



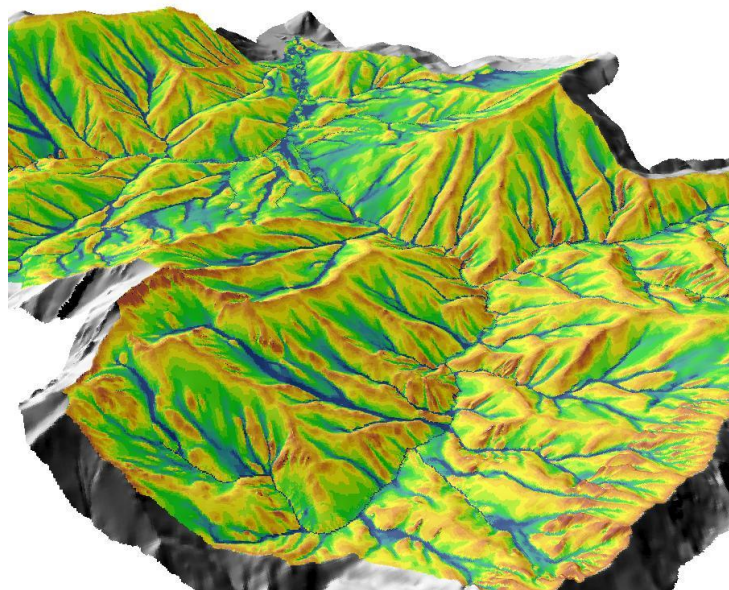
EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL
DEVELOPMENT FUND



**CENTRAL
EUROPE**
COOPERATING FOR SUCCESS.



LABEL– LABE ELBE ADAPTION TO FLOOD RISK



12/9/2011

Einfluss der Landnutzung auf das
Hochwassergeschehen am Beispiel der Ybbs
Zubringer Hammerbach und Urlbach

Endbericht

LABEL– Labe Elbe Adaption to Flood Risk

*Einfluss der Landnutzung auf das Hochwassergeschehen am Beispiel der Ybbs Zubringer
Hammerbach und Urlbach*

Inhalt

A. EINLEITUNG	2
B. HYDROLOGISCHE MODELLIERUNG.....	4
B.1 HYDR ² AC	4
B.2 Modelleichung.....	7
C. MODELLEICHUNG URLBACH	10
C.1 Einzugsgebietscharakteristik	10
C.2 Modelleichung HYDR ² AC.....	11
C.2.1 Ereignis vom 12.8.2002.....	11
C.2.2 Ereignis vom 6.8.1985	15
C.2.3 Mittelwasserabfluss.....	17
C.2.4 Zusammenfassung Modelleichung Urlbach.....	18
D. MODELLEICHUNG HAMMERBACH	18
D.1 Einzugsgebietscharakteristik	18
D.2 Modellvalidierung	19
E. LANDNUTZUNGSÄNDERUNGEN DER LETZTEN 150 JAHRE	22
E.1 Landnutzungsänderungen bei Waidhofen an der Ybbs	26
E.2 Landnutzungsänderungen bei Seitenstetten.....	27
E.3 Heutige Landnutzung in den beiden Einzugsgebieten des Urlbachs und des Hammerbachs	29
F. MÖGLICHE WIRKUNGEN DER LANDNUTZUNGSÄNDERUNGEN.....	30
F.1 Auswirkungen auf das Evapotranspirationsverhalten.....	30
F.2 Auswirkungen auf die Infiltrationseigenschaften.....	34
F.3 Auswirkungen der Bodenbearbeitung/Bodenstruktur.....	36
G. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE.....	37

A. Einleitung

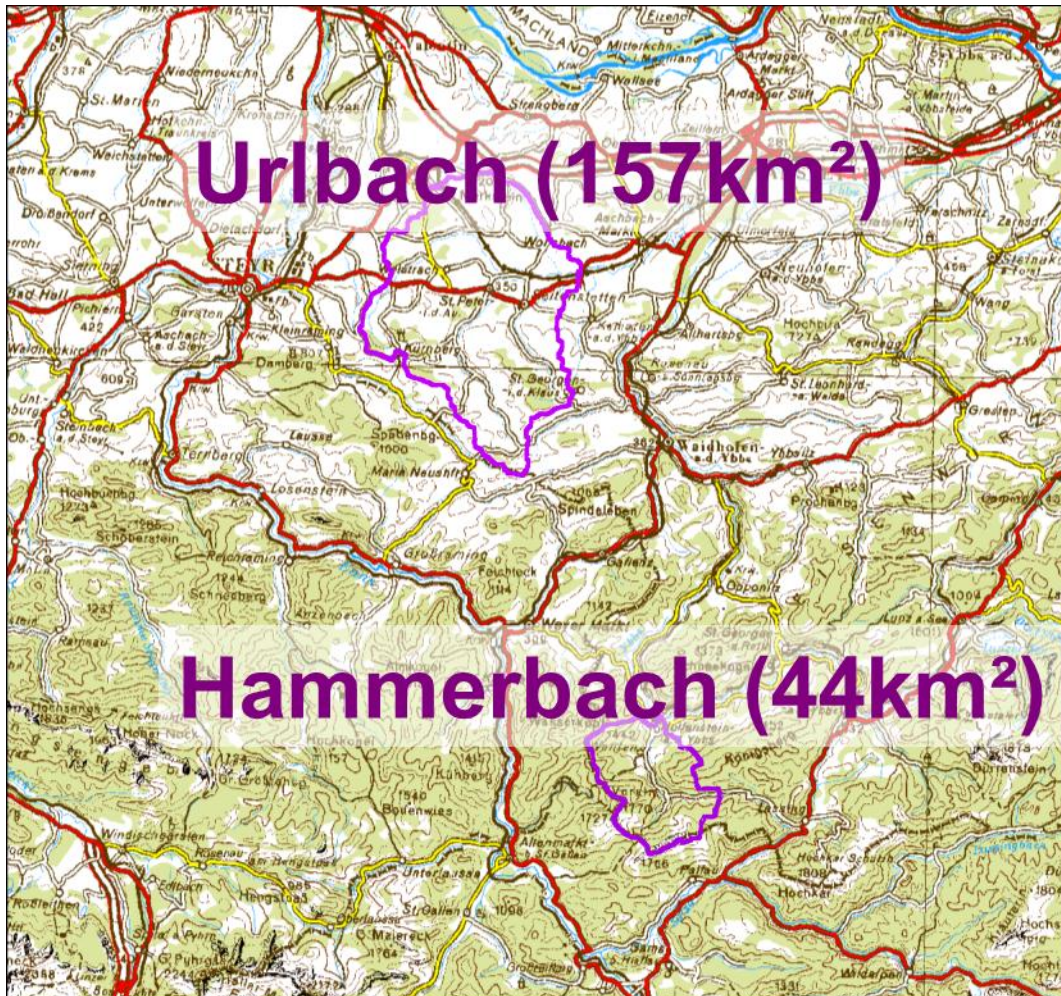


Abbildung 1: Untersuchungsgebiete

Die Rolle der Landnutzung und Landbedeckung in Einzugsgebieten von Wildbächen hinsichtlich der Schutzwirkung bei Erosionen, Muren, Hochwasser und Lawinen ist hinlänglich bekannt. Gerade in den letzten 150 Jahren kam es in vielen Gegenden (so auch im Einzugsgebiet der Ybbs) zu erheblichen Umstrukturierungen der Landnutzung. Während in manchen Gegenden (v.a. in den gebirgigen Regionen) eine Extensivierung der Landnutzung zu erkennen ist, wurde in anderen Bereichen die Landwirtschaft intensiviert. Darüber hinaus haben sich die Siedlungsbereiche erheblich ausgeweitet.

Die Wirkung unterschiedlicher Landnutzungen auf das hydrologische Regime ist auf dem Detailflächenmaßstab hinlänglich untersucht und nachgewiesen. Es soll hier nun versucht werden, die Auswirkungen solcher Änderungen der Landnutzung auf das hydrologische Regime von Einzugsgebieten zu fassen und zu modellmäßig zu quantifizieren.

Es ist z.B. anzunehmen, dass ein erhöhter Waldanteil in mehrfacher Hinsicht das hydrologische Regime verändert. Durch die verstärkte Humusbildung und das intensivierte Bodenleben ist mit einer Erhöhung des verfügbaren Porenraums zu rechnen, dieser Effekt könnte durch die erhöhte Evapotranspirationsleistung des Waldes im Vergleich zu landwirtschaftlichen Flächen noch verstärkt werden. Darüber hinaus bieten die Interzeptionsleistung des Waldes bei kurzzeitigen Starkniederschlägen und die verminderten Hystereseeffekte des Bodens weitere Anhaltspunkte für eine dämpfende Wirkung des Waldes auf das hydrologische Geschehen.

Traditionelle Verfahren der Abschätzung hydrologischer Gefahren können solche Effekte nur sehr grob fassen. So geht der Waldanteil in viele Flächenformeln ein. Diese bieten aber keine Möglichkeit, die Waldwirkung bei unterschiedlichen Ereignistypen (kurzzeitig und intensiv versus lange anhaltender Landregen) zu unterscheiden. Auch das SCS-Verfahren bietet mit den 3 Vorbefeuchtungsklassen nur eine sehr grobe Methode, um z.B. Effekte erhöhter Evapotranspiration und damit geringerer Vorbefeuchtung zu berücksichtigen.

Im gegenständlichen Vorhaben soll mit einem alternativen hydrologischen Verfahren (Modell HYDR²AC) die Auswirkung von Landnutzungsänderungen auf das hydrologische Extremereignisgeschehen am Beispiel zweier Zubringer zur Ybbs, dem Urlbach und dem Hammerbachabgeschätzt werden.

B. Hydrologische Modellierung

B.1 HYDR²AC

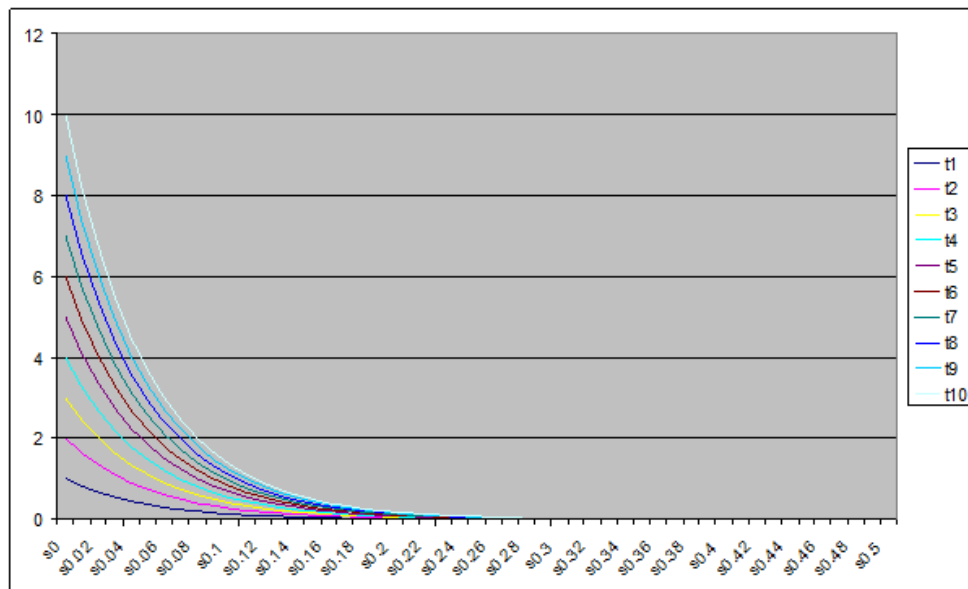


Abbildung 2: Transmissivität, T bei unterschiedlichen T_0 und unterschiedlichen Speicherdefiziten, $m=0,05$

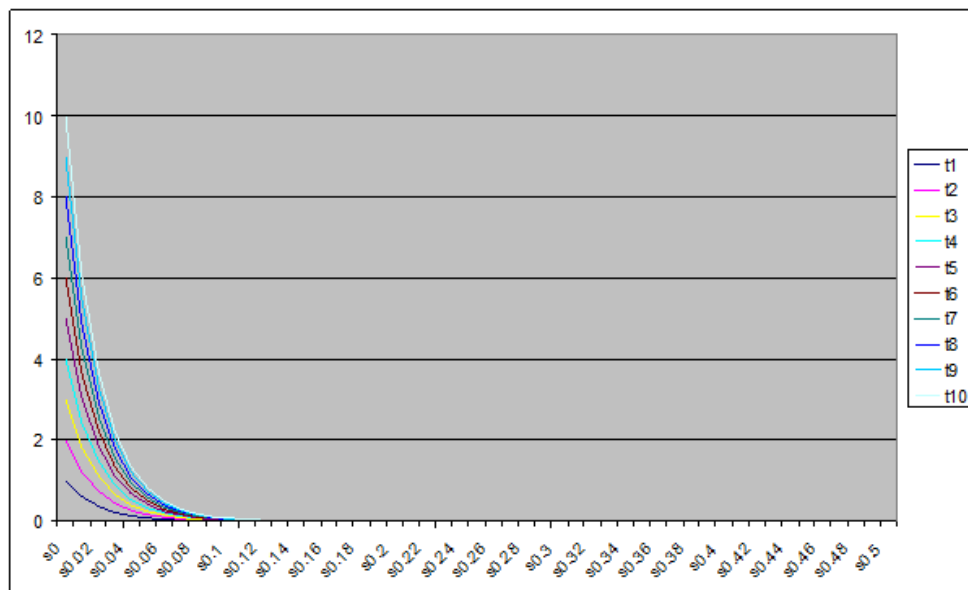


Abbildung 3: Transmissivität, T bei unterschiedlichen T_0 und unterschiedlichen Speicherdefiziten, $m=0,02$

Das Modell HYDR²AC (Hydrological Rainfall Runoff Model for Alpine Catchments) ist eine Implementierung des TOPMODEL-Ansatzes. Das TOPMODEL-Konzept (BEVEN et. Al. 1995) ist ein semiverteiltes hydrologisches Modell, das vor allem die Abflussbildung durch Interflow und Sättigungsflächen darstellt. Dieses Modell geht davon aus,

dass vor allem Bereiche, die ein großes lokales Einzugsgebiet und eine geringe lokale Neigung haben zu Abflussbildung neigen. Die Abflussneigung über Sättigung wird über den topographischen Index dargestellt.

$$\lambda = \ln\left(\frac{a}{\tan\beta}\right)$$

Wobei:

- λ topographischer Index
- a lokale Einzugsgebietsfläche
- β Lokale Hangneigung

Eine weitere Annahme in TOPMODEL ist, dass die Geschwindigkeit der Interflowprozesse einem Exponentialgesetz folgt.

$$T = T_0 e^{-S/m}$$

Wobei

- T Transmissivität = Menge des Interflows
- T_0 Transmissivität bei voller Sättigung
- S Sättigungsdefizit (=0 bei Vollsättigung)
- m empirischer Koeffizient, der die Mächtigkeit der Bodenschicht angibt, die am Interflow beteiligt ist

