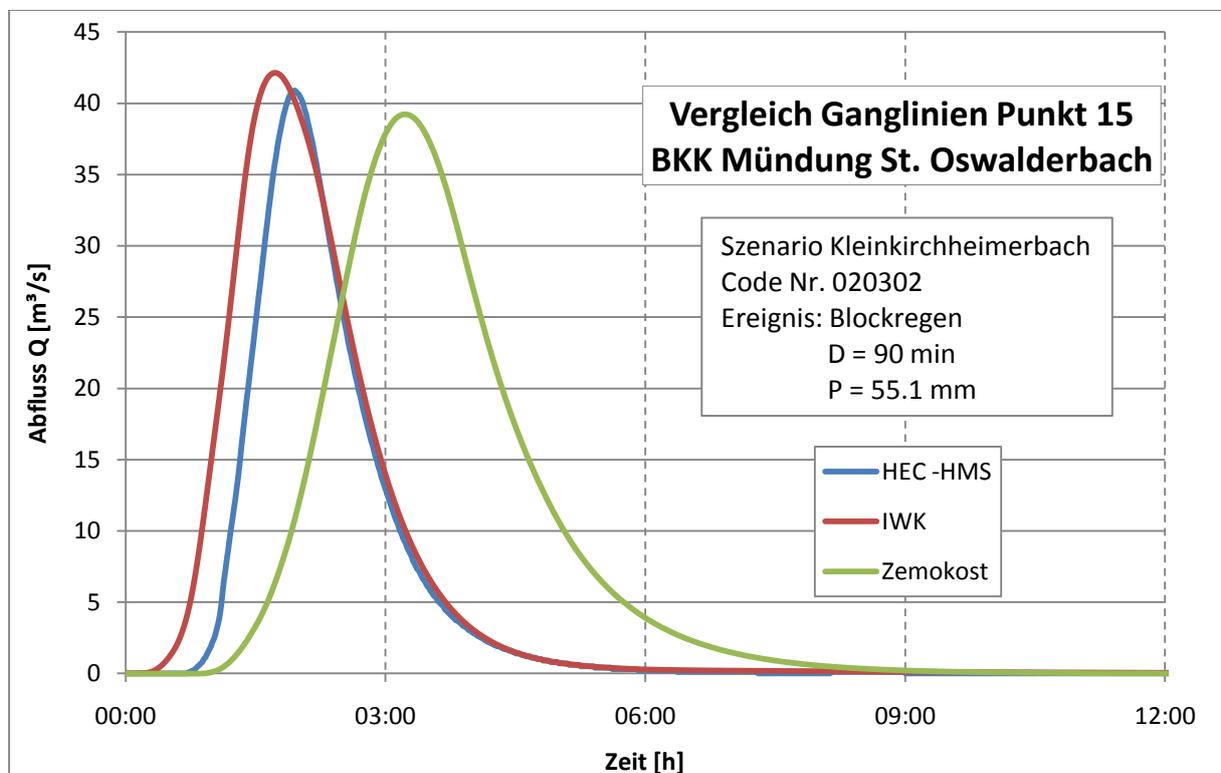


Abbildung 28: Ganglinien der Auswertungen für Punkt 15

An der Mündung des St. Oswalderbaches ergeben die NA-Programme einen maximalen Scheitelwert von ca. 51 m³/s. Dieser ist um rund 17 % größer als jener des Szenarios „Gesamtes_EZG“ mit 44 m³/s. Auch hier liegt der errechnete Abfluss mit dem Szenario „St. Oswalderbach“ über dem 1985 durch eine modifizierte Wundtformel den in die Wildbachaufnahmeblättern errechneten Wert von 45 m³/s.

Auswertung Punkt 3 (HQ100)										
Szenario	t _N [h]	h _N [mm]	Nr.	Verlauf	Q ₁₀₀ [m ³ /s]			Fracht [10 ⁵ m ³]		
					Zemokost	IWK	Hec-Hms	Zemokost	IWK	Hec-Hms
Gesamtes EZG	0.5	38.7	010101	DVWK *	35.6	35.3	29.7	1.446	1.448	1.011
	1	46.8	010201	DVWK *	47.5	43.3	44.5	2.780	2.052	1.740
	1.5	51.0	010302	Blockregen	40.3	44.1	44.5	3.175	2.401	1.920
	2	53.7	010402	Blockregen	26.5	35.9	43.0	2.842	2.637	2.151
	3	58.3	010502	Blockregen	11.7	29.1	39.1	2.053	3.058	2.568
Kleinkirchheimerbach	0.5	41.9	020101	DVWK *	0.8	7.5	0.9	0.148	0.205	0.034
	1	50.6	020201	DVWK *	1.8	7.1	2.0	0.374	0.295	0.079
	1.5	55.1	020302	Blockregen	1.8	6.7	2.8	0.449	0.349	0.111
	2	58.0	020402	Blockregen	1.5	5.5	3.1	0.467	0.385	0.133
	3	63.0	020502	Blockregen	1.2	4.6	3.4	0.476	0.452	0.178
St. Oswalderbach	0.5	41.9	030101	DVWK *	41.2	40.1	35.9	1.582	1.675	1.222
	1	50.6	030201	DVWK *	54.1	49.3	48.2	3.030	2.368	1.888
	1.5	55.1	030302	Blockregen	47.6	50.1	52.3	3.560	2.763	2.273
	2	58.0	030402	Blockregen	33.7	41.0	50.3	3.354	3.303	2.540
	3	63.0	030502	Blockregen	15.5	33.4	45.5	2.495	3.513	3.024

* Mit dem NA-Programm ZEMOKOST ist bei der zeitlichen Verteilung nur Blockregen möglich

Tabelle 22: Ergebnisse der Auswertungen für Punkt 3
(Mündung St. Oswalderbach)

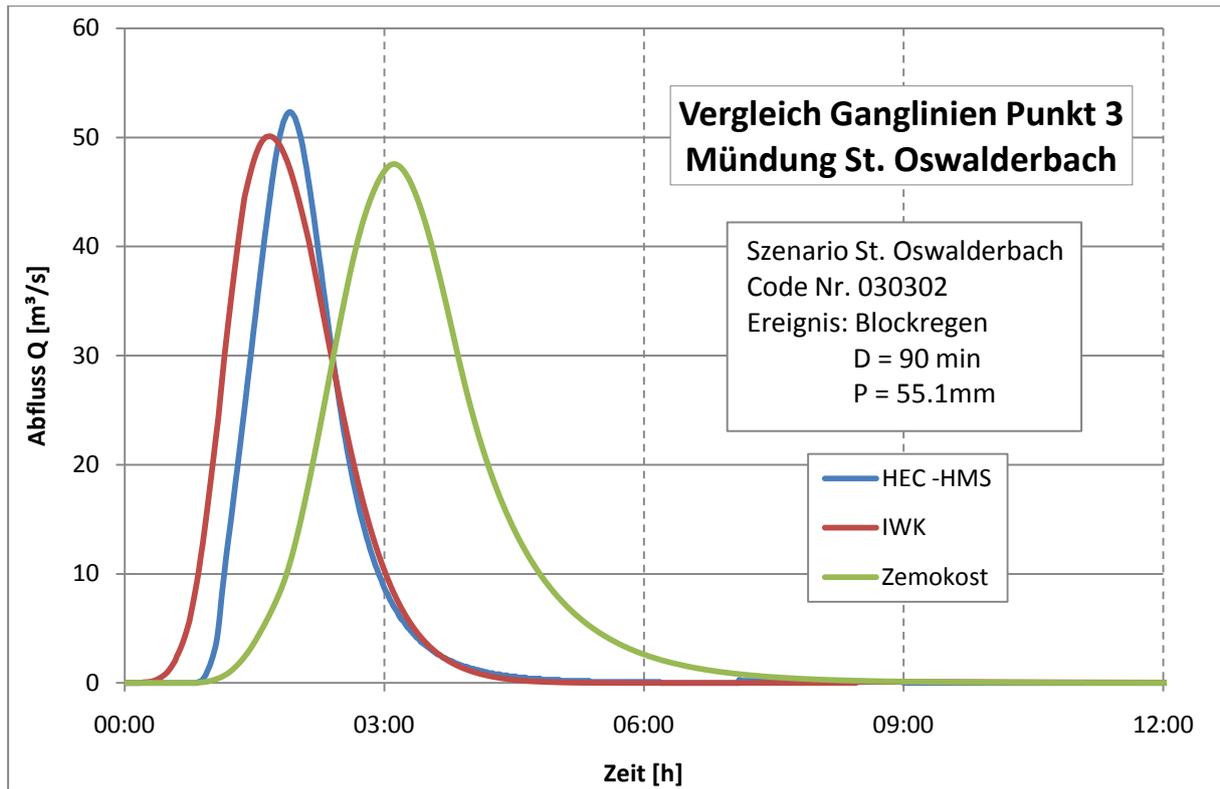


Abbildung 29: Ganglinien der Auswertungen für Punkt 3

4.4 Abschätzung der Bemessungsabflüsse nach LÄNGER und MOSER

Die Hochwasserabschätzungen nach LÄNGER und nach MOSER liefern durch schnell und einfach zu ermittelnde Eingangsparameter durchaus verifizierbare Ergebnisse. Diese Verfahren werden in Kärnten verbreitet eingesetzt und dienen als zusätzliche Verfahren, um die durch NA-Modelle gewonnenen Hochwasserspenden zu legitimieren.

4.4.1 Hochwasser – Abflussmengen nach Eugen LÄNGER⁷⁷

Das auf WUNDT basierende Verfahren der Hochwasserabschätzung, modifiziert nach LÄNGER (1981) stellt ein wichtiges Hilfsmittel zur schnellen und einfachen Ermittlung eines Hochwasserscheitels dar. Daher wurde für die getätigten Untersuchungen die Methode zur Abschätzung der Hochwasser–Abflussmengen für die Wildbäche in Kärnten (1985) von Eugen Länger herangezogen. Diese Abschätzungen wurden von der Abhandlung von 1981 abgeleitet und für Kärnten entwickelt.

⁷⁷ Länger [Hochwasser -Abflussmengen]S. 1ff

Hierbei handelt es sich um eine Hochwasser-Abflussspenden-Tafel auf der Basis der beiden Wundt-Kurven (Wundt - 90% und Wundt -MHq), welche beide durch prozentual inter- und extrapolierte Kurvenscharen ergänzt wurden.

In das Konzept gehen als Hauptkriterien der durchschnittliche Jahresniederschlag, welcher auch die Basis-Prozentlinie festlegt, sowie weitere abflussbeeinflussende Faktoren (je nach Einfluss als Zu- oder Abschlag) auf die Basislinie ein.

Als Einflussgröße „Niederschlag“ müsste eigentlich der größte jährliche Tagesniederschlag gelten; da dieser jedoch schwer zu ermitteln ist, wurde in der Vergangenheit für Kärnten der durchschnittliche Jahresniederschlag verwendet. Auch die Option, dass durch kurzzeitige Starkniederschläge in Wildbächen Hochwasser ausgelöst werden kann, wurde berücksichtigt. Als einfache Maßzahl wurde die durchschnittliche Anzahl der jährlichen Gewitter herangezogen. Es muss jedoch auch bedacht werden, dass „Stunden-Regen“ gleichzeitig auch „Tages-Regen“ sein kann, weshalb bei der Festlegung der Zuschlags-Prozente eine bestimmte, konstante Anzahl von Gewittern pro Jahr nicht berücksichtigt wird. Für die Berechnungen rund um den Bad Kleinkirchheimerbach wird nun eine Anzahl von 31 Gewittern zur weiteren Berechnung herangezogen.

Wie bereits oben beschrieben, bestimmen noch weitere abflussbeeinflussende Faktoren die Hochwasser-Abflussmengen und gehen dann als Zuschlag oder auch als Abschlag in die Prozentpunkte ein.

Zu diesen zählen unter anderem:

- Niederschlagsrückhalt in Form von Schnee,
- Interzeption und Abflussverzögerung infolge von Bewaldung
- Infiltration beeinflusst durch den geologischen Untergrund und
- geländebedingte (geomorphologische) Effekte

Mit der durch Summierung errechneten Prozentpunktezahl ermittelt man die entsprechenden Werte aus der Hochwasser-Abflussspenden-Tafel bei der jeweiligen Einzugsgebietsgröße und so in weiterer Folge die Hochwasser-Abflussspende H_q [$m^3/s \cdot km^2$]. Durch die Multiplikation mit der Einzugsgebietsgröße E [km^2] ergibt sich daraus die Hochwassermenge HQ [m^3/s].

Mit dieser Methode werden die Hochwasserereignisse der Teileinzugsgebiete sowie der zusammengefassten Gebiete mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von 100 Jahren (HQ100) ermittelt.

Der Vorteil dieser Methode liegt darin, dass dadurch eine rasche und einfache Ermittlung der Hochwasserspitze durchgeführt werden kann, und das Ergebnis für den Kärntner Raum durchaus als repräsentativ betrachtet werden kann. Speziell in Kärnten wird diese Methode herangezogen, um die durch NA-Modelle gewonnenen Hochwasserspenden zu legitimieren.

Das Berechnungsblatt für den Bad Kleinkirchheimerbach sowie die Hochwasser-Abflussspenden-Tafel sind im Anhang F: Ermittlung der Hochwasserspitze nach LÄNGER“ zu finden. Zusätzlich sind die restlichen Auswertungen in digitaler Form beigelegt.

4.4.2 Regionalisierung von Hochwasserkennwerten in Kärnten nach MOSER⁷⁸

Als Grundlage zur Festlegung der Hochwasserkennwerte nach MOSER mit hundertjähriger Auftretswahrscheinlichkeit wurden die statistischen Auswertungen von Abflusspegeln herangezogen. Nach den Forschungen von MOSER kann die Auftretswahrscheinlichkeit von Hochwasserabflüssen nur anhand der Hochwasserstatistik von Abflusspegeln und deren Regionalisierung bestimmt werden. Die Berechnung von HQ100 Abflüssen über Niederschlags-Abflussmodelle wird nach dieser Methode also lediglich in zweiter Folge als ergänzende Methode herangezogen. Dies ist durch die Unsicherheiten bei der Ermittlung von HQ100 mit NA-Modellen begründet, da es Unterschiede bei den Jährlichkeiten von Niederschlag und Abfluss gibt; ein 100-jährlicher Niederschlag ergibt nicht gleich ein HQ100 an Abfluss. Des Weiteren stellt sich auch die Frage, wie groß der Flächenabminderungsanteil des Niederschlags und der entsprechenden Abflussbeiwerte sein muss, um einem 100-jährigen Ereignis gerecht zu werden.

Für die Regionalisierung von hydrologischen Kennwerten ist die Messnetzdichte ein wesentlicher Faktor; besonders im Gebirge liegen wegen der schwierigen Messbedingungen kaum Daten vor. Daher ist für die Regionalisierung eine gründliche Recherche notwendig, welche die Besonderheiten, Zusammenhänge und Korrelation von Gebieten sowie hydrologischen Kennwerten der Pegel oder Stationen aufzeigt.

⁷⁸ Moser [Regionalisierung von Kennwerten] S.1ff

4. Abfluss

Das Ergebnis dieser Regionalisierung sind festgelegte Gebietskennwerte (GF100) welche für ganz Kärnten auf Basis einer statistischen Auswertung vorliegen (Abbildung 30).

Mit diesen Werten werden die Hochwassermengen nach einer modifizierten Formel nach WUNDT

$$HQ_{100} = GF_{100} * E^{0.6} \quad (Gl. 16)$$

HQ₁₀₀Hochwassermenge (regionalisierter Erwartungswert + Schwankungsbereich)

GF₁₀₀Gebietsfaktor (aus Extremwertstatistik basierender Regionalisierungsnetz)

EEinzugsgebietsgröße [km²]

errechnet und liefern einen regionalisierten Erwartungswert sowie dessen dazugehörigen empirischen Vertrauensbereich mit einer oberen und unteren Schwankungsgrenze.

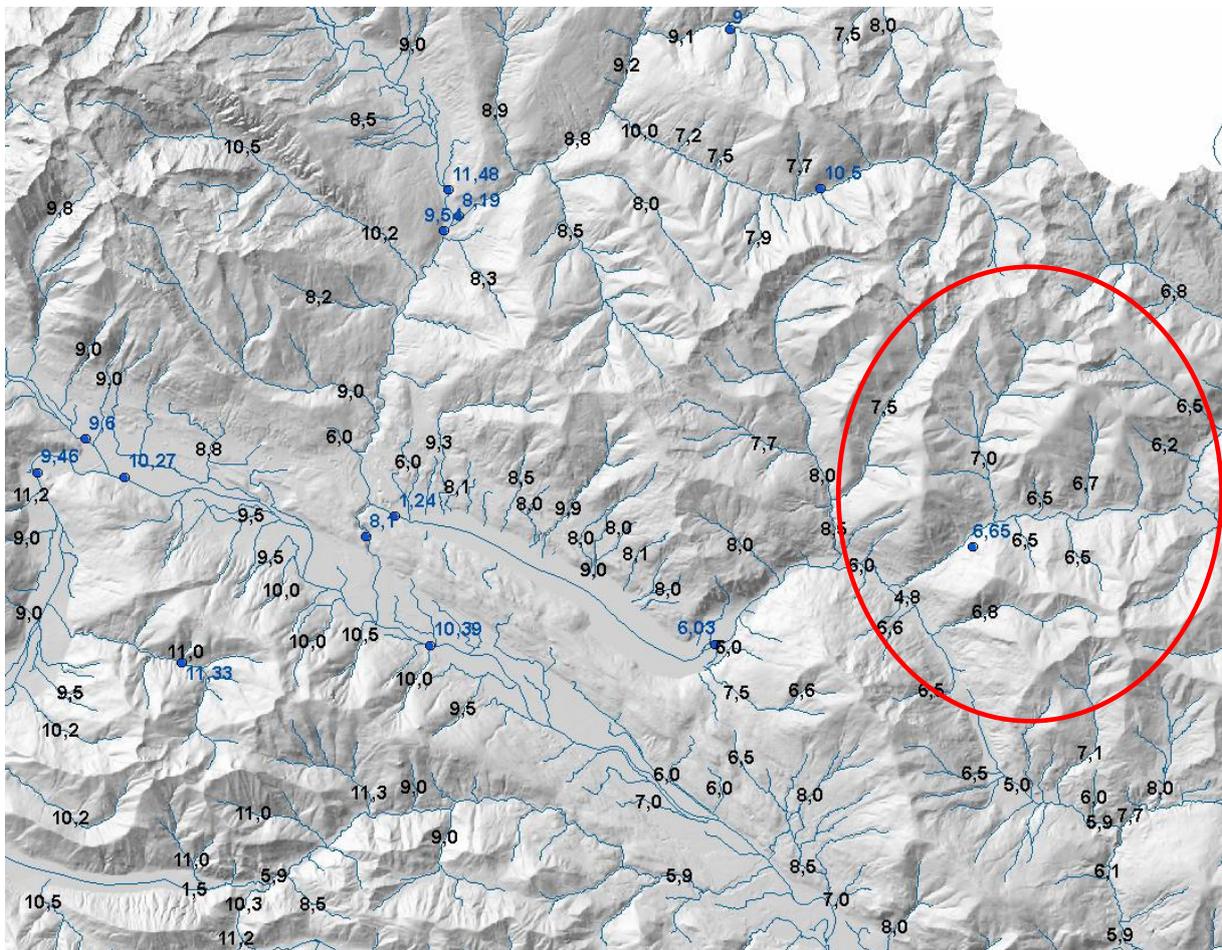


Abbildung 30: Auszug aus der Karte der Gebietsfaktoren GF100 für Kärnten (rot = Bad Kleinkirchheim)

Des Weiteren ist es auch möglich, vom Gebietsfaktor GF100 auf eine höhere Jährlichkeit zu schließen. Dies erfolgt durch ein Faktorwert F_n , in den ein Basisfaktor B sowie die

4. Abfluss

Einzugsgebietsgröße E eingehen (Abbildung 31). So erhält man ein Jährlichkeitsdiagramm mit den einzelnen Jährlichkeiten und deren Schwankungsbereichen (Abbildung 32).

Für das Gebiet rund um Bad Kleinkirchheim wurde von Herrn Moser ein Schwankungsbereich von 25 % angegeben. So ergab sich für ein 100 jährliches Ereignis für das gesamte Einzugsgebiet eine Abflussspitze von 80 m³/s. Die obere Schwankungsgrenze liegt bei 99 m³/s; die untere bei 60 m³/s.

Bearbeitung	
Gewässer / Stelle:	Bad Kleinkirchheimer Bach / Mündung
Zubringer zu:	Riegerbach
Zweitname:	Tieferbach
E (km ²)	61,8
GF 100	6,7
Anmerkung HQ100 = GF100. E ^{0,6} HQn = HQ100. Fn/100	
Bezugspegel	Pegel Trattlerwirt / Tieferbach
E (km ²)	50,5
8,9 km ² = Seerentionsfläche 18,8 km ² = hochwasserwirks. Fläche 6,5 · 18,8 ^{0,6} = 38 m ³ /s	
Faktor HQ5000/100	
F5000/100	2,13
Obergrenze	2,5
gesucht F5000/100	2,01
1,5 - 2,5 (TU Wien)	
Faktor HQ300/100	y = B E ^{-0,014}
F300/100	1,3
Basisfaktor B	1,37
gesucht F300/100	1,30
Faktor HQ150/100	y = B E ^{-0,007}
F150/100	1,11
Basisfaktor B	1,14
gesucht F150/100	1,11
1,08 - 1,15 (1,11)	
Faktor HQ30/100	y = B E ^{0,043}
F30/100	0,64
Basisfaktor B	0,54
gesucht F30/100	0,65
Faktor HQ10/100	y = B E ^{0,11}
F10/100	0,39
Basisfaktor B	0,25
gesucht F10/100	0,40
Faktor HQ5/100	y = B E ^{0,15}
F5/100	0,27
Basis	0,15
gesucht F5/100	0,28
Faktor HQ2/100	y = B E ^{0,23}
F2/100	0,16
Basis	0,06
gesucht F2/100	0,17
Faktor HQ1/100	y = B E ^{0,35}
F1/100	0,1
Basis	0,03
gesucht F1/100	0,11
Faktor HQ0,5/100	y = B E ^{0,5}
F0,5/100	0,06
Basis	0,01
gesucht F0,5/100	0,07

Ergebnis: Bad Kleinkirchheimer Bach / Mündung				
Jährlichkeit	Erwartungswert		Schwankungsbereich	
	HQ (m ³ /s)	HQ (o.S.)	HQ (u.S.)	HQ (u.S.)
0,5	5,3	6,6	4,0	4,0
1	8,5	10,7	6,4	6,4
2	13,3	16,7	10,0	10,0
5	22	28	17	17
10	32	40	24	24
50	51	64	39	39
100	80	99	60	60
150	88	110	66	66
300	103	129	77	77
5000	160	200	120	120
EZG (km ²)		61,8		
empirischer Vertrauensbereich (Faktor %)				
u. Schwankung HQn		0,75		
o. Schwankung HQn		1,25		
Faktoren:				
GF5000		13,5		
GF100		6,70		
HQ5000/HQ100		2,01		
HQ300/HQ100		1,30		
HQ150/HQ100		1,11		
Faktor HQ30/100		0,65		
Faktor HQ10/100		0,40		
Faktor HQ5/100		0,28		
Faktor HQ2/100		0,17		
Faktor HQ1/100		0,11		
standardisierte synthetische Niederschlag-Abfluss-Beziehung:				
maßgeb. Regendauer		3 h (geschätzt, Fließdauer)		
Gebietseinstufung:		steil gedungen (Gefälle, gedrung.- gestreckt)		
Ort:				
Stand. NA-Auswertung		km ²	GF100	
Vergleichs - EZG 1		0	0	
Vergleichs - EZG 2		0	0	
Bad Kleinkirchheimer Bach		0,0		
Fließdauer (geschätzte, empirische Annahmen)				
L(m)		13500	Gefälle:	
HG (m)		1500	0,111	
vo (m/s)		0,08	steil	
vg (m/s)		1,8	steil	
Fließzeit (h)		2,60		
Fließgeschwindigkeit				
Gefälle <0,01 flach		vo (m/s)	vg (m/s)	0,4
0,01-0,05 weniger steil				0,7
0,05-0,1 mittelsteil				1,2
0,1-0,2 steil				1,8
>0,2 sehr steil				2,1

Abbildung 31: Berechnungsergebnisse nach MOSER

4. Abfluss

Gewässer: **Bad Kleinkircheimer Bach / Mündung**
E (km²) 61,8

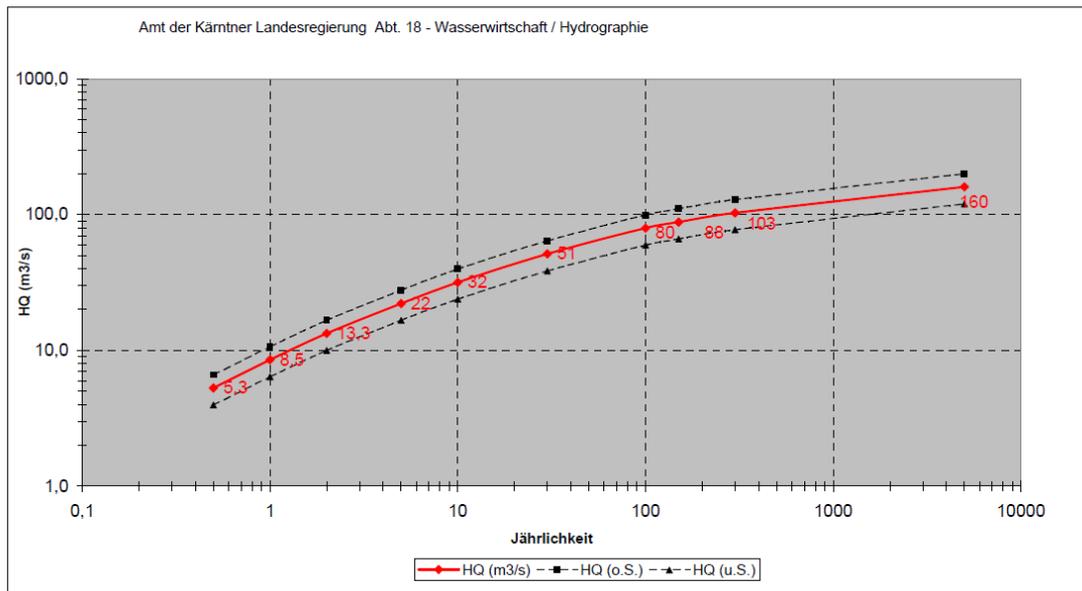


Abbildung 32: Jährlichkeitsdiagramm nach MOSER

4.4.3 Ergebnisse der Hochwasserabschätzung nach LÄNGER und MOSER

In untenstehender Tabelle werden die Ergebnisse der zuvor durchgeführten Untersuchungen dargestellt. Es wurde sowohl für jedes Teileinzugsgebiet als auch für die zusammengefassten Gebiete Abflussspitzen ermittelt.

