

Gefahrenhinweiskarte Hangwasser

Technischer Bericht



Hangwasser – hydrologische Abschätzung

Methodensammlung

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG.....	2
1.1	Ziel der Methodensammlung.....	2
1.2	Vorangegangene Arbeitsschritte.....	3
1.3	Literatur.....	4
2	ABSCHÄTZUNG VON SCHEITELABFLÜSSEN	5
2.1	Einfache Abschätzung der Größenordnung von Scheitelabflüssen	6
2.2	Abschätzung des Scheitelabflusses mit Abflusskoeffizient	6
3	ABSCHÄTZUNG VON WELLEN UND ABFLUSSVOLUMINA	11
4	ABSCHÄTZUNG VON ROHRKAPAZITÄTEN	13
5	BEISPIELE	15
5.1	Einzugsgebiet mit vorwiegend Ackerfläche	15
5.2	Einzugsgebiet mit vorwiegend Wald	19
6	WEITERES VORGEHEN IN RICHTUNG MASSNAHMENPLANUNG	21
6.1	Hydrologische Abschätzungen und Ausweisung der Gefährdung	21
6.2	Maßnahmenplanung	21

1 EINLEITUNG

„Hangwasser ist Hochwasser, das nicht durch Bäche oder Flüsse, sondern in sonst trockenen Einzugsgebieten durch flächenhaften Abfluss von Oberflächenwasser infolge von Niederschlag und Schmelzwasser entsteht.“ [1]

Eine knappere Definition stammt von Mag. Felix Weingraber, Amt der OÖ Landesregierung: „Hangwasser ist Hochwasser fern von Gewässern.“

Im Sommer 2014 traten in vielen Gemeinden in Niederösterreich Überflutungsprobleme auf, die durch Hangwasser verursacht wurden. Die Abteilung WA2 – Wasserwirtschaft des Amtes der NÖ Landesregierung sah sich daher veranlasst, nach Methoden zur flächigen Darstellung von Hangwassergefährdungen zu suchen. Diese Methoden sollten einerseits möglichst einfach und kostengünstig und andererseits mit verfügbaren GIS-Daten durchführbar sein.

Im Sommer 2014 wurde in der Steiermark das Projekt „Hangwasserkarte für den Raum Kapfenberg - Pilotstudie“ [2] abgeschlossen. Darin wurden mehrere Methoden zur Ausweisung der Hochwassergefährdung durch Hangwasser verglichen. Dabei konnte gezeigt werden, dass die GIS-Analyse auf Grundlage des Geländemodells aus der Laserscanvermessung gut interpretierbare Aussagen ergibt. Die erzeugten Karten der Fließwege mit Klassifizierung nach Einzugsgebietsgröße sind deutlich weniger aufwändig als 2d-Strömungsmodelle. Im Pilotprojekt „Auswertung Hangwasser durch GIS-Analyse“ [7] wird diese Methodik daher in für Niederösterreich typischen Einzugsgebieten angewandt.

Aufbauend auf den zuvor erwähnten Projekten, wird in der vorliegenden Arbeit das Anwenden von hydrologischen Abschätzmethode für Scheitelabfluss und Wellenvolumen für ein Hangwasser-Einzugsgebiet beschrieben.

1.1 ZIEL DER METHODENSAMMLUNG

Ziel der Bearbeitung ist die beispielhafte Anwendung von möglichst einfachen Abschätzmethode für 100-jährliche Hochwassermengen und 100-jährlichen Hochwasserwellen an Hangwasser-Einzugsgebieten.

Mit den angewandten Methoden soll es Fachpersonal möglich sein, grobe Abschätzungen von Wellenvolumen und Scheitelabfluss durchzuführen. Detaillierte hydrologische Modellierungen sind nicht beabsichtigt. Die Methodik dient als Grundlage für die Beurteilung der Gefährdung sowie für eine erste Einschätzung von Lösungsansätzen und soll helfen, die erforderliche Kapazität von Ableitungen oder Rückhaltebecken zu ermitteln.

1.2 VORANGEGANGENE ARBEITSSCHRITTE

Im Pilotprojekt „Auswertung von Hangwasser durch GIS-Analyse“ wurde eine Methodik für Gefahrenhinweiskarten Oberflächen-Hangwasser entwickelt. In einer einfachen und kostengünstig erzeugbaren Karte, werden die Fließwege klassifiziert nach der Einzugsgebietsgröße dargestellt. Nachfolgend werden die zentralen Datengrundlagen kurz beschrieben.

Digitales Geländemodell

Im Digitalen Geländemodell (DGM) wird die Erdoberfläche höhenmäßig beschrieben. Die Daten liegen im 1m x 1m Raster (aus ALS-Daten, Befliegung 2006-2009) vor und stellen die Grundlage für die topografischen Analysen dar.

Im DGM ist nur die aus der Luft messbare Geländeoberfläche enthalten. Bei einer Brücke oder einem Durchlass liegen keine Informationen über das Vorhandensein einer Öffnung bzw. den Querschnitt vor.

Flächenwidmung

Die für die Bearbeitung relevanten Siedlungsgebietsgrenzen bzw. Industriegebietsgrenzen beinhalten Widmungsarten des Baulandes sowie ausgewählte Grünlandwidmungen.

Gewässernetz

In den Gefahrenhinweiskarten Oberflächen-Hangwasser werden die Abflüsse in der Fläche, aber nicht maßgeblich die Abflüsse in Flüssen und Bächen bearbeitet. Zur Identifikation von Flüssen und Bächen werden die Gewässer der ÖK 50 [9] und das Gesamtgewässernetz [10] verwendet. Fließwege, die weder im Gesamtgewässernetz noch in der ÖK 50 vorkommen, gelten als relevante Fließwege für Hangwasser.

Die erzeugten Karten haben eine hohe Akzeptanz wegen der Vollständigkeit für das gesamte Gemeindegebiet, der Übersichtlichkeit und der Verständlichkeit. Die Ergebnisse entsprechen den Beobachtungen und Erfahrungen, die bei Starkregenereignissen gesammelt wurden.

Die Gefahrenhinweiskarte muss vor weiteren Planungsschritten auf Grund von Erfahrungen, weiteren Unterlagen und durch Begehung verifiziert werden. Dabei sind Informationen zu Übertritten aus seichten Tiefenlinien, zu Durchlässen, zur Kapazität der Siedlungsentwässerung und anderer Ableitungen, etc. zu sammeln.