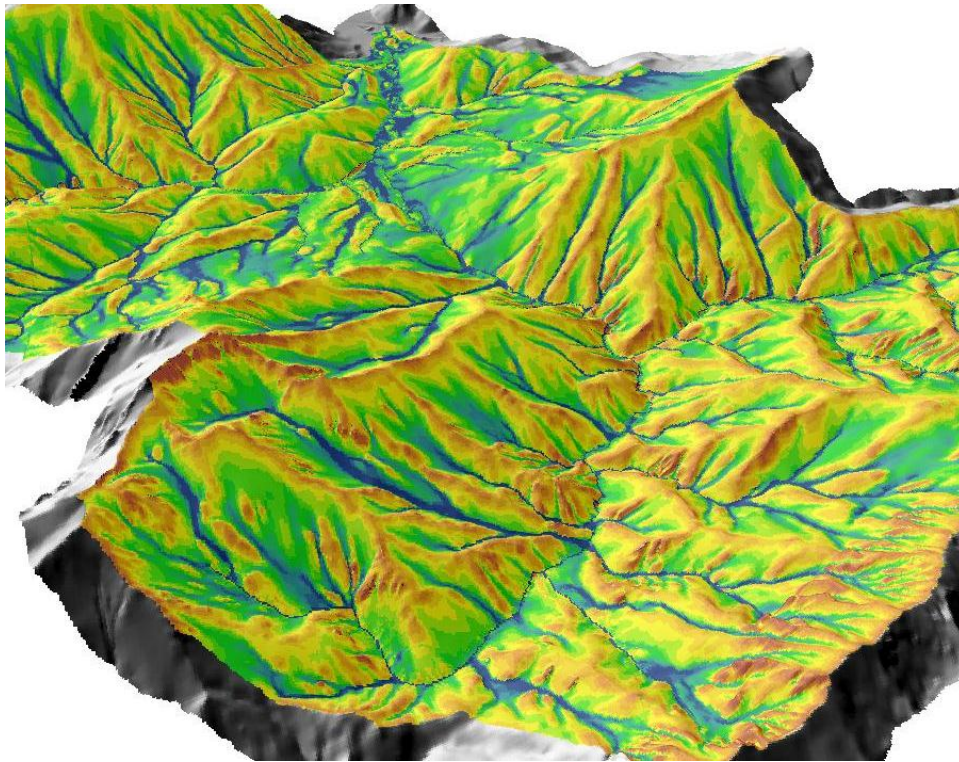


Abbildung 4: topographischen Index im Hammerbach. Bereiche in Blautönen deuten auf einen hohen topographischen Index und damit eine hohe Sättigungsbereitschaft hin; braune Bereiche verfügen über einen geringen topographischen Index

Aus diesem Ansatz ergibt sich, dass ein trockenes Einzugsgebiet nur in geringem Maße auf einen Niederschlagsinput reagiert. Je größer die Vorbefeuchtung eines Einzugsgebiets ist, desto größer wird der Anteil des Abflusses am Niederschlag sein. Neben der detaillierten Berücksichtigung der Vorbefeuchtung kann HYDR²AC auch das tätige Porenvolumen über den Parameter m modellieren und so helfen, die Bodenverbesserung oder –degradierung durch unterschiedliche Bewirtschaftungsformen darzustellen.

Abbildung 2 und Abbildung 3 zeigen die Transmissivität – also die laterale Transportkapazität -des Bodens bei unterschiedlicher Mächtigkeit der tätigen Bodensäule und unterschiedlicher Leitfähigkeit bei Vollsättigung variiert über das Speicherdefizit. Daraus ist zu erkennen, dass bei geringem Speicherdefizit = hoher Sättigungsgrad deutlich mehr Wasser lateral transportiert werden kann. Im Nähe der Vollsättigung (links im Diagramm) wirken sich Änderungen der Sättigung besonders stark aus. Je höher die Transmissivität, desto stärker ist die Abflussbildung. Eine erheblichen Einfluss auf die Transmissivität hat auch der Parameter m , der die Mächtigkeit der tätigen Bodensäule darstellt. Maßnahmen, die in die Bodenstruktur eingreifen, können daher maßgebliche Einflüsse auf die Geschwindigkeit der Abflussbildung haben.

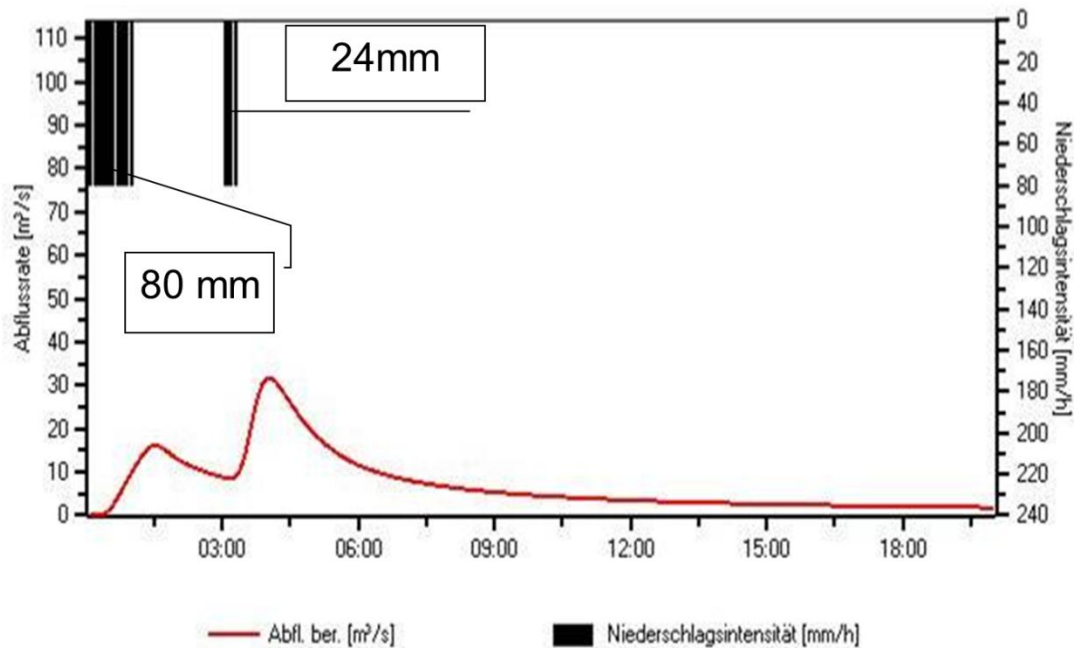


Abbildung 5: Unterschiedliche Wirkung von Niederschlagssignalen auf den Abfluss bei unterschiedlicher Vorbefeuchtung

HYDR²AC bietet auch die Möglichkeit der Modellierung von Infiltrationsüberschuss. Dies erfolgt durch das Infiltrationsmodell nach Green und Ampt.

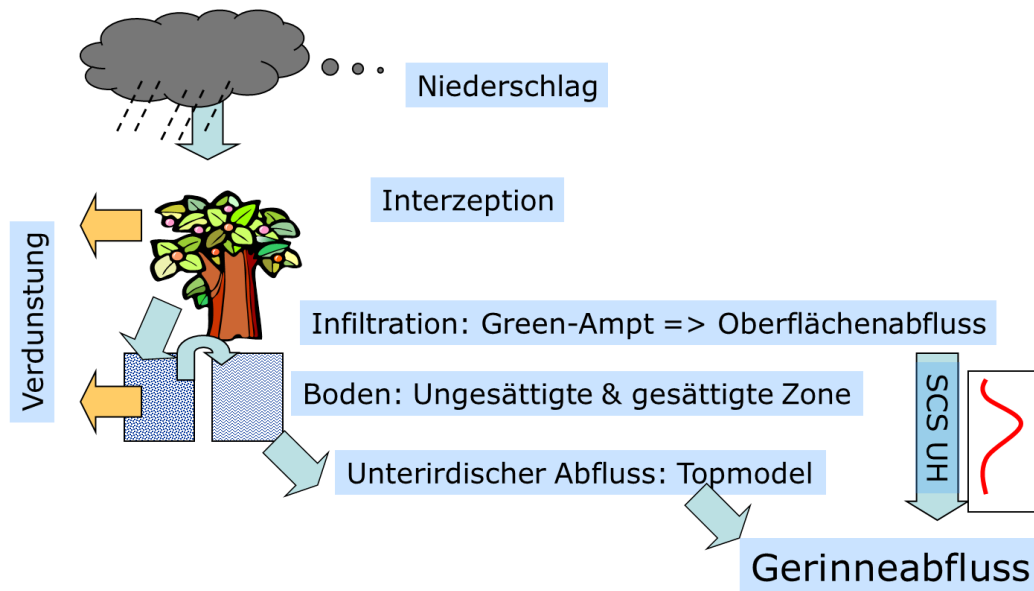


Abbildung 6: Schematische Darstellung der hydrologischen Modellkomponenten von HYDR²AC

B.2 Modelleichung

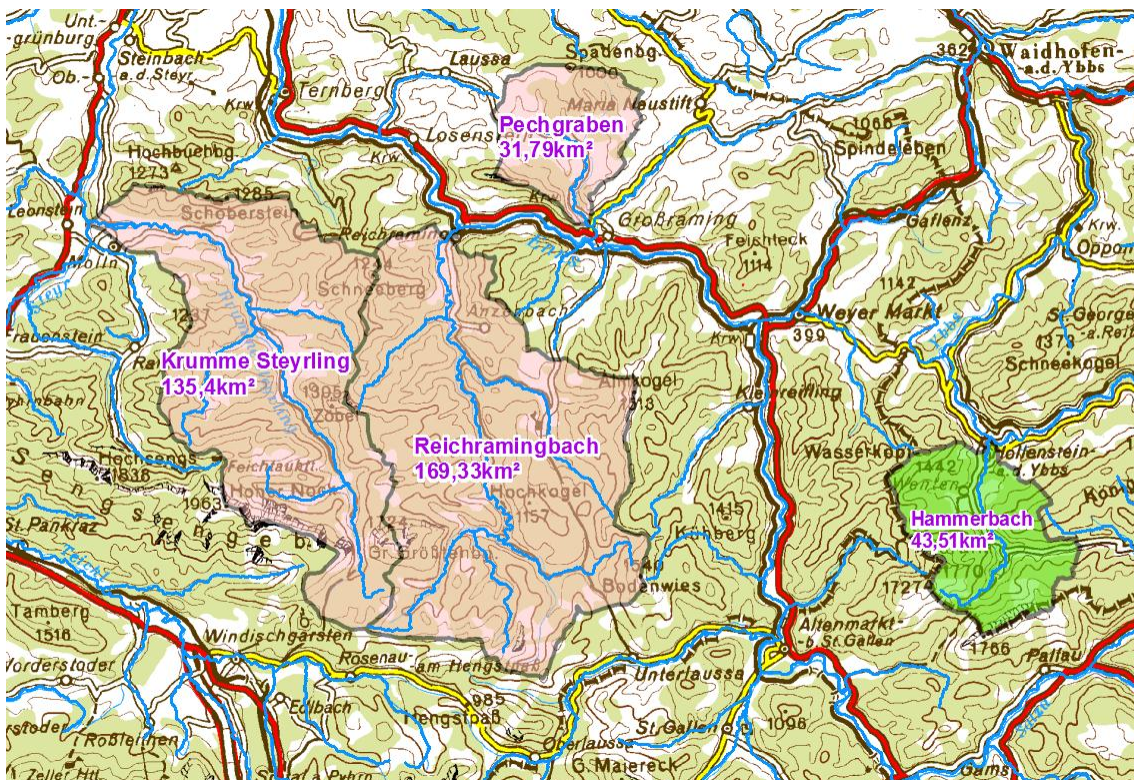


Abbildung 7: Beobachtete Einzugsgebiete im Umfeld des Hammerbachs

Für das Einzugsgebiet des Hammerbachs bei Waidhofen an der Ybbs gibt es keine hydrometrischen Daten. Es gibt aber in unmittelbarer Nachbarschaft in Oberösterreich einige kleinere Einzugsgebiete, die schon länger

hydrographisch beobachtet werden. Diese Einzugsgebiete werden daher für die Aneichung von HDR²AC auf den Hammerbach herangezogen.

In der Folge sind nun einige Eichrechnungen für die einzelnen Einzugsgebiete dargestellt.

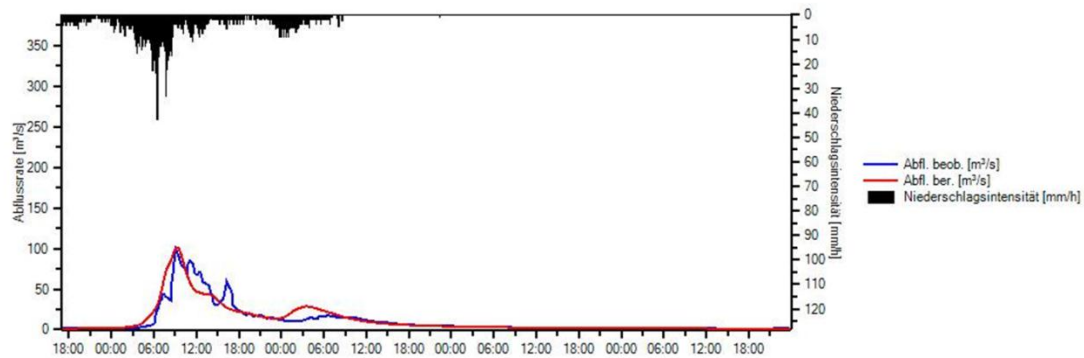


Abbildung 8: Eichrechnung Prechgraben, Hochwasser August 2002, 172mm Niederschlag in 24h mit Vorbefeuchtung