ID	EZG Name	A [km ²]	Längerfaktor [m ³ /s km ²]	Länger HQ 100 [m ³ /s]	GF1 00	Moser Erwartungswert HQ100 [m ³ /s]	Moser o. S. HQ100 [m ³ /s]	Moser u. S. HQ100 [m ³ /s]	Faktor F150/100	Moser Erwartungswert HQ150 [m ³ /s]
3f	St. Oswalderbach bei hm 51,57	8.43	2.90	24.4	7.00	25.1	31.4	18.9	1.12	28.2
3e	Wegerbach	2.80	4.20	11.8	7.00	13.0	16.2	9.7	1.13	14.7
3g	Dolzengraben	2.09	4.75	9.9	7.00	10.9	13.6	8.2	1.13	12.4
3h	Kisingerbach	1.08	6.50	7.0	7.00	7.3	9.1	5.5	1.14	8.3
3d	Hintereggerbach	4.62	3.90	18.0	7.00	17.5	21.9	13.2	1.13	19.8
6	Zirkitzenbach	7.18	3.10	22.2	6.70	21.9	27.3	16.4	1.12	24.6
3i	Toteltitzenbachl	1.26	5.60	7.0	7.00	8.0	10.0	6.0	1.14	9.1
5	Kmölnigbachl	1.84	5.25	9.6	6.50	9.4	11.7	7.0	1.14	10.6
9	Rottensteinerbach	1.83	5.26	9.6	6.70	9.6	12.1	7.2	1.14	10.9
3c	Jacklgraben	1.19	6.25	7.5	7.00	7.8	9.7	5.8	1.14	8.9
3b	Brentler Runse Nord	0.09	12.50	1.1	7.00	1.6	2.0	1.2	1.16	1.9
4	Aignerbachl	0.30	10.50	3.1	6.50	3.1	3.9	2.4	1.15	3.6
3a	Brentler Runse Süd	0.45	9.00	4.0	7.00	4.3	5.4	3.2	1.15	5.0
8	Bacherbachl	0.33	11.25	3.8	6.70	3.5	4.3	2.6	1.15	4.0
14	Zirkitzer Runse	0.19	12.00	2.3	6.60	2.4	3.0	1.8	1.15	2.8
7	Dragebachl	0.58	9.00	5.2	6.70	4.8	6.0	3.6	1.14	5.5
10	Angerbach	0.63	7.50	4.7	6.50	4.9	6.2	3.7	1.14	5.6
11	Jogglgraben	0.41	8.50	3.5	6.50	3.8	4.8	2.9	1.15	4.4
1	Hohlernachbachl	0.79	6.50	5.1	6.65	5.8	7.2	4.3	1.14	6.6
2	Untertschernerbach	0.85	7.00	6.0	6.65	6.0	7.5	4.5	1.14	6.9
13	Stücklergraben	2.76	4.40	12.1	6.50	11.9	14.9	9.0	1.13	13.5
12	Ottingerbach	4.38	3.60	15.8	6.60	16.0	20.0	12.0	1.13	18.1
3	St. Oswalderbach	26.74	1.90	50.8	7.00	50.3	62.8	37.7	1.11	56.0
	BKK bis Mündung St. Oswalderbach	26.25	1.75	45.9	6.55	46.5	58.2	34.9	1.11	51.8
206 01-01	Gesamt EZG	61.53	1.25	76.9	6.70	79.3	99.2	59.5	1.11	87.9

Tabelle 23: Ergebnisse der Hochwasserabschätzung nach LÄNGER und nach MOSER

Diese verwendeten Verfahren dienen dazu, die berechneten Spitzenabflüsse zu überprüfen; des Weiteren geben die Ergebnisse nach MOSER eine Bandbreite an, in der sich die Bemessungsabflüsse bewegen sollten.

4.5 Gegenüberstellung der Ergebnisse

In den vorangegangenen Abschnitten wurden Berechnungen der Abflussspitzen eines hundertjährigen Ereignisses nach fünf verschiedenen Ansätzen durchgeführt. Drei verschiedene Niederschlagsabflussmodelle sowie zwei Hochwasserabschätzungen wurden durchgeführt. Jede dieser Berechnungen brachte aufschlussreiche Ergebnisse, doch um nun auf ein allgemeingültiges Ergebnis zu kommen, dürfen nicht die einzelnen Ergebnisse isoliert betrachtet werden, vielmehr müssen alle errechneten Werte miteinander in Beziehung gestellt und verglichen werden. Hier erfolgt daher eine Gegenüberstellung der konventionellen NA-Modelle, wie ZEMOKOST, IWK und HEC-HMS mit den einfachen Verfahren nach LÄNGER sowie nach MOSER. Letzteres Modell gibt auch einen Schwankungsbereich an, in dem sich die Abflussspitzen bewegen sollten.

Um diesen Vergleich nun anschaulich zu gestalten, wurden als Beispiele einzelne repräsentative Punkte herangezogen und an Hand derer eine graphische Gegenüberstellung erarbeitet.

In der Gegenüberstellung am Punkt 0 (Mündung des Bad Kleinkirchheimerbaches, siehe auch Abbildung 33) liegen die NA-Modelle (außer ZEMOKOST mit dem Szenario Gesamtes_EZG und dem Ereignis-Code Nr. 010302) alle über den errechneten Werten der einfachen Verfahren, wobei sie immer noch im angegebenen Schwankungsbereich nach dem Verfahren nach MOSER liegen. An ebendiesem Punkt weist das Verfahren „HEC-HMS“ mit $86.6 \text{ m}^3/\text{s}$ den größten und die Berechnungen nach LÄNGER mit $76.9 \text{ m}^3/\text{s}$ den geringsten Abfluss auf. Dem Verfahren nach ZEMOKOST darf bei dieser Auswertung keine Beachtung geschenkt werden, da (wie in Kapitel 4.3.4 Ergebnisse der NA - Modelle bereits beschrieben), ZEMOKOST mit höheren Dauerstufen keine glaubhaften Abflussspitzen mehr liefert. Die Ergebnisse der NA-Modelle IWK und HEC-HMS befinden sich um etwa 10 – 12 % über jenen der einfachen Verfahren. Die folgende Graphik stellt die beschriebenen Ergebnisse noch einmal graphisch dar, wobei innerhalb der beiden roten Linien die Schwankungsbreite nach Moser zu sehen ist.

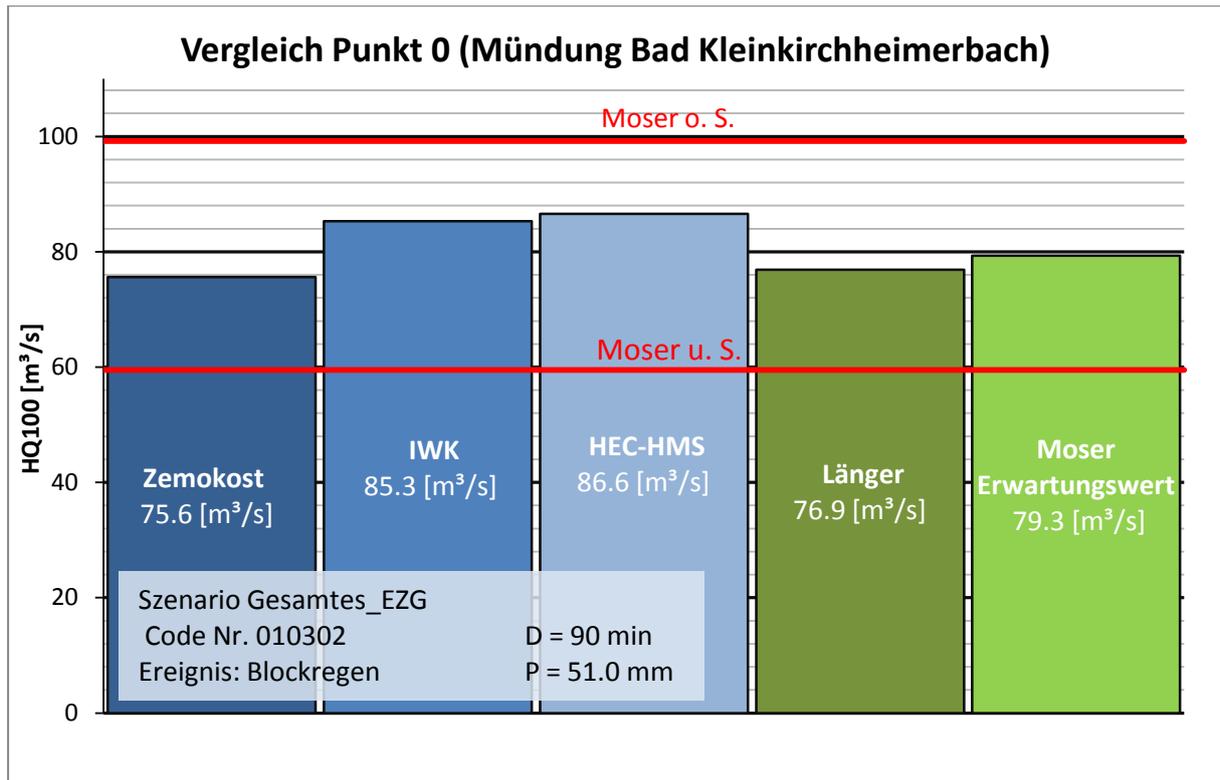


Abbildung 33: Vergleich der Ergebnisse am Punkt 0 (Mündung BKK)

Folgend wurde auch eine Analyse der Ergebnishäufigkeit am Punkt 0 mit dem Szenario Gesamtes_EZG gemacht. In der nachfolgenden, die Analyse darstellenden Graphik (Abbildung 34) ist zu erkennen, dass mehr als 50 % der Resultate des oben genannten Szenarios im Schwankungsbereich nach MOSER liegen. Die größte Häufigkeit (rund 21 % aller Ergebnisse) liegt im Bereich zwischen 90 und 100 m³/s. Die 90 % Linie schneidet die kumulative Verteilung exakt bei 90 m³/s.

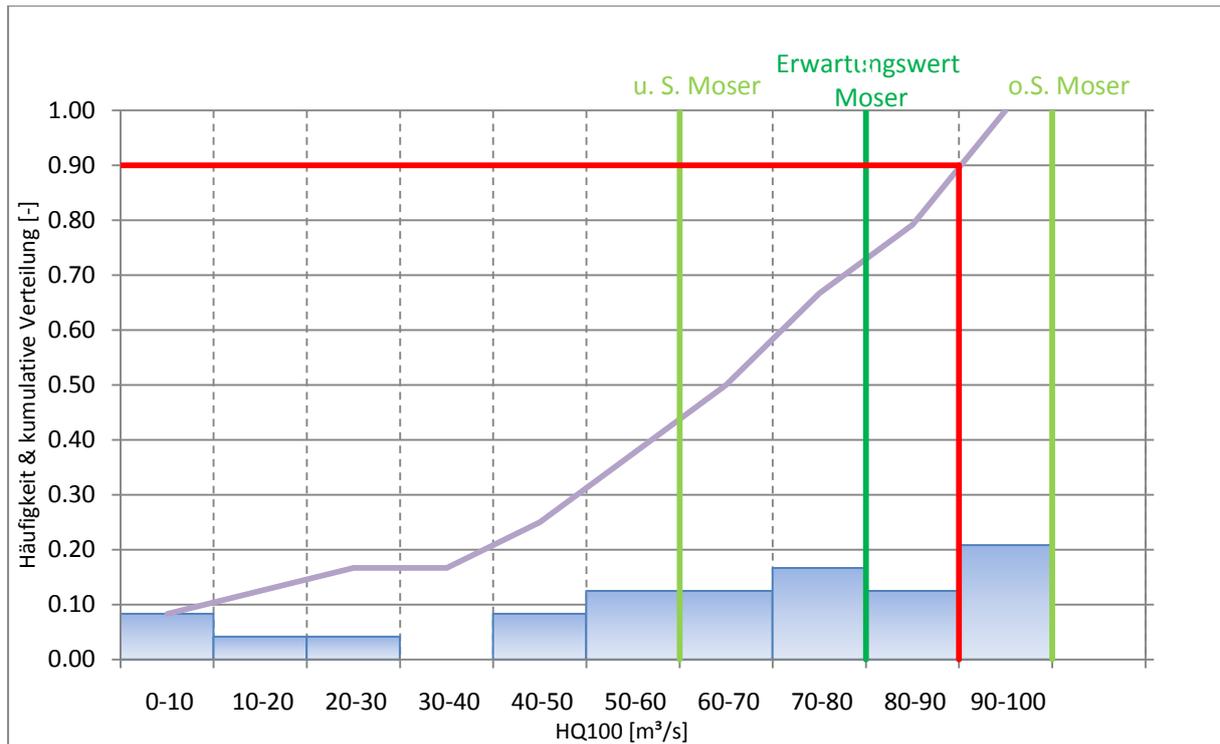


Abbildung 34: Häufigkeit und kumulative Verteilung am Punkt 0 (Mündung BKK)

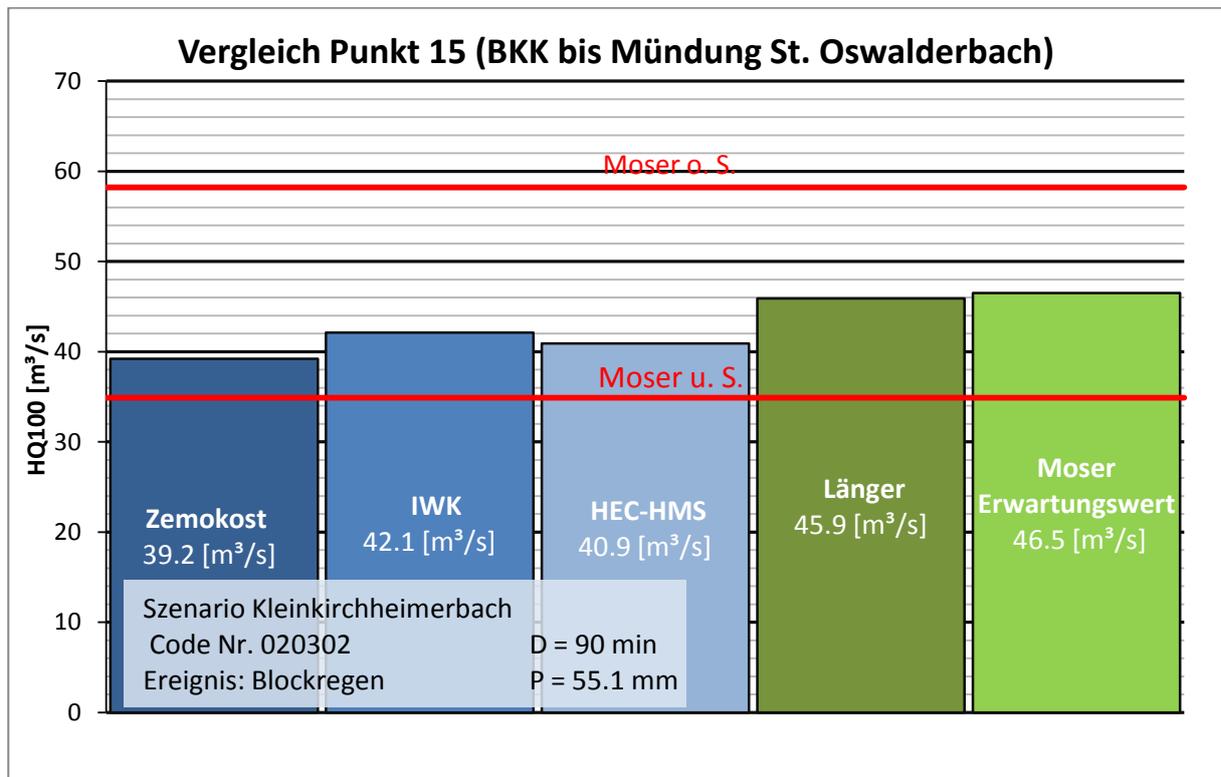


Abbildung 35: Vergleich der Ergebnisse am Punkt 15 (BKK bis Mündung St. Oswalderbach)

Im Vergleich am Punkt 15 (Bad Kleinkirchheimerbach bis Mündung St. Oswalderbach Abbildung 35) liegen die NA-Modelle allesamt um 9 – 13 % unter den errechneten Werten

der beiden einfachen Verfahren, jedoch befinden sich auch hier wieder alle Ergebnisse innerhalb der Schwankungsbreite nach MOSER. Die Differenz lässt sich dadurch erklären, dass der Bad Kleinkirchheimerbach selbst keinen typischen Wildbach darstellt, da er im Ober- und Mittellauf ein sehr geringes Gefälle (weniger als 2 %) aufweist und somit auch die Fließgeschwindigkeiten sehr gering sind.

Als letzter zu vergleichender Punkt wurde Punkt 3 (Mündung St. Oswalderbach) dargestellt:

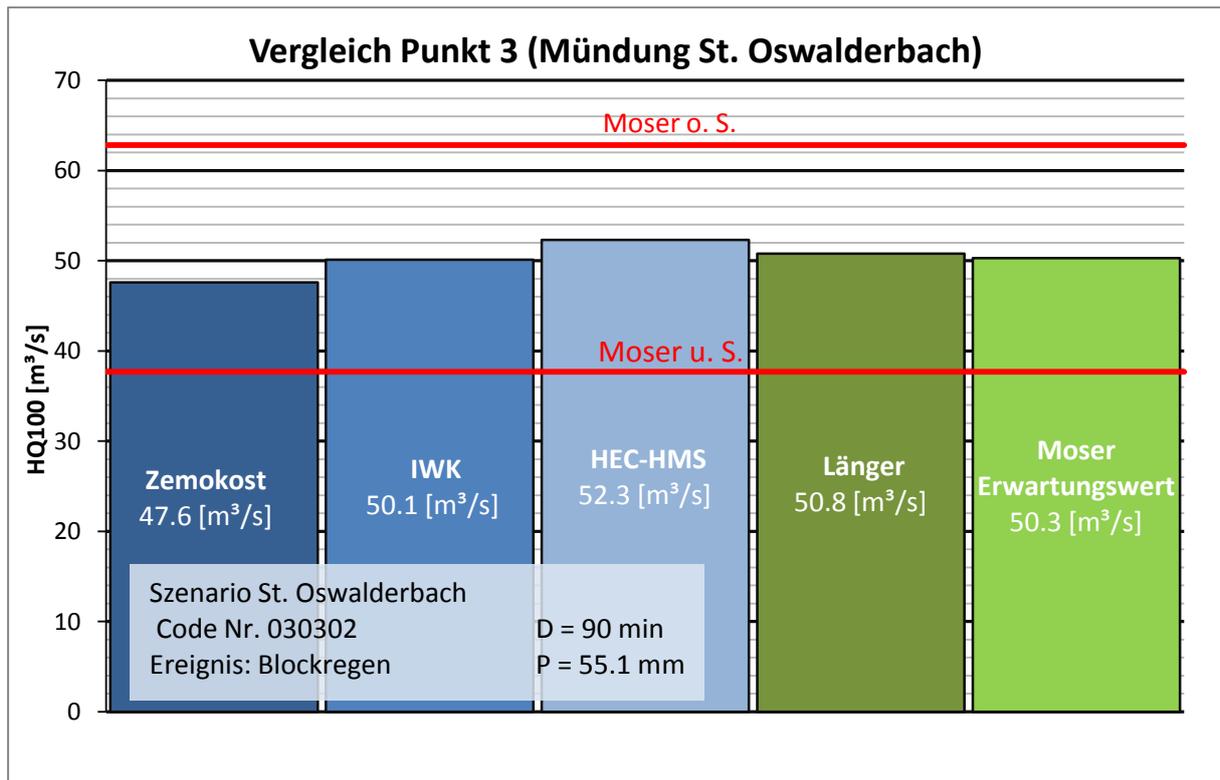


Abbildung 36: Vergleich der Ergebnisse am Punkt 3 (Mündung St. Oswalderbach)

Der St. Oswalderbach, mit dem gleichnamigen Szenario und dem Ereignis-Code Nr. 030302 weist kaum Unterschiede zu den einfachen Verfahren auf. Hier liegen die Abflussspitzen an der Mündung des St. Oswalderbaches bei 50 m³/s (Abbildung 36).

Die Auswertung der einzelnen Zubringer mit den konventionellen NA-Modellen ergab keine aussagekräftigen Werte. Dies lässt sich dadurch erklären, dass bei den verwendeten NA-Modellen meist nur ein Wert den Abfluss beschreibt und dieser für das Teileinzugsgebiet flächengewichtet wurde. Auch die Auflösung des Gewässernetzes ist für die einzelnen Zubringer zu ungenau. Hierfür müsste jedes Teileinzugsgebiet in Unterteileinzugsgebiete gegliedert werden, um genauer bzw. detaillierter betrachtet zu werden. Das größte Problem stellt sich jedoch in den Unsicherheiten bei der Ermittlung von HQ100 Werten durch die

unterschiedliche Jährlichkeit von Niederschlag und Abfluss. Dies wurde schon in Kapitel 4.4.2 Regionalisierung von Hochwasserkennwerten in Kärnten nach MOSER beschrieben.

Für die Abflussspitzen der einzelnen Zubringer sollten die Ergebnisse der einfachen Verfahren herangezogen werden, die im Kapitel 4.4.3 Ergebnisse der Hochwasserabschätzung nach LÄNGER und MOSER berechnet wurden.

Für die Geschiebesimulation mit SETRAC wurden die Ergebnisse des NA-Modelles HEC-HMS verwendet. Hier lassen sich die ermittelten Abflussganglinien am leichtesten für das Programm SETRAC exportieren.

5 Geschiebesimulation mit SETRAC

Für die Simulation des Geschiebes wurde das Programm SETRAC gewählt, welches in den Jahren 1998 bis 2002 an der Universität für Bodenkultur in Wien entwickelt und seit Juli 2005 weiterentwickelt und ausgiebig getestet wurde. SETRAC ist das Akronym für **SE**diment **TR**ansport Model in **Alpine C**atchments. Das Programm ist ein eindimensionales Geschiebetransportprogramm für Wildbäche und Gebirgsflüsse, welches anhand von Laborversuchen und gut dokumentierten, geschiebeführenden Hochwasserereignissen auf die Eignung überprüft wurde.

5.1 Allgemeine Modellbeschreibung

Das Programm SETRAC bietet eine grafische Benutzeroberfläche, die eine effiziente und übersichtliche Datenverwaltung erlaubt. Im Layoutfenster wird das Gerinnesystem dargestellt; hier können auch alle Querprofile sowie Längsprofile dargestellt werden. Des Weiteren können im Layoutfenster die einzelnen Querprofile auf Plausibilität überprüft werden sowie die Abschätzung des Durchflusses als auch die Transportkapazität visualisiert werden. Ein Topologiefenster informiert den Benutzer über die korrekte Modellanwendung und weist auf eventuell vorhandene Probleme hin. Die Abflussganglinien werden als kinematische Welle durch das Gerinnesystem geleitet.

Zur Berechnung des Pegelschlüssels werden die Querprofile nach der Streifenmethode aufgeteilt. Die Streifenanzahl richtet sich nach der Komplexität des Querprofils und so können auch gegliederte Profile gut abgebildet werden. In jedem dieser Streifen wird sowohl die Fließgeschwindigkeit als auch der Geschiebetransport berechnet. Ein Beispiel wird in Abbildung 37 dargestellt.

5. Geschiebesimulation mit SETRAC

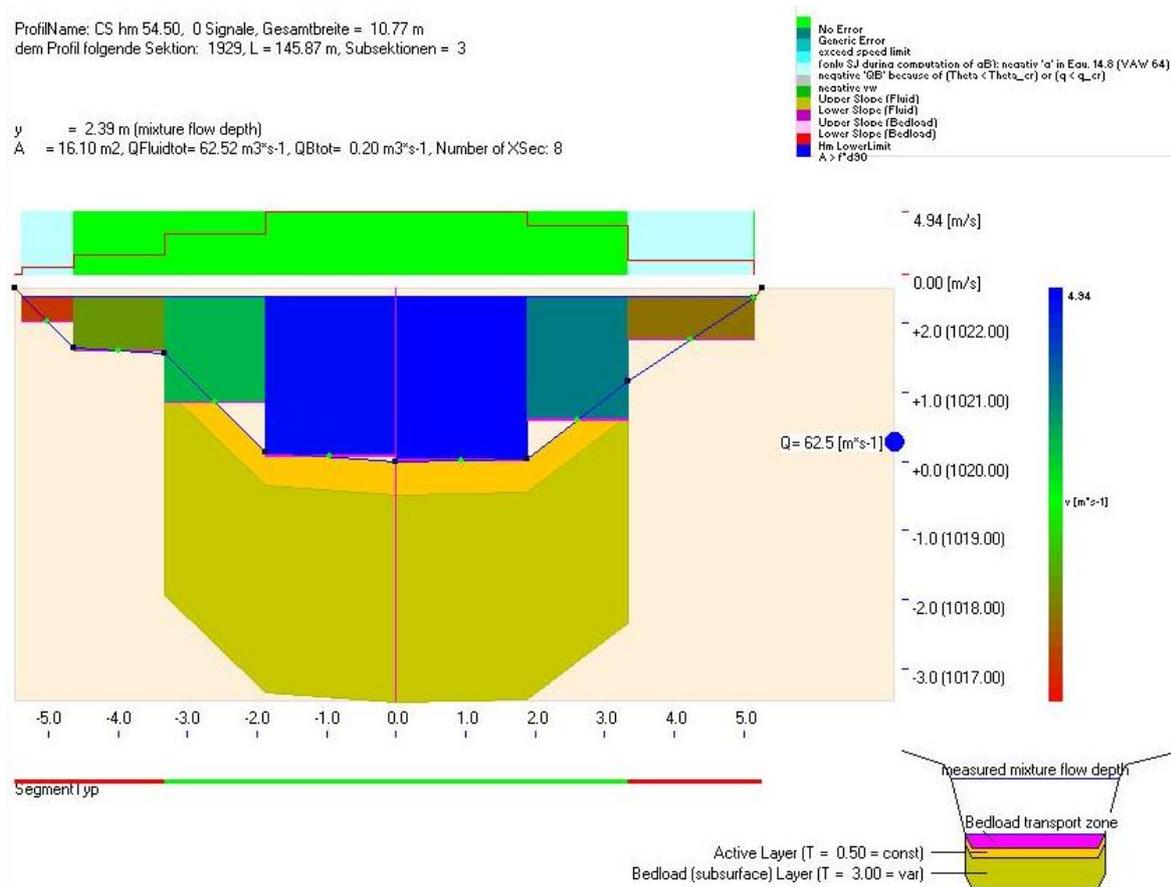


Abbildung 37: Gegliedertes Querprofil mit Visualisierung der Fließgeschwindigkeit der einzelnen Streifen

Dem Geschiebetransportmodell SETRAC stehen ein Einkorn- sowie ein Mehrkornmodell zur Verfügung. Beim Mehrkornmodell wird die Kornverteilung in Klassen aufgeteilt und der Geschiebetransport für jede einzelne Klasse extra berechnet. Auf diese Weise ist es möglich Sortiereffekte zu modellieren. Das heißt, das Bettsediment wird durch zwei Schichten diskretisiert und dadurch können die Deckschicht sowie eine Unterschicht und deren Interaktion mit den Transportvorgängen beschrieben werden.

Im Gegensatz zum Mehrkornmodell wird bei der Einkornmodellmethode der Geschiebetransport als Gesamttransport einer Geschiebemischung beschrieben. Typischerweise wird eine Geschiebemischung durch charakteristische Korndurchmesser (d_{30} , d_{50} , d_{90} , d_m) beschrieben, die meist aus Linienzahlanalysen und den Auswertung nach FULLER gewonnen werden. Der Bewegungsbeginn beim Einkornmodell des Sediments ist für alle Korngrößen gleich.

Mit der Mächtigkeit der Unterschicht wird die verfügbare Geschiebemenge für das gesamte Gerinne oder auch für die einzelnen Gerinneabschnitte festgelegt.

Die Ergebnisse der Simulation werden dem Modellanwender als Textdatei zur weiteren Analyse bereitgestellt. Die Zeitschritte sind frei wählbar und stehen für jeden Berechnungsknoten als Zeitreihe zur Verfügung. Für die Visualisierung der Simulationsergebnisse insbesondere der Geschiebefracht sowie der Sohlhöhenentwicklung können alle Längsprofile im Gerinnesystem zu jedem gespeicherten Zeitschritt ausgegeben werden. Die Ergebnisse im letzten Zeitschritt können auch als DXF Datei gespeichert werden; dies ermöglicht eine Weiterverarbeitung mit CAD Programmen.

5.1.1 Verwendete Formeln

In der graphischen Benutzeroberfläche besteht die Möglichkeit, für jede Simulation die für die Modellanwendung passende Formel auszuwählen. Hierfür muss jeweils für die Berechnung der Fließgeschwindigkeit, des Geschiebetransportes sowie für den Bewegungsbeginn die jeweilige Formel ausgewählt werden. Die für die Simulation des Bad Kleinkirchheimerbaches verwendeten Ansätze werden im folgenden Kapitel diskutiert.

5.1.1.1 Fließgeschwindigkeit

Im Programm SETRAC stehen dem Anwender für die Berechnung der Fließgeschwindigkeit drei unterschiedliche Formeln zur Verfügung. Die erste ist eine von SMART und JÄGGI (1983) entwickelte Formel; weiters besteht auch die Möglichkeit, die Fließgeschwindigkeit anhand einer empirischen Funktion des Abflusses, einer charakteristischen Korngröße sowie dem Gerinnegefälle nach RICKENMANN (2006) zu berechnen. Als dritter Ansatz steht dem Modellanwender die MANNING-STRICKLER-Formel mit einem variablen STRICKLER Wert in Funktion des Abflusses nach RICKENMANN (1996) zur Verfügung.⁷⁹

Im Folgenden wurden die Berechnungen für den Bad Kleinkirchheimerbach mithilfe der Formel von SMART und JÄGGI (1983) durchgeführt. Diese Formel für die Ermittlung der Fließgeschwindigkeit wurde 1983 im Rahmen einer Reihe von Laborversuchen mit Geschiebetransport bei steilem Gefälle entwickelt.

⁷⁹ Chiari [Modellierung des Geschiebetransportes] S.317

Dieser erhöhte Fließwiderstand bei geringen Abflusstiefen wird durch die letzten zwei Gleichungsterme in folgender Gleichung zum Ausdruck gebracht:

$$v = 2.5 * v^* * 0.5 * \left(1 - e^{\frac{-0.5 * z_{90}}{s^{0.5}}}\right) * \ln \left[8.2 * \frac{hm}{d_{90}}\right] \quad (Gl. 17)$$

wobei v^* die Schubspannungsgeschwindigkeit darstellt und durch $v^* = \sqrt{(g * h * S)}$ definiert ist.