1.3 LITERATUR

- [1] Standard-Präsentation „Bauen und Wassergefahren“. ÖWAV November 2013; download unter http://www.oewav.at/home/Service/bauen_und_wasser.
- [2] Hangwasserkarte für den Raum Kapfenberg – Pilotstudie. Büro Pieler ZT GmbH & hydrosim consulting. Im Auftrag der Stadtgemeinde Kapfenberg. Juni 2014.
- [3] Hydrologische Bodenkenndaten Niederösterreich – HYDROBOD NÖ II, zweite Projektphase, Endbericht. Bundesforschungszentrum Wald(BFW), Institut für Naturgefahren & Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt (BAW-IKT); im Auftrag Sektion Wien, Niederösterreich und Burgenland des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung & Abteilung Wasserwirtschaftliche Planung der Niederösterreichischen Landesregierung. Endbericht. 2015.
- [4] Bemessungsniederschlag h [mm] (Quelle: www.ehyd.gv.at)
- [5] Digitales Geländemodell (1m x 1m Befliegung 2006-2009) (Quelle: NÖ Landesregierung)
- [6] Flächenwidmung (Quelle: NÖ Landesregierung)
- [7] Auswertung Hangwasser durch GIS-Analyse – Pilotprojekt. Büro Pieler ZT GmbH, im Auftrag der Niederösterreichischen Landesregierung, Abteilung Wasserwirtschaft. Nov 2015.
- [8] Ingenieurhydrologie. Studienblätter zur Vorlesung. Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie. TU Wien. SS 2012
- [9] Österreich Karte 1:50.000 (Quelle: BEV)
- [10] Gesamtgewässernetz (Quelle: Umweltbundesamt)
- [11] Kölla, E: Abschätzung von Spitzenabflüssen in kleinen natürlichen Einzugsgebieten der Schweiz. In: Schweizer Ingenieur und Architekt Band 105 (1987)
- [12] Schneider, K-J: Bautabellen für Ingenieure (17. Auflage). Werner Verlag. Neuwied, 2006
- [13] Bretschneider, H: Taschenbuch der Wasserwirtschaft (7. Auflage) Paul Parey Verlag. Hamburg und Berlin, 1993

2 ABSCHÄTZUNG VON SCHEITELABFLÜSSEN

Im Folgenden werden Methoden erläutert, die Abschätzungen der Abflussmengen von **Hangwasser – Einzugsgebieten** liefern. Hierbei handelt es sich um eine grobe Ermittlung der Größenordnungen. Als Datenquellen wird lediglich die Einzugsgebietsgröße aus der Gefahrenhinweiskarten [7] verwendet, sowie in einer etwas differenzierteren Methodik der Abflussbeiwert und die Regenspende.

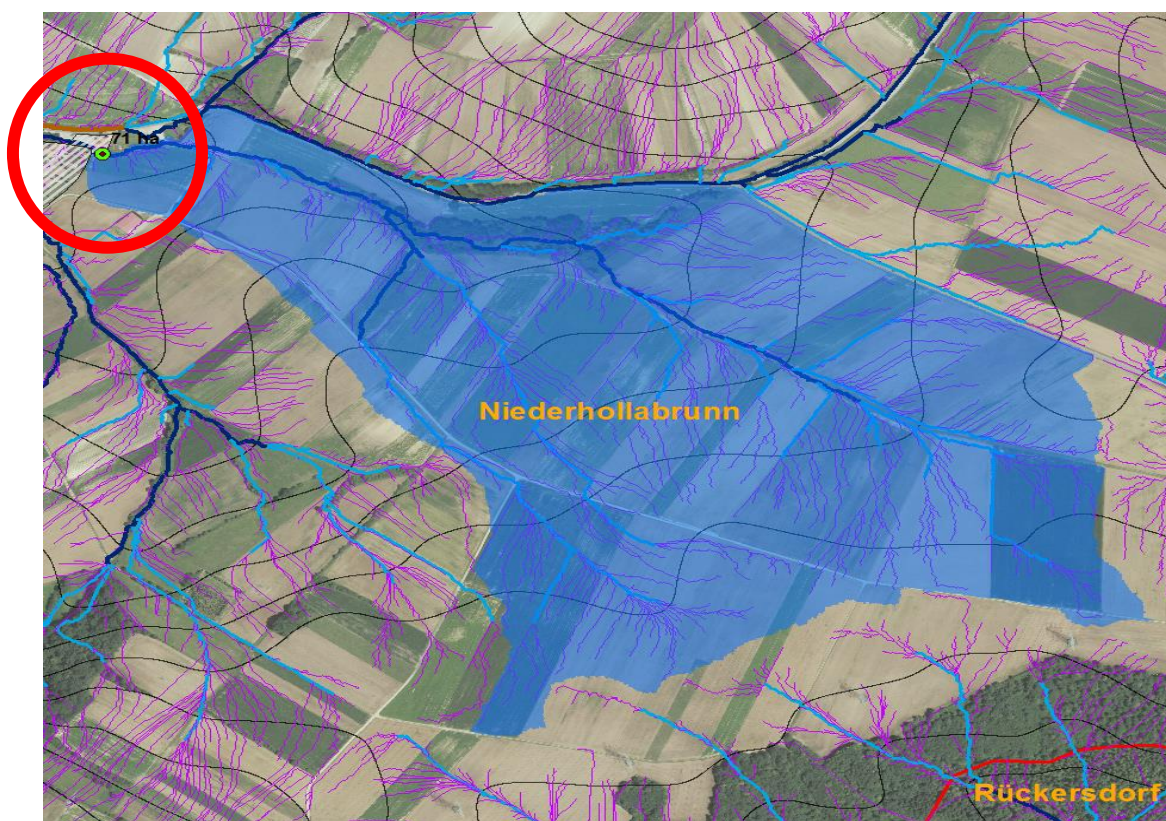


Abbildung 1: Gefahrenhinweiskarte - Hangwasser (Einzugsgebiet blau markiert)

Besonders ist auf die in den Abschätzmethoden verwendeten Maßeinheiten zu achten. Die Formeln verwenden für die Einzugsgebietsflächen km^2 , ha oder m^2 , für die Niederschlagshöhen mm oder m, für Zeitangaben Stunden (h), Minuten (min) oder Sekunden (s).

In den Gefahrenhinweiskarten wird **die Einzugsgebietsgröße** (siehe Abbildung 1: rote Markierung) in ha für einen gefährdeten Bereich angegeben.

Als maßgebende Wiederkehrzeit wird das 100-jährliche Regenereignis angenommen, da in der Schutzwasserwirtschaft dieser Schutzgrad angestrebt wird.

2.1 EINFACHE ABSCHÄTZUNG DER GRÖSSENORDNUNG VON SCHEITELABFLÜSSEN

Nachfolgend wird eine Herangehensweise angeführt, um den Scheitelabfluss eines Einzugsgebietes abzuschätzen. Es handelt sich hierbei um eine grobe Abschätzung der Größenordnung, in der die Eigenschaften des Einzugsgebietes (Bewuchs, Vorfeuchtezustand, Bodenart,...) nicht berücksichtigt werden.

$$HQ_{100max} = 12,0 * EZG^{0,85} \quad [11]$$

EZG..... Einzugsgebietsgröße, siehe Gefahrenhinweiskarten [km²]

HQ_{100max}.....100-jährliche Scheitelabfluss [m³/s]

Die Werte liegen eher an der Obergrenze der möglichen Ergebnisse.