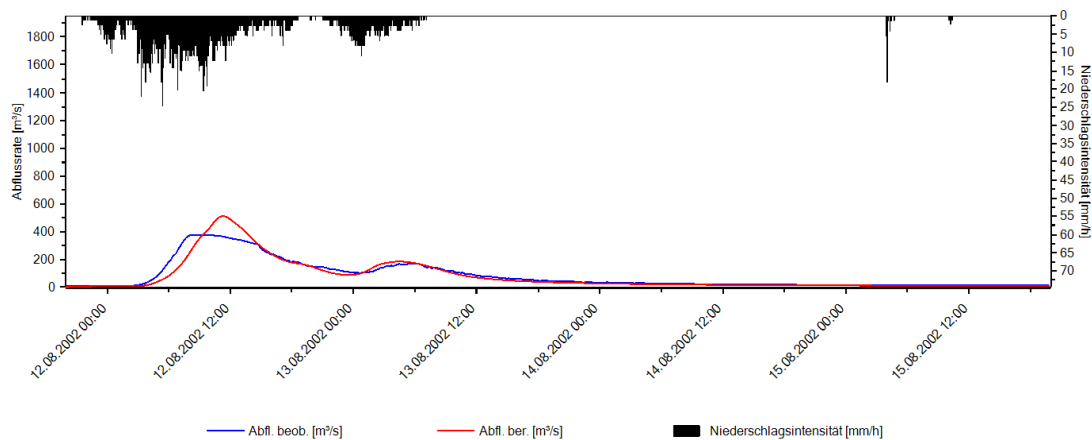


Abbildung 9: Eichrechnung Auguthochwasser 2002, Reichrammingbach

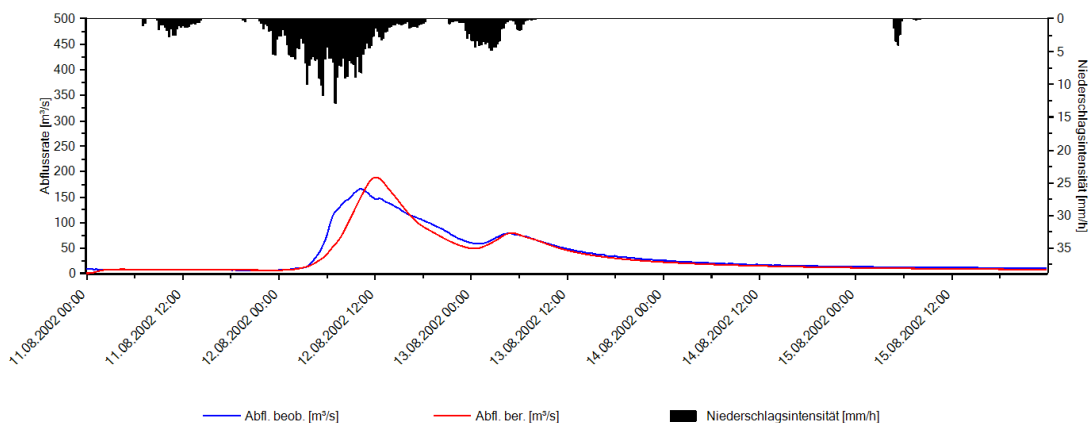


Abbildung 10: Eichrechnung Auguthochwasser 2002, Krumme Steyrling

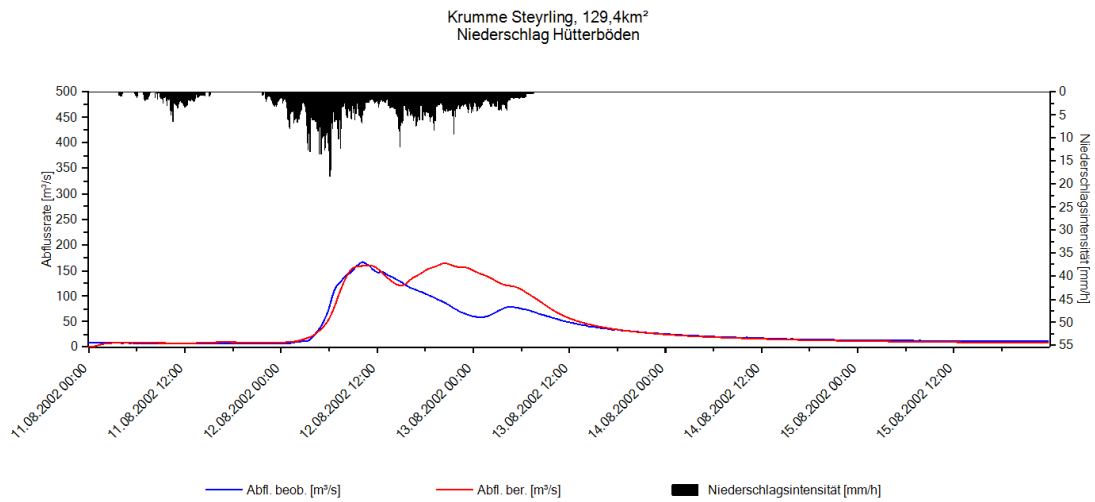


Abbildung 11: Eichrechnung Augusthochwasser 2002, Krumme Steyrling, alternativer Niederschlag;

C. Modelleichung Urlbach

C.1 Einzugsgebietscharakteristik

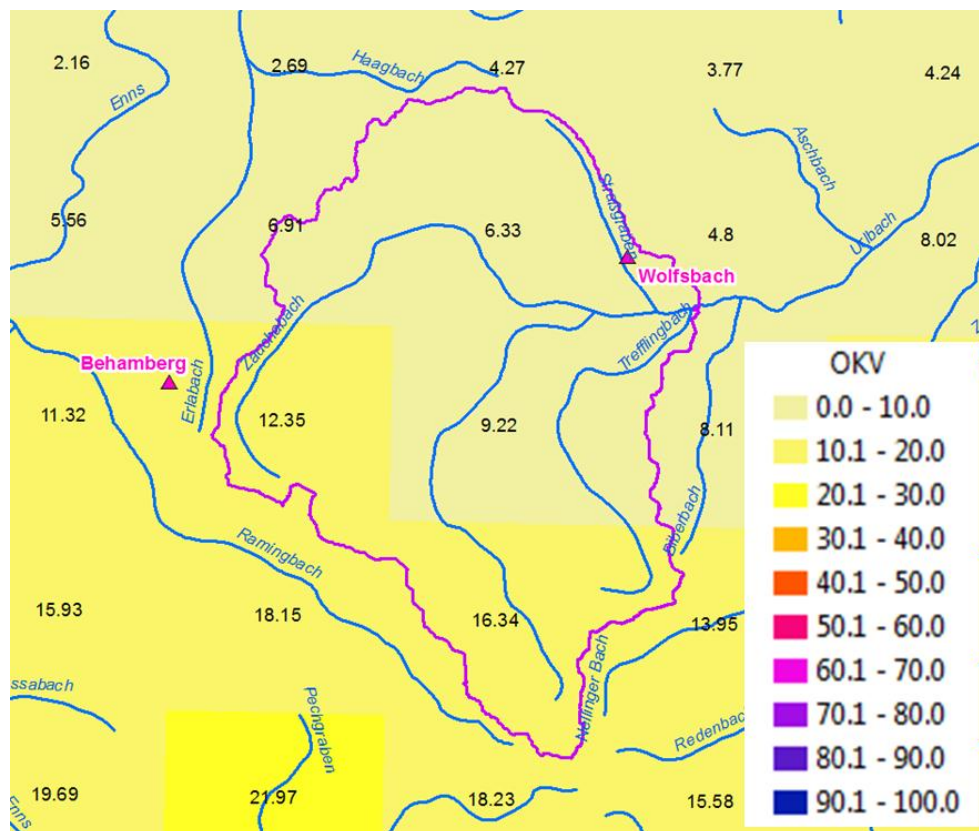


Abbildung 12: Einzugsgebiet des Urlbachs bis zum Pegel Krenstetten mit den Ombrographen Behamberg und Wolfsbach

Der Urlbach ist ein linksufriger Zubringer zur Ybbs. Es fehlen in dem Einzugsgebiet größere urbane Zentren. Wichtigstes lokales Zentrum ist die Gemeinde St. Peter in der Au, die über einige kleinere Industriebetriebe verfügt. Das Einzugsgebiet des Urlbachs ist überwiegend landwirtschaftlich geprägt. Durch die relativ geringen topographischen Differenzen liegt nur eine geringe Gewitterneigung vor. Der orographisch konvektive Verstärkungsindex, erreicht Werte zwischen 5 und 16 und liegt damit im unteren Bereich, der bis 100 reichenden Skala. Daher sind in diesem Einzugsgebiet auch vor allem lange anhaltende Ereignisse für die größten Durchflüsse verantwortlich. Konvektive Starkregenereignisse spielen eine untergeordnete Rolle.

Für die gegenständliche Untersuchung wird das Einzugsgebiet des Urlbachs bis zum Pegel Krenstetten des hydrographischen Dienstes NÖ betrachtet. An diesem Pegel hat der Urlbach ein Einzugsgebiet von rund 157km².

Tabelle 1: Jährlichekeiststatistik Pegel Krenstetten

Frequenz	HQ100	HQ30	HQ10	HQ5	HQ2	HQ1	MQ
Q [m ³ /s]	190	152	118	100	75	52	2.1

Tabelle 2: Historische Hochwässer

Datum	Q [m3/s]	Jährlichkeit
12.08.2002	192	100
02.08.1991	136	20
21.03.2002	134	19
31.01.1982	113	8
11.07.2005	111	8
24.06.2009	107	7
23.06.2009	105	7
06.08.1985	100	5
09.07.1987	99	5
18.05.1991	99	5

Für die Kalibrierung des Modells werden die Ereignisse vom 12.8.2002 und vom 6.8.1985 herangezogen. Bei diesen beiden Ereignissen kann davon ausgegangen werden, dass die Messeinrichtungen funktionierten und dass es keine Einflüsse durch andere Prozesse, wie Schneeschmelze gab.

C.2 Modelleichung HYDR²AC

C.2.1 Ereignis vom 12.8.2002

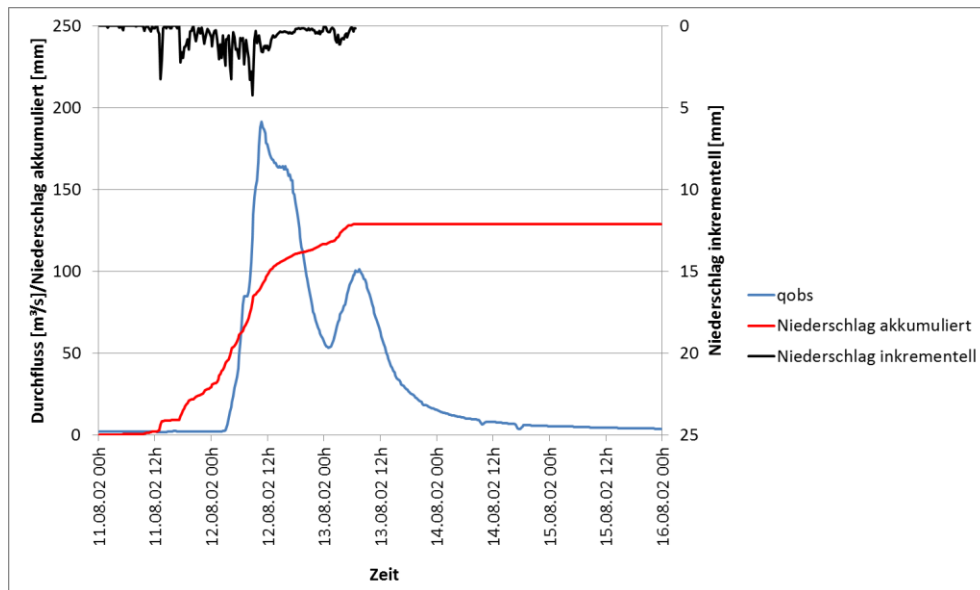


Abbildung 13: Ereignis vom 12.8.2002; Niederschlagsdaten der Ombrographen Behamberg und Wolfsbach gemittelt

Das Ereignis vom 12.8.2002 stellt das größte im Urlbach beobachtete Ereignis dar und entspricht in etwa einem HQ100. Für dieses Ereignis liegen Niederschlagsmessungen für die Ombrographen Behamberg und Wolfsbach mit

einer zeitlichen Auflösung von 15min vor. Das Niederschlagsereignis, das die Spitzenabflüsse erzeugte, dauerte rund 24h und hatte eine Ereignishöhe von rund 110mm. Das Gesamtereignis dauerte rund 48h mit einer akkumulierten Ereignishöhe von rund 130mm.

Die Eichrechnungen erfolgen jeweils mit den Niederschlagsdaten des einen und des anderen Ombrographen und mit einem Mittelwert aus den beiden Messungen.

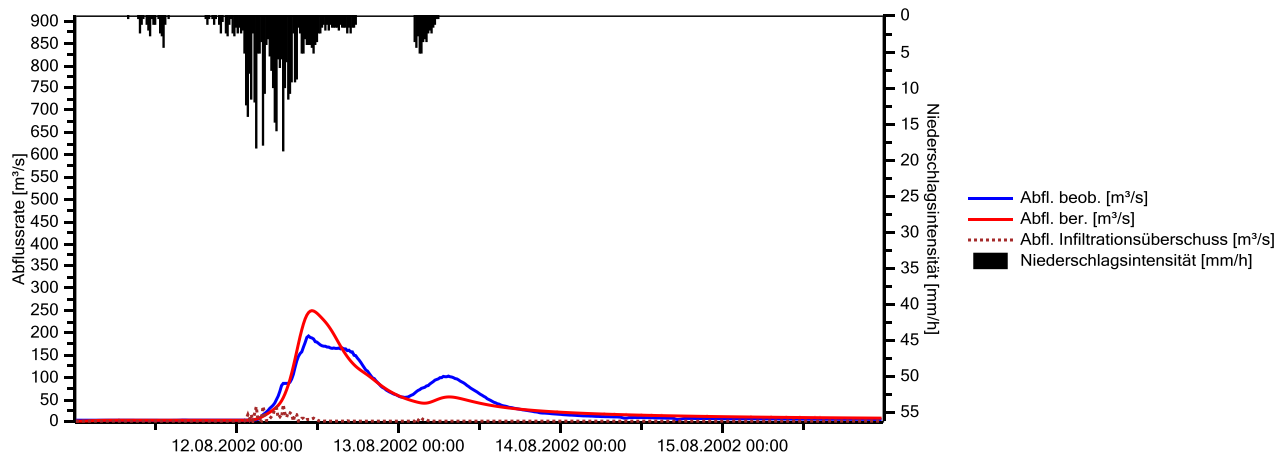


Abbildung 14: Ergebnisse der HYDR²AC-Eichrechnung des Ereignisses vom August 2002, Ombrograph Behmberg

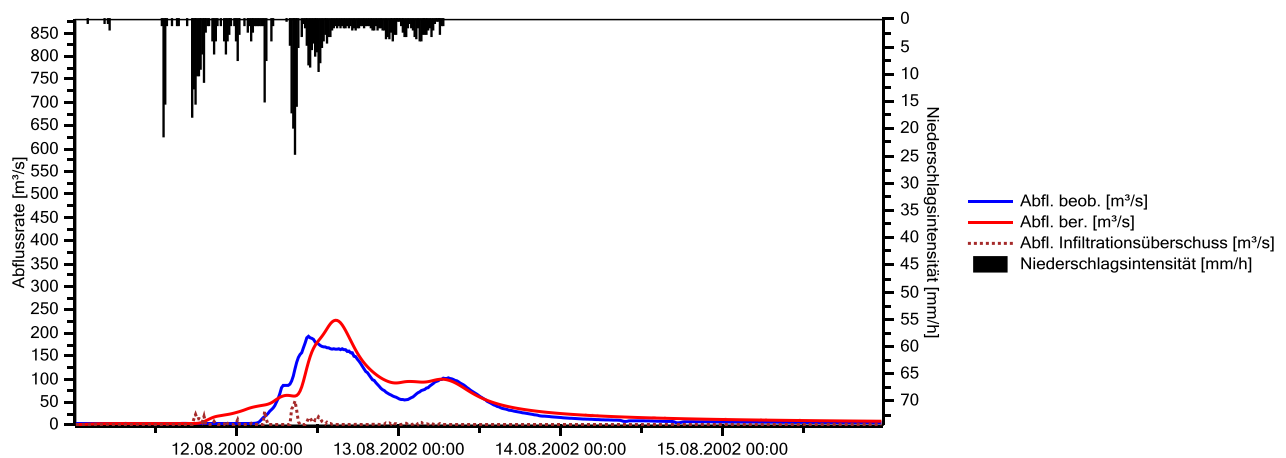


Abbildung 15: Ergebnisse der HYDR²AC-Eichrechnung des Ereignisses vom August 2002, Ombrograph Wolfsbach

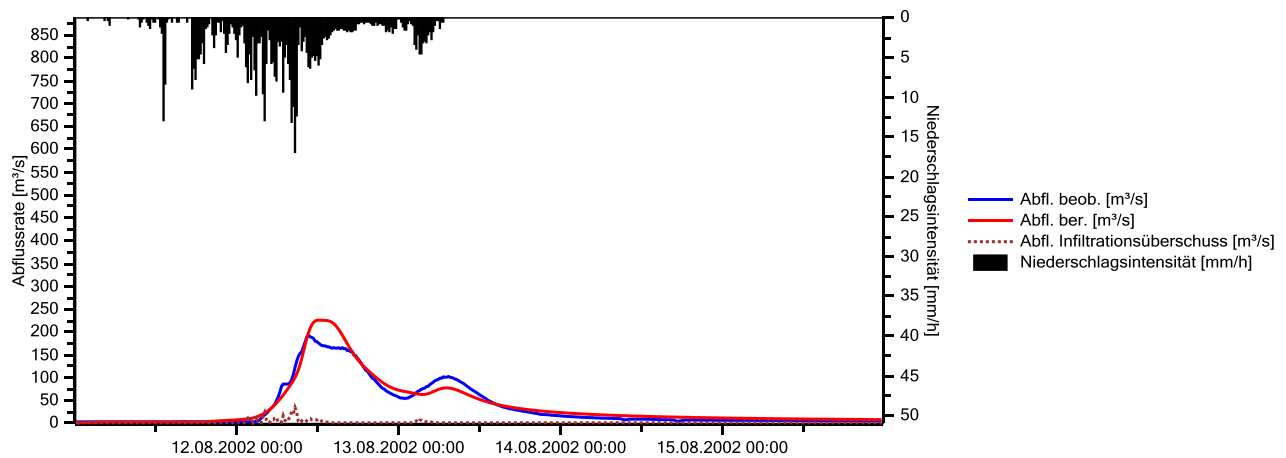


Abbildung 16 Ergebnisse der HYDR²AC-Eichrechnung des Ereignisses vom August 2002, Mittelwert Behmberg und Wolfsbach

Die Simulationsergebnisse zeigen insgesamt eine recht gute Übereinstimmung zwischen simuliertem und beobachtetem Abfluss, wobei die beste Übereinstimmung bei der Verwendung des Mittelwerts aus den Niederschlagsmessungen erzielt werden kann. Tendenziell wird die Abflussspitze etwas überschätzt. Ob dies auf einen Modellfehler, oder auf Beobachtungsungenauigkeiten des Niederschlagsfeldes zurückzuführen ist, lässt sich nicht weiter feststellen.