- v Fließgeschwindigkeit [m/s]
- S Gefälle [-]
- v^* Schubspannungsgeschwindigkeit [m/s]
- h Abflusstiefe [m]
- h_m Gemischabflusstiefe [m]
- z_{90} relative Überdeckung [m]
- d_{90} charakteristische Korndurchmesser d_{90} [m]

Normalerweise wird für die Berechnung der Fließgeschwindigkeit und des Geschiebetransportes das Energieliniengefälle verwendet. Dies findet bei Gebirgsbächen allerdings keine Anwendung, da für das Energieliniengefälle häufig das Gerinnegefälle herangezogen wird. Die relative Überdeckung z_{90} ist das Verhältnis von Abflusstiefe h und dem charakteristischen Korndurchmesser d_{90} . Die Erhöhung der Abflusstiefe durch das transportierte Geschiebe wird durch die Gemischabflusstiefe h_m berücksichtigt. Diese Erhöhung der (virtuellen) Reinwasserabflusstiefe $h_f = q/v$ ist für Gerinnegefälle, die größer als 10 % sind, von Bedeutung. Die Beziehung von h_f/h_m ist in SETRAC wie folgt implementiert:

$$\frac{h_f}{h_m} = 1 - 1.64 * s^{0.42} * \left(\frac{q_b}{q}\right)^{0.63} \quad (Gl. 18)$$

- h_m Gemischabflusstiefe [m]
- h_f (virtuelle) Reinwasserabflusstiefe [m]
- q Abfluss [m^3/s]
- q_b Geschiebetransportrate pro Einheitsbreite [m^3/s]

Um unrealistische Extrapolationsraten zu verhindern, wird in SETRAC das Verhältnis von h_f/h_m minimal auf 0.2 limitiert. Dieser Wert entspricht der maximalen Packungsdichte von natürlichen Sedimenten.

5.1.1.2 Geschiebetransport und Bewegungsbeginn

Für die Berechnung des Geschiebetransportes wurde die Formel von Rickenmann (1981) verwendet. Dieser entwickelte für Gefällsbereiche von 0.03 bis 20 % aus insgesamt 252 Versuchen und aus den Daten von Meyer-Peter & Müller (1948) sowie jene von Smart & Jäggi (1983) folgende dimensionslose Gleichung:

$$\Phi_b = \frac{3.1}{(s-1)^{0.5}} * \left(\frac{d_{90}}{d_{30}}\right)^{0.2} * \theta^{0.5} * (\theta - \theta_{cr}) * Fr^{1.1} \quad (Gl. 19)$$

- Φ_b dimensionslose Geschiebetransportrate [-]
- s Verhältnis der Flüssigkeits- und Feststoffdichte [-]
- d_{90}, d_{30} charakteristische Korndurchmesser d_{90}, d_{30} [m]
- θ dimensionslose Schubspannung [-]
- θ_{cr} kritische dimensionslose Schubspannung [-]
- Fr Froud Zahl [-]

wobei $\Phi_b = \frac{q_b}{[(s-1)*g*d_m^3]^{0.5}}$ die dimensionslose Geschiebetransportrate ergibt. $s = \rho_s/\rho_f$ stellt das Verhältnis der Flüssigkeits- zur Feststoffdichte dar.

θ ist die dimensionslose Schubspannung $\theta = h_m * S / [(s - 1) * d_m]$ sowie θ_c die dimensionslose Schubspannung bei Bewegungsbeginn. θ_{cr} stellt die korrigierte kritische dimensionslose Schubspannung dar, die mit $\theta_{cr} = \theta_c \cos \arctan * I \left(1 - \frac{I}{\tan \varphi}\right)$ berechnet wird. Fr bildet den letzten Term der Gleichung und ist die Froude Zahl $Fr = \frac{v}{(g*h)^{0.5}}$, welche ein Maß für das Verhältnis der Trägheitskräfte zu den Schwerkraften bei hydrodynamischen Systemen darstellt.

5.1.1.3 Deckschicht

Auch das Auftreten einer Deckschicht wurde im Geschiebetransportmodell SETRAC berücksichtigt. Wenn die Feianteile der Kornverteilung mobiler sind als jene der groben Anteile, so kann sich auch in Gebirgsflüssen eine Deckschicht ausbilden. HUNZIKER und JÄGGI (2002) haben für das Aufbrechen der Deckschicht folgende Formel entwickelt:

$$\theta_{c,D} = \theta_c * \left[\frac{d_{m,D}}{d_m} \right]^{2/3} \approx \theta_c * \left[\frac{d_{90}}{d_m} \right]^{2/3} \quad (Gl. 20)$$

$\theta_{c,D}$ kritische dimensionslose Schubspannung für das Aufbrechen der Deckschicht [-]

$d_{m,D}$ mittlerer Korndurchmesser der Deckschicht [m]

d_m mittlerer Korndurchmesser der Unterschicht [m]

Der mittlere Korndurchmesser der Deckschicht $d_{m,D}$ kann durch den Korndurchmesser d_{90} der Unterschicht angenähert werden (Jäggi,1992).

5.1.1.4 Formverluste

In SETRAC kann auch der Einfluss der Formrauigkeit auf den Geschiebetransport berücksichtigt werden. Dies stellt eine Alternative zum Modul Deckschicht dar, welches in Kapitel 5.1.1.3 beschrieben wurde. Die aus Laborversuchen hergeleiteten Geschiebetransportformeln überschätzen den, in den Wildbächen tatsächlich auftretenden Geschiebetransport oft beachtlich. Dies lässt sich einerseits durch die limitierte Geschiebeverfügbarkeit oder auch durch die Rauigkeit der Gerinnesohle erklären. Bei den Ansätzen der Formverluste wird ein Teil der zum Transport zur Verfügung stehenden Energie zur Überwindung der Formrauigkeit verbraucht und steht für den Geschiebetransport nicht mehr zur Verfügung. Zur Berechnung der Formverluste wird der Anteil der Kornrauigkeit an der Gesamtrauigkeit als Funktion des Gefälles und der relativen Abflusstiefe ausgedrückt.

Es wurden aus den Daten zur Fließgeschwindigkeit in Gebirgsflüssen und Wildbächen (Rickenmann, 1996) folgende Gleichungen entwickelt (Rickenmann, 2005; Chiari, 2008):

$$\frac{n_r}{n_{tot}} = 0.092 * S^{-0.35} * \left(\frac{h}{d_{90}}\right)^{0.33} \quad (Gl. 21)$$

$$\frac{n_r}{n_{tot}} = 0.185 * S^{-0.22} * \left(\frac{h}{d_{90}}\right)^{0.55} \quad (Gl. 22)$$

n_r Manning-Beiwert bezogen auf die Kornrauigkeit [$s/m^{1/2}$]
 n_{tot} Manning-Beiwert bezogen auf die Gesamtrauigkeit [$s/m^{1/2}$]
 S Energiliniengefälle [-]
 h Abflusstiefe [m]
 d_{90} charakt. Korndurchmesser d_{90} [m]

Der Manning-Beiwert n stellt die Inverse zum Strickler-Beiwert $k_{st} = \frac{1}{n}$ dar.

Bei diesen Ansätzen in Geschiebetransportformeln wird in SETRAC ein reduziertes Energiliniengefälle S_{ired} bestimmt, welches sich auf den Anteil der Kornrauigkeit bezieht:

$$S_{ired} = S * \left(\frac{n_r}{n_{tot}}\right)^{a_i} \quad (Gl. 23)$$

S_i Energiliniengefälle [-]
 S_{ired} reduziertes Energiliniengefälle [-]
 a_i Exponent [-]

Bei der Herleitung von S_{ired} basierend auf der Manning-Strickler-Gleichung ergibt einen Exponenten von $a_i = 2$. MAYER-PETER und MÜLLER (1948) ermittelten mit ihren Laborversuchen einen empirisch abgestützten Exponenten von $a_i = 1.5$ und bestimmten mit einer theoretischen Herleitung auch einen theoretischen Wert von $a_i = 1.33$. Daher kann im Geschiebetransportprogramm SETRAC der Exponent mit einem Wert zwischen 1.0 und 2.0 gewählt werden. Dieser Exponent wird auch als gewisser Kalibrierungsrahmen verwendet, um auch die Unsicherheiten bei der Abschätzung der Formverluste darzustellen.

5.2 Modellerstellung

Im Geschiebetransportprogramm SETRAC werden als Eingabedaten vorab XML Files (Extensible Markup Language) erstellt. Dies ist eine Auszeichnungssprache zur Darstellung hierarchisch strukturierter Daten in Form von Textdaten. XML wird unter anderem für den plattform- und implementierungsunabhängigen Austausch von Daten zwischen Computersystemen eingesetzt, insbesondere über das Internet.⁸⁰

Für die Erstellung dieser Eingangsdateien wurde das Programm UltraEdit verwendet, mit welchem eine schnelle und übersichtliche Eingabe gewährleistet ist. Für die Bearbeitung im Programm SETRAC werden folgende Inputdatenfiles benötigt:

- **Crossections.xml**

In diesem File werden die einzelnen Querprofile eingegeben, welche durch die durchgeführte Vermessung des Bad Kleinkirchheimerbaches sowie des St. Oswalderbaches erhalten wurden. Die Querprofile wurden an jedem Punkt des Gewässersystems aufgenommen, an dem sich der Querschnitt bzw. das Gefälle maßgeblich ändert. Die Abschnitte zwischen diesen Querprofilen sind als Homogenbereiche zu verstehen. Für jedes Querprofil wurden die wichtigsten Punkte wie Böschungsoberkanten, tiefster Punkt, Wasseranschlag sowie markante Böschungspunkte aufgenommen. Dann wird in den einzelnen Punkten jedes Profils die Funktion definiert, ob das Gerinne Geschiebe aufnehmen oder auch erodieren kann. Dies stellt also jene Fläche eines Profils dar, an dem Geschiebe mobilisiert werden kann. Auch der tiefste Punkt wird in jedem Profil definiert. Diesen verwendet SETRAC, um das Gerinnesystem darzustellen und das Gefälle zu berechnen.

- **Points.xml**

In der Datei Points.xml werden jedem Querprofil und dessen tiefsten Punkt Lagekoordinaten zugewiesen, welche das Gerinnesystem und dessen Querprofile geographisch bestimmen.

- **Sections.xml**

Über das File Sections.xml werden die Fließrichtung sowie die erodierbaren Sedimente im Gerinnesystem bestimmt. Somit wird mit der Geschiebefläche, die im File

⁸⁰ Vgl. Bray [Extensible Markup Language]

Crossections.xml bestimmt wurde, das Geschiebevolumen in jedem Abschnitt definiert. Da die Geschiebesimulation mit SETRAC eindimensional ist, kann das Programm Erosionsprozesse außerhalb der Sohle nicht berücksichtigen. Deshalb wird das Potential der Seitenerosion in die Erosionstiefe des Gerinnes mit einbezogen.

- **Grainsizedistribution.xml**

Die Korngrößenverteilung bzw. die charakteristischen Korngrößen werden in dem File Grainsizedistribution.xml festgelegt. In diesem Projekt wurden die charakteristischen Korngrößen d_{30} , d_{50} , d_{90} sowie d_m durch eine Linienzahlanalyse und anschließender Auswertung nach dem statistischen Verfahren nach FEHR verwendet. Jedem Querprofil wurden die charakteristischen Korngrößen zugewiesen, welche auch für den jeweiligen Abschnitt unterhalb des Querprofils gelten.

- **Ganglinien.sig**

Für die Eingabe der Ganglinien werden sogenannte Signaldateien benötigt. Diese werden an jedem Zubringer und dessen obersten Profil angesetzt. Des Weiteren werden auch die Ganglinien der Zwischenteileinzugsgebiete an den Knotenpunkten der Querprofile angesetzt. SETRAC verwendet für das Gerinne Routing das Verfahren der kinematischen Wellen. Die Ganglinien wurden aus dem Programm HEC-HMS in die jeweiligen Signaldateien umgewandelt.

Mit der Eingabe der Daten und dem Implementieren derselben in SETRAC erhält man ein zusammenhängendes Gewässersystem (Abbildung 38).

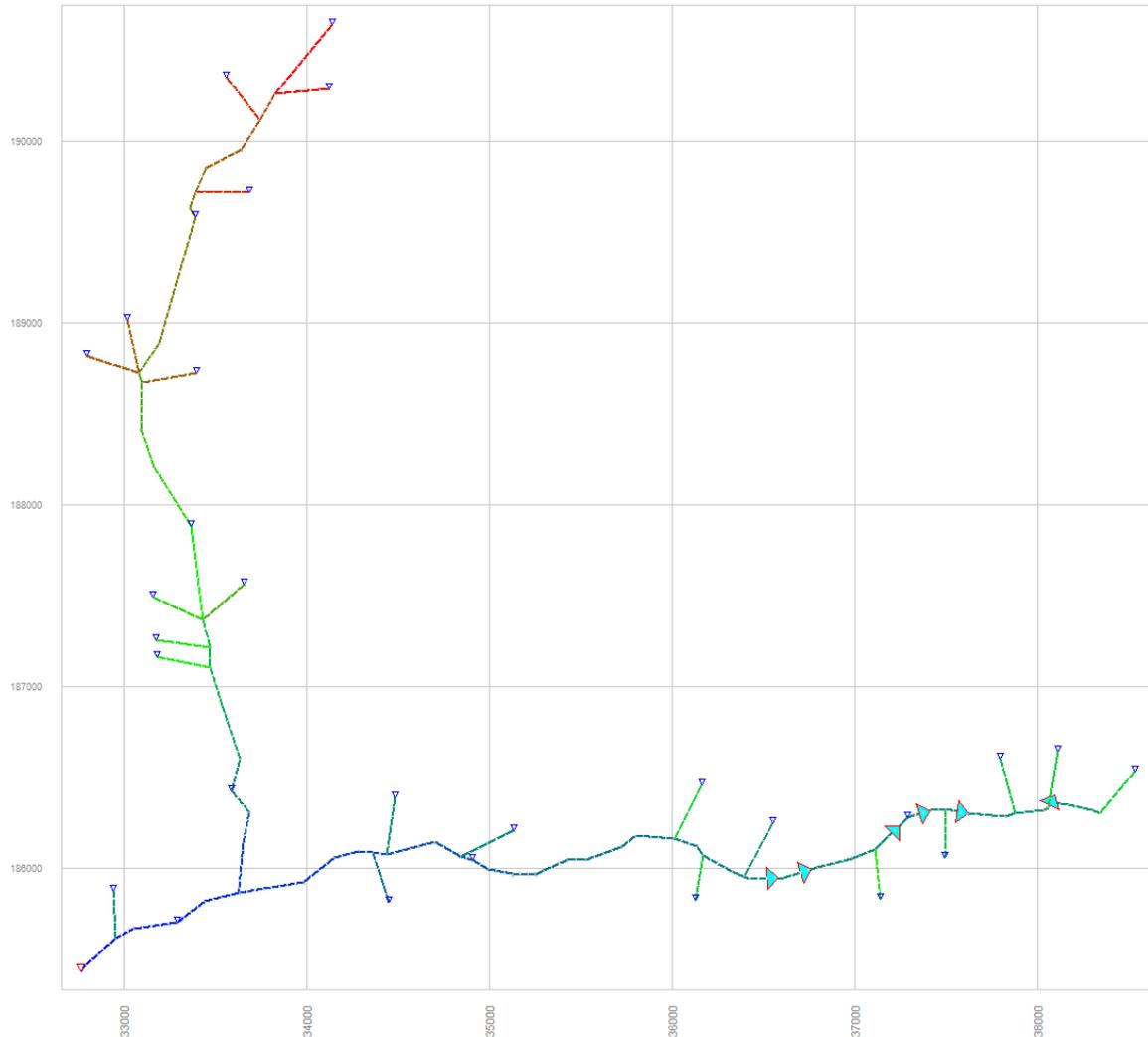


Abbildung 38: SETRAC Gewässersystem Bad Kleinkirchheimer und St. Oswalderbach und deren Zubringer

5.3 Simulation

5.3.1 Geschiebeeintrag

Für die Simulation mit SETRAC wurde von der WLV eine Geschiebepotentialabschätzung der einzelnen Zubringer durchgeführt. Dieses Geschiebepotenzial wurde dem Programm für jeden Zubringer auf einer 300 Meter langen Strecke zur Verfügung gestellt. Die Geschiebeeintragsabschätzung der einzelnen Zubringer ist in folgender Tabelle dargestellt.

EZG_Code	EZG_Name	A [km ²]	L _{Ger} [km]	Durch Verbauung Gebunden [m ³]	GF ₂₀₁₀ [m ³]
2	Unterschernerbach	0.85	2.07	keine Maßnahme	4000
3a	Brentler Runse Süd	0.45	0.91	keine Maßnahme	1100
3b	Brentler Runse Nord	0.09	0.58	keine Maßnahme	125
3c	Jacklgraben	1.19	2.09	keine Maßnahme	4000
3d1	Wiesernockbachl Süd	0.63	1.54	keine Maßnahme	3000
3d2	Wiesernockbachl Nord	1.60	1.87		
3d4	Brunnachbachl	0.85	1.14	keine Maßnahme	4500
3d5	Hintereggerbach	1.21	2.04		
3d8	Hintereggerbach Mü	4.63	2.92		
3e	Wegerbach	2.80	2.61	keine Maßnahme	4000
3f1	Sankt Oswalderbach	8.43	3.70	keine Maßnahme	15000
3g	Dolzengraben	2.09	2.29	keine Maßnahme	4000
3h	Kisingerbach	1.08	1.35	keine Maßnahme	3000
3i	Toteltzenbachl	1.26	1.55	keine Maßnahme	2500
3_x	Aignerberg Runse	0.64	1.10	keine Maßnahme	1700
4	Aignerbachl	0.30	1.01	400	400
5	Kmöllnigbach	1.84	2.09	3110	890
6	Zirkitzenbach	3.89	4.60	13000	2000
7	Dragebachl	0.58	1.19	2900	100
8	Bacherbachl	0.33	0.69	keine Maßnahme	1000
9	Rottensteinerbach	1.83	2.77	1700	300
10	Angerbachl	0.63	1.64	keine Maßnahme	2000
11	Jogglgraben	0.41	1.32	keine Maßnahme	2000
12	Ottingerbach	4.38	3.37	2900	2900
13	Stücklergraben	2.76	2.09	9500	1500
14	Zirkitzen Runse	0.19	0.66	keine Maßnahme	1000

Tabelle 24: Geschiebeeintragsabschätzung der WLV 2010

In den Hauptgerinnen – also im Kleinkirchheimerbach und im St. Oswalderbach - wurde bis auf wenige Stellen, an denen die Sohle befestigt ist, eine erodierbare Unterschicht von drei Metern angenommen. In diesen drei Metern gehen auch mögliche Seitenerosion mit ein.

5.3.2 Charakteristische Korngrößen

Die charakteristischen Korngrößen haben Einfluss auf die Fließgeschwindigkeit, den Geschiebetransport sowie den Mobilisierungsbeginn, deshalb wurden in der Gewässerstrecke des Bad Kleinkirchheimerbaches sowie des St. Oswalderbaches Linienzahlanalysen durchgeführt. In Abbildung 39 wird gezeigt, an welchen Stellen die

insgesamt 22 Linienzahlanalysen durchgeführt wurden. Die einzelnen Messprotokolle und deren Auswertung liegen in digitaler Form vor.

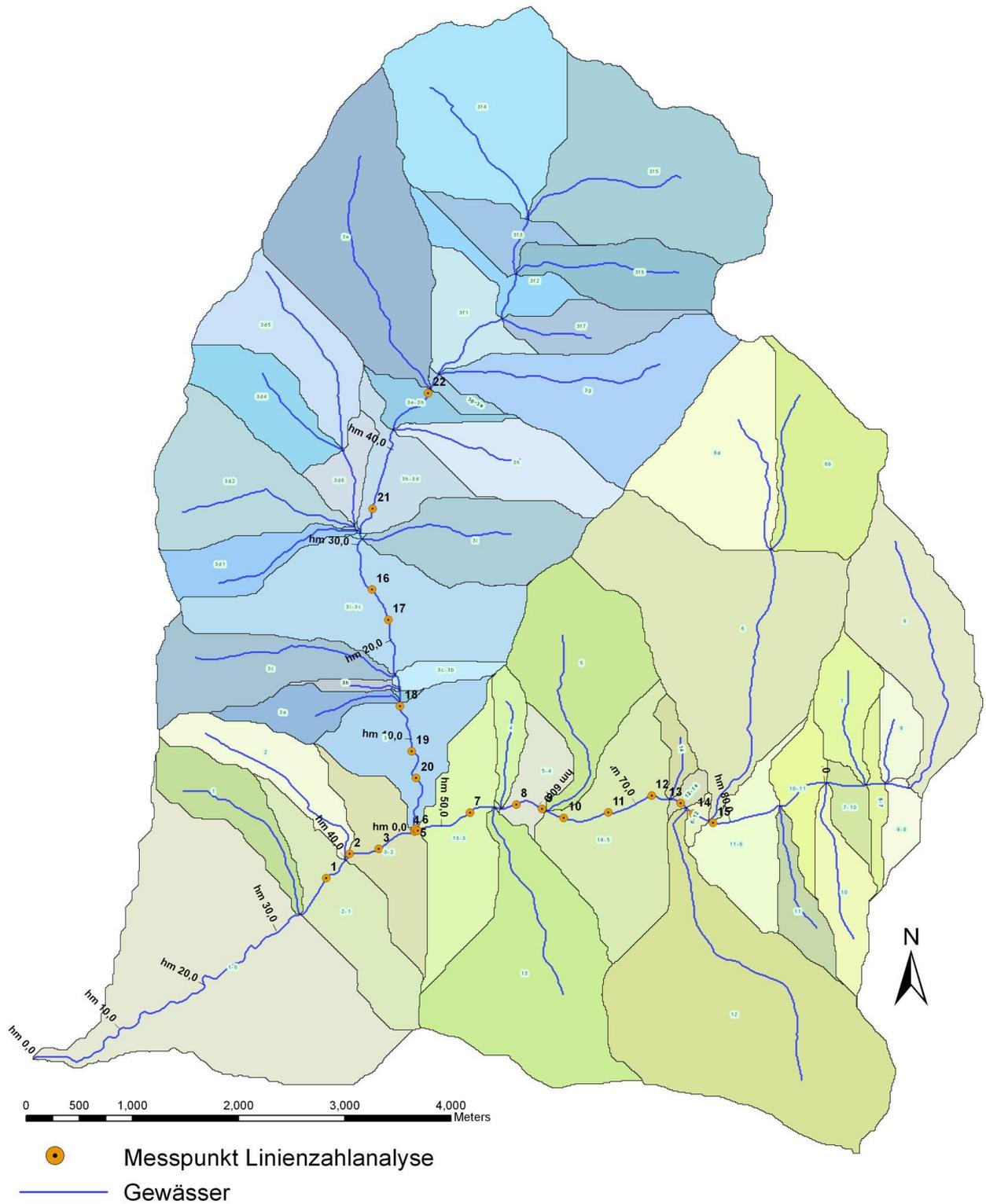


Abbildung 39: Messpunkte der Linienzahlanalyse im Einzugsgebiet

Durch die Auswertung der Linienzahlanalyse nach Fehr wurden für den Kleinkirchheimerbach folgende charakteristischen Korngrößen bestimmt (Tabelle 25). Des Weiteren werden in Abbildung 40 die Korngrößenverteilungen der LZA des Kleinkirchheimerbaches dargestellt.

	d_{30}	d_{50}	d_{90}	d_m
LZA 1 hm 37.20	2.83	7.34	36.53	11.95
LZA 2 hm 40.70	2.92	7.36	45.33	13.42
LZA 3 hm 43.65	2.37	6.20	21.31	7.76
LZA 4 hm 47.60	2.69	7.04	24.24	9.03
LZA 6 hm 47.80	2.85	7.33	36.90	14.14
LZA 7 hm 53.20	2.78	7.21	34.39	11.95
LZA 8 hm 57.80	2.97	7.55	52.40	14.81
LZA 9 hm 60.60	2.14	5.49	30.31	9.84
LZA 10 hm 62.80	4.94	8.63	42.32	14.59
LZA 11 hm 67.30	1.60	3.53	11.62	4.23
LZA 12 hm 71.80	1.85	4.50	17.18	6.07
LZA 13 hm 74.80	2.00	5.05	17.00	7.10
LZA 14 hm 76.40	2.28	5.91	21.99	8.21
LZA 15 hm 78.50	1.35	2.99	8.98	3.67

Tabelle 25: Charakteristische Korngrößen des Kleinkirchheimerbaches

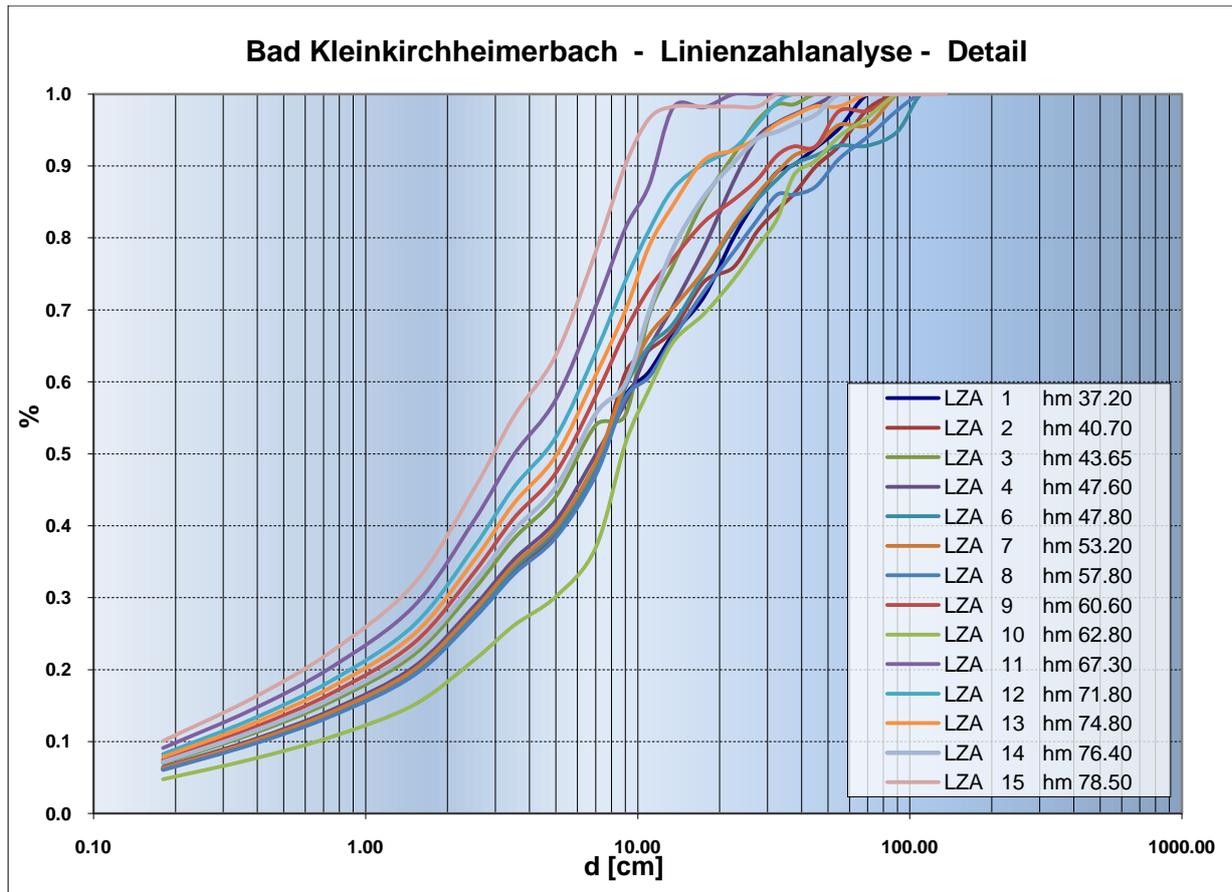


Abbildung 40: Repräsentative Korngrößenverteilung für den Kleinkirchheimerbach

Auch für den St. Oswalderbach wurde eine Auswertung durchgeführt; in der folgenden Tabelle sind die charakteristischen Korngrößen (Tabelle 26) sowie die repräsentativen Korngrößenverteilungen (Abbildung 41: Repräsentative Korngrößenverteilung für den St. Oswalderbach) dargestellt.