2.2 ABSCHÄTZUNG DES SCHEITELABLUSSES MIT ABFLUSSKOEFFIZIENT

In der „*rationalen Methode*“ [8] werden der Abflussbeiwert, die Regenspende sowie die Einzugsgebietsgröße berücksichtigt.

$$HQ_s = a_s * i_N * EZG$$

HQ_s.....Scheitelabfluss [m³/s]

a_s..... Scheitelabflussbeiwert [-]

i_N..... Regenspende [m/s] nach Jährlichkeit und Regendauer

EZG..... Einzugsgebietsgröße, siehe Gefahrenhinweiskarten [m²]

Der Abflussbeiwert gibt den Anteil des Niederschlages an, der während eines Regenereignisses zum Abfluss gelangt. Die Differenz des Abflusses auf die Regenmenge wird im Boden oder auf der Bodenoberfläche zurückgehalten und gelangt während des Ereignisses nicht zum Abfluss. Das Produkt aus Niederschlag und Einzugsgebiet wird mit dem Abflussbeiwert multipliziert. Der Abflussbeiwert ist abhängig von Vorfeuchtezustand, Niederschlagsdauer, Niederschlagsintensität, Bewuchs, Geologie, Geländeneigung, Anteil und Durchlässigkeit befestigter Flächen,

usw. Der Scheitelabflussbeiwert ist jener Beiwert der den max. Abfluss einer HW-Welle verursacht.

In der Literatur [8] werden folgende Werte für den Scheitelabflussbeiwert a_s in Siedlungsgebieten bei einer Widerkehrdauer von $T=100$ angegeben.

Asphalt	0,95
Landwirtschaftliche Fläche	0,51
Weide	0,49
Wald	0,47

Tabelle 1: Abflussbeiwert

Als grobe Abschätzung ist bei unversiegelten Flächen ein Scheitelabflussbeiwert von 0,5 ausreichend. Für versiegelte Flächen wie Asphalt oder Beton wird ein Scheitelabflussbeiwert von 0,9 bis 1 empfohlen.

Eine detailliertere Empfehlung für den Abflussbeiwert wird in Tabelle 2 gezeigt. Hier sind exemplarisch Abflussbeiwerte für das Freiland angeführt, wo Untergrund, Vegetation sowie Topografie berücksichtigt werden.

Untergrund	Sand			Ton			Fels
	Wald	Gras	ohne Veg.	Wald	Gras	ohne Veg.	
Vegetation							
Ebene	0,10	0,15	0,20	0,25	0,35	0,50	0,60
Hügelland	0,15	0,22	0,30	0,40	0,55	0,65	0,70
Bergland	0,25	0,30	0,40	0,60	0,77	0,80	0,80

Tabelle 2: Abflussbeiwert laut [13]

Im Projekt „Hydrologische Bodenkenndaten Niederösterreich“ (HYDROBOD NÖ II, zweite Projektphase) [3] werden sämtliche Parameter berücksichtigt, die auf den Abflussbeiwert Einfluss haben. Als Eingangsparameter werden die Niederschlagssumme, die Niederschlagsdauer, der Vorfeuchtezustand (trocken, mittel, feucht, gesättigt) sowie die Verschlammungsneigung (verschlämmt, nicht verschlämmt) definiert.

Bei der Evaluierung der Abschätzmethode für Hangwasser wurden die Abflussbeiwerte mit HYDROBOD II für 7 verschiedene Einzugsgebiete in Niederösterreich ermittelt. Die Ergebnisse sind in den abschließenden Beispielen zu finden.

Diese Analyse ergab, dass vor allem die Annahme verschlämmt/ nicht verschlämmt sowie der Vorfeuchtezustand erheblichen Einfluss auf den Abflussbeiwert haben und dessen Schwankungsbreite verursachen.

Aus diesem Grund kann hier nur eine Bandbreite für den Abflussbeiwert je Nutzungsart angegeben werden.

Landwirtschaftliche Fläche	0,3 - 0,9
Landwirtschaftliche Fläche/Wald	0,1 - 0,6
Wald	0,1 - 0,45

Tabelle 3: Empfehlung für Abflussbeiwert ermittelt mit HYDROBOD II für Beispielgebiete

Die **Regenspende** [m/s] errechnet sich aus

$$i_N [m/s] = \frac{\text{Bemessungsniederschlag [m]}}{\text{Dauerstufe [s]}}$$

Um den 100-jährigen Scheitelabfluss zu ermitteln, wird die Dauerstufe (=Niederschlagsdauer t_N) gleich der Konzentrationszeit t_c gesetzt. Die Konzentrationszeit ist die Zeitspanne zwischen dem Regenbeginn und dem Zeitpunkt, an dem erstmals der direkte Abfluss von allen Teilgebieten eines Einzugsgebietes den Gebietsauslass erreicht.

Wird die Konzentrationszeit t_c gleich der Niederschlagsdauer t_N bei konstanter Niederschlagsintensität i_N gesetzt, wird die Abflussganglinie mit dem höchsten Scheitelabfluss erzeugt.

Abschätzmethode für die Konzentrationszeit t_c [h]:

- *Kreps* $t_c = 0,89 * EZG^{0,4} - 0,15$
- *Kerby* $t_c = 0,7452 * L^{0,47} * n^{0,47} * J^{-0,235}$
- *Specht* $t_c = \left(\frac{1}{2} \text{ bis } \frac{1}{3}\right) * L$

t_cKonzentrationszeit [h]

EZG.....Einzugsgebietsgröße [km²] (in der Gefahrenhinweiskarte in [ha])

L.....Fließlänge [km] (vom entferntesten Punkt zum Gebietsauslass)

n.....Rauhigkeitskoeffizient nach Manning = $1/k_{st}$ [s/m^{1/3}]
($k_{st}=10$ für Wald, $k_{st}=30$ für Wiese)