Das hydrographische Zentralbüro weist für den Bereich des Urlbachs (Punkt 3171) für 100-jährliche Niederschläge mit einer Dauer von 24 Stunden Werte zwischen 111.5 mm (ÖKOSTRA) und 193.1 mm (MaxModN) aus. Als Bemessungsniederschlag werden 152.3 mm angegeben. Die folgenden Abbildungen zeigen die Simulationsergebnisse mit diesen 3 Niederschlagshöhen.

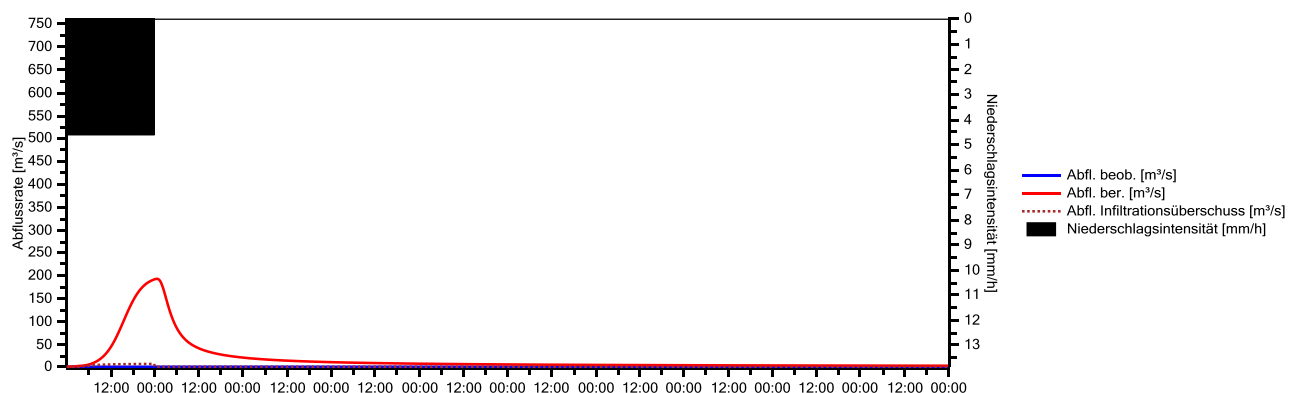


Abbildung 17: Ergebnisse der HYDR²AC-Berechnung für ein HQ100 unter Verwendung der ÖKOSTRA Niederschlagsdaten (111.5 mm/24h)

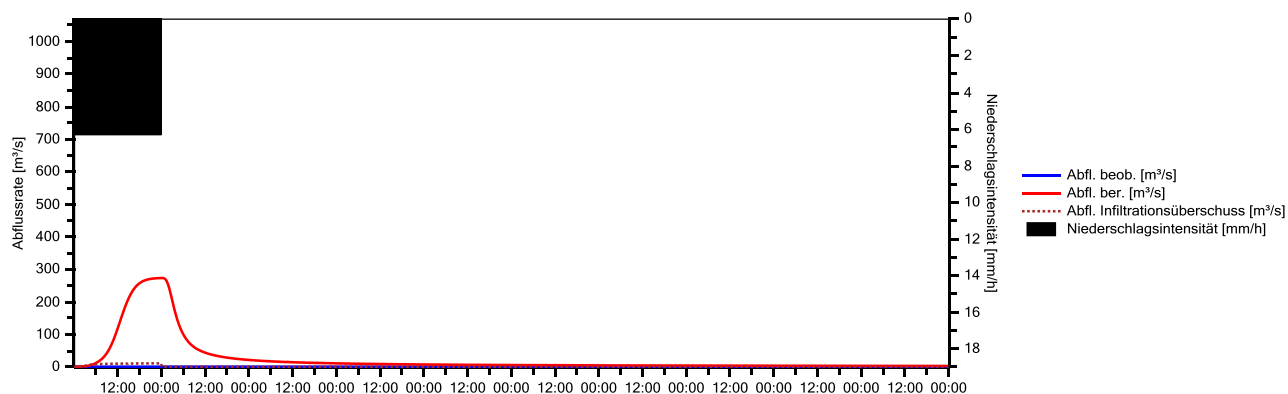


Abbildung 18: Ergebnisse der HYDR²AC-Berechnung für ein HQ100 unter Verwendung des Bemessungsniederschlags (152.3mm/24h)

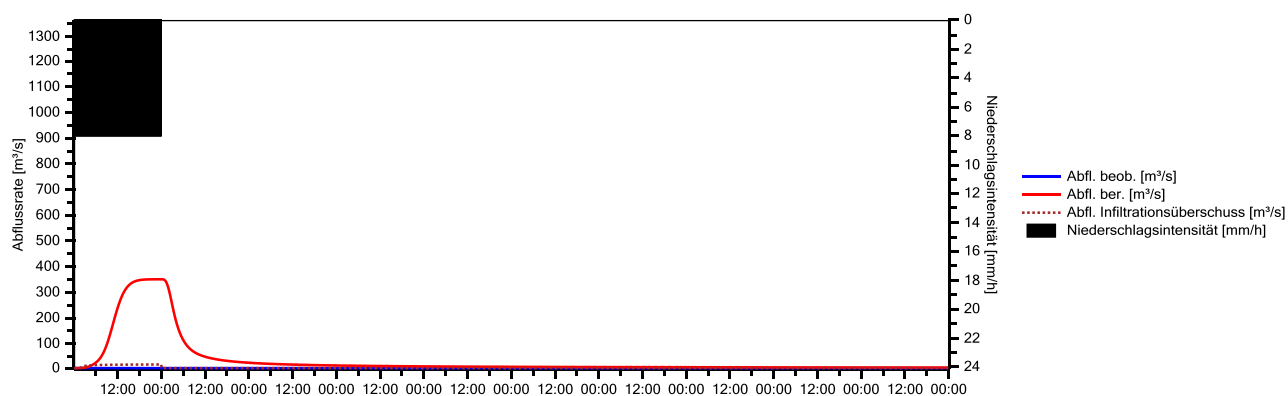


Abbildung 19: Ergebnisse der HYDR²AC-Berechnung für ein HQ100 unter Verwendung des MaxMod-Niederschlags (193.1mm/24h)

Tabelle 3: Ergebnisse der Berechnungen von HQ100 unter Verwendung der unterschiedlichen Niederschlagsansätze

Niederschlagsauswertung	100j. Niederschlagshöhe [mm]	HQ100 berechnet [m ³ /s]
ÖKOSTRA	111.5	193
Bemessungsniederschlag	152.3	272
MaxModN	193.1	347

Aufgrund der Beobachtungsdaten des Pegels Krenstetten ist wohl davon auszugehen, dass die Ermittlung des HQ100 mit dem Bemessungsniederschlag oder dem MaxMod-Niederschlag das tatsächliche Geschehen überschätzt. Der 100jährige Niederschlag nach ÖKOSTRA entspricht fast exakt der Niederschlagshöhe der Ereignisse vom 12.8.2002. Auch das aus dieser Niederschlagshöhe ermittelte HQ100 von 193m³/s ist mit dem beobachteten Spitzenabfluss von 192 m³/s konsistent.

C.2.2 Ereignis vom 6.8.1985

Als weiteres Eichereignis wurde jenes vom 6.8.1985 herangezogen. Dieses Ereignis entspricht mit einem beobachteten Durchfluss von $100\text{m}^3/\text{s}$ einem HQ5. Bis zum Spitzenabfluss nach rund 22 Stunden erreichte die akkumulierte Niederschlagshöhe rund 72mm. Das gesamte Niederschlagsereignis erreichte eine Höhe von 100mm.

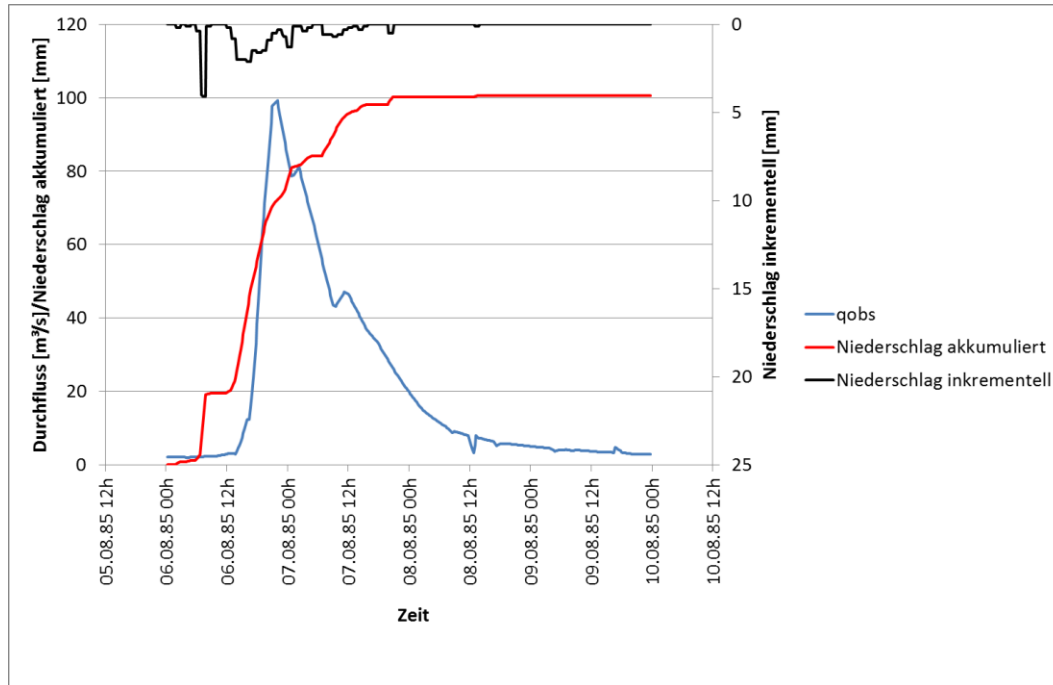


Abbildung 20: Ereignis vom 6.8.1985; Niederschlagsdaten des Ombrographen Behamberg, für Wolfsbach liegen keine Daten vor

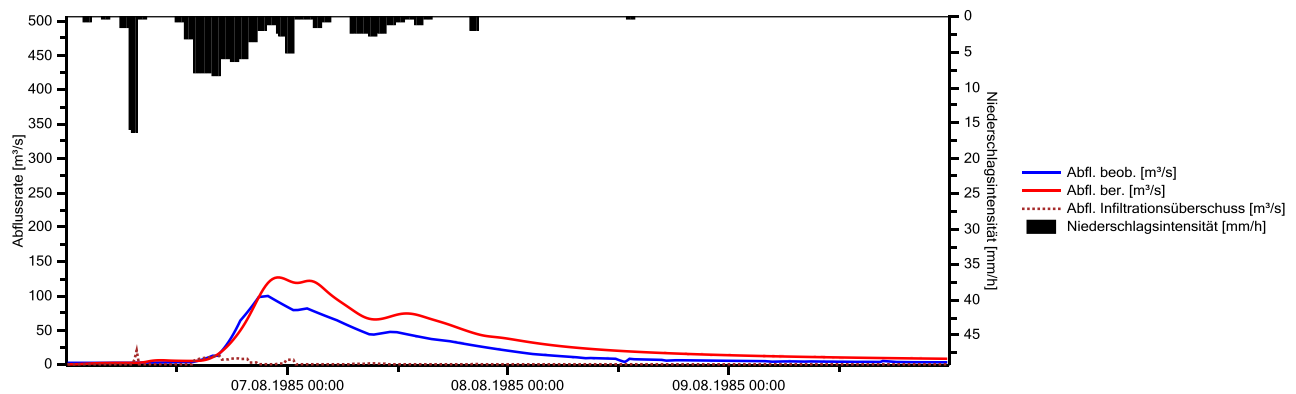


Abbildung 21: Ergebnisse der HYDR²AC-Eichrechnung des Ereignisses vom August 1985, Obrograph Behamberg

Abbildung 21 zeigt das Ergebnis der Eichrechnung für das Ereignis vom August 1985. Dabei wird der beobachtete Spitzenabfluss von $100\text{m}^3/\text{s}$ mit $126\text{m}^3/\text{s}$ um rund 25% überschätzt. Nachdem die Station Behamberg am Rand des Einzugsgebiets der Url liegt, kann es sein, dass das Niederschlagsmuster nicht exakt

jenem entspricht, das im Einzugsgebiet aufgetreten ist. Es wurde daher auch eine Berechnung mit einem gleichverteilten Niederschlag von 72mm über 22 Stunden durchgeführt. Dies entspricht in etwa der Ereignisdauer und der Niederschlagshöhe bis zu dem Zeitpunkt des Spitzenabflusses im Urlbach. Diese Methode führt zu einem Spitzenabfluss von 99 m³/s und entspricht somit ziemlich genau dem Spitzenabfluss des Ereignisses vom 6.8.1985.

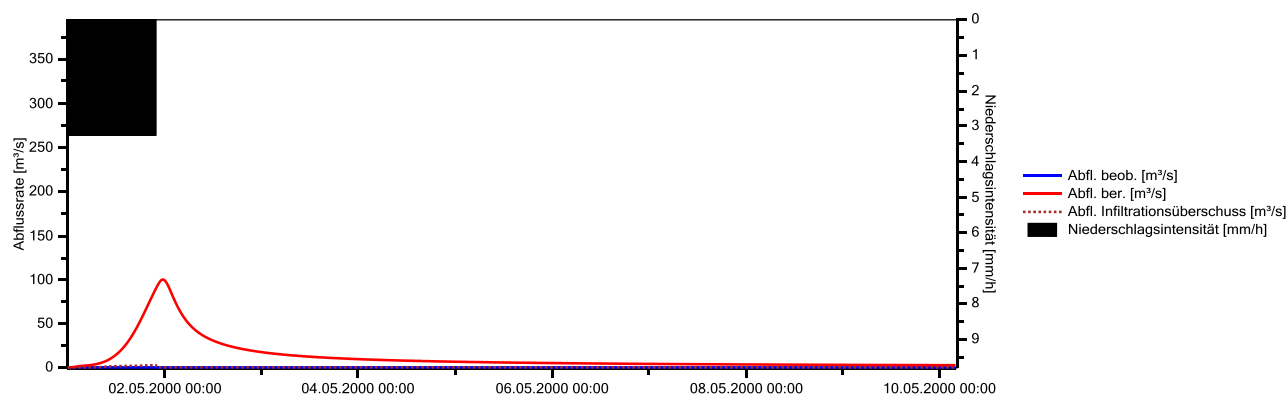


Abbildung 22: Ergebnisse der HYDR²AC-Eichrechnung des Ereignisses vom August 1985, die Niederschlagshöhe, die zum Spitzenabfluss führte, wurde auf 22 Stunden konstant verteilt.