	d_{30}	d_{50}	d_{90}	d_m
LZA 5 hm 00.20	2.82	7.52	26.87	9.87
LZA 16 hm 25.30	1.93	4.80	16.54	5.94
LZA 17 hm 22.10	3.64	9.75	49.73	16.62
LZA 18 hm 13.50	5.03	10.66	35.45	14.34
LZA 19 hm 09.00	3.26	8.74	49.45	14.78
LZA 20 hm 05.80	3.11	7.85	30.84	10.70
LZA 21 hm 34.00	3.07	7.83	28.06	9.98
LZA 22 hm 45.20	2.45	5.90	26.64	9.57

Tabelle 26: Charakteristische Korngrößen des St. Oswalderbaches

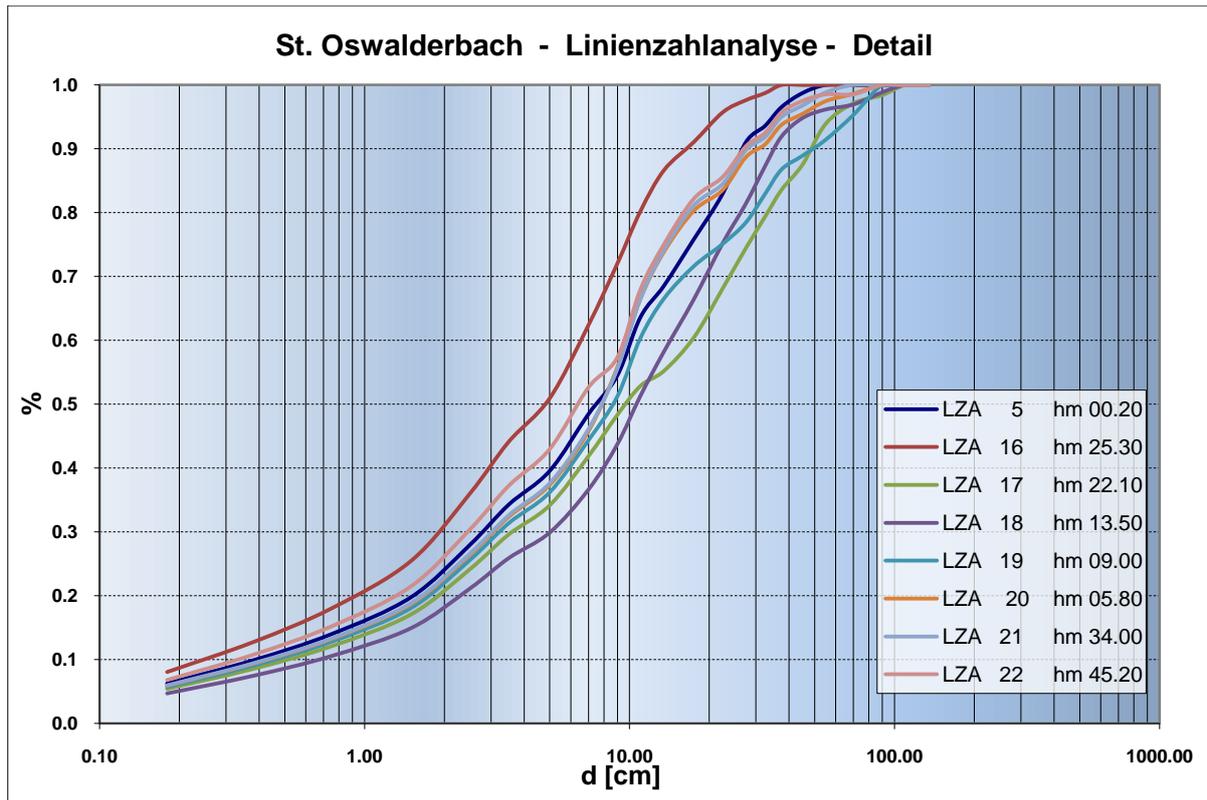


Abbildung 41: Repräsentative Korngrößenverteilung für den St. Oswalderbach

5.3.3 Eingangsdaten

Parameter

Für die Simulation mit SETRAC müssen unter den Simulationseinstellungen (Options) bestimmte Parameter eingegeben werden. Ein wichtiger Parameter für die Visualisierung und Pegelschlüsselberechnung ist der maximale Durchfluss, welcher mit 100 m³/s festgelegt wurde. Des Weiteren muss der Porenanteil, die Feststoff- sowie die Gemischdichte eingegeben werden. Diese Werte wurden aus Erfahrungswerten des Institutes für Alpine Naturgefahren übernommen. Die räumliche Diskretisierung wurde auf 50 Meter gesetzt und stellt für das vorliegende Projekt eine ausreichend gute Genauigkeit dar. Die zeitliche Diskretisierung wurde über die CFL Zahl festgelegt, welche ein Stabilitätskriterium für die kinematische Wellenverformung darstellt.

Parameter		Einheit
Max. Durchfluss	100	[m ³ /s]
Porenanteil	0.3	[-]
Feststoffdichte	2650	[kg/m ³]
Gemischdichte	1050	[kg/m ³]
Räumliche Diskretisierung	50	[m]
CFL - Number	0.99	[-]

Tabelle 27: Parametereinstellungen im Programm SETRAC

Verwendete Formelkombinationen

Die für die Simulation verwendeten Formelkombinationen, die in Kapitel 5.1.1 detailliert beschrieben wurden, sind in Tabelle 28 überblicksmäßig dargestellt. Mit diesen Formelkombinationen und den Ergebnissen der NA-Auswertung des Szenarios Gesamtes_EZG sowie den Dauerstufen 90 Minuten (Code Nr.: 010302) und 12 Stunden (Code Nr.: 010802) wurden die Geschiebesimulationen mit SETRAC durchgeführt.

Simulation	Fließ- geschwindigkeit	Geschiebe- transport	Deckschicht	Formverluste	Exponent a_i in Gleichung (Gl. 23)
Sim 1	(Gl. 17)	(Gl. 19)		(Gl. 21)	1.0
Sim 2	(Gl. 17)	(Gl. 19)		(Gl. 21)	1.5
Sim 3	(Gl. 17)	(Gl. 19)	(Gl. 20)		
Sim 4	(Gl. 17)	(Gl. 19)			

Tabelle 28: Verwendete Formelkombinationen für die SETRAC Simulationen

Simulation 1 (Sim 1) und Simulation 2 (Sim 2) unterscheiden sich nur durch den Ansatz der Formverluste mit den Exponenten $a_i = 1.0$ und $a_i = 1.5$. Simulation 3 (Sim 3) wurde mit dem Ansatz einer Deckschicht (amour layer) gerechnet und Simulation 4 (Sim4) wurde ohne Formverluste angesetzt und ergibt somit die volle Transportkapazität.

5.4 Ergebnisse des Geschiebetransports

Als Ergebnisse liefert SETRAC Textdateien, die in Microsoft Excel ausgewertet werden können. Für die Gewässerstrecke des Kleinkirchheimerbaches sowie des St. Oswalderbaches wurden für die unterschiedlichen Simulationen in SETRAC mit den Dauerstufen 90min sowie 12h des Szenarios Gesamtes_EZG Geschiebefrachtogramme erstellt. Diese stellen die Erosionsprozesse sowie die Ablagerungsprozesse dar. Wenn die Linie von rechts nach links steigt (\nearrow), treten Erosionsprozess auf; wenn die Geschiebefrachtlinie von rechts nach links (\nwarrow) hingegen fällt, treten Ablagerungsprozesse auf.

5.4.1 Geschiebetransport im Kleinkirchheimerbach

Die Simulation des Kleinkirchheimerbaches erfolgt bis knapp vor die Stauwurzel des Wehrbauwerkes am Ortsbeginn von Bad Kleinkirchheim. Bis zu dieser Stelle welche, sich bei hm 37.00 befindet, wurden die Vermessungen am Kleinkirchheimerbach durchgeführt. Der Beginn des in SETRAC erstellten Gerinneverlaufs ist die Mündung des Rottensteinerbaches bei hm 10.14, dieser ist zugleich der erste Geschiebezubringer. Die Simulationen des Kleinkirchheimerbaches zeigen, dass das von den Zubringern zur Verfügung gestellte Geschiebe im Hauptgerinne des Kleinkirchheimerbaches sofort wieder abgelagert wird. Dies lässt sich durch das geringe Gefälle ($< 2\%$) des Baches erklären. Die ersten drei Spitzen von hm 97.0 bis 86.0 zeigen den Geschiebeeintrag von Bacherbachl, Angerbachl sowie Jagglgraben. Die zwei Spitzen bei hm 77.0 bis 74.0 stellen den Geschiebeeintrag vom Zirkitzenbach und dem Ottingerbach dar. Ab hm 68.0 erhöht sich das Gefälle des Kleinkirchheimerbaches und somit auch die Erosionsleistung. Bei hm 56.0 verringert sich jedoch das Gefälle wieder auf ca. 2% und der Kleinkirchheimerbach lagert sein transportiertes Geschiebe bis hm 58.0 ab. Bei hm 47.6 mündet der St. Oswalderbach in den Kleinkirchheimerbach. Bis an diese Stelle liefert der Kleinkirchheimerbach lediglich eine Geschiebefracht von maximal 300 m^3 für das 90-minütige Ereignis und 850 m^3 für das 12-stündige. Ab dieser Stelle steigt das Geschiebefrachtdiagramm des Kleinkirchheimerbaches (6% Gerinnegefälle) steil an und liefert am Ende für das 90-minütige Szenario mit einer Abflussspitze von ca. $90\text{ m}^3/\text{s}$ eine maximale Geschiebefracht von ca. 16800 m^3 sowie für ein 12-stündiges Ereignis mit einer Abflussspitze von ca. $67\text{ m}^3/\text{s}$ eine Geschiebefracht von ca. 31500 m^3 . Dies lässt sich wieder auf das Gefälle zurück schließen, da der Kleinkirchheimerbach die Talebene verlässt und mit erhöhtem Gefälle Richtung Gegendtal fließt. Die hier angegebenen Werte stammen aus den Ergebnissen der Simulation 4, da diese mit voller Transportkapazität gerechnet wurden und als maximale Geschiebefracht anzusehen sind. In Abbildung 42 und Abbildung 43 sind die errechneten Geschiebefrachtdiagramme sowie das Längsprofil für den Kleinkirchheimerbach dargestellt.

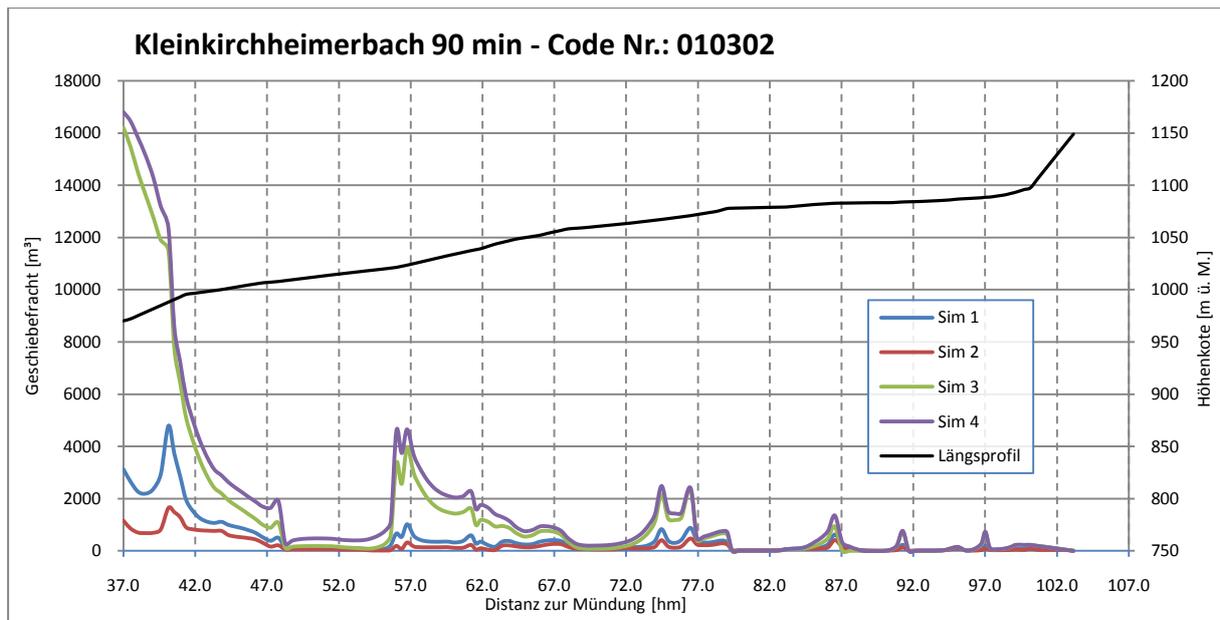


Abbildung 42: Vergleich der Geschiebefrachtogramme des Kleinkirchheimerbaches 90 min

Des Weiteren ist zu erwähnen, dass die Ergebnisse der Geschiebesimulation des 12-stündigen Ereignisses um den Faktor 2 größer sind als jene des 90-minütigen Ereignisses, wobei die Reinwasserfracht des 12-stündigen Ereignisses fast das 4-fache von jenem des 90-minütigen ausmacht.

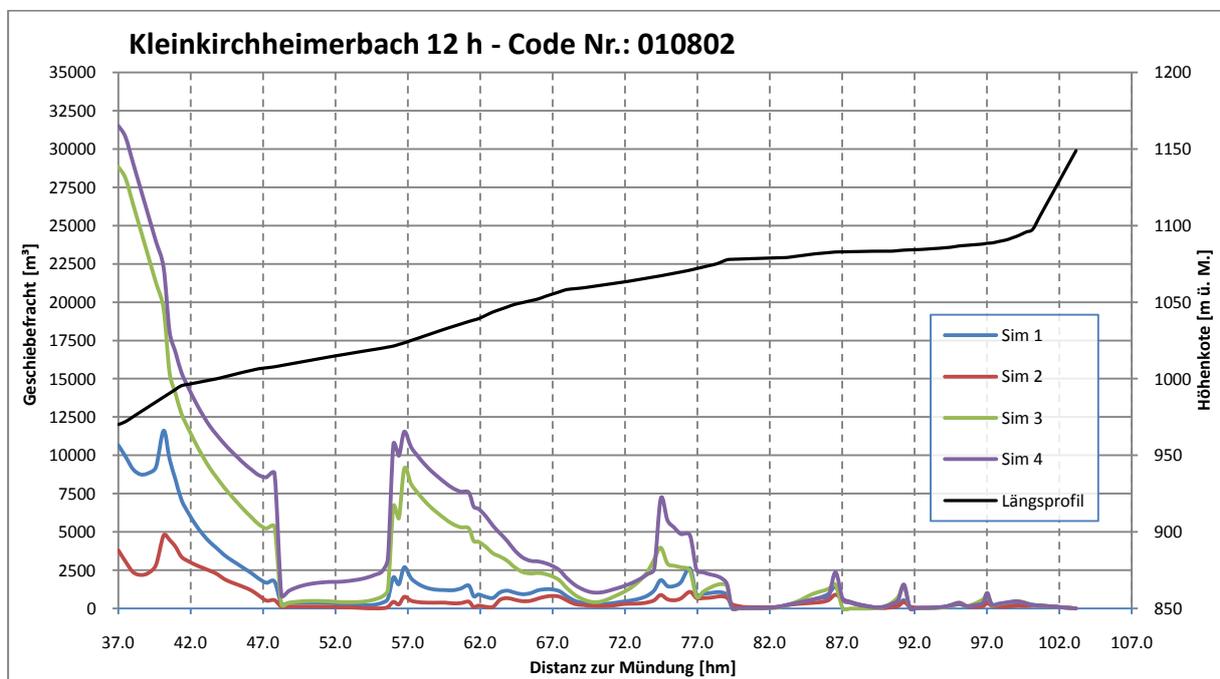


Abbildung 43: Vergleich der Geschiebefrachtogramme des Kleinkirchheimerbaches 12 h

5.4.2 Geschiebetransport im St. Oswalderbach

Die Ergebnisse der Simulation mit SETRAC für den St. Oswalderbach werden in folgendem Absatz besprochen. Der Simulationsbeginn wurde mit hm 50.9 festgelegt; dies ist auch jene Stelle, an der der Dolzengraben in den St. Oswalderbach mündet. Hier werden rund 13000 m³ Geschiebe, die von der WLV abgeschätzt wurden, der Simulation als Geschiebepotential des oberen St. Oswalderbaches zur Verfügung gestellt. Diese werden jedoch beim 90-minütigen Szenario nicht zur Gänze mobilisiert. Die erste Spitze bei hm 52.5 stellt den Wegerbach dar. Das erodierte Material wird jedoch immer wieder abgelagert. Auch das Geschiebe, das aus den nachfolgenden Zubringern in den St. Oswalderbach gelangt, wird immer wieder im Gerinne abgelagert. Die Spitze bei hm 32.5 wird durch die Zubringer Hintereggerbach, Bacherbachl, Wiesernockachl sowie dem linksufrigen Totelitzenbach verursacht. Von hm 25.0 bis 18.0 ist eine erhöhte Sohlenerosion zu erkennen; diese lässt sich durch die erhöhte Neigung des Gerinnes erklären, die bis zu 10 % aufweist. Bei hm 16.0 liefern die Zubringer Jacklgraben und die beiden Brentler Runsen ihr Geschiebepotential zur Gänze ein. Danach lagert der St. Oswalderbach einen großen Teil seines mobilisierten Geschiebes bei hm 14.0 wieder ab. An der Mündung gehen bei der 90-minütigen Simulation max. 1600 m³ und bei der 12-stündigen Simulation ca. 8000 m³ Geschiebe in den Kleinkirchheimerbach ein.

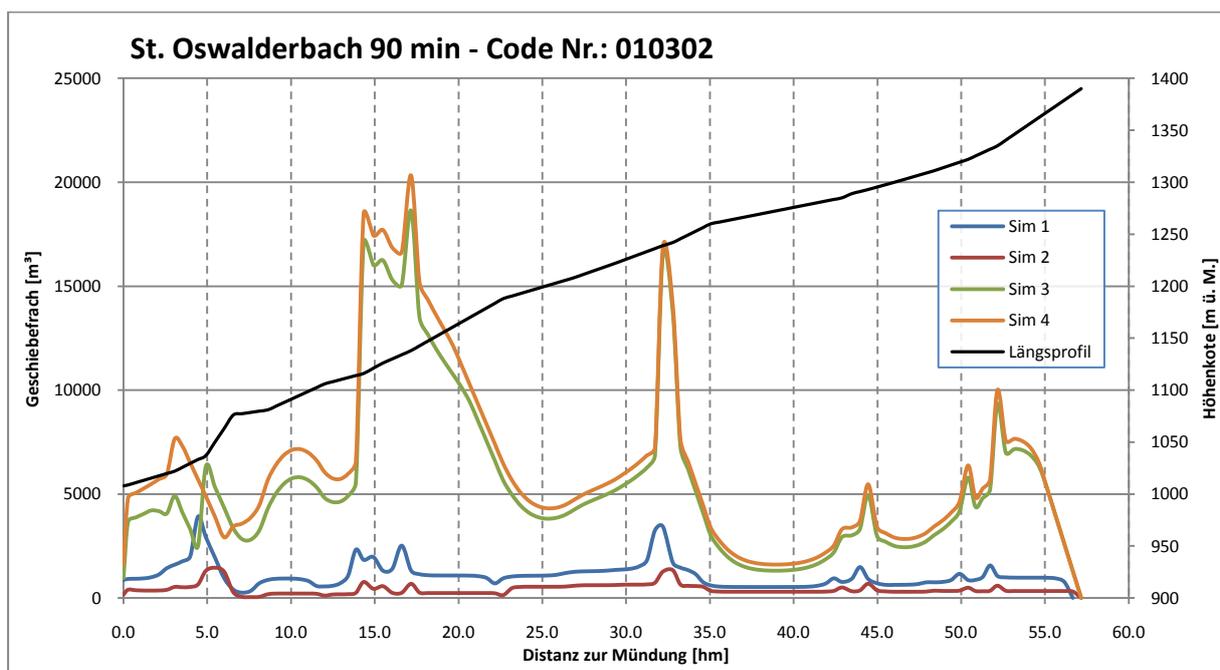


Abbildung 44: Vergleich der Geschiebefracht diagramme des St. Oswalderbach 90 min

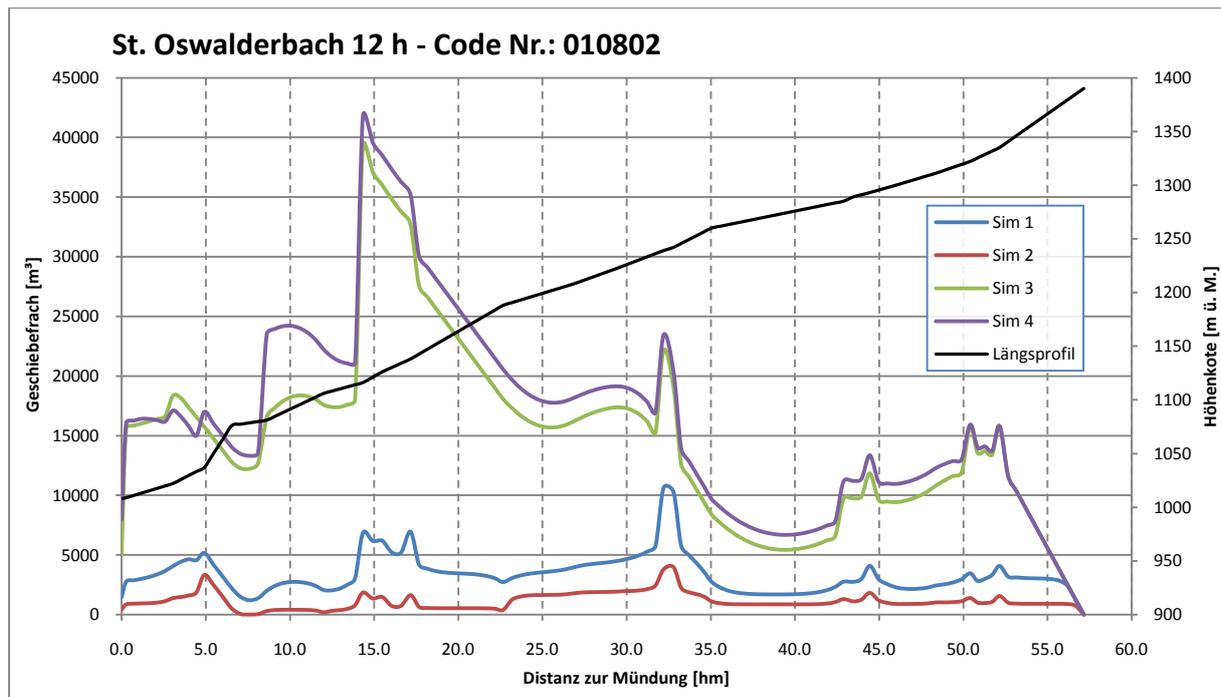


Abbildung 45: Vergleich der Geschiebefrachtprofile des St. Oswalderbach 12 h

5.5 Verifizierung

Da keine Daten von Ereignissen für den Kleinkirchheimerbach vorhanden sind, an die man die Simulation mit SETRAC validieren könnte, müssen die Ergebnisse der Simulationen behutsam verwendet werden.

Ergebnisse aus anderen Simulationen mit SETRAC und Validierungen dieser durch Ereignisdokumentationen (Modellierung des Geschiebetransports mit dem Modell SETRAC für Hochwasser im August 2005 in Schweizer Gebirgsflüssen) zeigen, dass der tatsächliche Geschiebetransport von steilen Einzugsgebieten durch die Ansätze ohne Formverluste deutlich überschätzt wird und nur durch Formverluste plausibel dargestellt werden kann. Da jedoch sowohl der Kleinkirchheimerbach mit einem durchschnittlichen Gefälle von 3 % als auch der St. Oswalderbach mit 6 % kein steiles Gerinne darstellen, sind die Ansätze mit Formverlusten vermutlich nicht plausibel. Es kann jedoch festgelegt werden, dass die Ergebnisse der Simulation 4 (Sim 4) - also jene mit voller Transportkapazität - als Maximalwert angesehen werden können. Es ist auch zu erkennen, dass Simulation 3 (mit Deckschicht) und Simulation 4 (volle Transportkapazität) kaum Unterschiede aufweisen. Dies zeigt, dass der in Simulation 3 verwendete Deckschichtansatz nur geringen Einfluss auf den kritischen Abfluss ausübt.

6 Zusammenfassung

Ziel der Diplomarbeit war die Grundlagendatenerhebung für die Revision des bestehenden und Ausweisung eines neuen Gefahrenzonenplanes im Einzugsgebiet des Bad Kleinkirchheimerbaches. Begonnen wurde mit einer allgemeinen Beschreibung des Einzugsgebietes im Hinblick auf die geographische Lage, die Geologie, das Klima, die vorherrschende Landnutzung sowie eine Evaluierung der vorhandenen Böden und der Wuchsgebiete. Um fundierte Ergebnisse zu erhalten, musste des Weiteren auch auf eine Untersuchung und Beschreibung der Bachgeschichte und der Verbauungschronik durchgeführt werden.

Danach wurde das betrachtete Einzugsgebiet des Kleinkirchheimerbaches in 58 Teileinzugsgebiete aufgeteilt, welche in Summe eine Fläche von 61.53 km² aufweisen. Im Anschluss daran konnte das Gerinnesystem aus dem entwickelten digitalen Höhenmodell ableiten werden. Dieses Gerinnesystem wurde mit Hilfe des Programms ArcGIS und der Zusatzapplikation HEC-GeoHMS erstellt. Auf Basis der erhaltenen Daten wurden die NA-Modelle mit den Programmen ZEMOKOST_NG, IHW-HW 5.0 und HEC-HMS aufgesetzt und die Knotenpläne des Flussgebietsmodells erstellt. Sowohl die gebietsspezifischen als auch gerinnespezifischen Parameter wie Bodentyp, Gerinneform, Oberflächennutzung, Oberflächenrauigkeiten, Gefälle usw. wurden aus Kartenwerken und den Erkenntnissen einer Geländebegehung erarbeitet.

Der Gebietsniederschlag wurde aus den modellierten Bemessungsniederschlägen, die in diesem Projekt mit extremwertstatistischen Auswertungen von langjährigen Messreihen relevanter Niederschlagsstationen verglichen und verifiziert wurden, abgeleitet. Hierfür wurden insgesamt 16 Messstationen in der Umgebung herangezogen, welche einen Beobachtungszeitraum von mindestens 40 Jahren aufweisen.

Für die Simulation mit den NA-Modellen wurden drei Niederschlagszenarien erstellt, welche einmal das ganze Einzugsgebiet überregnen, sowie eine Überregnung des Kleinkirchheimerbaches mit erhöhtem Basisabfluss des St. Oswalderbaches und umgekehrt.

Die Simulationen ergaben Abflussspitzen für das gesamte Einzugsgebiet von rund 90 m³/s. Für den Kleinkirchheimerbach an der Mündung des St. Oswalderbaches lieferten die Modelle eine Abflussspitze von 41 m³/s und der St. Oswalderbach weist eine maximale Abflussspitze

von rund 51 m³/s auf. Die Ergebnisse der NA-Modelle wurden mit jenen Verfahren nach LÄNGER und MOSER verglichen. Es zeigte sich, dass die Ergebnisse der NA-Modelle im vorgegebenen Schwankungsbereich nach dem Verfahren nach MOSER liegen, die auf statistischen Auswertungen der Abflusspegel basieren.

Bei der Erstellung eines Niederschlags-Abfluss-Modelles kommt es unweigerlich zu Abweichungen, die sich mehr oder weniger auf die Berechnung bzw. das Modell auswirken. Es handelt sich hier vor allem um Herausforderungen bei der Bestimmung der einzelnen Parameter - sei es für die einzelnen Einzugsgebiete oder aber auch für die des Gerinnesystems. Es handelt sich dabei meist um Abweichungen oder Ungenauigkeiten, die durch vereinfachte Annahmen, ungenaue und veraltete Karten und Generalisierungen von Parametern auftreten. Auch bei der Abflussbildung, der Abflusskonzentration und dem Flood-Routing können Abweichungen auftreten, die vor allem auf die rationalisierten, generalisierten oder empirischen Berechnungsmodelle zurückzuführen sind.

Auch die Annahme, dass der Niederschlag über einem Gebiet gleichmäßig fällt, tritt in der Natur fast nie auf. Jedoch ist eine Generalisierung unumgänglich, da nicht an jedem Punkt im Einzugsgebiet der Niederschlag gemessen werden kann. Dieser Tatsache wurde mit der Erstellung der drei Szenarien ein wenig entgegengewirkt. Es kann festgestellt werden, dass die Flussgebietsmodelle die gestellten Forderungen erfüllten und die resultierenden Ergebnisse bis auf ZEMOKOST plausible Spitzenabflüsse lieferten.