J.....Gefälle des Fließweges [-] = $\Delta h/L$

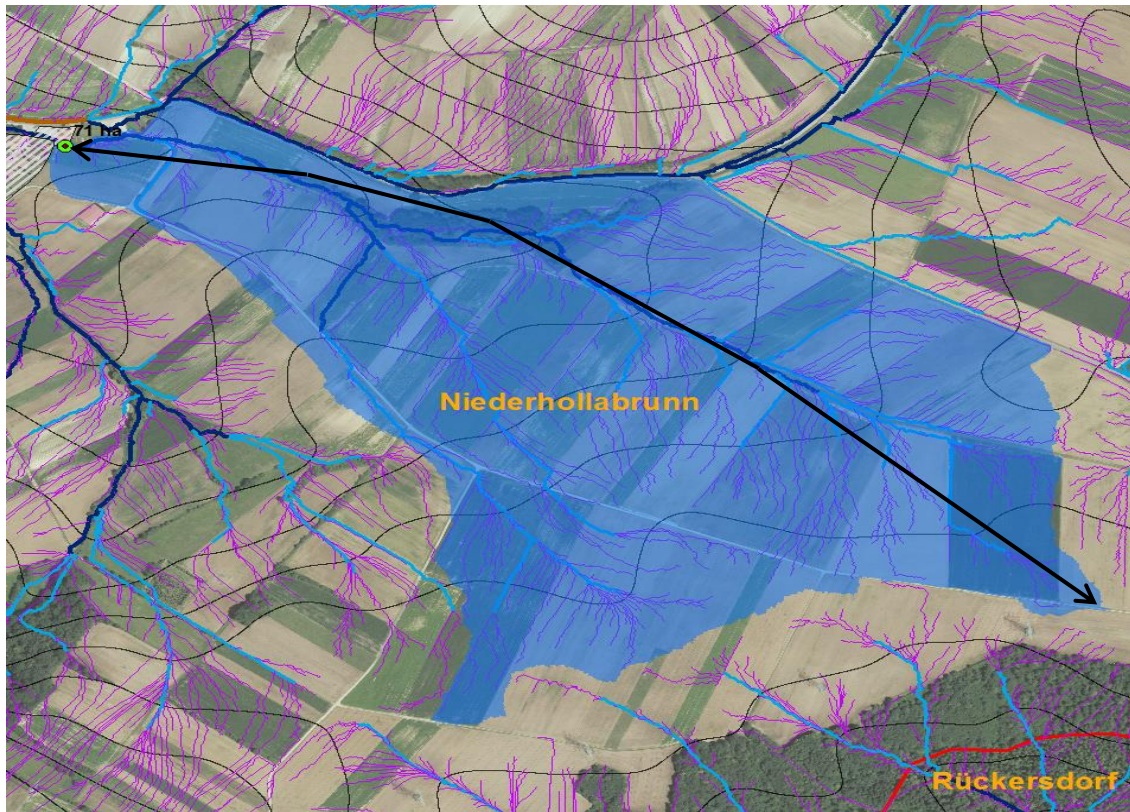


Abbildung 2: Ermittlung des Einzugsgebiets und der Einzugsgebietsgröße

Aus den Ergebnissen der Abschätzmethoden wird ein Mittelwert für die Konzentrationszeit gebildet und anschließend der Bemessungsniederschlag (mittlere Wert in der Tabelle) für den regional nächstliegenden Rasterpunkt laut eHyd [4] in mm ermittelt. Als Dauerstufe D wird die berechnete Konzentrationszeit (z.B. 30 min) verwendet sowie die Wiederkehrzeit T von 100 Jahren.

Bemessungsniederschlag h [mm] (gewichtete (g1,g2) Starkniederschlagsauswertung - h=g1MaxModN+g2ÖKOSTRA)
Gitterpunkt: 2018; (M34, R: 21520m, H: 5381857m)
Flächenabminderung: keine

Bemessungsniederschlag mit MaxModN (oberen)- und ÖKOSTRA (unteren)-Werten

Wiederkehrzeit (T)	1	2	3	5	10	20	25	30	50	75	100
Dauerstufe (D)											
5 Minuten	6.4	9.2	10.8	12.9	15.7	18.5	19.4	20.1	22.2	23.8	25.0
	5.6	7.8	9.1	10.8	13.0	15.2	16.0	16.5	18.2	19.5	20.4
10 Minuten	4.6	6.1	7.0	8.1	9.6	11.1	11.6	12.0	13.2	14.0	14.5
	8.0	11.7	13.8	16.5	20.2	23.9	25.0	26.0	28.7	30.9	32.4
15 Minuten	7.1	10.1	11.8	14.0	17.0	20.0	20.9	21.7	24.0	25.7	26.9
	6.1	8.4	9.7	11.3	13.6	15.8	16.5	17.1	18.8	20.0	21.0
20 Minuten	9.2	13.6	16.2	19.4	23.8	28.2	29.6	30.7	33.9	36.5	38.3
	8.2	11.8	13.9	16.5	20.0	23.6	24.8	25.7	28.2	30.4	31.9
30 Minuten	7.2	10.0	11.6	13.6	16.3	19.0	20.0	20.7	22.6	24.3	25.5
	10.1	15.0	17.9	21.4	26.3	31.2	32.8	34.0	37.6	40.5	42.5
45 Minuten	9.1	13.0	15.4	18.3	22.2	26.2	27.5	28.6	31.5	33.9	35.6
	8.2	11.2	13.0	15.3	18.4	21.6	22.6	23.6	25.8	27.7	29.1
60 Minuten	11.6	17.3	20.7	24.9	30.6	36.4	38.2	39.7	44.0	47.3	49.7
	9.7	13.3	15.5	18.2	21.8	25.5	26.7	27.8	30.5	32.8	34.4
90 Minuten	13.2	20.0	23.9	28.8	35.6	42.3	44.4	46.2	51.2	55.1	57.9
	12.2	17.6	20.6	24.6	29.9	35.2	37.0	38.5	42.5	45.7	48.0
100 Minuten	11.4	15.7	18.1	21.3	25.5	29.7	31.2	32.5	35.7	38.3	40.2
	14.6	22.1	26.5	32.0	39.5	47.1	49.5	51.4	57.0	61.4	64.5
120 Minuten	13.6	19.6	23.0	27.4	33.3	39.2	41.1	42.8	47.2	50.7	53.3
	12.9	17.7	20.4	24.0	28.7	33.4	35.0	36.4	40.0	42.9	45.0
150 Minuten	16.6	25.4	30.6	37.1	45.9	54.7	57.5	59.9	66.3	71.5	75.2
	15.5	22.1	26.0	30.9	37.5	44.1	46.3	48.2	53.0	56.9	59.8
180 Minuten	14.8	19.9	23.0	26.8	31.9	37.0	38.8	40.3	44.1	47.2	49.5

* - ÖKOSTRA-Wert ist größer/gleich dem MaxModN-Wert
 () - Bemessungsniederschlag liegt am Rand oder außerhalb der Bandbreite
 MaxModN - maximierte Modellniederschläge (HAÖ=Hydrologischer Atlas Österreichs (konvektives N-Modell); ALADIN-Vorhersagemodell (modifiziert))
 ÖKOSTRA - Internationales extremwertstatistische Niederschlagsauswertungen (DUNK124 modifiziert)

Abbildung 3: Ermittlung des Bemessungsniederschlages nach eHyd [4]

Die Regenspende ergibt sich somit aus

$$i_N [m/s] = \frac{\text{Bemessungsniederschlag [mm]} * 10^{-3}}{\text{Dauerstufe [min]} * 60}$$

3 ABSCHÄTZUNG VON WELLEN UND ABFLUSSVOLUMINA

Hangwassereinzugsgebiete sind kleine Einzugsgebiete, die eine kurze und rasche Reaktion auf einen Niederschlag ohne Basisabfluss zeigen. Aus diesem Grund wird die Abflussganglinie am Austrittspunkt des Einzugsgebietes als dreiecksförmige Welle angenommen (vgl. Abbildung 4: rechts oben), wenn die Niederschlagsdauer t_N gleich der Konzentrationszeit t_c ist.