Tabelle 4: Ergebnisse der Berechnungen von HQ5 unter Verwendung der unterschiedlichen Niederschlagsansätze

Niederschlagsauswertung	5j. Niederschlagshöhe [mm]	HQ5 berechnet [m³/s]
ÖKOSTRA	69.9	88
Bemessungsniederschlag	90.9	146
MaxModN	111.9	194

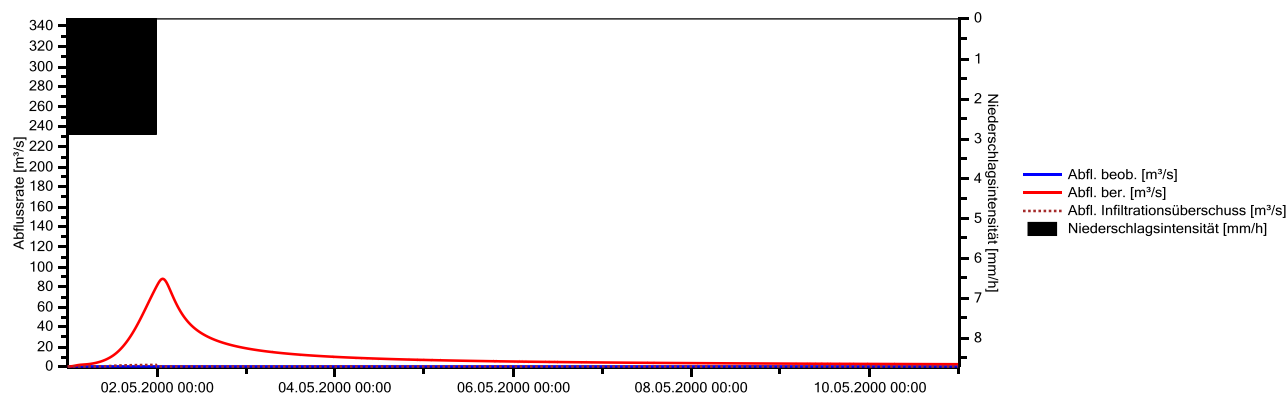


Abbildung 23: Ergebnisse der HYDR²AC-Berechnung für ein HQ5 unter Verwendung des Niederschlags nach ÖKOSTRA (69.9mm/24h)

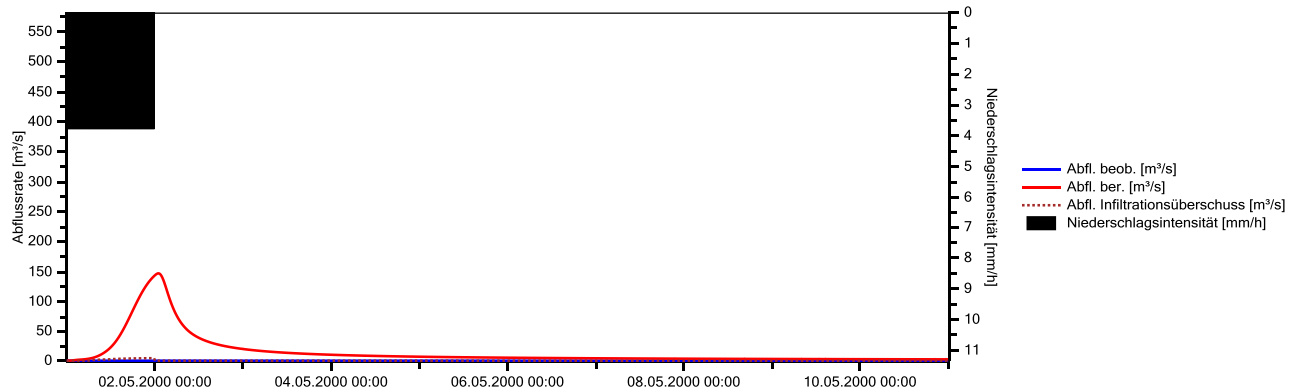


Abbildung 24: Ergebnisse der HYDR²AC-Berechnung für ein HQ5 unter Verwendung des Bemessungsniederschlags-Niederschlags (90.9mm/24h)

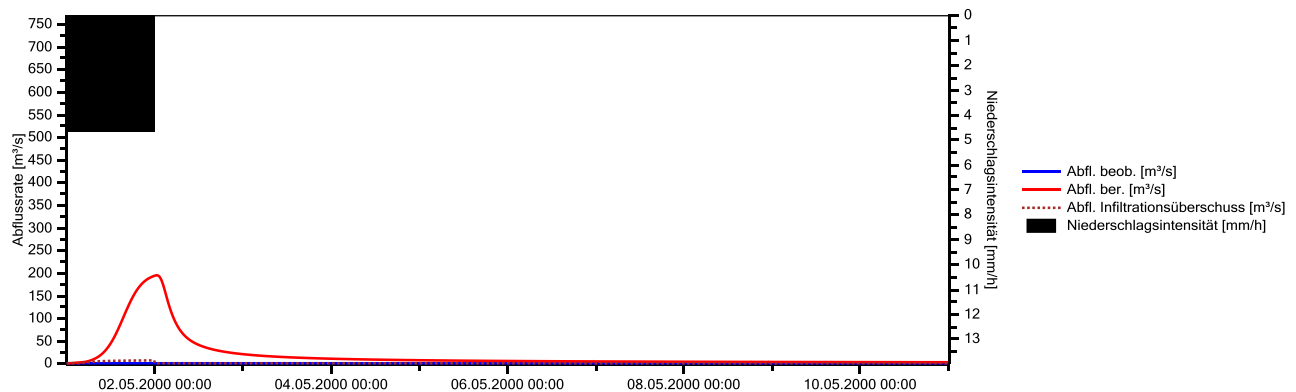


Abbildung 25: Ergebnisse der HYDR²AC-Berechnung für ein HQ5 unter Verwendung des MaxMod-Niederschlags (111.9mm/24h)

Auch die Ergebnisse der Berechnungen des HQ5 deuten darauf hin, dass für den Urlbach die Extremniederschläge nach ÖKOSTRA am ehesten den reellen Bedingungen entsprechen. Im aktuellen Fall wird bei Verwendung des 5jährigen ÖKOSTRA-24h-Niederschlags das HQ5 im Vergleich zur Extremwertstatistik des Pegels Krenstetten rund 10% unterschätzt. Bei einem Vergleich mit den beobachteten Werten aus dem Ereignis 1985 scheint die Annahme, dass die 5jährigen Niederschlagsdaten nach ÖKOSTRA den reellen Wert ein wenig unterschätzen nicht ungerechtfertigt.

C.2.3 Mittelwasserabfluss

Für den Pegel Krenstetten weist die Extremwertstatistik ein MQ von rund $2.1 \text{ m}^3/\text{s}$ aus. Für die Berechnung der Extremhochwässer mit synthetischen Niederschlägen wurde immer ein Simulationszeitraum von 10 Tagen angesetzt. Nach dem betrachteten Niederschlagsereignis wurden keine weiteren Niederschlagsimpulse mehr in das Modell

eingebraucht. Nach 10 Tagen niederschlagsfreier Zeit ergibt sich für das HYDR²AC-Modell des Urlbachs ein simulierter Abfluss von rund 2.25m³/s. Dieser Wert scheint auch mit den Beobachtungsdaten konsistent.

C.2.4 Zusammenfassung Modelleichung Urlbach

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass es möglich ist, mit dem Modell HYDR²AC Hochwasserereignisse nachzuvollziehen. Auch können unter Verwendung der Extremniederschläge des hydrographischen Zentralbüros mittels Modellrechnung die HQ-Werte aus der Extremwertstatistik des Pegels Krenstetten nachvollzogen werden. Die berechneten MQ-Werte sind auch mit dem statistischen MQ-Wert des Pegels Krenstetten konsistent.

Aufgrund der geringen orographischen Konvektion erscheinen für den Urlbach die Niederschläge nach ÖKOSTRA am ehesten Gültigkeit zu haben.

D. Modelleichung Hammerbach

D.1 Einzugsgebietscharakteristik

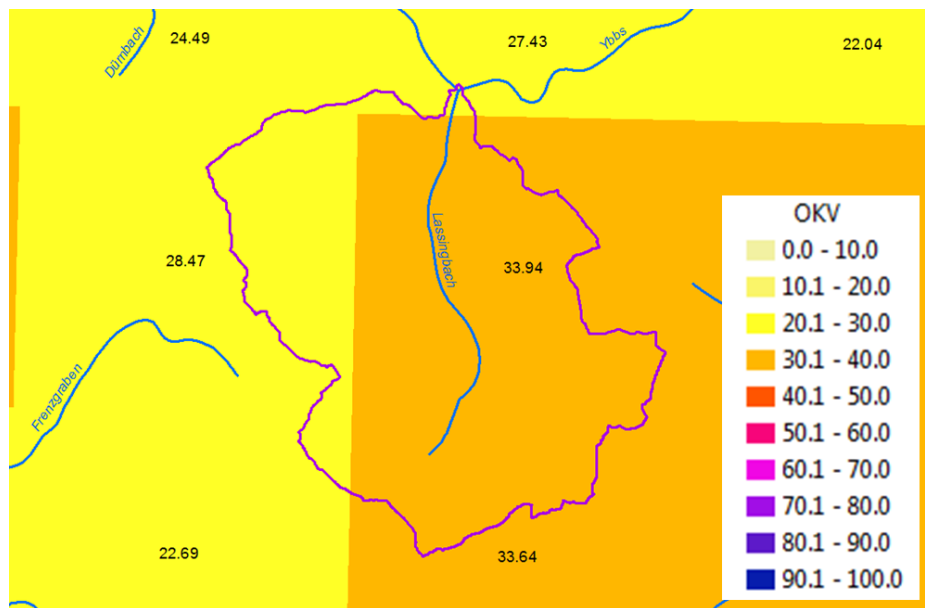


Abbildung 26: Einzugsgebiet des Hammerbachs mit orographisch konvektivem Verstärkungsfaktor

Der Hammerbach ist ein linksufriger Zubringer zur Ybbs und mündet im Ortsgebiet der Gemeinde Hollenstein in die Ybbs ein. Das orographische Einzugsgebiet des Hammerbachs beträgt rund 44km³. Hollenstein liegt auf einer Seehöhe von rund 500m. Die höchste Erhebung im Hammerbach ist die Stumpfmauer mit rund 1770m. Entsprechend der topographischen Situation ist im Hammerbach auch mit einer deutlich stärkeren Neigung zu

konvektiven Niederschlägen zu rechnen. Der orographisch konvektive Verstärkungsfaktor erreicht Werte zwischen 25 und 34.

D.2 Modellvalidierung

Im Hammerbach gibt es keinen Pegel. Zwar gibt es an der Ybbs im Bereich Opponitz einen Pegel. Dieser ist aber durch die Retentionswirkung des Lunzer Sees beeinflusst und daher kaum aussagekräftig für den Hammerbach. Es ist daher keine Eichung von HYDR²AC für den Hammerbach möglich. Es liegen aber Fotos von einem Ereignis im August 2002 vor. Auf diesen Bildern ist zu erkennen, dass der Bach bordvoll fließt und an manchen Stellen über die Ufer tritt. Aufgrund dieser Beobachtungen kann daher eine grobe Validierung vorgenommen werden.



Abbildung 27: Bordvoller Abfluss des Hammerbachs während des Ereignisses vom 12. und 13. August 2002. Am linken Bildrand ist zu erkennen, dass die Hochwasserwelle zum Zeitpunkt der Aufnahmewahrscheinlich schon am Abklingen ist. (Bild: Grafinger, J., WLV Melk)

Das Ereignis vom 12.-14. August 2002 war eine Aufeinanderfolge von zwei Ereignissen mit je rund 150mm in 24 Stunden. Das gesamte Ereignis hatte somit eine Niederschlagshöhe von 300mm.

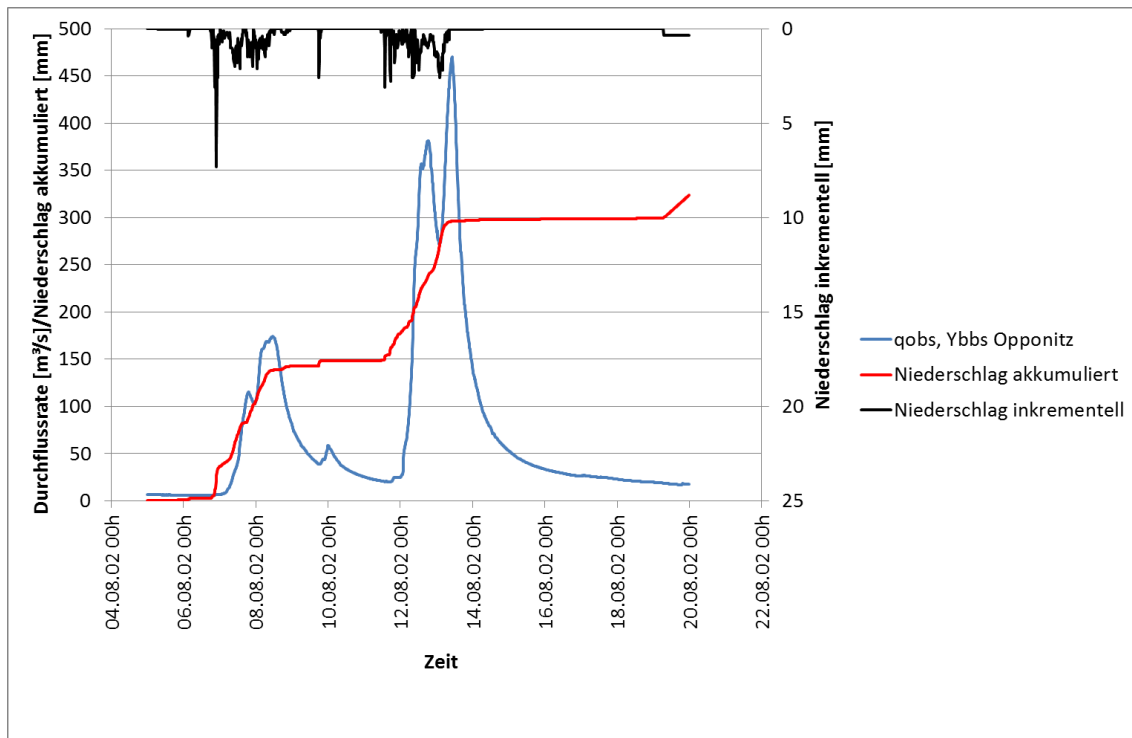


Abbildung 28: Niederschlagsereignis 12.-14. August 2002; Pegel und Ombrograph Opponitz