Die Ergebnisse der Simulationen des NA-Modelles mit HEC-HMS wurden für die weitere Berechnung des Geschiebetransportes mit dem Programm SETRAC verwendet. Für die Modellerstellung von SETRAC wurde der Kleinkirchheimerbach geodätisch vermessen. Es wurden an jenen Stellen Querprofile aufgenommen, an denen sich das Profil oder die Neigung des Gerinnes markant ändert. Des Weiteren wurden 22 Linienzahlanalysen durchgeführt, die nach dem Verfahren nach FEHR ausgewertet wurden. Die Wildbach- und Lawinerverbauung Gebietsbauleitung Liesertal und Ossiacher Seebecken lieferte für das Projekt eine Geschiebepotentialabschätzung der einzelnen Zubringer. Diese Daten bildeten die Grundlage für die Erstellung des Geschiebetransportmodelles in SETRAC.

Es wurden mit den Szenarien der NA-Modell Gesamtes_EZG und den Dauerstufen 90 Minuten sowie 12 Stunden Simulationen mit vier verschiedenen Ansätzen der Transportkapazität gerechnet. In der Simulation 1 und Simulation 2 wurde ein Ansatz mit

Formverlusten mit zwei unterschiedlichen Exponenten verwendet. Simulation 3 wurde mit einem Deckschichtansatz gerechnet und in der Simulation 4 wurde mit voller Transportkapazität simuliert. Es zeigte sich, dass der Kleinkirchheimerbach das erhaltene Geschiebe aus den Zubringern bis zur Mündung des St. Oswalderbaches immer wieder ablagert. Erst kurz nach der Einmündung des St. Oswalderbaches steigt das Geschiebefrachtendiagramm steil an. Am Ende des Simulationsmodells treten Geschiebefrachten beim 90-minütigen Ereignis mit einer Abflussspitze von ca. $90 \text{ m}^3/\text{s}$ eine maximale Geschiebefracht von 16800 m^3 auf. Beim 12-stündigen Ereignis und einer Abflussspitze von $67 \text{ m}^3/\text{s}$ liefert die Simulation eine Geschiebefracht von 31500 m^3 .

Auch der St. Oswalderbach lagert jenes Geschiebematerial, welches er von den Zubringern erhält, meist wieder ab. An der Mündung liefert die Simulation einen Geschiebeeintrag in den Kleinkirchheimerbach mit dem Ereignis 90 Minuten eine Geschiebemenge von 1600 m^3 und bei der 12-stündigen Simulation einen Eintrag von ca. 8000 m^3 Geschiebe. Interessant ist jedoch, dass die Ergebnisse der Geschiebesimulation der 12-stündigen Ereignisse um den Faktor 2 größer sind als jede des 90-minütigen Ereignisses, wobei die Reinwasserfracht des 12-stündigen Ereignisses fast das 4 fache von jener des 90-minütigen beträgt. All diese Daten können nun von der Wildbach- und Lawinenverbauung Gebietsbauleitung Liesertal und Ossiacher Seebecken als Grundlage für ihre weiteren Analysen zur Erstellung bzw. Aktualisierung des Gefahrenzonenplans herangezogen werden.

7 Literatur:

- Assmann [Hochwasserschutzmaßnahmen]

Assmann, A.: „Die Planung dezentraler, integrierter Hochwasserschutzmaßnahmen – mit dem Schwerpunkt der Standortausweisung von Retentionsarealen an der Oberen Elsenz, Kraichgau“; erschienen in der Schriftenreihe des Landesamts für Flurneuordnung und Landentwicklung Baden-Württemberg, Heft 11

- Beck [Übersicht über die östlichen Gurktaler Alpen]

Beck – Mannagetta P. „Übersicht über die östlichen Gurktaler Alpen“ 1959

- BFW [BFW Website]

Website des Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW): <http://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web?dok=5754> vom 12.05.2010

- Bray [Extensible Markup Language]

Bray T. et al. „Extensible Markup Language (XML) 1.0“ Fourth edition URL: <http://www.w3.org/TR/2006/REC-xml-20060816/sec-origin-goals> vom 30.09.2010

- Clar [Thermalwasservorkommen von Bad Kleinkirchheim]

Clar E., Bamerith W., Gruber J., Hübl G., Kollmann W. und Rank D. „Interdisziplinäre geowissenschaftliche Untersuchungen des Thermalwasservorkommens von Bad Kleinkirchheim (Kärnten, Österreich) Band 17; Archiv für Lagerstättenforschung der geologischen Bundesanstalt Wien 1995

- Chiari [Modellierung des Geschiebetransportes]

Chiari M. und Rickenmann D. „Modellierung des Geschiebetransportes mit dem Modell SETRAC für das Hochwasser im August 2005 in Schweizer Gebirgsflüssen“ in „Wasser, Energie Luft – 101. Jahrgang, Heft 4“ Baden 2009

- digHAO [Hydrologischer Atlas Ö]

dig HAO „Hydrographische Atlas Österreich“ Version 1.0.0 März 2003

- Dobmann [Hochwasserabschätzung]

Dobmann, J.: „Hochwasserabschätzung in kleinen Einzugsgebieten der Schweiz - Interpretations- und Praxishilfe“; Bern 2009

- DVWK [Bestimmung des Niederschlags für Bemessungshochwässer]

Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK): „Beitrag zu Bestimmung des effektiven Niederschlags für Bemessungshochwasser aus Gebietskenngrößen“, Bonn 1991

- Geologische Bundesanstalt: „Geologische Karten Online“ URL: http://geomap.geolba.ac.at/GEO/GEO_main.cfm?Init=false vom 14.02.2010
- Gosen [tektonische Baueinheit]
Gosen W., Haiges K.-H., Neubauer F. Pistotnik J. & Thiedig F. „Die tektonischen Baueinheiten am Nord- und Westrand der Gurktaler Decke (Österreich)“ in Jahrbuch der geologischen Bundesanstalt Österreich Band 127 Wien Januar 1985
- Goster [Wildbach-Analyse]
Goster W.: „Integrale Analyse eines murfähigen Wildbaches anhand einer Fallstudie“, Auftraggeber: Autonome Provinz Bozen; Abteilung 30 – Wasserschutzbauten, Mals 2002
URL: <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/eserv/eth:25887/eth-25887-01.pdf> vom 12.05.2010
- Gradner [Kärnten]
V. Gradner, M. Kastner: Kärnten, ein Reise und Kulturführer Lehrveranstaltung: Seminar der Physischen Geographie/Geoökologie Lehrveranstaltungsleiter: Univ.-Prof. Mag. Dr. Martin Seger URL: <http://www.urlaubsanfragen.at/natur.htm> vom 14.02.2010
- HD Österreich [Beiträge zur Hydrographie 1983]
Hydrographischer Dienst in Österreich: „Beiträge zur Hydrografie Österreichs, Heft Nr. 46 – Die Niederschläge, Schneeverhältnisse und Lufttemperaturen in Österreich im Zeitraum 1971-1980“, Herausgeber: Hydrografisches Zentralbüro im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 1983; Wien
- HD Österreich [Beiträge zur Hydrographie 1994]
Hydrographischer Dienst in Österreich: „Beiträge zur Hydrografie Österreichs, Heft Nr. 52 – Die Niederschläge, Schneeverhältnisse und Lufttemperaturen in Österreich im Zeitraum 1981-1990“, Herausgeber: Hydrografisches Zentralbüro im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 1994; Wien
- Hölzel [Wasserdynamik]
Hölzel H.: „Wasserdynamik und wassergebundene Stoffdynamik in einem landwirtschaftlich intensiv genutzten hydrologischen Kleinzugsgebiet am Rande der tropischen Metropole Habana (Cuba)“, Leipzig 2004
- Kerschbaumer [Geschiebeablagerung]
Kerschbaumer M.: „Physikalische Modellversuche zur Planung und Optimierung des Geschiebeablagerungsplatz am Vorderbergerbach - Gem. St. Stefan im Gailtal“, Wien 2008

- Kilian [Wuchsgebiete]

Kilian W., Müller F. & Starlinger F. „Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs – Naturraumgliederung nach waldökologischen Gesichtspunkten“; Forstliche Bundesversuchsanstalt - Waldforschungszentrum; 1994

- Kohl [Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes]

Markart G., Kohl B., Sotier B., Schauer T., Bunza G., Stern R. : „Provisorische Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes auf alpinen Boden-/Vegetationseinheiten bei konvektiven Starkregen“; BFW Dokumentation 3/2004

- Kohl [Starkregensimulation]

Kohl B., Markart G.: „Von der Starkregensimulation zur Abschätzung von Hochwasserabflüssen kleiner Einzugsgebiete“; Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Hennef, 2010, S.157-170

- Länger [Hochwasser -Abflussmengen]

E. Länger: „Die Hochwasser – Abflussmengen kleiner Wildbacheinzugsgebiete. Zeitschrift des Vereins der Diplomingenieure der Wildbach- und Lawinenverbauung Österreichs. 1985

- Lorenz [Bemessungsniederschläge kurzer Dauerstufen]

P. Lorenz und G. Skoda: „Bemessungsniederschläge kurzer Dauerstufen ($D \leq 12$ Stunden) mit inadäquaten Daten“ in „Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich Nr.80“ Wien 2000

- Lutz [Berechnung von Hochwasserabflüssen]

LUTZ, W. (1984): Berechnung von Hochwasserabflüssen unter Anwendung von Gebietskenngrößen, Mittelungen des Instituts für Hydrologie und Wasserwirtschaft, Universität Karlsruhe (TH), Heft 24

- Maniak [Hydrologie und Wasserwirtschaft]

Maniak U. „Hydrologie und Wasserwirtschaft – Eine Einführung für Ingenieure“ 5. Auflage Springer Verlag Berlin 2005

- Moser [Regionalisierung von Kennzahlen]

J. Moser: „Regionalisierung von Hydrobiologischen Kennwerten in Kärnten“ URL: http://www.verwaltung.ktn.gv.at/cgi-bin/evoweb.dll/cms/akl/21047_DE-berichte-Moser_Regionalisierung.pdf am 05.09.2010

- Oberhauser [Geologischer Aufbau Österreichs]

R. Oberhauser, F.K. Bauer: „Der geologische Aufbau Österreichs“

- Pistotnik [Geologie der Gurktaler Masse]

Pistotnik J. „Zur Geologie des NW-Randes der Gurktaler Masse.“ In Eberhard Clar – Festschrift 66/67. Band; Österreichische Geologische Gesellschaft 1973/74
- Schuster [Erläuterungen zu Blatt 182]

Schuster R., Pestal G. & Reitner J. Geologische Karte der Republik Österreich 1:50000: Erläuterungen zu Blatt 182 Spittal an der Drau; Geologische Bundesanstalt; Wien; 2006
- Seger [Studienblätter]

Seger M. „Landinformationssystem Österreich, Studienblätter“ – Institut für Geographie und Regionalforschung Universität Klagenfurt; 2003.
- Skoda [Starkniederschläge]

G. Skoda, V. Weilguni, T. Haiden: „Konvektive Starkniederschläge kurzer Dauer“ in „Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich, Nr. 82“; Hydrographisches Zentralbüro im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft; 2003
- Stepanek et al. [Spitzenabfluss]

Stepanek L., Kohl B., Markart G.: „Von der Starkregensimulation zum Spitzenabfluss“, Paper im Rahmen des internationalen Symposiums „Interprävent 2004 – Riva/Trient“, S.101-112
- Stöffler [Niederschlag-Abflussmodul ZEMOKOST]

Stöffler R.: „Die Eignung des Niederschlag-Abflussmoduls ZEMOKOST zur Abschätzung von Hochwasserwerten anhand von Beispielen in der Steiermark“, Graz 2007
- Thunig [Hochwasserscheitelminderung]

Thunig, St.: „Berechnung der Hochwasserscheitelminderung der Windach am Auslass des Windachspeichers durch den Bau zweier geplanter Retentionsbecken“; München 2004
- USACE [HEC_HMS Guide]

Flemming M.J., US Army Corps of Engineers – Institute for Water Resources – Hydrologic Engineering Center: “Hydrologic Modeling System HEC-HMS – Quick Start Guide”, Version 3.4, Davis USA 2009
- USACE [HEC_HMS Website]

Website des US Army Corps of Engineers: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/index.html> vom 12.05.2010
- Walter [Klimadiagramm - Weltatlas]

Walter H., Lieth H.: „Klimadiagramm-Weltatlas“; Gustav Fischer Verlag, Jena 1967

- Wegerer [Bezirke Kärntens]

A. Hösele: „Kärntens Bezirke und Städte“ URL: http://vs-material.wegerer.at/sachkunde/pdf_su/austria/kaernten/Bezirke_Karnten.pdf am 05.03.2010

- Weilguni [Bemessungsniederschläge in Ö]

V. Weilguni: „Bemessungsniederschläge in Österreich“ in G. Müller „Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes Österreich Nr 86“; BMLFUW; Wien; 2009

- Weilguni [Fachkarte Bemessungsniederschlag]

V. Weilguni: „eHyd – Fachkarte Bemessungsniederschlag“ URL: <http://gis.lebensministerium.at/eHYD/lfrz/services/eHYD/eHyd-Bemessungsniederschlag.pdf> am 10.04.2010; Wien 2009

- Wetterlexikon [Landregen]

URL: <http://www.wetter.at/wetter/news-wissen/lexikon/article61126.ece?!=L> am 09.04.2010

- Zötl [Mineral- und Heilwasser]:

J.Zötl, J.E. Goldbrunner: „Die Mineral- und Heilwasser Österreichs: Geologische Grundlagen und Spurensuche“ Springer Verlag / Wien 199

8 Abkürzungsverzeichnis

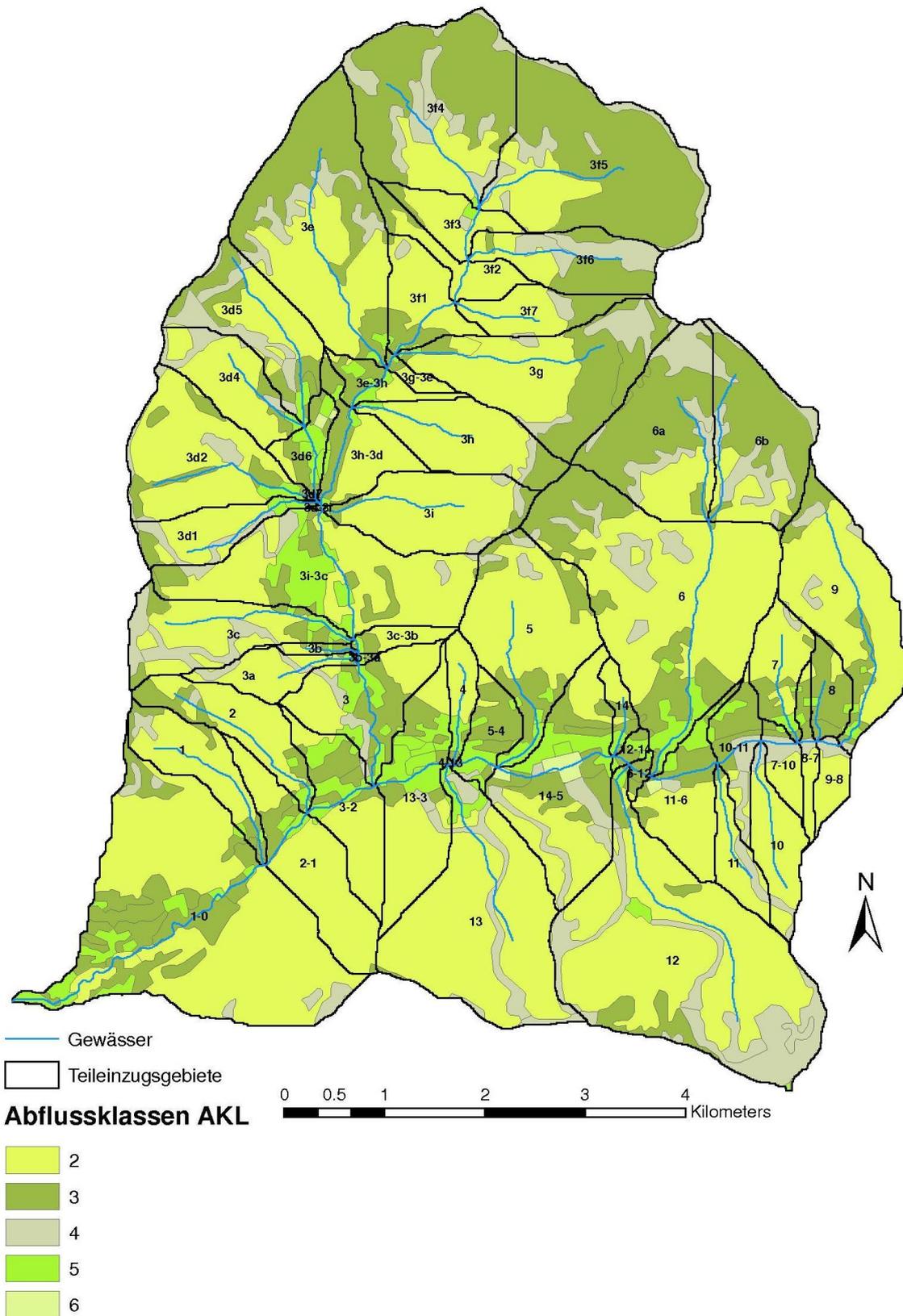
a	Abflussbeiwert	[-]
a_i	Exponent	[-]
A	Gebietsgröße	[km ²]
AKL	Abflussbeiwertsklasse	
ALADIN	Aire Limitee Adaption dynamique Development International	
ArcGIS	Oberbegriff für verschiedene GIS-Softwareprodukte des Unternehmens ESRI	
Av	Anfangsverluste	[mm]
B	Basisfaktor	[-]
bds	beidseitig	
BKK	Bad Kleinkirchheimerbach	
BMLFUW	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft	
BWV	Bundeswasserbauverwaltung	
c	Endabflussbeiwert	[-]
C	Abflussbeiwert	[-]
CFL	Stabilitätskriterium der kinematischen Welle	[-]
CN	Curve Number	[-]
D	Dauerstufe	[min]
D_k	kritische Dauerstufe	[min]
DIN	Deutsches Institut für Normung	
D_{xx}, d_{xx}	Charakteristische Korngröße, xx % des Materials ist kleiner	[m, cm]
d_m	Mittlere Korngröße	[cm]
$d_{m,D}$	mittlerer Korndurchmesser der Deckschicht	[cm]
DVWK	Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau	
d_w	Deckbauweise	
E	Einzugsgebietsgröße	[km ²]
e-Hyd	hydrographische Daten Österreichs im Internet	
EDV	Elektronische Datenverarbeitung	
EZG	Einzugsgebiet	
F_n	Faktorwert	[-]
Fr	Froude Zahl	[-]
g	Erdbeschleunigung	[m/s ²]
Gbltg.	Gebietsleitung	
GF	Gebietsfaktor	[-]
Gl.	Gleichung	
GSS	Grobsteinschichtung	
ΔH	Höhendifferenz	[m]
HAÖ	Hydrologischer Atlas Österreichs	

HD	Hydrologischer Dienst	
HEC-HMS	Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System	
h_n	Niederschlagshöhe	[mm]
h	Abflusstiefe	[m]
h_f	(virtuelle) Reinwasserabflusstiefe	[m]
h_m	Gemischabflusstiefe	[m]
HZB	Hydrologisches Zentralbüro	
H_q	Hochwasser-Abflussspende	[m ³ /s*km ²]
HQ _{xx}	Hochwasser mit xx Jährlichkeit	[m ³ /s]
l_G	gewogenes Gefälle	[-]
IWK-HW	Institutes für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik - Hochwasseranalyse und Hochwasserberechnung	
i_T	Intensität	[mm/h]
J	Neigung	[%]
KIV	Konvidenzintervall	
k_{st}	Strickler- Beiwert	[-]
L	Länge des Hauptvorfluters	[km]
L_c	konzentrierte Länge	[m]
li	links	
L _{fm}	Laufmeter	[m]
L_{Ger}	Gerinnelänge	[km]
lu	linksufrig	
LZA	Linienzahlanalyse	
M	Monatsnummer	[-]
MaxModN	Maximierte Modellniederschläge – instationäres, orographisch – konvektives Modell	
müA	Meter über Adria	
N	Niederschlagshöhe	[mm]
NA	Niederschlag - Abfluss	
n_r	Manning-Beiwert bezogen auf die Kornrauigkeit	[s/m ^{1/2}]
n_{tot}	Manning-Beiwert bezogen auf die Gesamtrauigkeit	[s/m ^{1/2}]
OKV	orographisch-konvektiver Verstärkungsindex	
ÖKOSTRA	Österreichweit koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung und Auswertung extremwertstatistischer Ansatz	
P1	Gebietsfaktor	[-]
Q	Abfluss	[m ³ /s]
q	Abfluss	[m ³ /s]
q_b	Basisabflussspende	[l/s/km ²]
re	rechts	
RKL	Oberflächenrauigkeitsklasse	
ru	rechtsufrig	

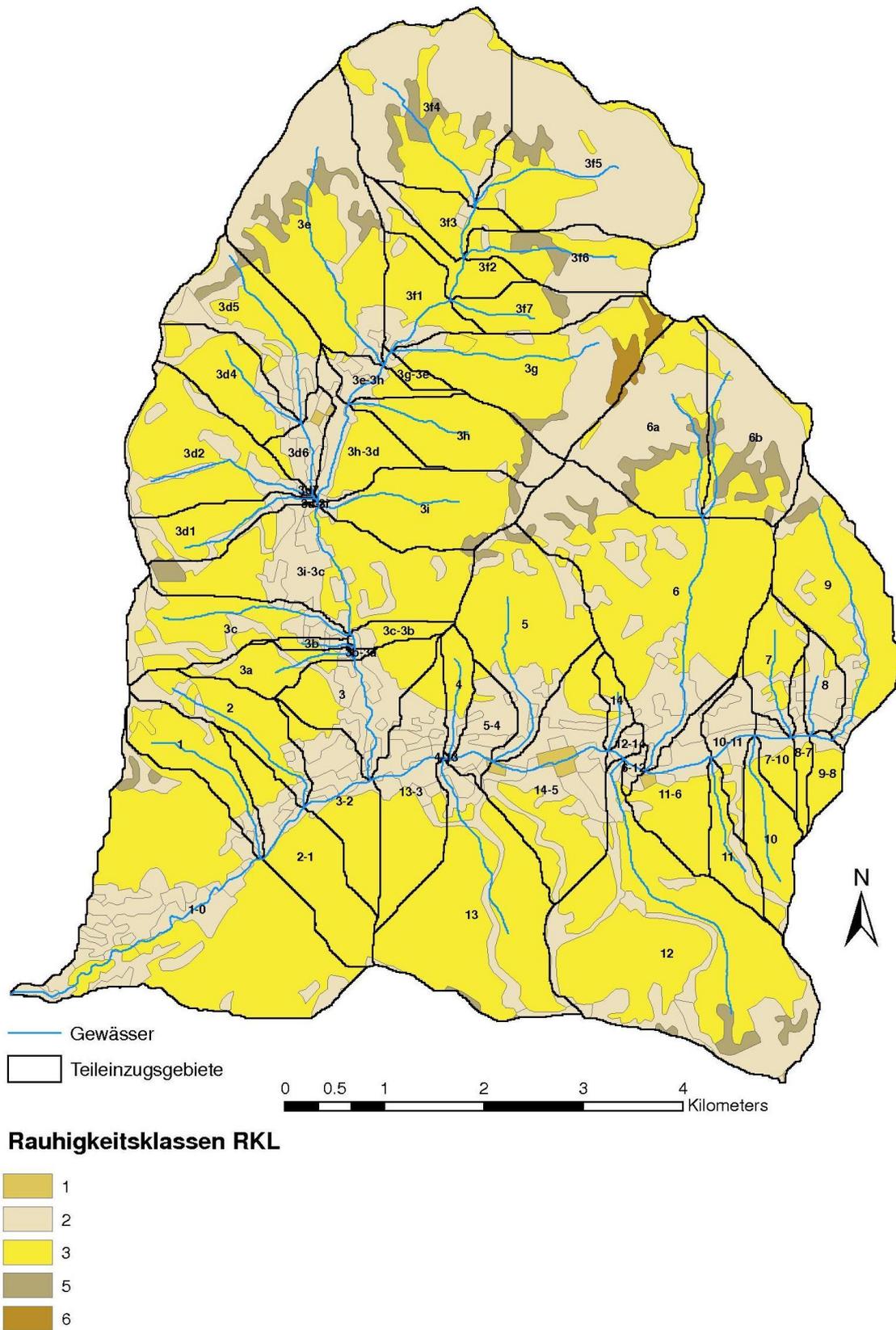
red.	reduziert	
S	Potentiellles Speichervermögen	[mm]
s	Verhältnis der Flüssigkeits- und Feststoffdichte	[-]
S_i	Energieliniengefälle	[-]
S_{red}	reduziertes Energieliniengefälle	[-]
SCS	Soil Conservation Service	
SETRAC	SEdiment TRansport Model in Alpine Catchments	
t_c	Konzentrationszeit	[h]
t_N	Dauerstufe	[h]
t_A	Abstraktionszeit	[min]
t_a	Einheitsganglinienanstiegzeit	[min]
t_{OB}	Oberflächenlaufzeit	[min]
t_G	Gerinnelaufzeit	[min]
t_L	Lag time	[h]
T [a]	Wiederkehrzeit	
U	Bebauungsanteil	[%]
u_{max}	Scheitelwert	
v	Fliessgeschwindigkeit	[m/s]
v^*	Schubspannungsgeschwindigkeit	[m/s]
Vgl	vergleiche	
W	Waldanteil	[%]
WLV	Wildbach- und Lawinenverbauung	
x_T	Niederschlagshöhe einer Jährlichkeit	
\bar{x}	Mittelwert	
ZMMWK	Zementmörtelmauerwerk	
ZEMOKOST	Laufzeitverfahren zur Hochwasserabschätzung in Wildbacheinzugsgebieten nach Zeller modifiziert durch Kohl und Stepanek	
z_{90}	relative Überdeckung	[m]
ψ	Abflussbeiwert	[-]
Φ_b	dimensionslose Geschiebetransportrate	[-]
θ	dimensionslose Schubspannung	[-]
θ_{cr}	kritische dimensionslose Schubspannung	[-]
$\theta_{c,D}$	kritische dimensionslose Schubspannung für das Aufbrechen der Deckschicht	[-]

9 ANHANG:

9.1 Anhang A: Festgelegte Abflussklassen nach ZEMOKOST



9.2 Anhang B: Rauigkeitsklassen nach ZEMOKOST



9.3 Anhang C: Gebietspezifischen Kenngrößen für IWK-HW

EZG Code	EZG Name	A [km ²]	L [m]	Imittel [-]	Igew [-]	Lc [m]	Waldanteil [%]	Bebauungsanteil [%]	Av [mm]	c [-]	P1 [-]
3f5		2.798	1736	0.19	0.19	1381	20.95	0.00	2.18	0.716	0.320
3e	Wegerbach	2.804	2608	0.21	0.19	1727	40.58	1.02	2.42	0.688	0.320
3f4		2.541	1736	0.24	0.21	1248	18.64	0.25	2.18	0.714	0.320
3f3		0.457	590	0.09	0.09	371	82.77	3.81	2.79	0.644	0.320
3f2		0.460	478	0.13	0.13	330	79.00	0.00	2.80	0.644	0.320
3f6		0.930	1687	0.31	0.31	1208	24.34	0.00	2.26	0.706	0.320
3d5	Hintereggerbach	1.206	2037	0.26	0.22	1354	40.53	3.50	2.37	0.697	0.320
3f1		0.674	897	0.10	0.10	653	75.34	1.43	2.73	0.650	0.320
3f7		0.567	938	0.37	0.35	863	67.99	0.00	2.68	0.655	0.320
3g	Dolzengraben	2.094	2289	0.26	0.24	1698	47.06	0.60	2.38	0.696	0.320
3g-3e		0.111	173	0.08	0.08	134	75.83	5.71	2.70	0.659	0.320
3e-3h		0.308	588	0.05	0.05	312	38.55	28.18	2.10	0.744	0.320
3d4	Brunnachbachl	0.849	1137	0.26	0.21	899	75.25	2.30	2.73	0.654	0.320
3h	Kiesingerbach	1.075	1350	0.26	0.22	1302	82.32	1.78	2.81	0.643	0.320
3d6		0.342	790	0.09	0.09	571	14.55	42.45	1.66	0.814	0.320
3d2	Wiesernockbachl Nord	1.598	1865	0.29	0.23	1221	75.39	3.61	2.75	0.648	0.320
6a		1.781	1450	0.28	0.25	1273	20.84	0.00	2.19	0.716	0.320
3h-3d		0.689	1150	0.04	0.04	696	59.61	8.18	2.51	0.683	0.320
3i	Totalitzenbach	1.257	1546	0.27	0.25	1240	87.24	0.43	2.87	0.634	0.320
3d7		0.004	52	0.15	0.15	37	0.00	40.67	1.59	0.813	0.320
3d1	Wiesernockbachl Süd	0.626	1539	0.27	0.25	1289	63.09	8.04	2.56	0.678	0.320
3d8	Hintereggerbach Mü.	0.001	44	0.21	0.22	21	0.00	84.02	1.00	0.920	0.320
3d-3i		0.006	58	0.05	0.05	42	0.00	65.91	1.34	0.859	0.320
6b		1.502	1653	0.34	0.30	968	18.52	0.00	2.19	0.714	0.320
3i-3c		2.329	1435	0.06	0.06	720	63.18	17.54	2.52	0.687	0.320
6	Zirkitzenbach	3.894	2943	0.15	0.13	1970	61.55	5.13	2.56	0.668	0.320
5	Kmölnigbach	1.835	2086	0.28	0.21	1834	68.53	5.98	2.63	0.666	0.320
9	Rottensteinerbach	1.834	2772	0.25	0.23	1719	76.71	2.53	2.75	0.647	0.320
3c-3b		0.196	167	0.08	0.08	104	75.21	6.39	2.69	0.661	0.320
3c	Jacklgraben	1.194	2092	0.29	0.26	1643	55.40	5.97	2.49	0.684	0.320
3b	Brentler Runse Nord	0.089	578	0.23	0.22	499	54.29	8.82	2.45	0.691	0.320
3b-3a		0.019	110	0.08	0.08	80	1.68	52.37	1.49	0.832	0.320
4	Aignerbachl	0.297	1099	0.36	0.30	794	76.56	16.08	2.60	0.677	0.320
3		1.061	1426	0.07	0.07	1022	44.89	19.37	2.26	0.721	0.320
3a	Brentler Runse Süd	0.448	911	0.31	0.28	940	82.13	3.17	2.79	0.647	0.320
8	Bacherbachl	0.334	685	0.33	0.27	585	10.70	4.96	2.06	0.735	0.320
14	Zirkitzen Runse	0.189	657	0.37	0.31	556	66.82	13.56	2.53	0.684	0.320