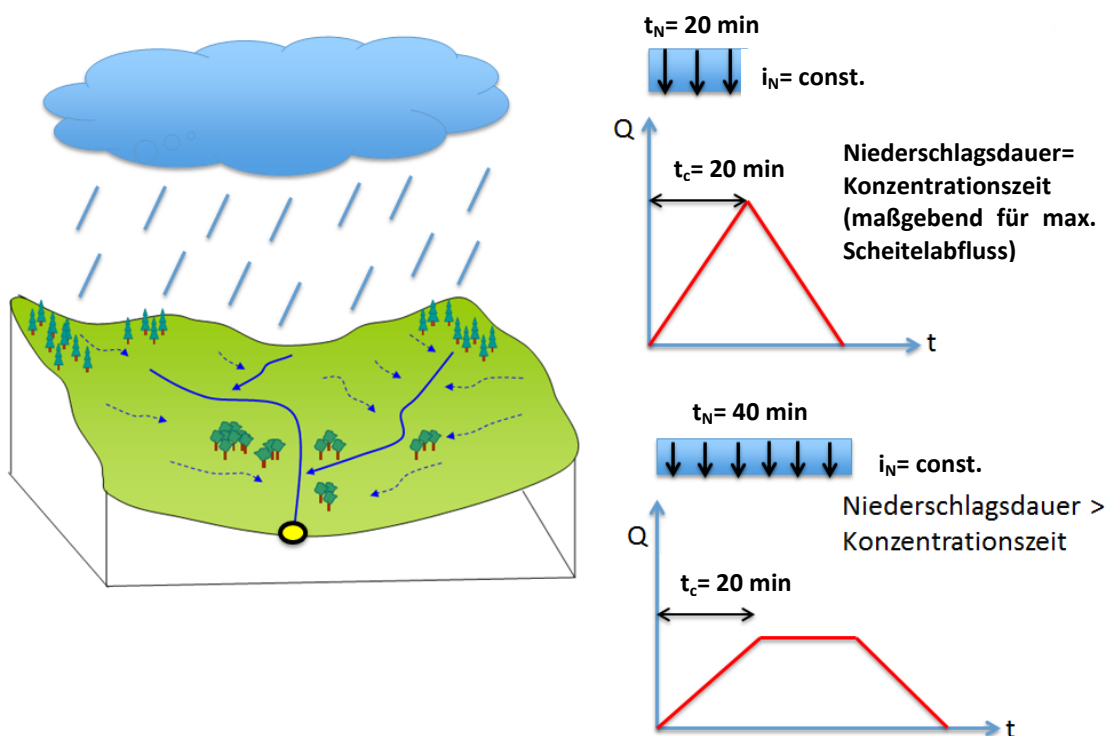


Abbildung 4: Einzugsgebiet und Abflussganglinien

Ist die Niederschlagsdauer länger als die Konzentrationszeit des Einzugsgebietes wird die Abflussganglinie am Austrittspunkt des Einzugsgebietes als trapezförmige Welle angenommen (vgl. Abbildung 4: rechts unten). In der Zeitdauer zwischen der Konzentrationszeit und der Niederschlagsdauer wird angenommen, dass das gesamte Einzugsgebiet mit räumlich und zeitlich einheitlichem Abflussbeiwert zum Abfluss beiträgt.

Die Niederschlagsintensität ist bei längeren Niederschlagsereignissen geringer als bei kürzeren Niederschlagsereignissen. Bei längeren Niederschlagsereignissen ist deshalb der Scheitelabfluss HQ_s (berechnet nach Kapitel 2) geringer, das Wellenvolumen kann allerdings zunehmen.

Nachfolgend wird ausgehend vom Wellenvolumen ein Richtwert für das erforderliche Retentionsvolumen $V_{ret,erf}$ eines Rückhaltebeckens angegeben. Das Retentionsvolumen leitet sich vom Volumen der trapezförmigen Welle her und ist abhängig von der Niederschlagsdauer t_N , dem Scheitelabfluss sowie dem angenommenen Abfluss aus dem Retentionsbecken.

$$V_{ret,erf} = t_N * (HQ_s - Q_{ab})$$

V_{ret}Retentionsvolumen [m³]

t_NNiederschlagsdauer [s]

HQ_sScheitelabfluss [m³/s] (vgl. Kapitel 2)

Q_{ab}vorhanden/geplant: Abfluss des Retentionsbeckens [m³/s]

4 ABSCHÄTZUNG VON ROHRKAPAZITÄTEN

Die Kapazitätsabschätzung von Entwässerungsrohren kann folgendermassen erfolgen:

- Die allgemein gültige Formel $Q = v \times A$ mit der Auflösung der Bernoulli-Gleichung nach v oder der Fließformel nach Strickler ergibt folgende Formel zur Abschätzung des Rohrquerschnittes:

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v}}$$

$$v = \sqrt{2 * g * h} \quad \text{oder} \quad v = k_{st} * I^{\frac{1}{2}} * R^{2/3}$$

D_{min}.....minimaler Rohrdurchmesser [m]

Q.....anfallendes Hangwasser [m³/s]

v.....Fließgeschwindigkeit [m/s]

g.....Schwerkraft [9,81 m/s²]

h.....Höhendifferenz zwischen Wasserspiegel flussauf und flussab des Rohres

k_{st}.....hydraulischer Widerstandsbeiwert [80-100 m^{1/3}/s] für Beton-, Blech- und PVC-Rohre

I.....Fließgefälle [-]

R.....hydraulischer Radius: geschätzt mit $D_{min} / 4$ [m]

- In Tabellenwerken [12] oder beim Hersteller von Entwässerungsrohren können Diagramme zur Dimensionierung von Entwässerungsrohren bezogen werden.