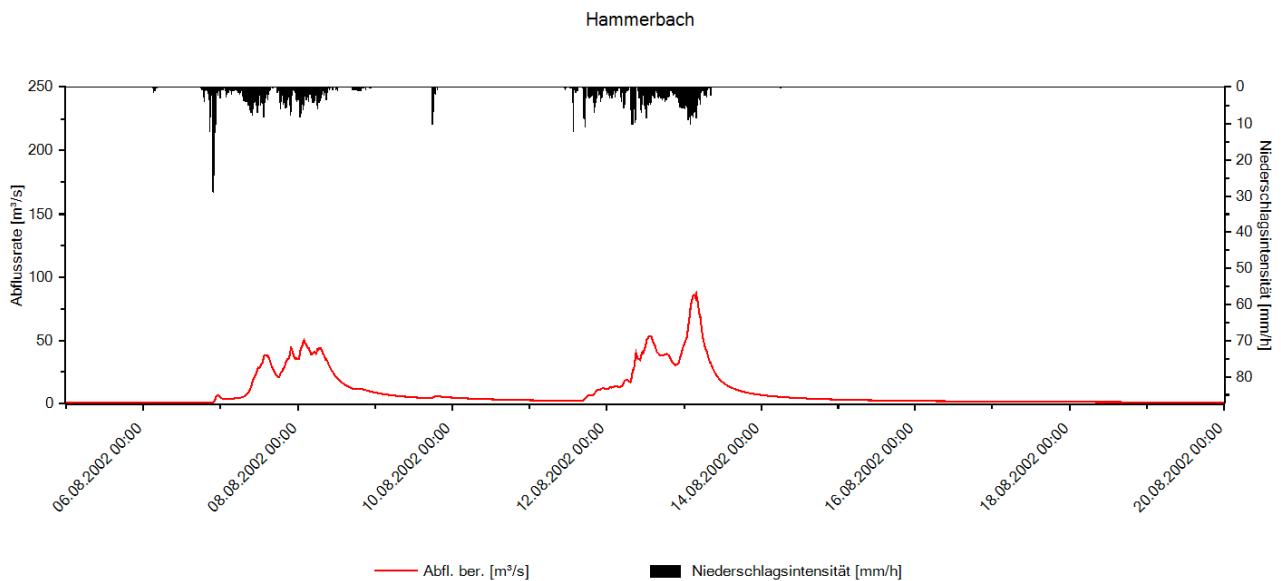


Abbildung 29: Ergebnis der Validierungsrechnung des Ereignisses vom 12.-14. August 2002

Die HYDR²AC-Modellrechnung ergibt für das Ereignis vom 12.-14. August 2002 einen Spitzenabfluss von 90 m³/s. Bei einem ausgebauten Gerinne mit 10m Breite, wie dies bei dem auf Abbildung 27 abgebildeten Abschnitt der Fall ist, werden für die Abfuhr von 90m³/s bei 2% Gefälle rund 1.75-2 m Fließhöhe bei einer Fließgeschwindigkeit

von 4,5-5m/s benötigt. Dieser Wert dürfte in etwa der maximalen Fließhöhe bei diesem Ereignis entsprochen haben.

Für den Hammerbach wurden auch HQ 100-Werte für unterschiedliche Dauerstufen und mit dem Niederschlag nach Ökostra ermittelt. Die Hochwasserwerte erreichen annähernd den HQ-Wundt von 135m³/s (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Ergebnisse der HQ-Berechnung für unterschiedliche Ereignisdauerstufen für den Hammerbach

Dauerstufe	100j Niederschlag (ÖKOSTRA) [mm]	HQ100 [m ³ /s]
1h	55.3	56
3h	72.1	112
6h	84.7	126
12h	101.3	98
24h	142.8	72

E. Landnutzungsänderungen der letzten 150 Jahre

Abbildung 30 bis Abbildung 33 zeigen an einem Beispiel eines Einzugsgebiets in Bayern, wie umfangreich die Änderungen in der Landnutzung der letzten 60 Jahre ausgefallen sind. Während es 1945 durch umfangreiche Nutzungen große unbestockte Flächen gab, stieg der Waldanteil im Laufe der Zeit sukzessive an. Almflächen wurden vor allem in ungünstigen Steillagen aufgegeben. Die Änderungen dürften sich aber nicht nur auf das Flächenausmaß des Waldes beschränkt haben, sondern auch auf die Qualität. Im Jahre 2006 erscheinen die Waldflächen deutlich dichter bestockt. Es ist anzunehmen, dass schädliche Praktiken, wie Waldweide, Streunutzung und Schneiden immer mehr zurückgedrängt wurden. Neben der Ausdehnung des Waldes dürfte es also fast auf der ganzen Fläche dieses Einzugsgebiets zu einer Verbesserung des Bodens gekommen sein.

Schlussendlich sind durch die sich ausbreitende Walddecke auch viele Geschiebequellen auf Lockermaterialkörpern stabilisiert worden. Es ist somit anzunehmen, dass die Gefahren, die von diesem Einzugsgebiet ausgehen, deutlich reduziert wurden.

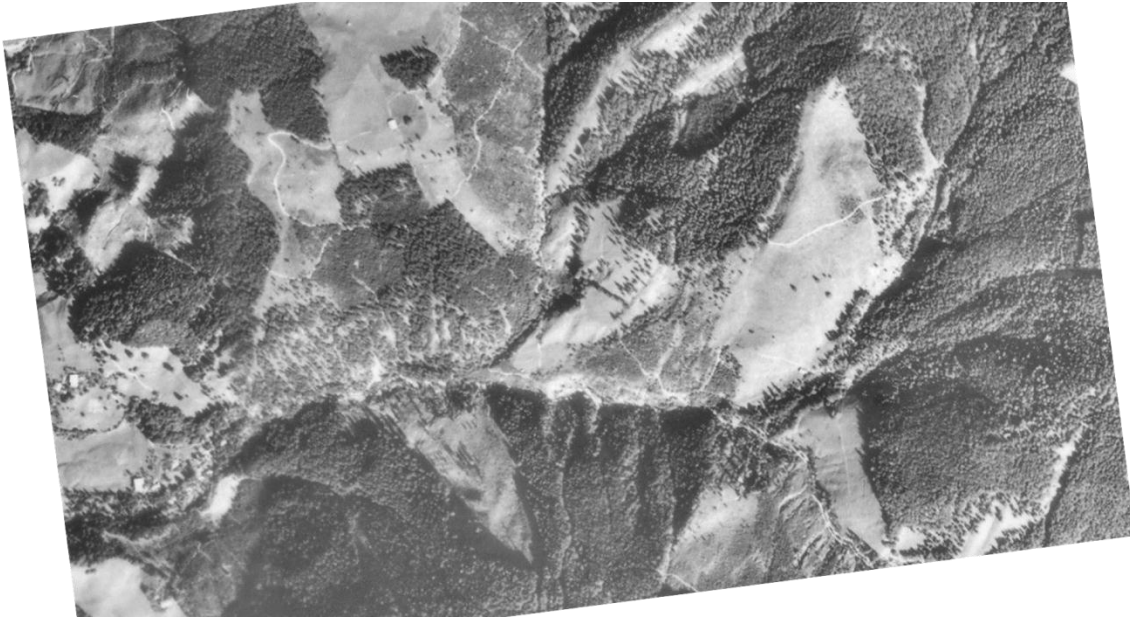


Abbildung 30: Waldausstattung in einem Einzugsgebiet in Bayern 1945

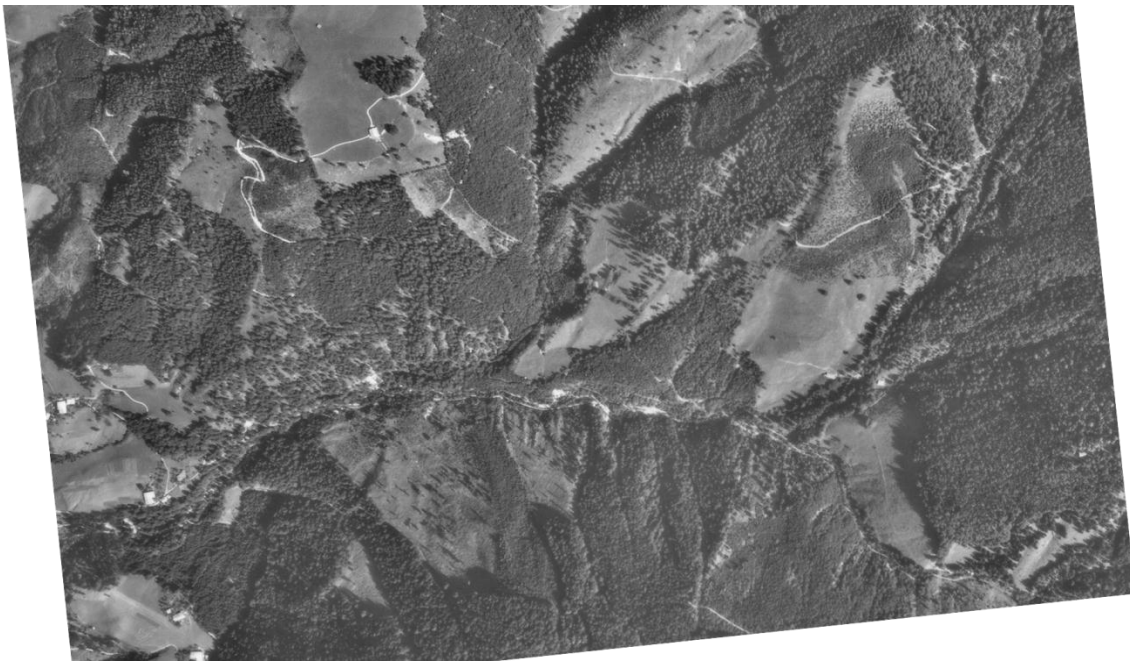


Abbildung 31: Waldausstattung in einem Einzugsgebiet in Bayern 1959

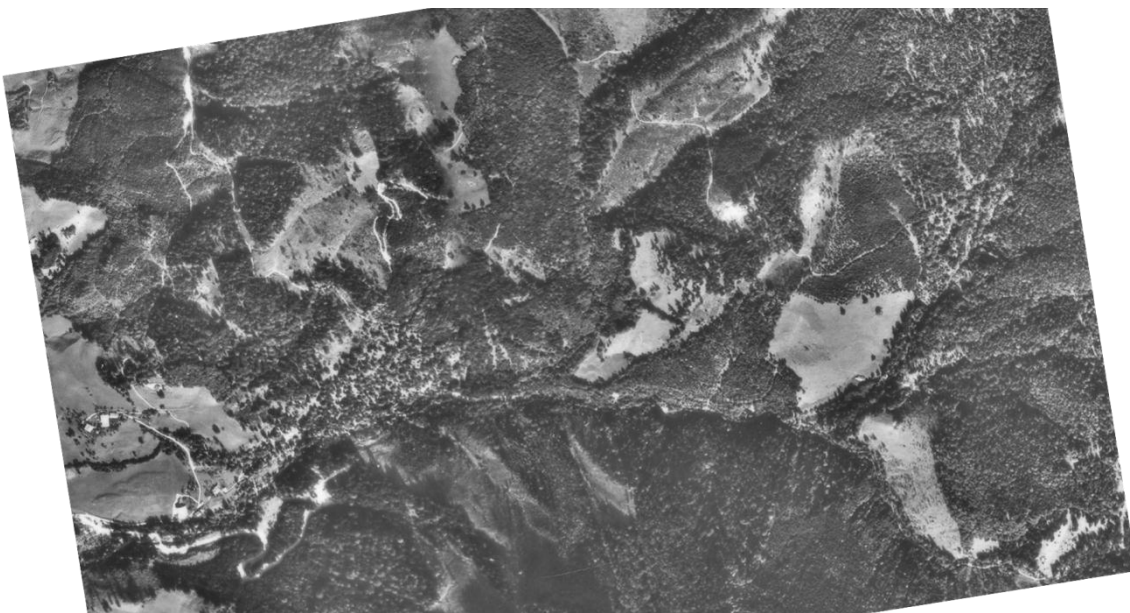


Abbildung 32: Waldausstattung in einem Einzugsgebiet in Bayern 1967



Abbildung 33: Waldausstattung in einem Einzugsgebiet in Bayern 2006

In gleichem Maße, wie in vielen gebirgigen Einzugsgebieten in Mitteleuropa die Landnutzungsintensität abgenommen hat, ist auf der anderen Seite die Siedlungsdichte gestiegen. Dieser Anstieg der Siedlungsdichte kann vor allem auf lokaler Ebene erhebliche Auswirkungen auf das hydrologische Regime haben. Durch die Zunahme der Siedlungsdichte wurde aber vor allem die Vulnerabilität gegenüber Hochwasserereignissen erheblich gesteigert.

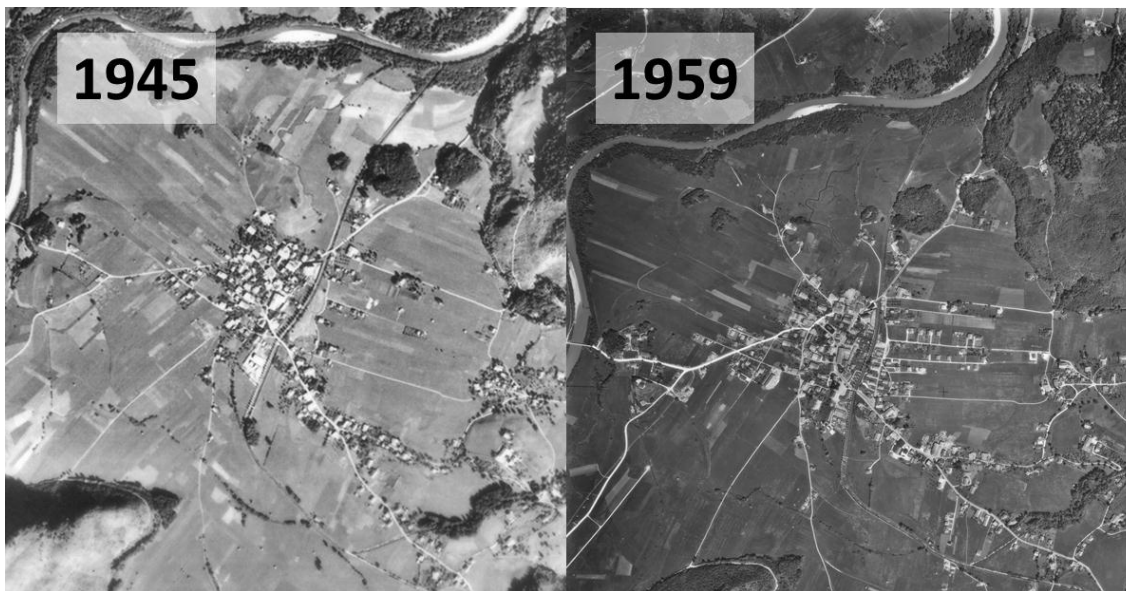


Abbildung 34: Luftbilder des Ortszentrums von Unterwössen in Bayern in den Jahren 1945 und 1959



Abbildung 35: Luftbilder des Ortszentrums von Unterwössen in Bayern in den Jahren 1967 und 2006

In der untersuchten Region liegen für die Gemeinden Seitenstetten und Waidhofen an der Ybbs detaillierte Landnutzungsänderungskartierungen vor.