14-5		1.816	1334	0.02	0.02	730	43.21	18.14	2.26	0.724	0.320
7	Dragebachl	0.576	1192	0.37	0.31	826	69.64	6.22	2.63	0.664	0.320
13-3		1.325	825	0.02	0.02	404	55.71	25.51	2.30	0.721	0.320
7-10		0.265	386	0.00	0.00	234	58.80	2.84	2.56	0.643	0.320
10	Angerbachl	0.632	1642	0.30	0.28	1147	89.50	0.00	2.89	0.627	0.320
8-7		0.234	184	0.01	0.01	95	56.46	8.47	2.48	0.677	0.320
9-8		0.244	236	0.03	0.03	141	81.72	0.00	2.82	0.622	0.320
5-4		0.441	504	0.03	0.03	330	8.25	28.98	1.79	0.783	0.320
10-11		0.476	536	0.00	0.00	341	14.49	9.26	2.05	0.722	0.320
12-14		0.090	188	0.02	0.02	123	19.14	45.24	1.74	0.798	0.320
4-13		0.004	64	0.02	0.02	35	0.00	29.26	1.71	0.793	0.320
11	Jogglgraben	0.413	1324	0.33	0.33	1039	80.93	0.00	2.81	0.643	0.320
6-12		0.071	263	0.02	0.02	131	9.24	11.10	1.98	0.749	0.320
11-6		0.860	752	0.01	0.01	341	59.70	12.96	2.47	0.691	0.320
1	Hohlernachbachl	0.789	1901	0.39	0.35	1389	77.83	1.88	2.76	0.650	0.320
2	Untertscherner- bach	0.850	2068	0.38	0.35	1329	70.88	4.84	2.66	0.664	0.320
3-2		0.931	785	0.02	0.02	387	57.54	19.30	2.38	0.706	0.320
1-0		4.755	3443	0.07	0.07	2479	76.79	6.30	2.70	0.657	0.320
2-1		1.223	734	0.05	0.05	402	86.40	4.84	2.82	0.645	0.320
13	Stücklergraben	2.757	2086	0.19	0.18	1689	84.04	3.40	2.81	0.645	0.320
12	Ottingerbach	4.377	3367	0.18	0.17	2069	68.11	1.38	2.67	0.659	0.320

9.4 Anhang D: Auswertung der HEC-HMS Daten

EZG Name	CN_B II	S [mm]	IA (20%)	IA (5%)	tL [h]	tL [min]	Lfp [m]	Lfp [km]	Lfp [feet]	SLfp [%]
W10160 Ergebnis	61	164	32.77	8.2	0.65	38.78	2930	2.930	9611.42	0.26
W10170 Ergebnis	57	194	38.78	9.7	0.85	51.27	3561	3.561	11684.17	0.25
W10520 Ergebnis	63	150	30.08	7.5	0.53	31.71	2487	2.487	8160.09	0.27
W10690 Ergebnis	45	316	63.10	15.8	0.50	30.27	1462	1.462	4795.96	0.32
W10850 Ergebnis	48	277	55.36	13.8	0.54	32.11	1749	1.749	5737.71	0.32
W10910 Ergebnis	65	139	27.75	6.9	0.39	23.65	2153	2.153	7063.23	0.35
W11110 Ergebnis	61	159	31.84	8.0	0.56	33.67	2387	2.387	7830.24	0.24
W11220 Ergebnis	50	255	50.99	12.7	0.53	31.71	1766	1.766	5794.20	0.30
W11300 Ergebnis	52	236	47.15	11.8	0.50	30.29	2091	2.091	6860.15	0.39
W11550 Ergebnis	56	196	39.24	9.8	0.73	43.57	3227	3.227	10588.67	0.30
W11680 Ergebnis	50	251	50.14	12.5	0.28	17.07	909	0.909	2981.01	0.35
W11750 Ergebnis	64	143	28.56	7.1	0.31	18.68	1395	1.395	4577.16	0.29
W11770 Ergebnis	53	230	45.94	11.5	0.53	31.83	1927	1.927	6321.26	0.30
W12000 Ergebnis	49	264	52.80	13.2	0.72	43.23	2530	2.530	8300.05	0.30
W12120 Ergebnis	76	82	16.38	4.1	0.36	21.38	1336	1.336	4381.67	0.11
W12230 Ergebnis	52	236	47.26	11.8	0.72	43.15	2521	2.521	8269.57	0.26
W12520 Ergebnis	63	150	29.92	7.5	0.46	27.84	2360	2.360	7742.31	0.32
W12910 Ergebnis	54	217	43.50	10.9	0.65	38.78	2121	2.121	6959.18	0.22
W12920 Ergebnis	48	275	55.07	13.8	0.67	40.02	2357	2.357	7733.75	0.33
W12950 Ergebnis	75	87	17.30	4.3	0.04	2.57	159	0.159	523.28	0.27
W13000 Ergebnis	58	187	37.37	9.3	0.50	30.27	2213	2.213	7260.28	0.32
W13050 Ergebnis	94	15	3.04	0.8	0.01	0.64	49	0.049	161.23	0.16
W13100 Ergebnis	83	52	10.41	2.6	0.04	2.48	196	0.196	642.09	0.24
W13120 Ergebnis	64	145	29.08	7.3	0.44	26.53	2357	2.357	7732.99	0.34
W13200 Ergebnis	58	185	37.09	9.3	0.67	40.05	2775	2.775	9102.77	0.26
W13460 Ergebnis	54	213	42.63	10.7	1.03	61.80	4073	4.073	13363.62	0.24
W13920 Ergebnis	53	229	45.83	11.5	0.72	43.47	2968	2.968	9738.19	0.32
W14020 Ergebnis	50	252	50.38	12.6	0.93	55.86	3466	3.466	11370.64	0.28
W14300 Ergebnis	51	243	48.54	12.1	0.32	19.04	1198	1.198	3929.92	0.42
W14370 Ergebnis	59	173	34.62	8.7	0.62	37.03	2840	2.840	9315.94	0.29
W14450 Ergebnis	56	201	40.17	10.0	0.29	17.52	1117	1.117	3666.28	0.35
W14500 Ergebnis	78	71	14.15	3.5	0.07	4.05	322	0.322	1055.01	0.27
W14600 Ergebnis	54	219	43.87	11.0	0.35	21.27	1467	1.467	4813.61	0.41
W14750 Ergebnis	62	155	31.09	7.8	0.56	33.34	2142	2.142	7026.92	0.20

W14810 Ergebnis	51	240	48.02	12.0	0.49	29.34	1915	1.915	6284.35	0.37
W14840 Ergebnis	61	162	32.36	8.1	0.28	17.09	1323	1.323	4342.07	0.37
W14980 Ergebnis	57	194	38.80	9.7	0.27	15.96	1144	1.144	3754.82	0.42
W15190 Ergebnis	64	141	28.27	7.1	0.69	41.40	2919	2.919	9576.28	0.19
W15200 Ergebnis	52	232	46.32	11.6	0.52	30.97	1889	1.889	6196.82	0.31
W15450 Ergebnis	61	160	32.01	8.0	0.58	34.56	2644	2.644	8673.57	0.27
W15490 Ergebnis	59	180	35.98	9.0	0.32	19.27	1218	1.218	3995.54	0.29
W15510 Ergebnis	48	270	53.99	13.5	0.65	39.06	2324	2.324	7625.23	0.33
W15530 Ergebnis	56	196	39.12	9.8	0.31	18.81	1246	1.246	4088.33	0.35
W15610 Ergebnis	51	240	48.04	12.0	0.40	24.06	1311	1.311	4301.10	0.30
W15630 Ergebnis	70	109	21.72	5.4	0.32	19.41	1628	1.628	5341.28	0.25
W15970 Ergebnis	68	119	23.81	6.0	0.27	15.90	1275	1.275	4183.46	0.28
W16060 Ergebnis	76	80	15.94	4.0	0.14	8.19	632	0.632	2073.44	0.22
W16150 Ergebnis	71	105	20.96	5.2	0.07	3.94	93	0.093	306.05	0.06
W16160 Ergebnis	46	295	59.06	14.8	0.58	34.85	1946	1.946	6383.18	0.35
W16200 Ergebnis	63	148	29.57	7.4	0.15	8.94	455	0.455	1492.98	0.22
W16300 Ergebnis	56	197	39.40	9.9	0.49	29.34	1795	1.795	5888.33	0.26
W16340 Ergebnis	50	253	50.56	12.6	0.58	34.88	2434	2.434	7986.72	0.41
W16620 Ergebnis	51	241	48.20	12.0	0.59	35.54	2509	2.509	8232.30	0.39
W16930 Ergebnis	58	183	36.69	9.2	0.45	27.08	1876	1.876	6154.49	0.30
W16960 Ergebnis	53	229	45.80	11.5	1.45	87.18	5606	5.606	18393.22	0.22
W17170 Ergebnis	48	270	54.00	13.5	0.56	33.71	2146	2.146	7039.95	0.39
W17400 Ergebnis	51	245	49.04	12.3	0.93	55.53	3356	3.356	11009.95	0.26
W19100 Ergebnis	55	205	41.07	10.3	1.11	66.63	4364	4.364	14317.19	0.22
Gesamtergebnis	56	199	39.81	10.0						

9.5 Anhang E: Weitere Ergebnisse der NA Modelle

Auswertung Punkt 30 (HQ100)										
Szenario	t _N [h]	h _N [mm]	Nr.	Verlauf	Q ₁₀₀ [m ³ /s]			Fracht [10 ⁵ m ³]		
					Zemokost	IWK	Hec-Hms	Zemokost	IWK	Hec-Hms
Gesamtes EZG	0.5	38.7	010101	DVWK *	21.9	21.7	15.9	1.046	1.025	0.665
	1	46.8	010201	DVWK *	30.4	26.5	23.2	2.018	1.460	1.151
	1.5	51.0	010302	Blockregen	26.2	27.1	24.3	2.301	1.711	1.272
	2	53.7	010402	Blockregen	17.3	23.4	24.5	2.054	1.881	1.427
	3	58.3	010502	Blockregen	7.7	19.7	23.6	1.479	2.185	1.707
Kleinkirchheimerbach	0.5	41.9	020101	DVWK *	25.2	24.7	19.2	1.145	1.188	0.805
	1	50.6	020201	DVWK *	34.6	30.2	25.1	2.199	1.687	1.250
	1.5	55.1	020302	Blockregen	31.1	30.9	28.7	2.582	1.972	1.508
	2	58.0	020402	Blockregen	22.2	26.7	28.7	2.427	2.165	1.688
	3	63.0	020502	Blockregen	10.3	22.6	27.5	1.798	2.513	2.013

* Mit dem NA-Programm Zemokost ist bei der Zeitlichen Verteilung nur Blockregen möglich

Auswertung Punkt 31 (HQ100)										
Szenario	t _N [h]	h _N [mm]	Nr.	Verlauf	Q ₁₀₀ [m ³ /s]			Fracht [10 ⁵ m ³]		
					Zemokost	IWK	Hec-Hms	Zemokost	IWK	Hec-Hms
Gesamtes EZG	0.5	38.7	010101	DVWK *	16.1	15.5	14.3	0.681	0.673	0.494
	1	46.8	010201	DVWK *	21.6	18.5	19.8	1.322	0.961	0.854
	1.5	51.0	010302	Blockregen	18.4	18.7	20.4	1.540	1.128	0.944
	2	53.7	010402	Blockregen	12.2	15.8	20.0	1.336	1.241	1.058
	3	58.3	010502	Blockregen	5.3	13.0	18.6	0.956	1.443	1.265
Kleinkirchheimerbach	0.5	41.9	020101	DVWK *	18.6	17.6	17.2	0.746	0.781	0.598
	1	50.6	020201	DVWK *	24.5	21.2	21.5	1.441	1.112	0.927
	1.5	55.1	020302	Blockregen	21.8	21.3	24.0	1.690	1.302	1.119
	2	58.0	020402	Blockregen	15.5	18.0	23.4	1.581	1.430	1.251
	3	63.0	020502	Blockregen	7.1	14.9	21.6	1.164	1.662	1.491

* Mit dem NA-Programm Zemokost ist bei der Zeitlichen Verteilung nur Blockregen möglich

Auswertung Punkt 32 (HQ100)										
Szenario	tN [h]	hN [mm]	Nr.	Verlauf	Q100 [m ³ /s]			Fracht [105 m ³]		
					Zemokost	IWK	Hec-Hms	Zemokost	IWK	Hec-Hms
Gesamtes EZG	0.5	38.7	010101	DVWK *	3.3	4.9	3.2	0.205	0.229	0.117
	1	46.8	010201	DVWK *	5.3	5.9	4.7	0.412	0.327	0.211
	1.5	51.0	010302	Blockregen	4.7	5.9	5.1	0.462	0.384	0.234
	2	53.7	010402	Blockregen	3.1	5.1	5.1	0.402	0.423	0.265
	3	58.3	010502	Blockregen	1.4	4.2	4.9	0.286	0.492	0.320
Kleinkirchheimerbach	0.5	41.9	020101	DVWK *	3.8	5.6	3.9	0.225	0.266	0.144
	1	50.6	020201	DVWK *	6.0	6.8	5.2	0.449	0.379	0.230
	1.5	55.1	020302	Blockregen	5.8	6.7	6.0	0.523	0.443	0.281
	2	58.0	020402	Blockregen	4.0	5.8	6.0	0.479	0.487	0.317
	3	63.0	020502	Blockregen	1.9	4.8	5.7	0.349	0.566	0.382

* Mit dem NA-Programm Zemokost ist bei der Zeitlichen Verteilung nur Blockregen möglich

Auswertung Punkt 33 (HQ100)										
Szenario	tN [h]	hN [mm]	Nr.	Verlauf	Q100 [m ³ /s]			Fracht [105 m ³]		
					Zemokost	IWK	Hec-Hms	Zemokost	IWK	Hec-Hms
Gesamtes EZG	0.5	38.7	010101	DVWK *	31.6	26.9	24.1	1.095	1.062	0.816
	1	46.8	010201	DVWK *	39.4	32.9	35.8	2.103	1.513	1.398
	1.5	51.0	010302	Blockregen	32.5	33.2	35.8	2.401	1.773	1.542
	2	53.7	010402	Blockregen	21.2	26.9	34.5	2.152	1.950	1.726
	3	58.3	010502	Blockregen	9.2	21.6	31.4	1.558	2.265	2.059
St. Oswalderbach	0.5	41.9	030101	DVWK *	36.6	30.6	29.1	1.198	1.231	0.985
	1	50.6	030201	DVWK *	44.9	37.5	38.8	2.292	1.749	1.516
	1.5	55.1	030302	Blockregen	38.4	37.8	42.0	2.692	2.044	1.824
	2	58.0	030402	Blockregen	26.9	30.7	40.3	2.538	2.244	2.037
	3	63.0	030502	Blockregen	12.2	24.0	36.4	1.892	2.606	2.422

* Mit dem NA-Programm Zemokost ist bei der Zeitlichen Verteilung nur Blockregen möglich

Auswertung Punkt 27 (HQ100)										
Szenario	tN [h]	hN [mm]	Nr.	Verlauf	Q100 [m ³ /s]			Fracht [105 m ³]		
					Zemokost	IWK	Hec-Hms	Zemokost	IWK	Hec-Hms
Gesamtes EZG	0.5	38.7	010101	DVWK *	17.1	12.8	12.1	0.496	0.455	0.361
	1	46.8	010201	DVWK *	19.5	15.3	17.0	0.936	0.647	0.607
	1.5	51.0	010302	Blockregen	16.0	15.1	16.6	1.078	0.758	0.668
	2	53.7	010402	Blockregen	10.7	11.8	15.7	0.982	0.833	0.745
	3	58.3	010502	Blockregen	4.8	9.3	13.8	0.714	0.968	0.884
St. Oswalderbach	0.5	41.9	030101	DVWK *	19.7	14.5	14.5	0.543	0.427	0.432
	1	50.6	030201	DVWK *	22.2	17.4	18.4	1.020	0.748	0.657
	1.5	55.1	030302	Blockregen	18.7	17.2	19.4	1.201	0.874	0.786
	2	58.0	030402	Blockregen	13.4	13.5	18.2	1.152	0.959	0.875
	3	63.0	030502	Blockregen	6.3	10.7	15.9	0.867	1.113	1.036

* Mit dem NA-Programm Zemokost ist bei der Zeitlichen Verteilung nur Blockregen möglich

9.6 Anhang F: Ermittlung der Hochwasserspitze nach LÄNGER

Ermittlung der Hochwasserspitze HQ100 (nach Wundt/Länger)

Gesamtes Einzugsgebiet

EZG Gesamt

Größe des Einzugsgebietes:	61.53	km ²
Höhenunterschied:	1586	m
Bachlänge:	13	km
Exposition:	West	

Geomorphologische Charakteristik:

Unterlauf:	Neigung von 5 - 20%
Mittellauf:	Neigung von 1 - 10%
Oberlauf:	Neigung von 30 - 70 %

Untergrund:

Unterlauf:	Blockwerk, Talablagerungen
Mittellauf:	Schotter, Talablagerungen
Oberlauf:	Talablagerungen

Bewaldung: 40 %

Wuchsgebiet: 1.3

Durchschnittlicher Jahresniederschlag: 1100 mm / Jahr

Niederschlagstation: Station St. Oswald

Anzahl der Gewitter im Gemeindegebiet: 31

Ermittlung des spezifischen Abflusses nach Wundt

unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten (Zu- / Abschlagsprozente nach Länger)

Basis-Prozentlinie: 1100 mm / Jahr + 40 %

Zuschläge:

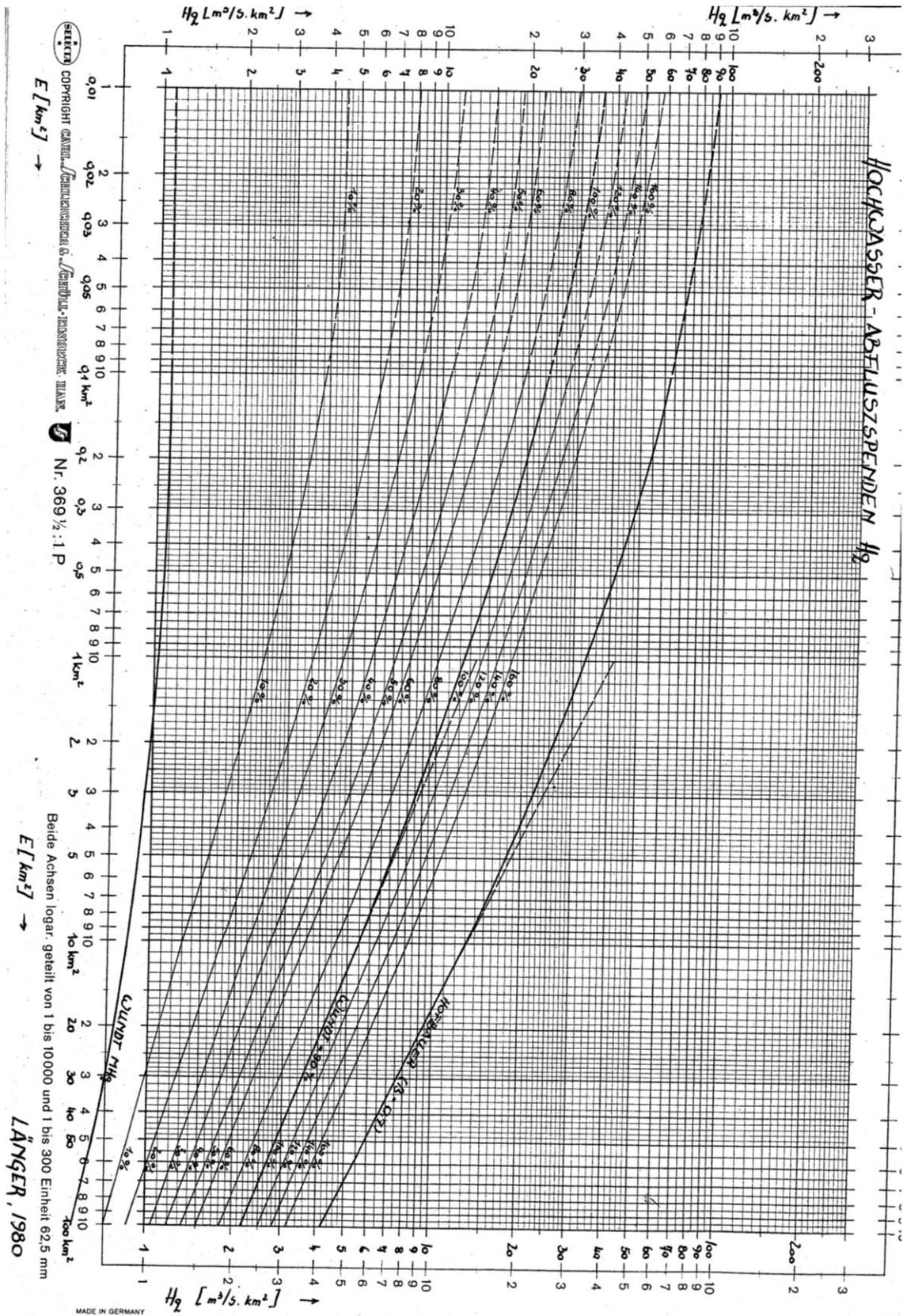
- kurzzeitige Starkregen 31 Gewitter / Jahr + 16 %
- Einzugsgebiet gering - nicht bewaldet + 0 %
- Geländebedingte Einflüsse:
 - große Steilheit der *Bacheinhänge* od. Bachlaufes + %
 - konzentrische Form des EZG + 0 %

Abschläge:

- NS-Rückhalt in Form von Schnee (>2000 m Sh) - %
- Einzugsgebiet gut bis voll bewaldet - 10 %
- Einzugsgebiet sehr versickerungsfähig - %
- Geländebedingte Einflüsse:
 - geringe Steilheit der *Bacheinhänge* od. Bachlaufes - 5 %
 - mögliche geländebedingte Retentionen - %
 - langgestreckte Form des EZG - 0 %

Summe: 41 %

HQ₁₀₀(Wundt/Länger) 61.53 * 1.25 = 76.9 m³ /sec



SEITZ
 COPYRIGHT (AMT) / GEWISSENHAFEN & GEHÖRTE-TECHNIKVERLAG HANAU
 Nr. 369 1/2 : 1 P

Beide Achsen logar. geteilt von 1 bis 10000 und 1 bis 300 Einheit 62,5 mm
 LÄNGER, 1980

9.7 Anhang G: Verbauungsmaßnahmen

9.7.1 Kleinkirchheimerbach (20601-01):

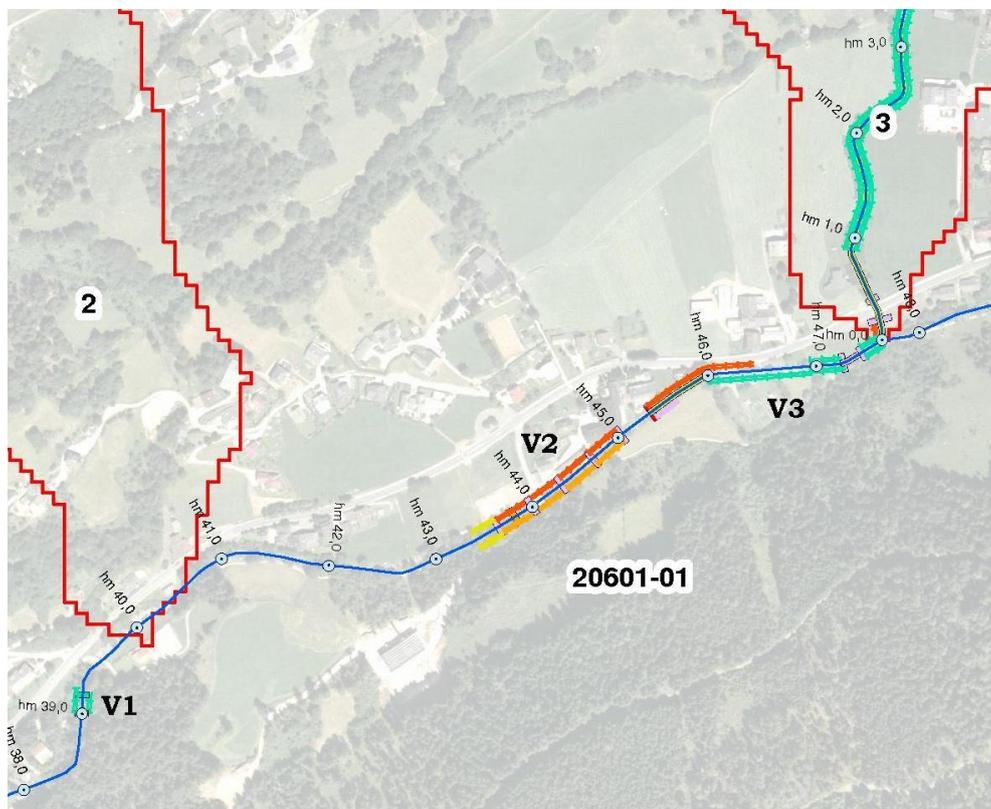


Abbildung 46: Verbauung am Kleinkirchheimerbach hm 38,00 – 47,67

Verb. NR.	hm	Maßnahmen	Jahr
V1	39,00	Ufersicherungsmaßnahmen lu (20,65 lfm) hm 39,00	2004
	39,00	Sohlgurt in GSS (teilw. in Beton verlegt) hm 39,00	2004
	39,00	Ufersicherungsmaßnahmen ru (24,65 lfm) hm 39,00	2004
	39,216	Sohlgurt in GSS (teilw. in Beton verlegt) hm 39,216	2004
V2	43,404 - 43,654	Beidseitige Böschungssicherung mittels rustikaler Pflasterung hm 43,4040 - 43,6540	1949
	43,5040 - 43,6540	Beidseitiges Böschungspflaster hm 43,5040 - 43,6540	1949
	43,654	Zementmörtelmauerwerksgrundschwelle auf doppelwandigem Steinkasten hm 43,6540	1948
	43,67 - 44,00	Beidseitige Leitwerke in Zementmörtelmauerwerk hm 43,67 - 44,00	1948
	43,819	Wirtschaftsbrücke hm 43,819	1949
	44,00	Zementmörtelmauerwerksgrundschwelle auf doppelwandigen Steinkasten hm 44,00	1948
	44,012 - 44,346	beidseitige Leitwerke in Zementmörtelmauerwerk hm 44,012 - 44,346	1948
	44,346	Zementmörtelmauerwerksgrundschwelle auf doppelwandigem Steinkasten hm 44,346	1948
	44,359 - 44,692	Beidseitiges Leitwerk in Zementmörtelmauerwerk hm 44,359 - 44,692	1948
	44,692	Zementmörtelmauerwerksgrundschwelle auf doppelwandigem Steinkasten hm 44,692	1948
	44,705 - 45,038	Beidseitiges Leitwerk in Zementmörtelmauerwerk hm 44,705 - 45,038	1948
	45,038	Zementmörtelmauerwerksgrundschwelle auf doppelwandigem Steinkasten hm 45,038	1948