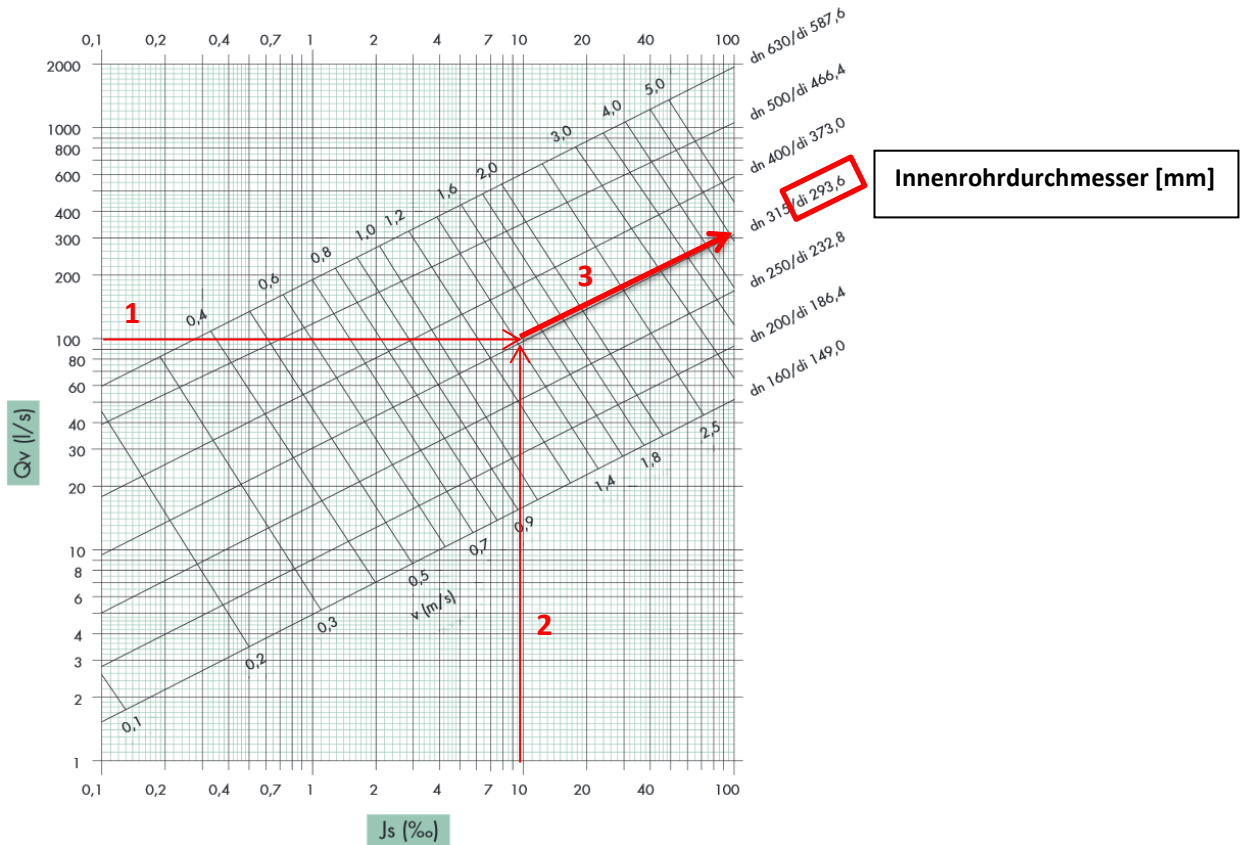


Abbildung 5: Nomogramm zur Ermittlung des erf. Rohrdurchmessers (Quelle: www.Jansen.com)

Q_v = Durchfluss bei Volfüllung

J_s = Sohlgefälle oder Wasserspiegelgefälle (bei Einstau)

5 BEISPIELE

In diesem Kapitel werden die unterschiedlichen Abschätzmethode für die Scheitelabflüsse anhand zweier Einzugsgebiete, deren Nutzung sich deutlich unterscheidet, verglichen. Beispielhaft wird auch die erforderliche Kapazität eines Rückhaltebeckens bzw. einer Ableitung ermittelt.

Einleitend wird, jeweils zum Vergleich, das Ergebnis einer aufwändigeren Abschätzung, unter Verwendung der lokalen Abflussbeiwerte entsprechend dem Projekt HydroBOD II, beschrieben.

5.1 EINZUGSGEBIET MIT VORWIEGEND ACKERFLÄCHE

In Abbildung 6 sind die Abflussganglinien für 8 unterschiedliche Vorfeuchteszenarien für ein Einzugsgebiet (ca. 78 ha) dargestellt, das hauptsächlich landwirtschaftlich genutzt wird.

Der erhebliche Unterschied im Scheitelabfluss zwischen verschlammten und nicht verschlammten Szenarien ist dadurch erklärbar, dass die Verschlämmung von Oberflächen bei Starkregenereignissen eine wesentliche Bedeutung hat. Dadurch wird die Infiltrationsleistung eines Bodens stark herabgesetzt und somit die Abflussbildung wesentlich beeinflusst. Im HydroBOD II Modellansatz wird für Ackerstandorte ein „Worst-Case Szenario“ mit extremer Verschlämmung erstellt, da hier die schützende Pflanzendecke häufig fehlt. [3]

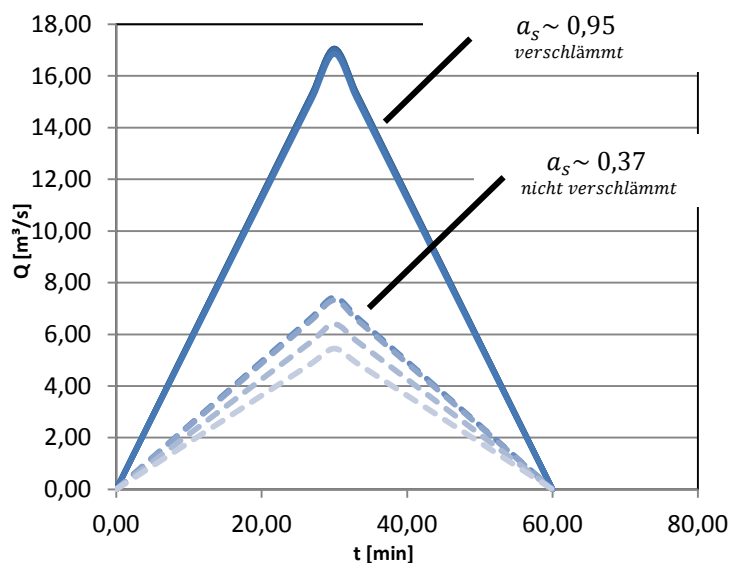


Abbildung 6: Einzugsgebiet mit vorwiegend Ackerfläche

Wie in der obigen Abbildung zu sehen ist, ist die Vorfeuchte (trocken, mittel, feucht und gesättigt) weniger entscheidend für diese Bodennutzung. Der Abflussbeiwert α_s liegt bei den verschlammten Szenarien bei ca. 0,95 und bei den nicht verschlammten Szenarien bei ca. 0,37. Bei einem 100-jährigen Regenereignis würde somit ein Scheitelabfluss, laut Kapitel 2.2, zwischen 5,4 m³/s (nicht verschlammte und trocken) und 17 m³/s (verschlammte und gesättigt) entstehen. Die Schwankungsbreite liegt in diesem Fall bei einem Faktor ca. 3.

Nachfolgend wird exemplarisch der Scheitelabfluss für zwei unterschiedliche Vorfeuchteszenarien (nicht verschlammte und trocken bzw. verschlammte und gesättigt) mit der „rationalen Methode“ berechnet (vgl. Kapitel 2.2.)

$$HQ_S = a_s * i_N * EZG$$

Als ersten Schritt wird mittels Abschätzmethoden die Konzentrationszeit t_c [h] berechnet:

- *Kreps* $t_c = 0,89 * EZG^{0,4} - 0,15 = 0,89 * 0,78^{0,4} - 0,15 = 0,66 \text{ h}$

- *Kerby* $t_c = 0,7452 * L^{0,47} * n^{0,47} * J^{-0,235}$

$$t_c = 0,7452 * 1,4^{0,47} * 0,05^{0,47} * 0,04^{-0,235} = 0,46 \text{ h}$$

- *Specht* $t_c = \left(\frac{1}{2} \text{ bis } \frac{1}{3}\right) * L = \left(\frac{1}{2} \text{ bis } \frac{1}{3}\right) * 1,4 = 0,6 \text{ h}$

Der Mittelwert aus den Abschätzmethoden ergibt 0,57 h bzw. 34,4 min. Die Konzentrationszeit wird mit 30 min (gerundet) angenommen.