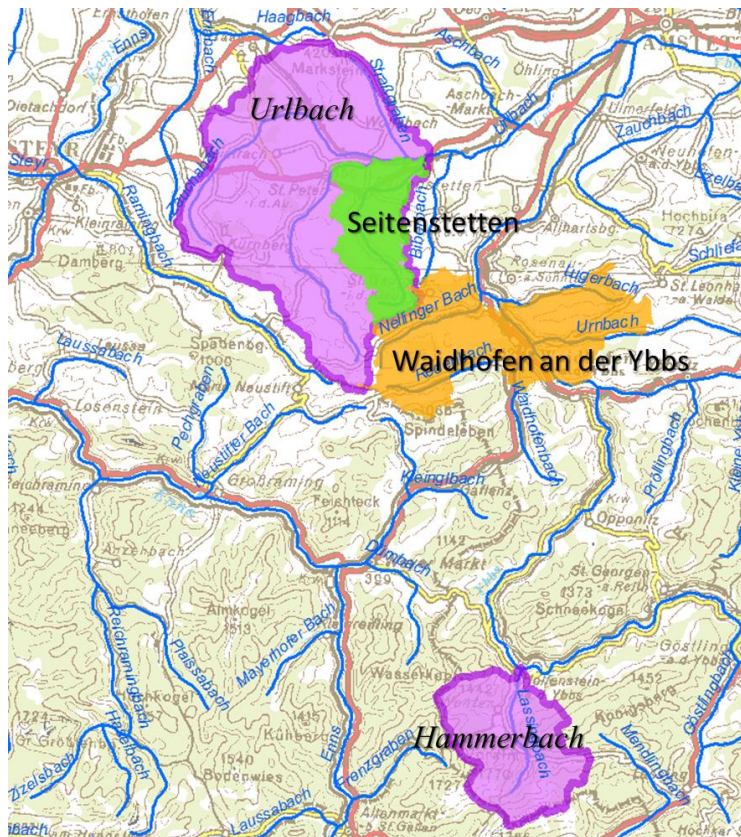


Abbildung 36: Lage der Landnutzungsänderungsanalysen im Vergleich zu den untersuchten Einzugsgebieten.

E.1 Landnutzungsänderungen bei Waidhofen an der Ybbs

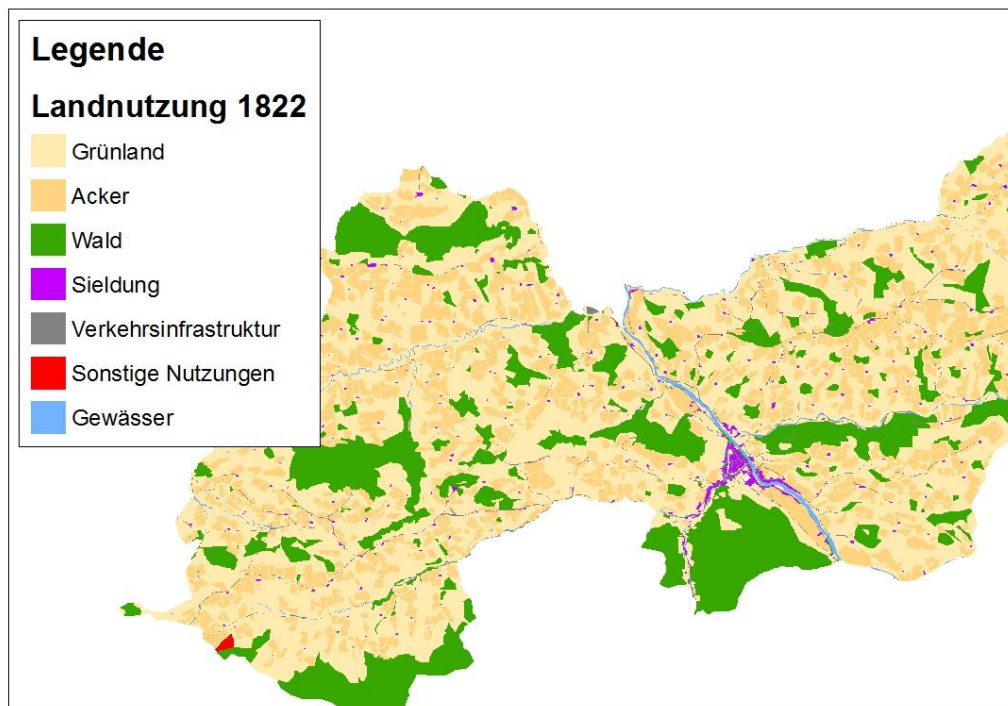


Abbildung 37: Landnutzungskarte Waidhofen an der Ybbs 1822

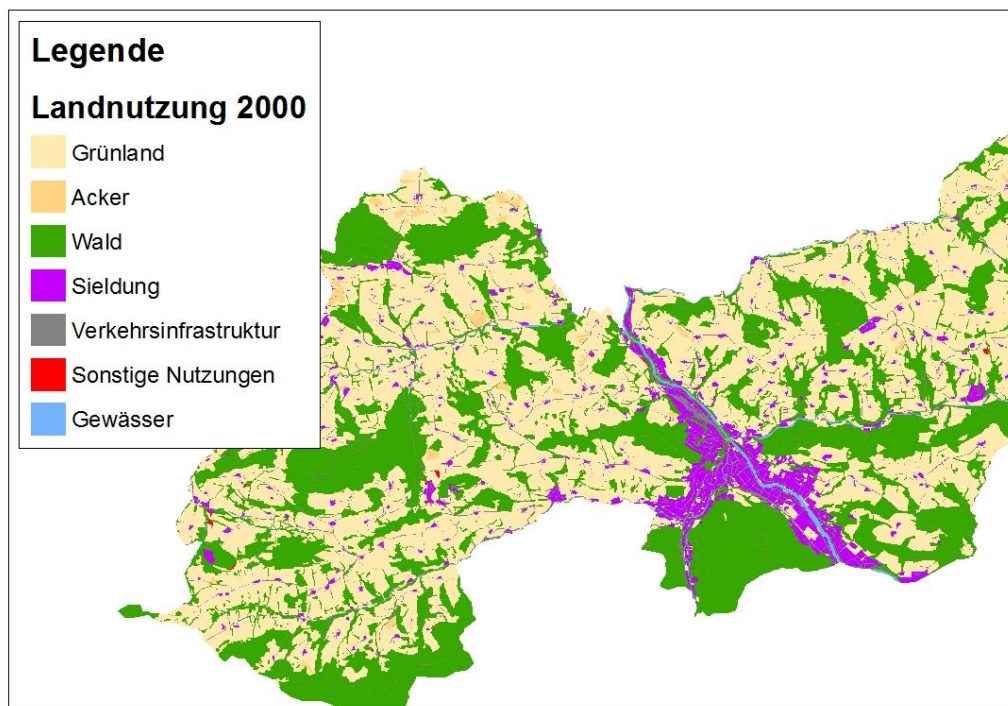


Abbildung 38: Landnutzungskarte Waidhofen an der Ybbs 2000

Die Landnutzungsentwicklung rund um Waidhofen an der Ybbs entspricht in etwa dem Entwicklungstypus, der mit der Luftbildserie oben beschrieben wurde und wie er in alpinen Regionen vorherrscht. Es trat insgesamt eine erhebliche Extensivierung der Landnutzung im Grünland ein. Ackerflächen verschwanden fast zur Gänze. An ihre Stelle traten vor allem Wiesen. Darüber hinaus dehnten sich die Waldflächen erheblich aus.

Es ist auch hier anzunehmen, dass die Landnutzungsänderungen nicht nur auf Flächenunterschiede reduziert bleiben, sondern dass auch innerhalb einer Nutzung eine Extensivierung festzustellen war. Vor allem bei der Waldbodenentwicklung kann man sicherlich von einem sehr positiven Verlauf ausgehen.

Die Erfahrungen der historischen Analyse in dem oben beschriebenen Einzugsgebiet in Bayern haben auch gezeigt, dass die Landnutzung Anfang des 19. Jahrhunderts wahrscheinlich nicht den Kulminationspunkt der intensivsten Landnutzung darstellt. In vielen Bereichen dürfte dieser um 1945 erreicht worden sein. Es kann also auch für Waidhofen an der Ybbs davon ausgegangen werden, dass die größten Änderungen in den letzten 60 Jahren stattfanden.

Wie in vielen Gegenden des alpinen Raums fand aber in den letzten 150 Jahren eine massive Ausweitung der Siedlungsgebiete statt. Heute nimmt die Stadt Waidhofen an der Ybbs fast den gesamten Talbereich ein. Der Anteil von Siedlungsflächen an der Gesamtfläche ist damit im Hinblick auf die Abflussbildung sicherlich nicht mehr vernachlässigbar gering. Vor allem lokal ist mit deutlichen Steigerungen der Abflussbildung bei Starkniederschlägen zu rechnen. Auch die Vulnerabilität gegenüber Hochwasserereignissen ist durch die Ausweitung des Siedlungsraums auf den gesamten Talbereich sicherlich deutlich gestiegen.

Tabelle 6: Änderung der Landnutzungen in Waidhofen an der Ybbs zwischen 1822 und 2000

Nutzungskategorie	Anteil 1822 [%]	Anteil 2000 [%]	Änderung in %
Acker	26.8	0.8	-26.1
Gewässer	0.7	0.7	0.0
Grünland	51.2	56.0	4.9
Siedlung	0.8	4.5	3.7
Sonstige Nutzungen	0.1	0.1	0.0
Verkehrsinfrastruktur	0.9	3.2	2.3
Wald	19.5	34.7	15.2

E.2 Landnutzungsänderungen bei Seitenstetten

In dem ebenfalls im Einzugsgebiet der Ybbs gelegenen Gebiet rund um Seitenstetten fand eine gänzlich andere Entwicklung statt. Die Landnutzungsverteilung 1872 wies dort einen ähnlichen Charakter, wie jene bei Waidhofen an der Ybbs auf. Ackerflächen dominierten bei gleichzeitigem Vorhandensein von Waldflächen.

Hier ist aber bei der aktuellen Landnutzungsverteilung eine im historischen Vergleich eine Ausweitung und Konzentration von Ackerflächen in den Gunstlagen festzustellen. Bei den Waldflächen kam es zu einer moderaten

Ausweitung. Auch die Siedlungsflächen nahmen zu, wobei die Siedlungsdichte gegenüber den Verhältnissen in Waidhofen an der Ybbs deutlich aufgelockerter ist.

Tabelle 7: Landnutzungsänderung in Seitenstetten zwischen 1872 und 2000

Nutzungskategorie	Anteil 1872 [%]	Anteil 2000 [%]	Änderung in %
Acker	36.6	28.3	-8.3
Gewässer	0.6	0.6	0.0
Grünland	36.6	39.0	2.4
Siedlung	0.9	1.7	0.9
Sonstige Nutzungen	0.1	0.0	-0.1
Verkehrsinfrastruktur	1.5	3.8	2.2
Wald	23.8	26.6	2.8

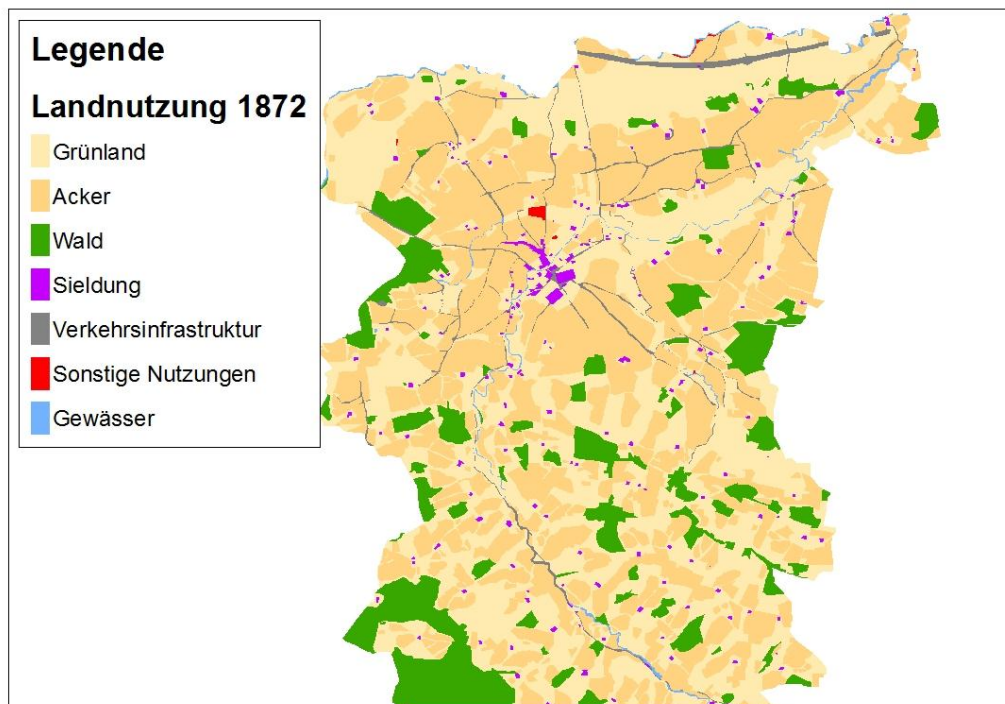


Abbildung 39: Landnutzungskarte Seitenstetten 1872

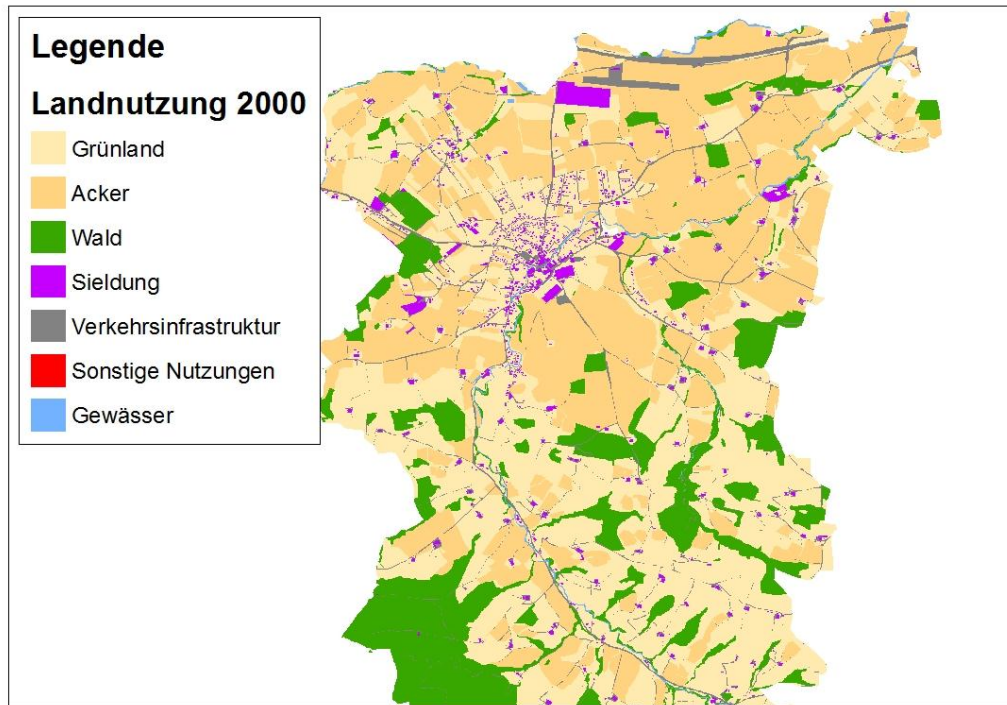


Abbildung 40: Landnutzungskarte Seitenstetten 2000

Hinsichtlich der hydrologischen Verhältnisse kann angenommen werden, dass die Bewirtschaftung der Ackerflächen heute deutlich intensiver, mit schwereren Maschinen und mit deutlich tieferen Pflugtiefen erfolgt. In einem ersten Befund kann also von einer Degradierung der hydrologischen Verhältnisse ausgegangen werden.