	45,34	Betonstiege re. Hm 45,34	1948
	45,384	Zementmörtelmauerwerksgrundschwelle auf doppelwandigem Steinkasten hm 45,3840	1948
V3	45,397 - 45,552	Li. Leitwerk in Zementmörtelmauerwerk hm 45,397 - 45,552	1948
	45,397 - 46,42	Leitwerk re. in Zementmörtelmauerwerk hm 45,397 - 46,42	1949
	45,552 - 45,652	Verlängerung des li. Leitwerkes hm 45,552 - 45,652	1949
	45,397 - 46,00	Räumung des Bachbettes in der Strecke von hm 45,397 - 46,00	1949
	45,98 - 46,93	Bachbetträumung u. li. Ufersicherung in Grobsteinschichtung hm 45,98 - 46,93	1979
	46,93 - 47,25	Ufersicherung in Grobsteinschichtung hm 46,93 - 47,25	1976
	47,25	Grundschwelle in ZMMWK/Beton hm 47,25	1976
	47,26 - 47,44	Li. Ufr. Leitwerk in ZMMWK/Beton hm 47,26 - 47,44	1976
	47,44	Grundschwelle in ZMMWK/ Beton hm 47,44	1976
	47,45 - 47,67	Bds. Ufersicherung in Grobsteinschichtung hm 47,45 - 47,67	1976

Tabelle 29: Ausgeführte Verbauungsmaßnahmen am Kleinkirchheimerbach hm 38,00 – 47,67 (WLV Kollaudierungsoperat)

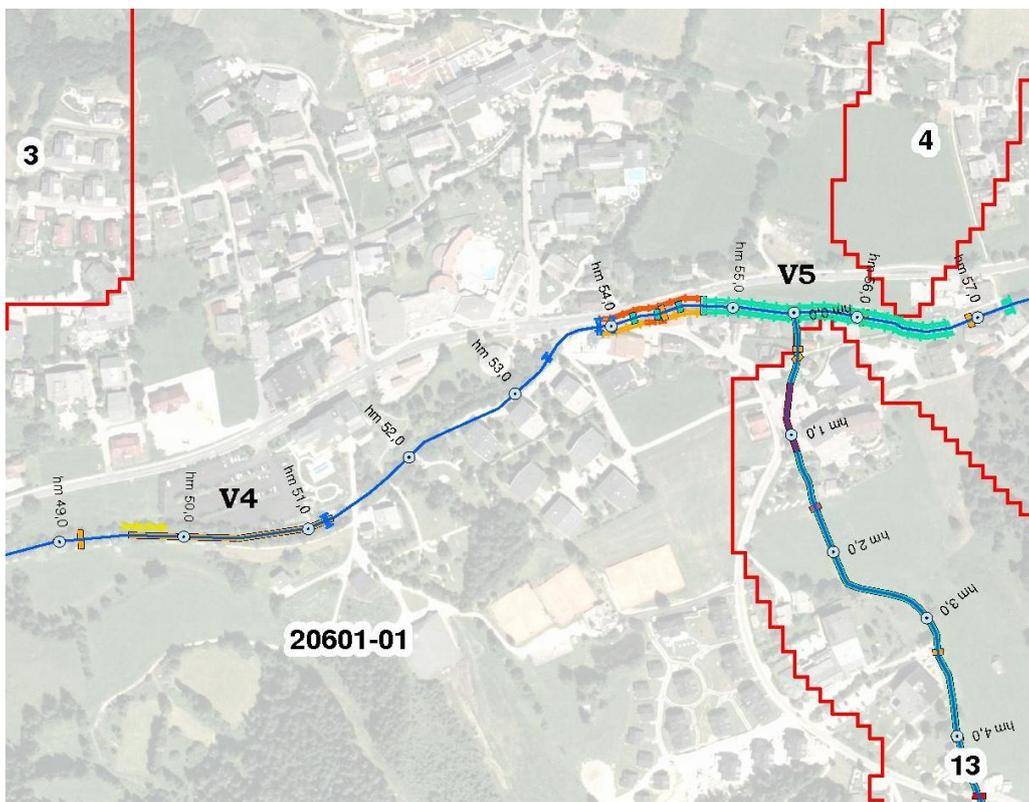


Abbildung 47: Verbauung am Kleinkirchheimerbach hm 49,18 – 57,30

Verb. NR.	hm	Maßnahmen	Jahr
V4	49,18	Errichtung einer Holzbrücke hm 49,18	1976
	49,54 - 49,87	Re. Einbau von Entwässerungsröhren hm 49,54 - 49,87	1976
	49,58 - 51,18	Errichtung von Holzzäunen hm 49,58 - 51,18	1976
	50,52	Li. Gerinneeffassung in Trockenpflasterung hm 50,52	1976

	51,20	Errichtung einer Straßenbrücke in Stahlbeton hm 51,20	1976
V5	53,44	Errichtung einer Straßenbrücke in Stahlbeton hm 53,44	1976
	53,92 - 54,76	Bds. Leitwerk in ZMMWK/Beton hm 53,92 - 54,76	1978
	54,57	Sohlgurte in Grobsteinschlichtung hm 54,57	1978
	54,76	Sohlgurte in ZMMWK/Beton hm 54,76	1978
	54,768 - 55,053	Bds. Ufersicherung in Grobsteinschlichtung hm 54,768 - 55,053	1978
	55,053 - 56,783	Bds. Ufersicherung in Grobsteinschlichtung hm 55,053 - 56,783	1980
	56,935	Holzsteg hm 56,935	1980
	57,225 - 57,30	Bds. Ufersicherung in Grobsteinschlichtung hm 57,225 - 57,30	1980

Tabelle 30: Ausgeführte Verbauungsmaßnahmen am Kleinkirchheimerbach hm 49,18 – 57,30 (WLV Kollaudierungsoperatere)

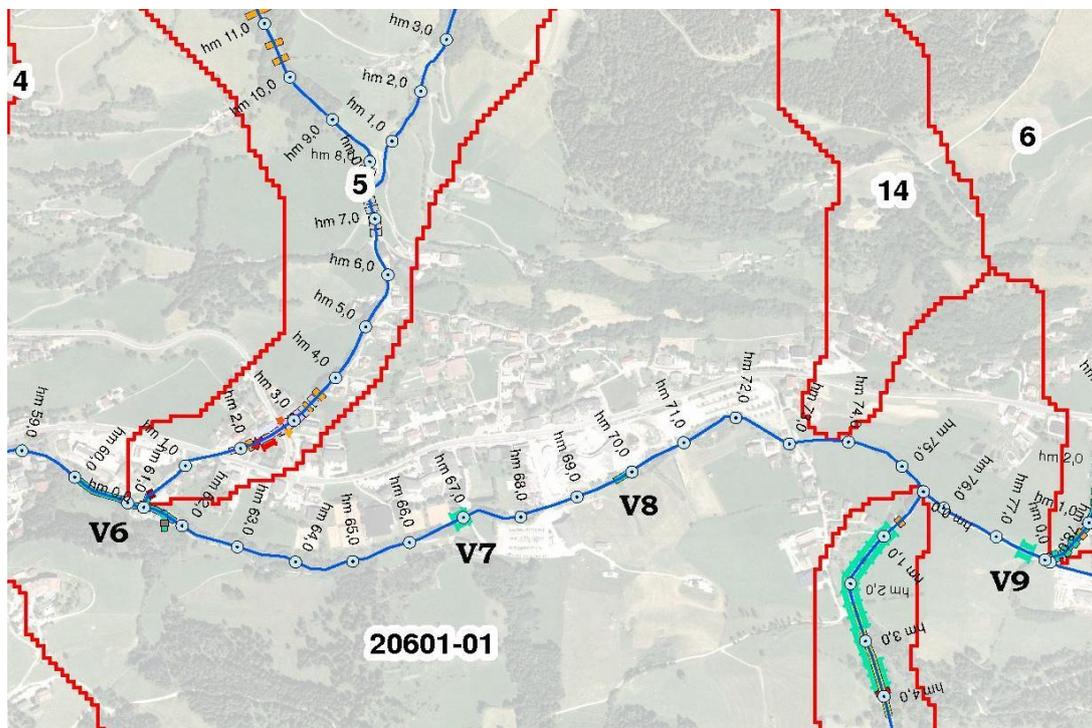


Abbildung 48: Verbauung am Kleinkirchheimerbach hm 59,97 – 77,63

Verb. NR.	hm	Maßnahmen	Jahr
V6	59,97 - 61,80	Ufersicherung und Sohlsteine in GSS sowie Sohlgurte in GSS und Holz hm 59,97 - 61,80; zw. Hm 59,97 u. hm 61,40: 92lfm ru. Und 45 lfm lu. Ufersicherung u. Sohlsteine in GSS sowie Sohlgurt in Holz; hm 61,04 - 61,80: 76 lfm Bachverlegung mit bds. Ufersicherung und 11 Sohlgurte in GSS sowie 3 Sohlgurte in Holz	1998
	61,17	Steg in Holz hm 61,17	1998
	61,25	Kmölnigbach ru bei hm 61,25 Gerinne in GSS	1998
	61,25	Kmölnigbach ru. Bei hm 61,25 (Sanierung Wi. Brücke in hm 0,25 u. hm 1,08)	1998
	61,58	Sohlsicherung (25 lfm) Seitengraben lu. Bei hm 61,58	1998
	61,58	Wi.-Brücke in Stahl/Holz Seitengraben lu. Bei hm 61,58	1998

V7	66,77 - 70,06	Bachbettabsenkung u. bds. Ufersicherung in Grobsteinschichtung hm 66,77 - 70,06	1979
V8	69,86 - 69,98	Kaskadenschwelle hm 69,86 - 69,98	1979
	69,74 - 69,86	Sohlensicherung in Grobsteinschichtung hm 69,74 - 69,86	1979
V9	77,40 - 77,63	Uferdeckwerk und Sohlgurte in Grobsteinschichtung hm 77,40 - 77,63	1984

Tabelle 31: Ausgeführte Verbauungsmaßnahmen am Kleinkirchheimerbach hm 59,97 – 77,63 (WLV Kollaudierungsoperat)

9.7.2 St. Oswalderbach (20601-01.03):

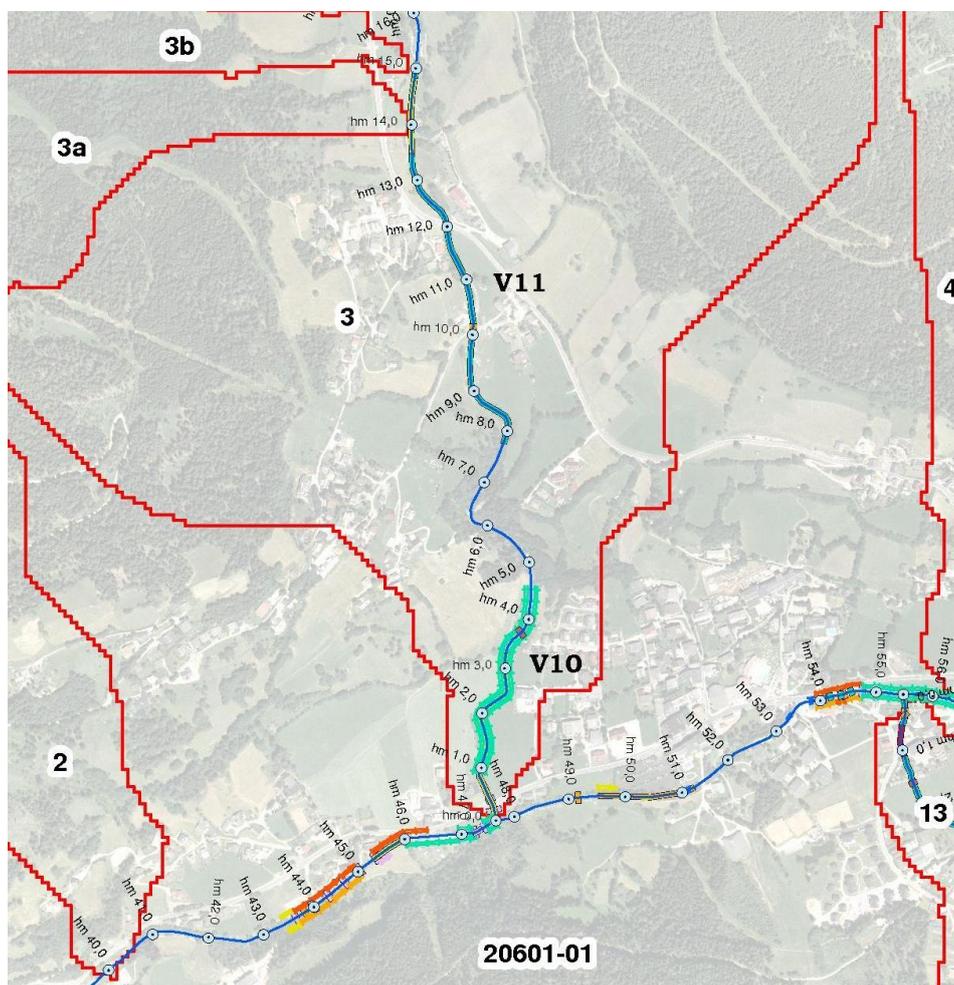


Abbildung 49: Verbauung am St. Oswalderbach hm 0,18 – 15,04

Verb. NR.	hm	Maßnahmen	Jahr
V10	0,18	Grundschwelle in ZMMWK/Beton hm 0,18	1976
	0,39	Sohlgurte in ZMMWK/Beton hm 0,39	1976
	0,19 - 0,40	beidseitig Leitwerk in ZMMWK/Beton hm 0,19 - 0,40	1976
	0,00 - 3,20	Bachbetträumung hm 0,00 - 3,20	1949

	0,89 - 4,59	Rechts und links Uferdeckwerk hm 0,89 - 4,59	1989
	3,72	Wirtschaftsbrücke in Stahl-Holz hm 3,72	1988
V11	7,82 - 13,50	beiderseits Uferdeckwerke und Sohldeckwerke in Grobsteinschichtung hm 7,82 - 13,50	1987
	10,15	Wirtschaftsbrücke in Holz hm 10,15	1987
	13,50 - 14,85	Lokale Bachräumung hm 13,50 - 14,85	1987
	14,85 - 15,04	beiderseits Uferdeckwerke in Grobsteinschichtung hm 14,85 - 15,04	1987

Tabelle 32: Ausgeführte Verbauungsmaßnahmen am St. Oswalderbach hm 0,18 – 15,04 (WLV Kollaudierungsoperate)

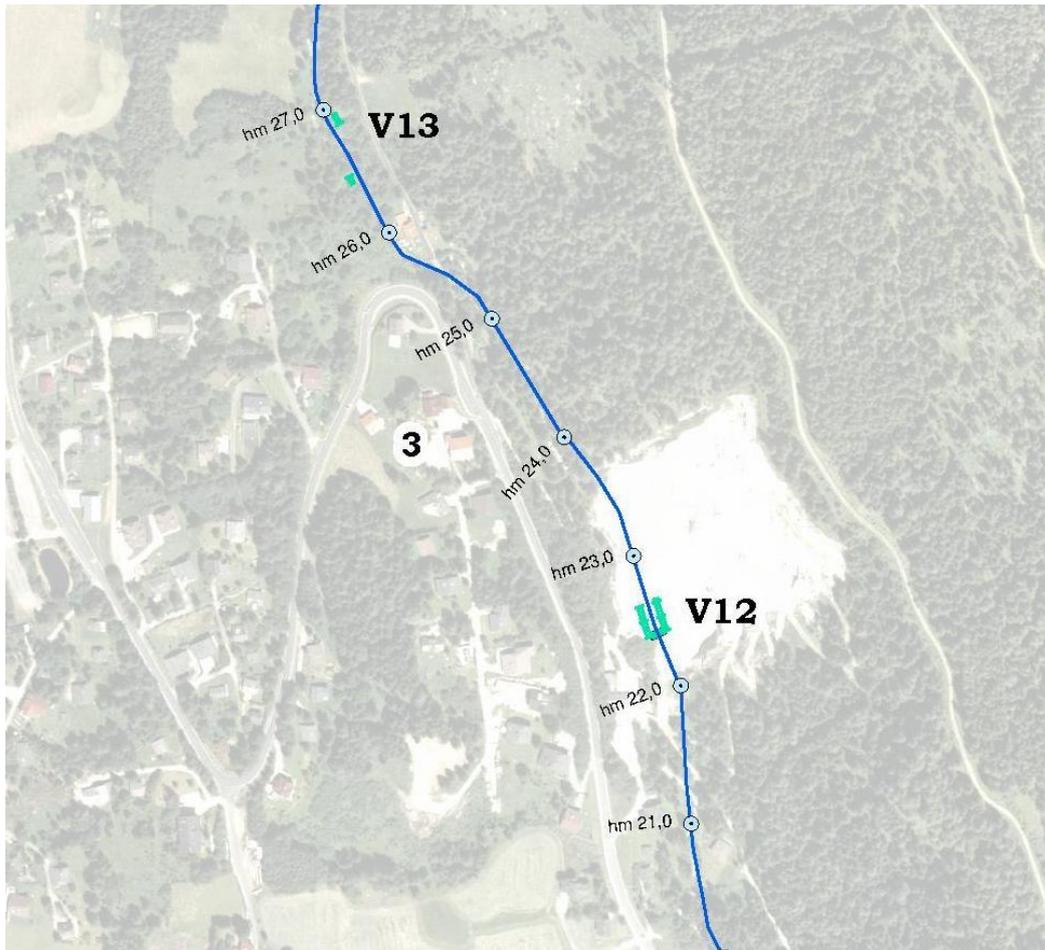


Abbildung 50: Verbauung am St. Oswalderbach hm 22,40 – 29,64

Verb. NR.	hm	Maßnahmen	Jahr
V12	22,40	Sohlgurt in GSS (teilw. in Beton verlegt) hm 22,40	2004
	22,40	Ufersicherungsmaßnahmen ru (23,6 lfm) hm 22,40	2004
	22,40	Ufersicherungsmaßnahmen lu (27,9 lfm) hm 22,40	2004
V13	26,425 - 26,49	Uferdeckwerk in Grobsteinschichtung hm 26,425 - 26,49	1991
	26,84 - 29,64	Uferdeckwerk in Grobsteinschichtung hm 26,84 - 26,94	1991

Tabelle 33: Ausgeführte Verbauungsmaßnahmen am St. Oswalderbach hm 22,40 – 29,64 (WLV Kollaudierungsoperate)

9.7.3 Brunnachbchl (20601-01.03d_3):

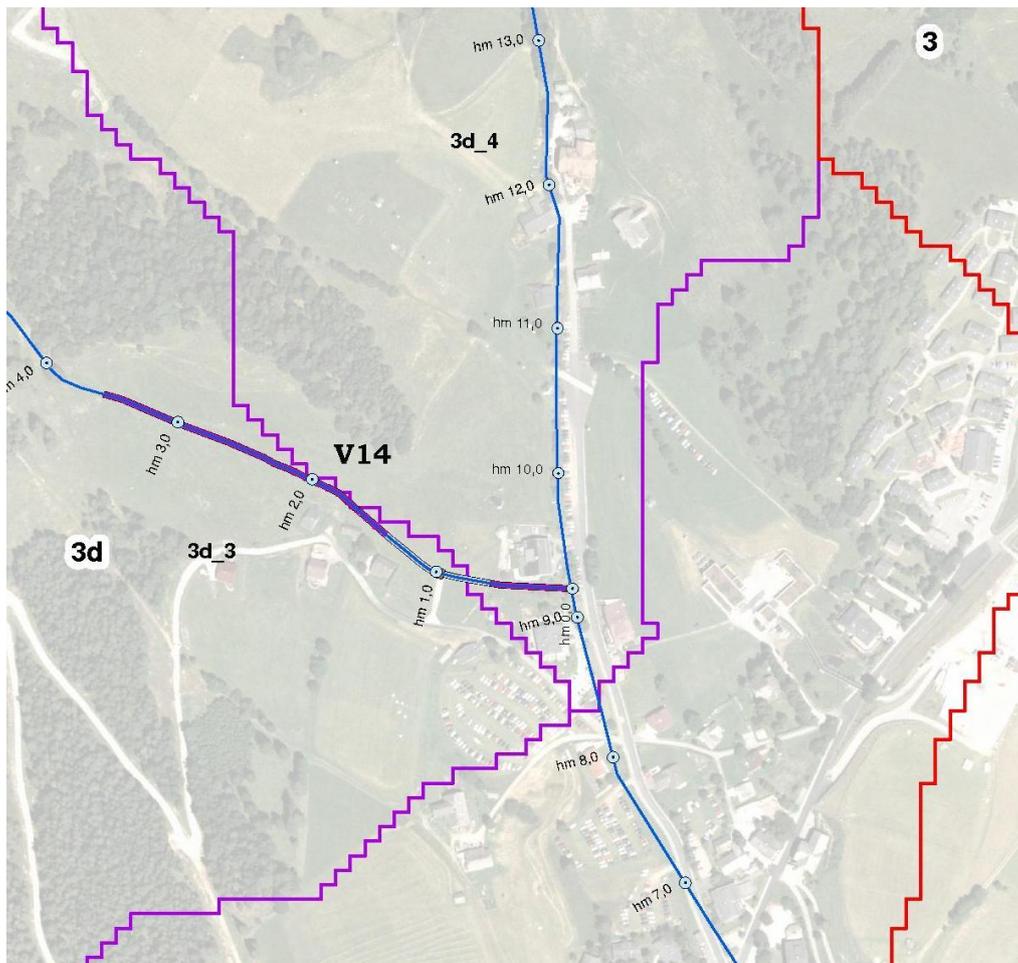


Abbildung 51: Verbauung am Brunnachbchl hm 0,00 – 3,51

Verb. NR.	hm	Maßnahmen	Jahr
V14	0,00 - 0,58	muldenförmige Geländegestaltung hm 0,00 - 0,58	2007
	0,58 - 1,685	bds. Uferdeckwerke und Sohlsteine sowie 8,5 lfm Furt in GSS hm 0,58 - 1,685	2007
	0,91	Wirtschaftsbrücke in Stahl/Holz hm 0,91	2007
	1,47	Links ufrige Dammschüttung hm 1,47 (76 lfm)	2007
	1,685 - 3,51	185 lfm muldenförmige Geländegestaltung hm 1,685 - 3,51	2007

Tabelle 34: Ausgeführte Verbauungsmaßnahmen am Brunnachbchl hm 0,00 – 3,51 (WLV Kollaudierungsoperatere)

9.7.4 Kmölnigbach (20601-01.05):

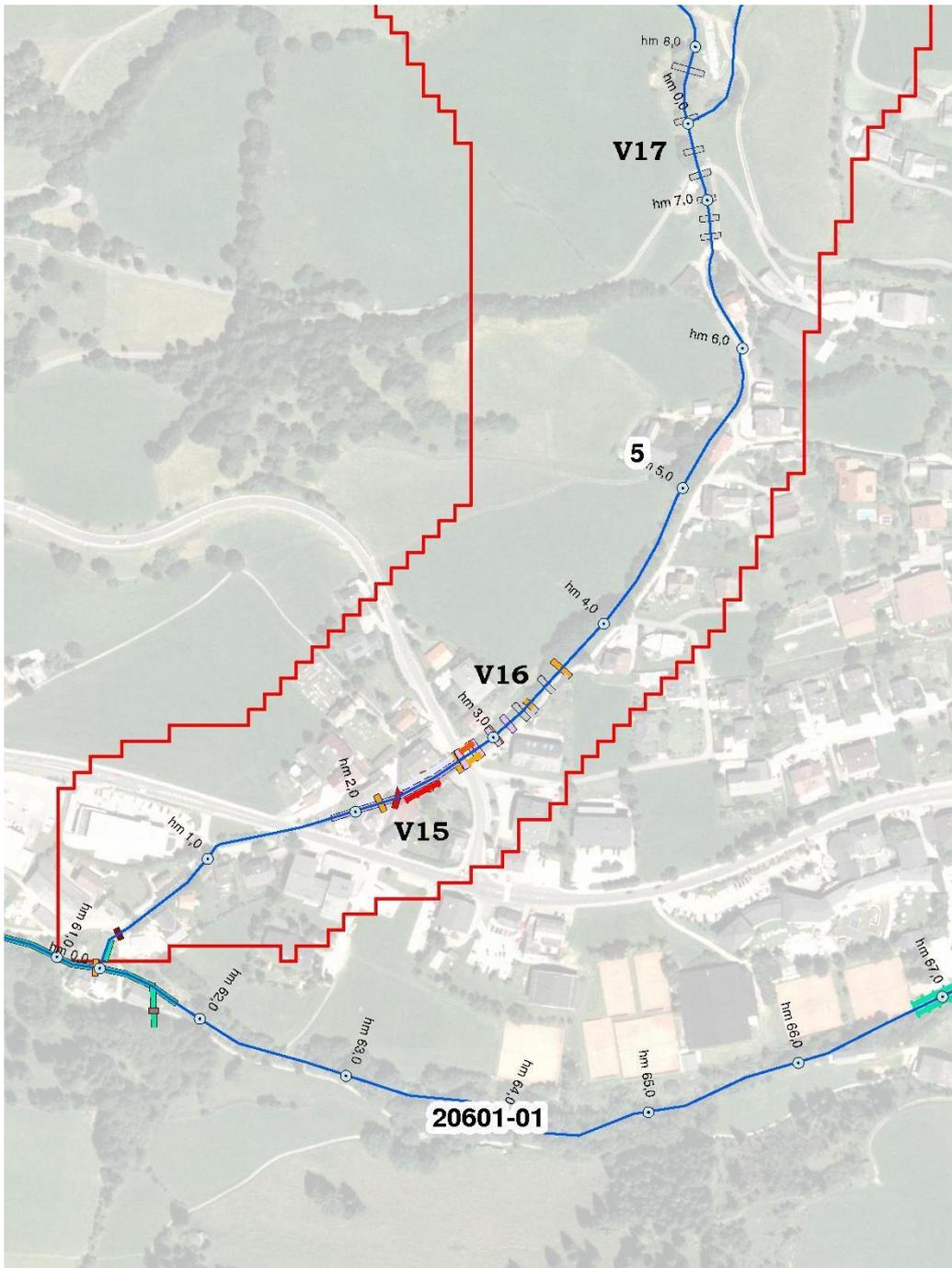


Abbildung 52: Verbauung am Kmölnigbach hm 1,87 – 7,865

Verb. NR.	hm	Maßnahmen	Jahr
V15	1,87 - 2,71	Künette in ZMMWK hm 1,87 - 2,71	1971 / 72
	2510	Doppelwandige Steinkastengrundschwelle hm 2,510	1946
	2,566 - 2,710	Leitwerk in Trockenmauerwerk ru hm 2,566 - 2,710	1946
	2,71	Steinkastensperre hm 2,71	1929
	2168	Holzsteg mit Betonwiederlager hm 2,168	1971 / 72

	2287	Erneuerung einer Ortschaftsbrücke hm 2,287	1972 / 72
	2,345 - 2,571	ru Maschendrahtzaun hm 2,345 - 2,571	1973 / 72
	2,345 - 2,571	lu Stützmauer mit Holzzaun hm 2,345 - 2,571	1974 / 72
V16	2,751	Grundschwelle in Zementmörtelwerk hm 2,751	1949
	2,763 - 2,877	Leitwerk in Zementmörtelmauerwerk	1949
	2,852	Einwandige Steinkastengrundschwelle hm 2,852	1946
	2,877	Grundschwelle in Zementmörtelwerk hm 2,877	1949
	3,006	Grundschwelle in Zementmörtelwerk hm 3,006	1949
	3,01	Steinkastensperre hm 3,01	1929
	3,129	Grundschwelle in Zementmörtelwerk hm 3,129	1949
	3,252	Einwandige Steinkastengrundschwelle hm 3,252	1946
	3,265 - 3,312	Leitwerk in einwandiger Steinkasten lu hm 3,265 - 3,312	1946
	3,265 - 3,317	Leitwerk in einwandiger Steinkasten ru hm 3,265 - 3,3170	1946
	3,31	Steinkastensperre hm 3,31	1929
	3,461 - 3,488	Leitwerk in in einwandiger Steinkasten lu hm 3,461 - 3,488	1946
	3,488	Einwandige Steinkastengrundschwelle hm 3,488	1946
	3,500 - 3,607	Leitwerk in in einwandiger Steinkasten lu hm 3,500 - 3,607	1946
	3,61	Steinkastensperre hm 3,61	1929
V17	6,74	Steinsperre hm 6,74	1929
	6,885	Steinsperre hm 6,885	1929
	7,03	Steinsperre hm 7,03	1929
	7,175	Steinsperre hm 7,175	1929
	7,325	Steinsperre hm 7,325	1929
	7,515	Steinsperre hm 7,515	1929
	7,865	Steinsperre hm 7,865	1929