Anschließend wird der Bemessungsniederschlag (mittlere Wert in der Tabelle) für den regional nächstliegenden Rasterpunkt laut eHyd [4] in mm ermittelt. Als Dauerstufe D wird die berechnete Konzentrationszeit $t_c=30$ min verwendet sowie eine Wiederkehrzeit $T=100$ Jahre.

Bemessungsniederschlag h [mm] (gewichtete (g1,g2) Starkniederschlagsauswertung - h=g1MaxModN+g2ÖKOSTRA)
Gitterpunkt: 2018; (M34, R: 21520m, H: 5381857m)
Flächenabminderung: keine

Bemessungsniederschlag mit MaxModN (oberen)- und ÖKOSTRA (unteren)-Werten

Wiederkehrzeit (T)	1	2	3	5	10	20	25	30	50	75	100
Dauerstufe (D)											
5 Minuten	6.4	9.2	10.8	12.9	15.7	18.5	19.4	20.1	22.2	23.8	25.0
	5.6	7.8	9.1	10.8	13.0	15.2	16.0	16.5	18.2	19.5	20.4
10 Minuten	8.0	11.7	13.8	16.5	20.2	23.9	25.0	26.0	28.7	30.9	32.4
	7.1	10.1	11.8	14.0	17.0	20.0	20.9	21.7	24.0	25.7	26.9
15 Minuten	9.2	13.6	16.2	19.4	23.8	28.2	29.6	30.7	33.9	36.5	38.3
	8.2	11.8	13.9	16.5	20.0	23.6	24.8	25.7	28.2	30.4	31.9
20 Minuten	10.1	15.0	17.9	21.4	26.3	31.2	32.8	34.0	37.6	40.5	42.5
	9.1	13.0	15.4	18.3	22.2	26.2	27.5	28.6	31.5	33.9	35.6
30 Minuten	11.6	17.3	20.7	24.9	30.6	36.4	38.2	39.7	44.0	47.3	49.7
	10.6	15.3	17.8	21.3	25.8	30.5	32.0	33.0	36.5	39.5	41.5
45 Minuten	13.2	20.0	23.9	28.8	35.6	42.3	44.4	46.2	51.2	55.1	57.9
	12.2	17.6	20.6	24.6	29.9	35.2	37.0	38.5	42.5	45.7	48.0
60 Minuten	14.6	22.1	26.5	32.0	39.5	47.1	49.5	51.4	57.0	61.4	64.5
	13.6	19.6	23.0	27.4	33.3	39.2	41.1	42.8	47.2	50.7	53.3
90 Minuten	16.6	25.4	30.6	37.1	45.9	54.7	57.5	59.9	66.3	71.5	75.2
	15.5	22.1	26.0	30.9	37.5	44.1	46.3	48.2	53.0	56.9	59.8
	14.8	19.9	23.0	26.8	31.9	37.0	38.8	40.3	44.1	47.2	49.5

* - ÖKOSTRA-Wert ist größer/gleich dem MaxModN-Wert
 () - Bemessungsniederschlag liegt am Rand oder außerhalb der Bandbreite
 MaxModN - maximierte Modellniederschläge (HAÖ=Hydrologischer Atlas Österreichs (konvektives N-Modell); ALADIN-Vorhersagemodell (modifiziert))
 ÖKOSTRA - interpolierte extremwertstatistische Niederschlagsauswertungen (DWDK124 modifiziert)

Abbildung 7: Ermittlung des Bemessungsniederschlages nach eHyd [4]

Die Regenspende errechnet sich aus

$$i_N [m/s] = \frac{\text{Bemessungsniederschlag [mm]} * 10^{-3}}{\text{Dauerstufe [min]} * 60} = \frac{41,5 * 10^{-3}}{30 * 60} = 0,00002306 \text{ m/s}$$

Der Scheitelabfluss für das Szenario nicht verschlämmt und trocken ($a_s = 0,3$ laut HYDROBOD II) mit einer Wiederkehrzeit von T=100 Jahren ergibt somit

$$HQ_{100} = a_s * i_N * EZG = 0,3 * 0,00002306 * 780000 = 5,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

Der Scheitelabfluss für das Szenario verschlämmt und gesättigt ($a_s = 0,95$ laut HYDROBOD II) mit einer Wiederkehrzeit von T=100 Jahren ergibt somit

$$HQ_{100} = a_s * i_N * EZG = 0,95 * 0,00002306 * 780000 = 17 \text{ m}^3/\text{s}$$

Das gleiche Einzugsgebiet (EZG in [ha]) ergibt nach der Methode von Kapitel 2.1 einen Scheitelabfluss von

$$HQ_{100max} = 12,0 * EZG^{0,85} = 12,0 * 0,78^{0,85} = 9,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

Nachfolgend wird das Volumen eines Rückhaltebeckens nach Kapitel 3 für dieses Einzugsgebiet abgeschätzt. In diesem Beispiel wird eine Niederschlagsdauer von $t_N=40$ min angenommen. Die Konzentrationszeit beträgt $t_c=30$ min. Weiters wird der Durchmesser des Grundablasses mit $D_{min}=600$ mm angenommen. Die Höhendifferenz zwischen freiem Wasserspiegel und Rohrausfluss (Zeitpunkt Vollstau) wird auf 3 m geschätzt.

Annahmen für die Abschätzung:

- $HQ_s = 8 \text{ m}^3/\text{s}$ (aufgerundet)
- $t_N = 40 \text{ min}$ (2400 sec)
- $h = 3 \text{ m}$

Ermittlung des Durchflusses im Grundablass:

$$v = \sqrt{2 * g * h} = \sqrt{2 * 9,81 * 3} = 7,6 \text{ m/s}$$

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 * Q_{ab}}{\pi * v}}$$

$$\rightarrow Q_{ab} = \frac{D_{min}^2 * \pi * v}{4} = \frac{0,6^2 * \pi * 7,6}{4} = 2,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

Abschätzung des erforderlichen Retentionsvolumens:

$$V_{ret,erf} = t_N * (HQ_s - Q_{ab}) = 2400 * (8 - 2,1) = 14160 \text{ m}^3$$

5.2 EINZUGSGEBIET MIT VORWIEGEND WALD

Die Scheitelabflüsse wurden wie in Kapitel 5.1 für ein bewaldetes Einzugsgebiet unter Verwendung der Abflusskoeffizienten aus HydroBOD II ermittelt. In Tabelle 4 sind die unterschiedlichen Scheitelabflüsse dargestellt, die für ein Einzugsgebiet (ca. 11 ha) berechnet wurden, das hauptsächlich aus Waldflächen besteht (Bemessungsniederschlags 37,8 mm, Niederschlagsdauer und Konzentrationszeit 15 min, Wiederkehrzeit T=100 Jahre). Im HydroBOD II-Modellansatz wird auf Waldstandorten bzw. Dauergrünland aufgrund der schützenden Pflanzendecke keine Verschlämmung angenommen. Deshalb unterscheiden sich die Scheitelabflüsse, anders als in Kapitel 5.1, lediglich im Vorfeuchtezustand.

Qs [m³/s]:

	nicht verschlämmt	verschlämmt
trocken	0,00	0,00
mittel	0,16	0,16
feucht	0,34	0,34
gesättigt	0,34	0,34

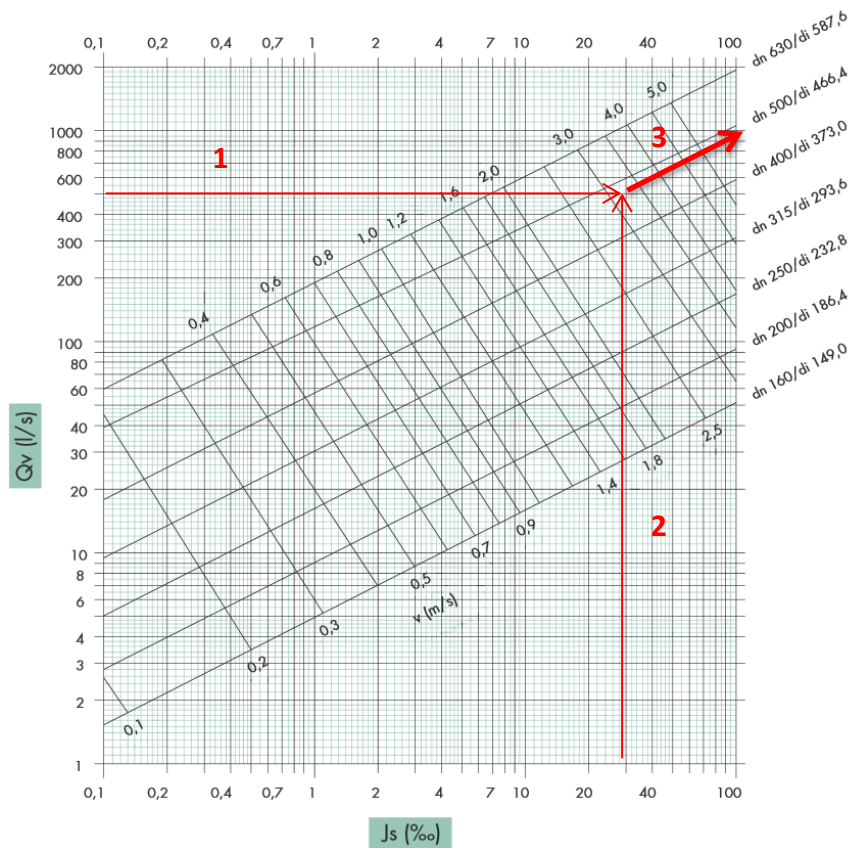
Tabelle 4: Scheitelabflüsse in einem Einzugsgebiet mit vorwiegend Wald

Für das bewaldete Einzugsgebiet mit ca. 11 ha ergibt sich nach der Methode von Kapitel 2.2 unter der Annahme eines Bemessungsniederschlags von 37,8 mm, einer Niederschlagsdauer und Konzentrationszeit von 15 min, einer Wiederkehrdauer von T=100 Jahren sowie einem Abflussbeiwert von 0,1 ein maximaler Scheitelabfluss von

$$HQ_{100} = a_s * i_N * EZG = 0,1 * \frac{37,8 \text{ mm} * 10^{-3}}{15 \text{ min} * 60} * 110000 = \mathbf{0,46 \text{ m}^3/\text{s}}$$

In weiterer Folge soll der erforderliche Durchmesser eines Entwässerungsrohres abgeschätzt werden. Folgende weitere Annahmen werden für dieses Gebiet getroffen:

- $HQ_s = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (aufgerundet)
- $J_s = 3 \%$



Ein Rohrdurchmesser von $D = 500 \text{ mm}$ kann das anfallende Hangwasser ableiten, ohne einen Rückstau zu erzeugen.

6 WEITERES VORGEHEN IN RICHTUNG MASSNAHMENPLANUNG

6.1 HYDROLOGISCHE ABSCHÄTZUNGEN UND AUSWEISUNG DER GEFÄHRDUNG

In einem weiteren Arbeitsschritt bzw. bei komplexeren Einzugsgebieten muss eine hydrologische Betrachtung der Teilgebiete zur Festlegung von Bemessungswassermengen für Ableitungen und von Bemessungsvolumina für Rückhalt erfolgen. Hierfür sind zumindest die Abschätzung der relevanten Regendauern und Jährlichkeiten, die Ermittlung der Regenspenden und der Abflusskoeffizienten sowie die Abschätzung oder die Berechnung von Bemessungswassermengen und Hochwasserwellen erforderlich.

In komplexeren Verhältnissen ist es auch erforderlich, die Überflutungsflächen und Wassertiefen zu berechnen und darzustellen. Dies kann durch hydraulische 2d-Niederschlag-/Abflussberechnung auf Grundlage des verbesserten DGM evtl. unter Berücksichtigung der Siedlungsentwässerung erfolgen (vereinfachte 2d-Berechnung mit FloodArea, 2d-Berechnung mit Hydro_As-2d und anderen Programmpaketen).

Im Weiteren muss der Gefahrenbereich vor weiteren Planungsschritten auf Grund von Erfahrungen, weiteren Unterlagen und durch Begehung verifiziert werden. Dabei sind Informationen zu Durchlässen, zur Kapazität der Siedlungsentwässerung und anderer Ableitungen, zu Übertritten aus seichten Tiefenlinien, etc. zu sammeln.

6.2 MASSNAHMENPLANUNG

Aufbauend auf diesen Grundlagen erfolgen Planungen für Maßnahmen der Raumordnung, des Wasserbaus, der Bautechnik oder und des Katastrophenschutzes. Im Folgenden sind generelle Maßnahmentypen zum Schutz von Gefährdungen durch Hangwasser aufgelistet.

Maßnahmen der Raumordnung:

- Freihaltung von Gefährdungsbereichen
- Bebauungsplanung mit Sicherung von Abflusswegen und Festlegung von allgemeinen Bauvorschriften

Maßnahmen im Einzugsgebiet – Beispiele:

- Ableitung von Hangwasser zu einem größeren Vorfluter
- Rückhalt
- Minderung der Gefährdung bei häufigeren Niederschlagsereignissen durch geänderte Flächenbewirtschaftung

Maßnahmen an den gefährdeten Objekten oder am Grundstück - Beispiele:

- angepasste Nutzung von gefährdeten Gebäudeteilen
- mobile oder permanente Abdichtung oder Hochziehen von Öffnungen (Türen und Tore, Fenster, Lichtschächte)
- Sicherung von Tanks gegen Auftrieb

Maßnahmen des Katastrophenschutzes

- Identifikation besonderer Gefährdungsbereiche (Tiefstellen, Unterführungen ,...)
- Einsatzplanung mit Identifikation der Einsatzschwerpunkte, der vorhersehbaren Sofortmaßnahmen, der Möglichkeit für temporäre Ableitungen ohne weitere Gefährdungen, etc.

AMT DER NIEDERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG
Gruppe Wasser

A-3109 St. Pölten, Landhausplatz 1, Haus 2
Tel. +43/2742/9005-14271; Fax +43/2742/9005-14090
post.wa@noel.gv.at www.wasseristleben.at

www.noe.gv.at