Tabelle 35: Ausgeführte Verbauungsmaßnahmen am Kmölnigbach hm 1,87 – 7,865
(WLV Kollaudierungsoperate)

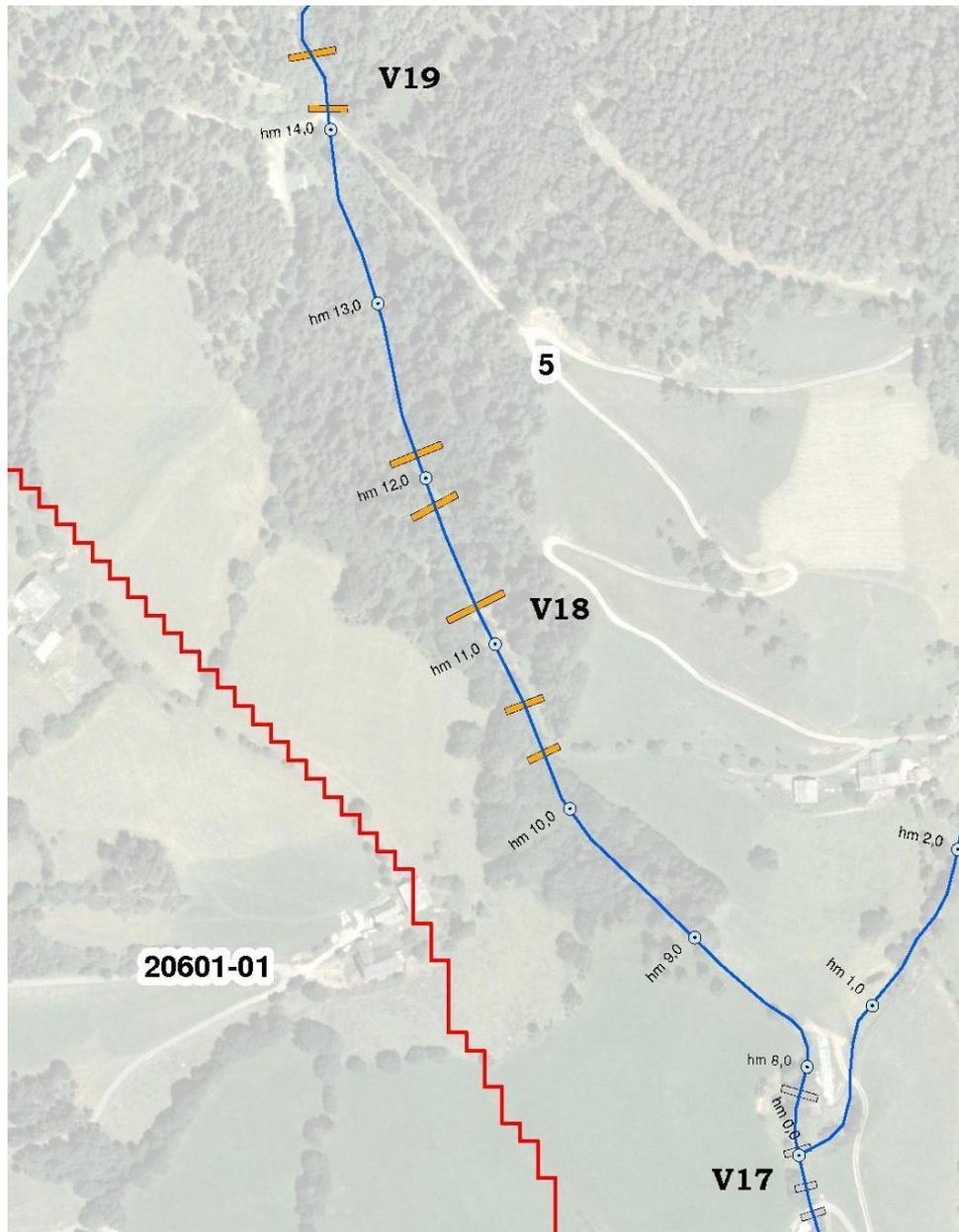


Abbildung 53: Verbauung am Kmolnigbach hm 10,3 – 14,4

Verb. NR.	hm	Maßnahmen	Jahr
V18	10,3	Steinkastensperre hm 10,3	1928
	10,63	Steinkastensperre hm 10,63	1928
	11,23	Steinkastensperre hm 11,23	1928
	11,83	Steinkastensperre hm 11,83	1928
	12,13	Steinkastensperre hm 12,13	1928
V19	14,1	Steinkastensperre bei hm 14,1	1926
	14,4	Steinkastensperre bei hm 14,4	1926

Tabelle 36: Ausgeführte Verbauungsmaßnahmen am Kmolnigbach hm 10,3 – 14,4 (WLV Kollaudierungsoperat)

9.7.5 Zirkitzenbach (20601-01.06):

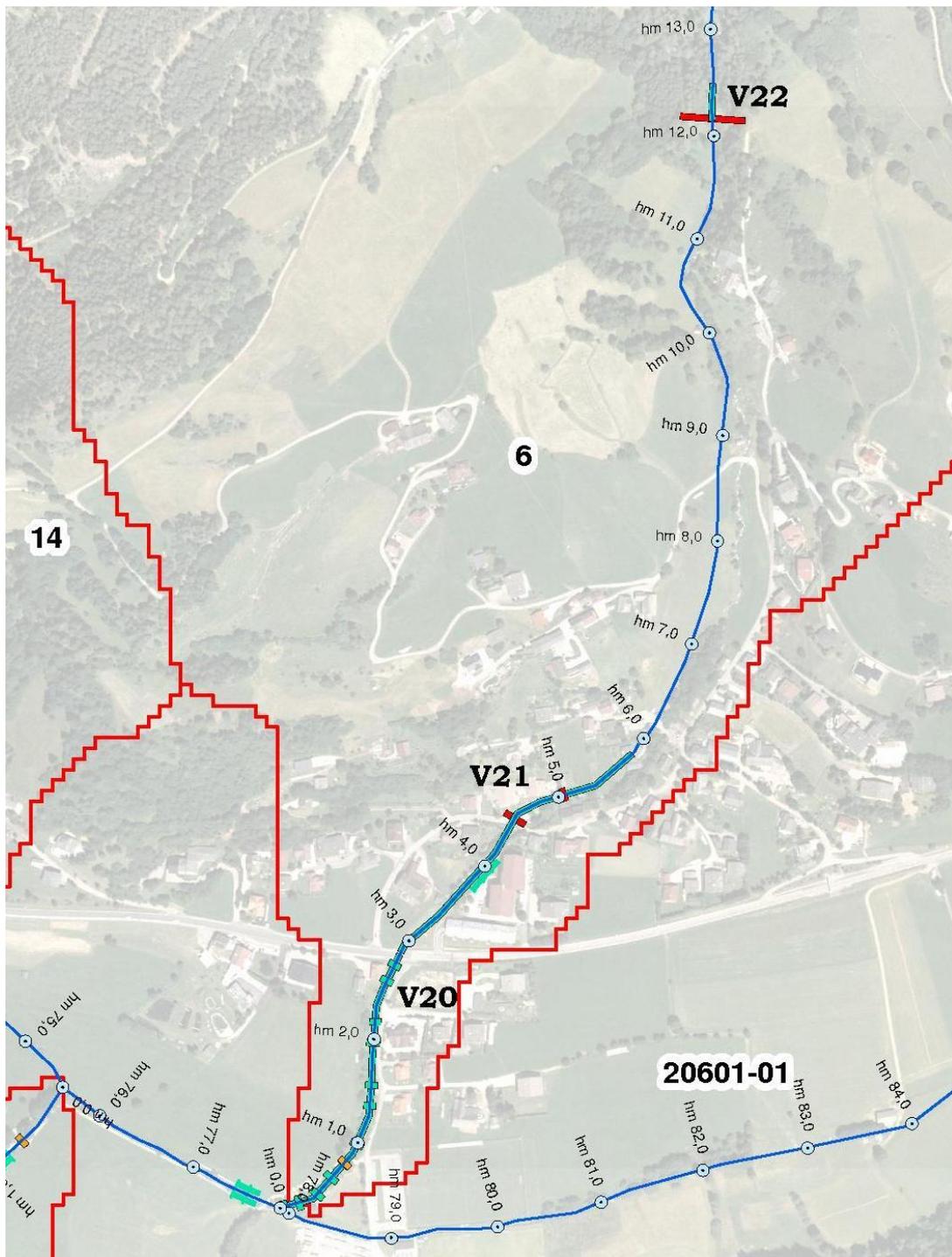


Abbildung 54: Verbauung am Kmölnigbach hm 10,3 – 14,4

Verb. NR.	hm	Maßnahmen	Jahr
V20	0,0 - 2,79	Uferdeckwerke hm 0,00 - 2,79	1984
	0,04	Sohlgurt in Grobsteinschichtung hm 0,04	1984
	0,18	Sohlgurt in Grobsteinschichtung hm 0,18	1984
	0,38	Sohlgurt in Grobsteinschichtung hm 0,38	1984

	0,58	Sohlgurt in Grobsteinschichtung hm 0,58	1984
	0,77	Wirtschaftsbrücke in Holz hm 0,77	1984
	0,98	Sohlgurt in Grobsteinschichtung hm 0,98	1984
	1,36	Sohlgurt in Grobsteinschichtung hm 1,36	1984
	1,55	Sohlgurt in Grobsteinschichtung hm 1,55	1984
	1,96	Sohlgurt in Grobsteinschichtung hm 1,96	1984
	2,16	Sohlgurt in Grobsteinschichtung hm 2,16	1984
	2,56	Sohlgurt in Grobsteinschichtung hm 2,56	1984
	2,73	Sohlgurt in Grobsteinschichtung hm 2,73	1984
V21	2,89 - 5,80	bds. Uferdeckwerke in Grobsteinschichtung und Sohlsteinen hm 2,89 - 5,80	1987
	4,53	Brücke in Stahlbeton hm 4,53	1987
	5,05	Brücke in Stahlbeton hm 5,05	1987
V22	12,465	Sperre in Beton hm 12,465	1984
	12,185 - 12,465	Gerinne in Grobsteinschichtung mit Findlingen hm 12,185 - 12,465	1984

Tabelle 37: Ausgeführte Verbauungsmaßnahmen am Zirkitzenbach hm 0,00 – 12,465
(WLV Kollaudierungsoperat)

9.7.6 Dragebachl (20601-01.07):

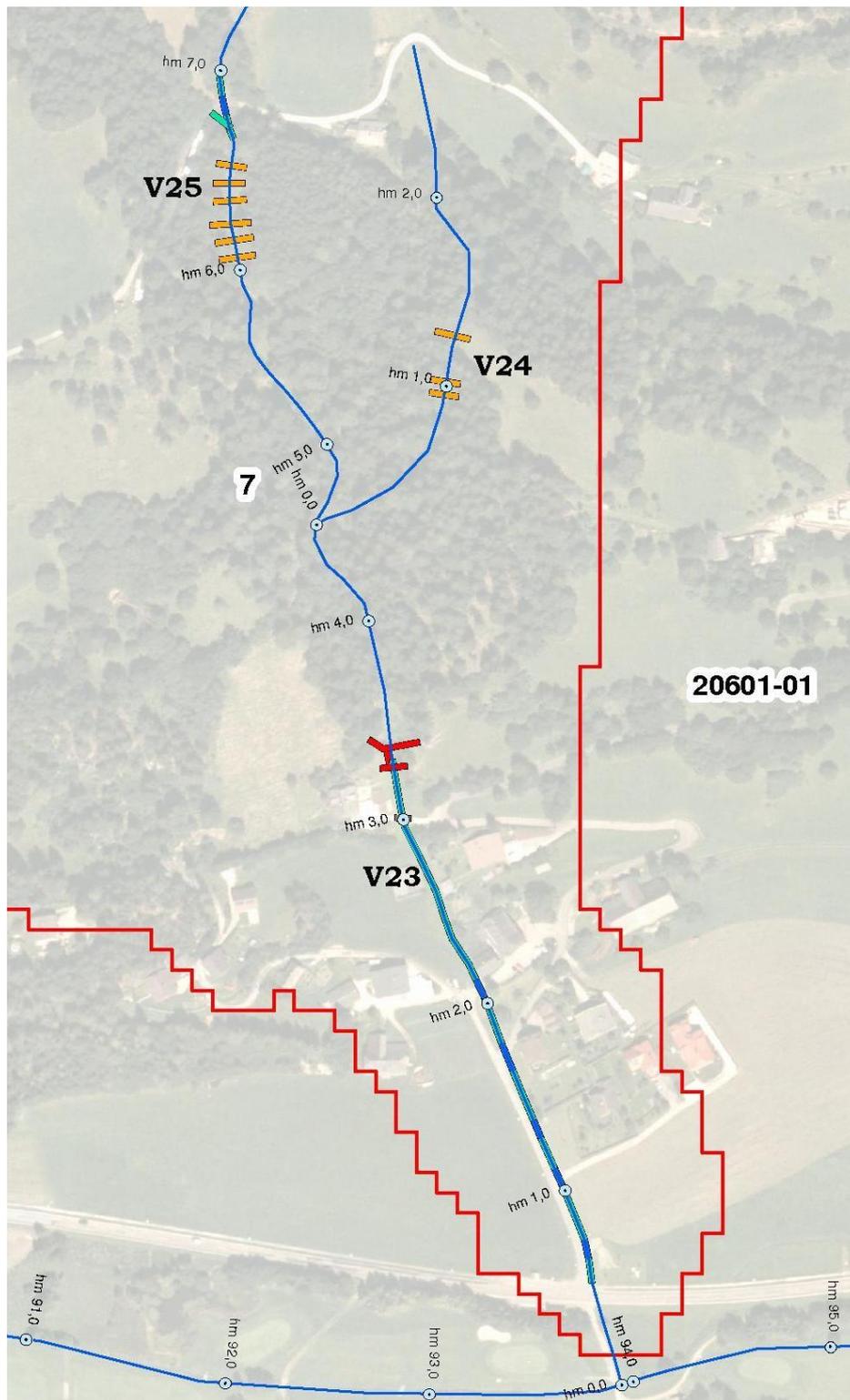


Abbildung 55: Verbauung am Dragebachl hm 0,51 – 7,035

Verb. NR.	hm	Maßnahmen	Jahr
V23	0,51 - 3,278	Gerinne in GSS hm 0,51 - 3,278	2002/03
	0,634 - 0,714	Stahlrohrdurchlass (8 lfm) hm 0,634 - 0,714	2002/03
	1,021 - 1,101	Stahlrohrdurchlass (8 lfm) hm 1,021 - 1,101	2002/03
	1,304 - 1,364	Stahlrohrdurchlass (6 lfm) hm 1,304 - 1,364	2002/03
	1,657 - 1,777	Stahlrohrdurchlass (12 lfm) hm 1,657 - 1,777	2002/03
	2,053 - 2,113	Stahlrohrdurchlass (6 lfm) hm 2,053 - 2,113	2002/03
	3,015	Wirtschaftsbrücke in Stahl/Holz hm 3,015	2002/03
	3,286 - 3,367	Leitwerk in Beton hm 3,286 - 3,367	2002/03
	3,367	Doppelschlitzsperre in Beton hm 3,367	2002/03
	3,278	Vorsperre in Beton hm 3,278	2002/03
V24	7,286	Grundschwelle in dw. Steinkastenbau hm 7,286	2002/03
	7,352	Grundschwelle in dw. Steinkastenbau hm 7,352	2002/03
	7,414	Grundschwelle in dw. Steinkastenbau hm 7,414	2002/03
V25	6,162	Grundschwelle in dw. Steinkastenbau hm 6,162	2002/03
	6,245	Grundschwelle in dw. Steinkastenbau hm 6,245	2002/03
	6,328	Grundschwelle in dw. Steinkastenbau hm 6,328	2002/03
	6,446	Grundschwelle in dw. Steinkastenbau hm 6,446	2002/03
	6,529	Grundschwelle in dw. Steinkastenbau hm 6,529	2002/03
	6,623	Grundschwelle in dw. Steinkastenbau hm 6,623	2002/03
	6,76 - 6,849	Gerinne in GSS/Beton (8,9 lfm) hm 6,76 - 6,849	2002/03
	6,807	Gerinne in GSS (11 lfm) hm 6,807	2002/03
	6,849 - 6,969	Stahlrohrdurchlass d=140cm (12 lfm) hm 6,849 - 6,969	2002/03
	6,969 - 7,035	Geschiebeablagerungsplatz (6,6 lfm) hm 6,969 - 7,035	2002/03

Tabelle 38: Ausgeführte Verbauungsmaßnahmen am Dragebachl hm 0,51 – 7,414
(WLV Kollaudierungsoperat)

9.7.7 Ottingerbach (20601-01.12):

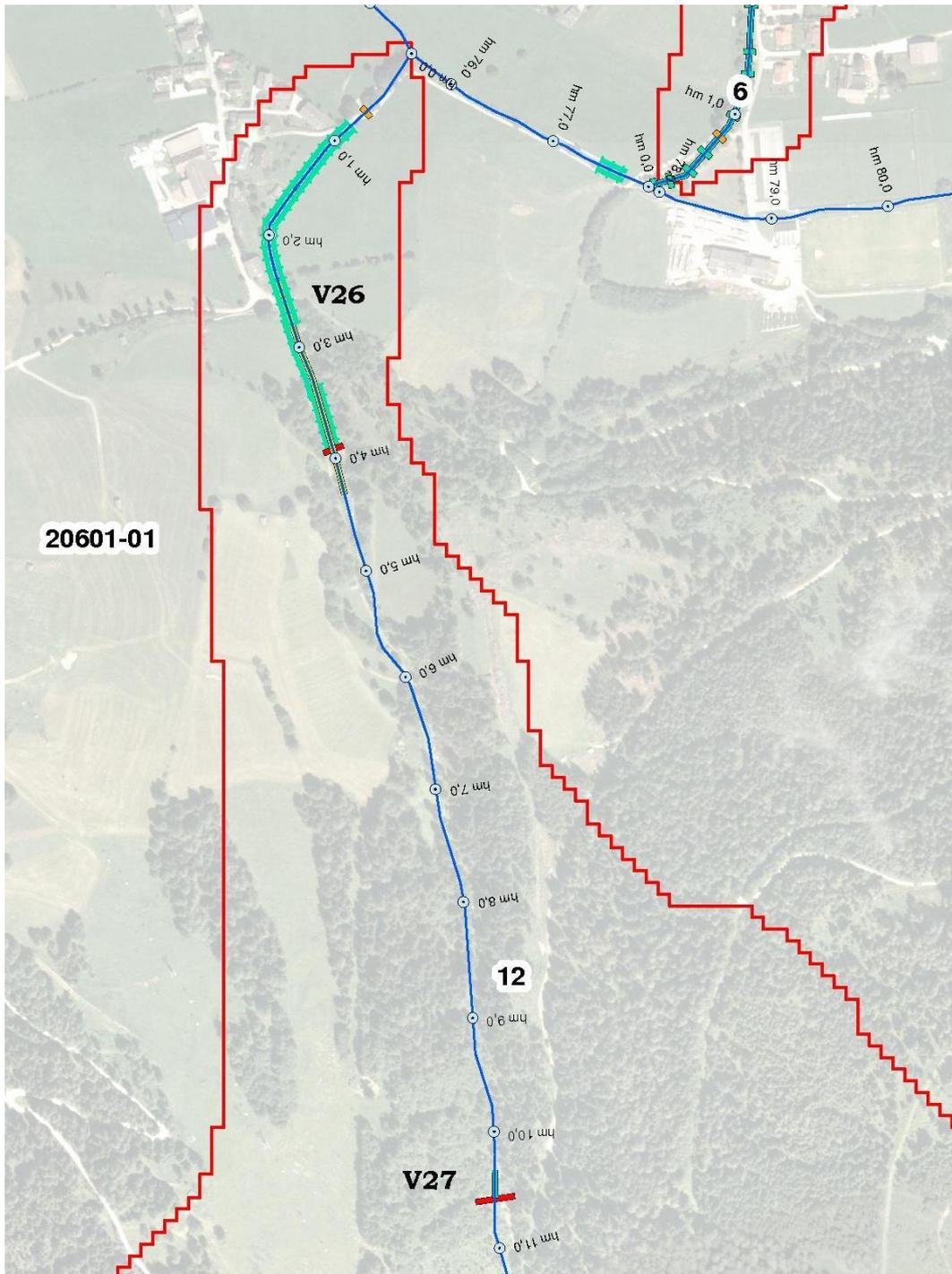


Abbildung 56: Verbauung am Ottingerbach hm 0,635 – 10,50

Verb. NR.	hm	Maßnahmen	Jahr
V26	0,635	Wirtschaftsbrücke in Holz hm 0,635	1993
	0,8 - 2,8	lu. Und ru Böschungssicherung hm 0,8 - 2,8	1993
	1,52	Wirtschaftsbrücke in Stahl - Holz hm 1,52	1993
	2,40 - 3,43	Wegschüttung hm 2,40 - 3,43	1992

	2,582 - 4,28	Planie Begrünung hm 2,582 - 4,28	1995
	2,73 - 3,47	Li. Uferdeckwerk in Grobsteinschichtung mittels Findlingen und Dammschüttung hm 2,73 - 3,47	1992
	3,35 - 3,92	ru. Und lu. GSS mit Sohlsicherung hm 3,35 - 3,92	1995
	3,41 - 4,28	Wegverlegung hm 3,41 - 4,28	1995
	3,92	Schlitzsperre in Beton mit Steinverkleidung hm 3,92	1995
V27	10,35 - 10,50	Gerinne in Grobsteinschichtung mittels Findlingen hm 10,35 - 10,50	1992
	10,50	Grundschwelle in Beton hm 10,50	1992

Tabelle 39: Ausgeführte Verbauungsmaßnahmen am Ottingerbach hm 0,635 – 10,50
(WLV Kollaudierungsoperete)

9.7.8 Stücklergraben (20601-01.13):

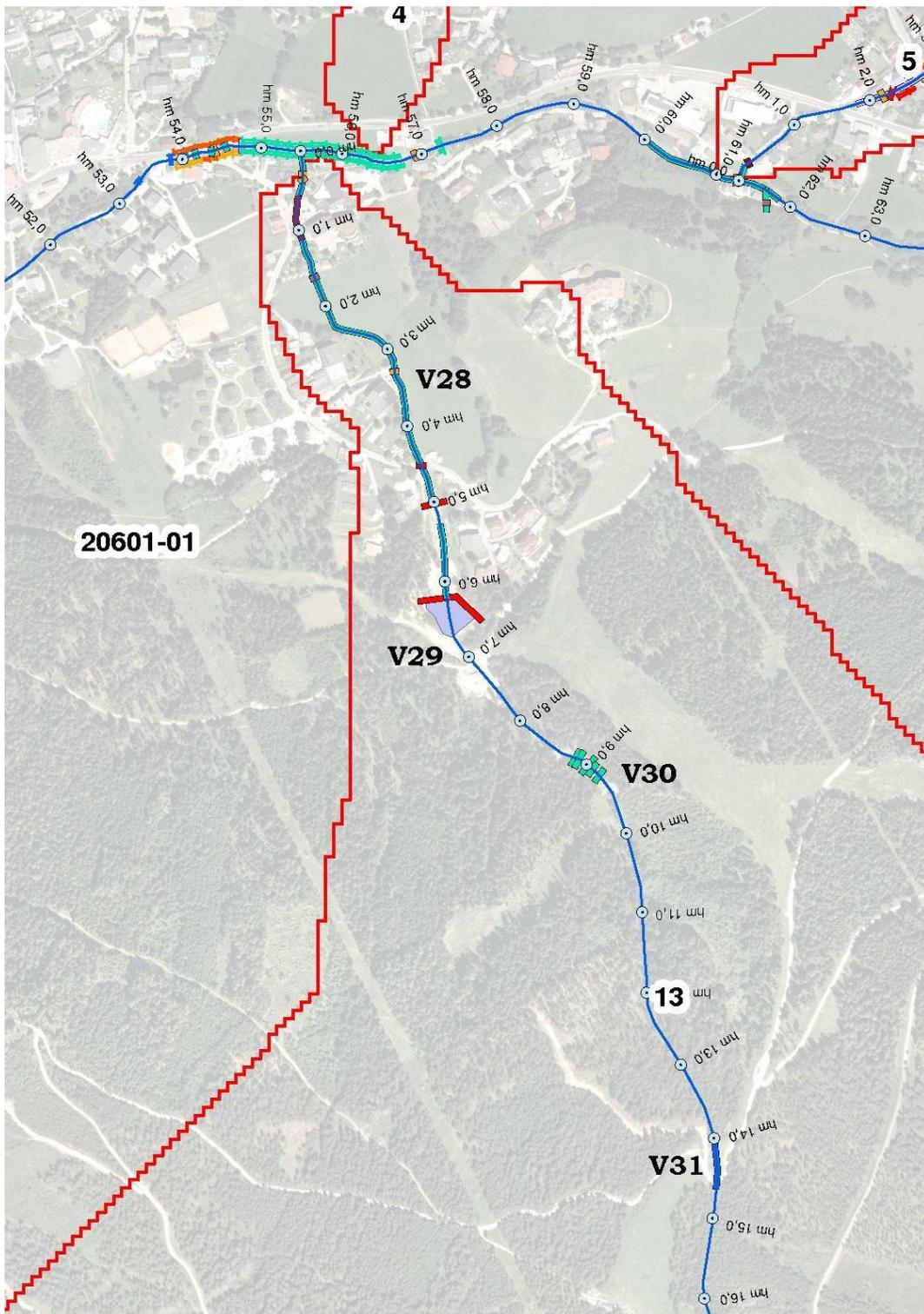


Abbildung 57: Verbauung am Stücklergraben hm 0,00 – 14,58

Verb. NR.	hm	Maßnahmen	Jahr
V28	0,00 - 0,61	Uferdeckwerke und Sohlsteine in GSS sowie 5 Holzsohlgurte hm 0,00 - 0,61	2005 / 07
	0,27	Steg bei hm 0,27	2005 / 07

	0,32	Steg bei hm 0,32	2005 / 07
	0,61 - 1,16	überdecktes Gerinne in Beton (55 lfm) hm 0,61 - 1,16	2005 / 07
	1,16 - 4,49	Uferdeckwerk und Sohlsteine in GSS (337 lfm) hm 1,16 - 4,49	2005 / 07
	1,60	Schlippenquerung hm 1,60	2005 / 07
	3,29	Holzsteg hm 3,29	2005 / 07
	4,01	Holzsteg hm 4,01	2005 / 07
	4,53	Gemeinde - Straßenbrücke hm 4,53	2005 / 07
	4,57 - 5,01	Uferdeckwerke und Sohlsteine in GSS hm 4,57 - 5,01	2005 / 07
	5,01	Schlitzsperre in Beton mit Schotterfang hm 5,01	2005 / 07
V29	5,30 - 6,09	örtliche Bachprofilierung sowie Uferschutz- und Sohlsicherungsmaßnahmen in GSS hm 5,30 - 6,09	2005 / 07
	6,21	Geschiebeablagerungsplatz mit Balkensperre in Beton hm 6,21	2005 / 07
	6,30 - 7,00	muldenförmige Geländegestaltung im Bereich Strohsack hm 6,30 - 7,00	2002 / 03
V30	8,745	Grundschwelle in Beton mit Vorfeldsicherung in GSS/Findlinge hm 8,745	2005 / 07
	8,845	Grundschwelle in Beton mit Vorfeldsicherung in GSS/Findlinge hm 8,845	2005 / 07
	8,95	Grundschwelle in Beton mit Vorfeldsicherung in GSS/Findlinge hm 8,95	2005 / 07
	9,055	Grundschwelle in Beton mit Vorfeldsicherung in GSS/Findlinge hm 9,055	2005 / 07
	9,16	Grundschwelle in Beton mit Vorfeldsicherung in GSS/Findlinge hm 9,16	2005 / 07
V31	14,10 - 14,58	Stahlrohrdurchlass (hm 14,10 - 14,18) d=1,0 m sowie muldenförmige Geländegestaltung hm 14,10 - 14,58	2005 / 07

Tabelle 40: Ausgeführte Verbauungsmaßnahmen am Stücklergraben hm 0,00 – 14,58
(WLV Kollaudierungsoperat)