E.3 Heutige Landnutzung in den beiden Einzugsgebieten des Urlbachs und des Hammerbachs

Tabelle 8: Vergleich der Landnutzung im Urlbach und Hammerbach (Quelle: Corinne Landcover)

Nutzungskategorie	Urlbach	Hammerbach	Waidhofen	Seitenstetten
Acker	11.91	0.00	0.8	28.3
Gewässer			0.7	0.6
Grünland	67.02	5.67	56.0	39.0
Siedlung	1.81	1.68	4.5	1.7
Sonstige Nutzungen	0.00	2.25	0.1	0.0
Verkehrsinfrastruktur			3.2	3.8
Wald	19.27	90.40	34.7	26.6

Die für das gesamte Einzugsgebiet des Urlbachs vorhandenen Corinne-Landcover-Daten zeigen, dass im Vergleich zum Gemeindegebiet von Seitenstetten der Waldanteil etwas geringer ist. Bei den Unterschieden in der Aufteilung von Grünland und Acker dürfte es sich eher um methodische Unterschiede handeln. Die Ackerflächen scheinen

öfters die Mindestgröße zu unterschreiten und werden daher dem umliegenden Grünland zugeordnet. Da die Flächenmuster von Corine-Landcover-Daten und der Landnutzungsanalyse 2000 aus dem Projekt ILUP ähnlich sind, kann man davon ausgehen, dass die Landnutzungskarte Seitenstetten repräsentativ für das Einzugsgebiet des Urlbachs ist. Der Hammerbach ist zu über 90% von Wald bedeckt. Aufgrund der historischen Entwicklung in der Region Eisenwurzen (Hammerbach steht für einen Bach mit Hammerwerk) mit ihrer langen Tradition der Eisenverarbeitung ist davon auszugehen, dass der Wald im 18. bis Mitte des 20. Jahrhunderts deutlich intensiver genutzt wurde, als heute. Eine Umwandlung von Weide in Wald dürfte nur in geringerem Umfang erfolgt sein.

F. Mögliche Wirkungen der Landnutzungsänderungen

F.1 Auswirkungen auf das Evapotranspirationsverhalten

Es gibt eine Reihe von Untersuchungen, die belegen, dass unterschiedliche Landnutzungen sehr unterschiedliche Evapotranspirationsleistungen aufweisen können. Ein nicht unwesentlicher Faktor dabei ist die Interzeptionsleistung unterschiedlicher Landbedeckungen, die aufgrund des Typs und der Jahreszeit erheblich variieren können.

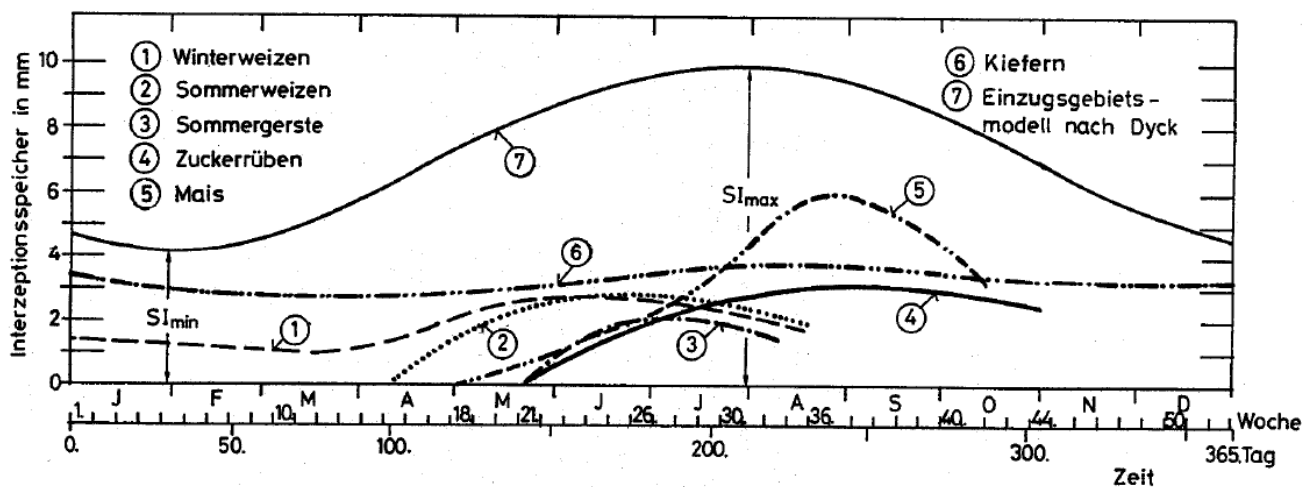


Abbildung 41: Jahresgang der Interzeptionsleistung unterschiedlicher Landnutzungsformen (Aus Maniak 1992)

Auch Untersuchungen des Bodenwasserhaushalts vor und nach Kahlschlägen zeigen sehr deutlich die Evapotranspirationsleistung unterschiedlicher Landbedeckungen (Abbildung 42). Geht man davon aus, dass die Vorbefeuchtung ein nicht unwesentlicher Faktor bei der Abflussbildung von Einzugsgebieten ist, sollte sich dieser Effekt auch in der Neigung zur Ausbildung von Hochwässern zeigen. Einen Hinweis auf einen solchen Zusammenhang liefert die Untersuchung des Rappen und des Sperbelgrabens in der Schweiz (Abbildung 43).

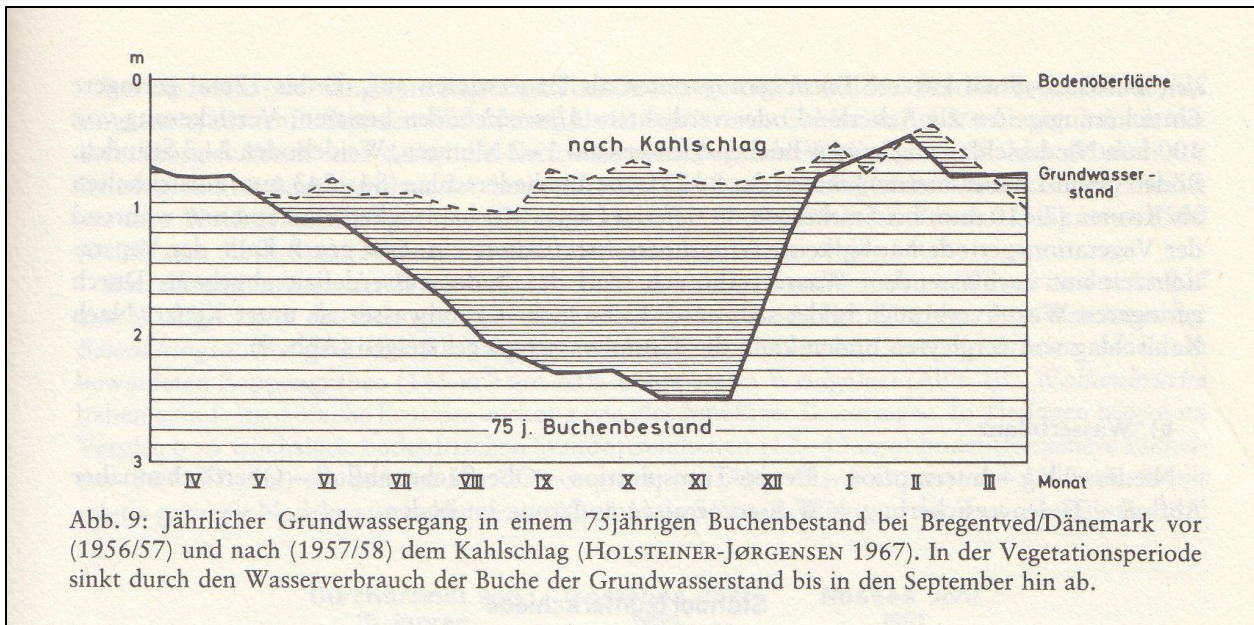


Abbildung 42: Aus Mayer 1984

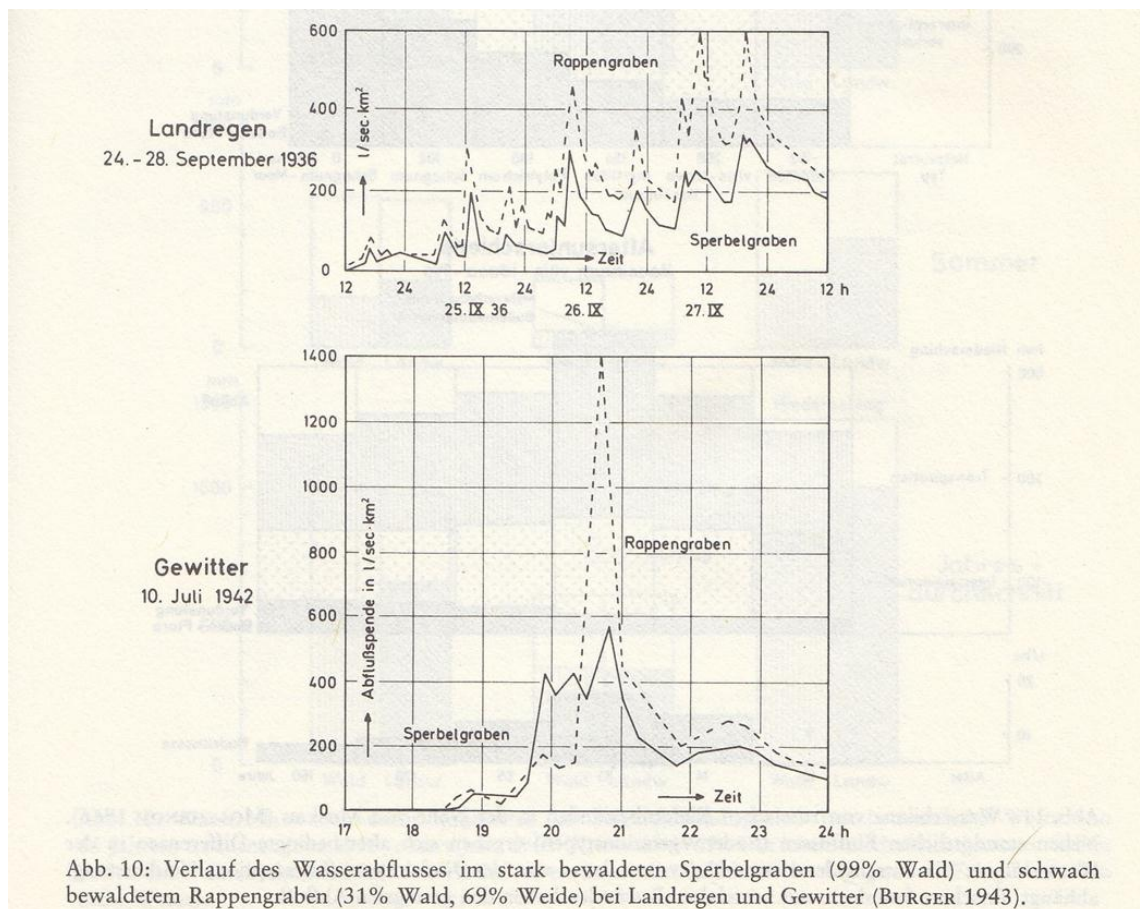


Abbildung 43: Aus Mayer 1984

Eine Methode zur Quantifizierung der Auswirkungen unterschiedlicher Landnutzungen auf die Evapotranspiration ist die Methode nach Haude.

$$ETP = k \cdot e_s \cdot \left(1 - \frac{F}{100}\right) \quad \text{Formel 1}$$

- ETP potentielle Evapotranspiration
- k Haude-Faktor (Landnutzungs- und Jahreszeitabhängig)
- e_s Sättigungsdampfdruck
- F relative Luftfeuchte um 14:00

$$e_s = 6.11 \cdot e^{\left(\frac{17.62 \cdot T}{243.12 + T}\right)} \quad \text{Formel 2}$$

- T Temperatur um 14:00 (°C)

Tabelle 9: Haude-Faktoren abhängig von Landnutzung und Jahreszeit

Monat	Wiese	Rasen	Mais	Buche	Fichte
1	0.2	0.2	0.11	0.01	0.08
2	0.2	0.2	0.11	0	0.04
3	0.25	0.23	0.11	0.04	0.14
4	0.29	0.24	0.17	0.1	0.35
5	0.29	0.29	0.21	0.23	0.39
6	0.28	0.29	0.24	0.28	0.34
7	0.26	0.28	0.25	0.32	0.31
8	0.25	0.26	0.26	0.26	0.25
9	0.23	0.23	0.21	0.17	0.2
10	0.22	0.2	0.18	0.1	0.13
11	0.2	0.2	0.11	0.01	0.07
12	0.2	0.2	0.11	0	0.05

Aus diesen Landnutzungsfaktoren und den Klimanormaldaten kann die durchschnittliche Jährliche Evapotranspiration für unterschiedliche Landnutzungen ermittelt werden.

Tabelle 10: Berechnung der Evapotranspiration für diverse Landnutzungsklassen unter Verwendung der Klimanormaldaten von Amstetten

Monat	Tempera- tur	relative Luftfeuchte	Sättigungsdampf- druck	potentielle Evapotranspiration [mm] pro Tag				
				Wiese	Rasen	Mais	Buche	Fichte
Jan.	1.4	80.1	6.8	0.27	0.27	0.15	0.01	0.11
Feb.	3.9	72.2	8.1	0.45	0.45	0.25	0.00	0.09
März	9	61.3	11.5	1.11	1.02	0.49	0.18	0.62
Apr.	14.3	55.6	16.3	2.09	1.73	1.23	0.72	2.53
Mai	20	54	23.3	3.11	3.11	2.25	2.47	4.18

Juni	22.3	58	26.9	3.16	3.27	2.71	3.16	3.83
Juli	24.6	56.1	30.8	3.52	3.79	3.39	4.33	4.20
Aug.	24.3	56	30.3	3.33	3.47	3.47	3.47	3.33
Sept.	19.8	61.7	23.0	2.03	2.03	1.85	1.50	1.76
Okt.	13.4	68.6	15.3	1.06	0.96	0.87	0.48	0.63
Nov.	6.3	78.7	9.5	0.41	0.41	0.22	0.02	0.14
Dez.	2.8	83.1	7.5	0.25	0.25	0.14	0.00	0.06
Jahressumme				632.3	631.4	517.1	496.9	653.6

Aus der Verschneidung der Landnutzungsanalyse mit den ermittelten Jahresevapotranspirationsraten für unterschiedliche Landnutzungen kann nun die Auswirkung der Landnutzung auf die Evapotranspiration abgeschätzt werden. Dabei zeigt sich, dass sowohl in Seitenstetten, als auch in Waidhofen an der Ybbs die Änderungen in der jährlichen durchschnittlichen Evapotranspiration aufgrund der Landnutzungsänderungen sehr gering und sicher innerhalb der Schätzgenauigkeit liegen.

In Waidhofen an der Ybbs wird die erhöhte Transpirationsleistung durch den Wald komplett von der Siedlungsausweitung aufgewogen, wodurch in Summe mit einer gleichbleibenden Evapotranspiration zu rechnen ist.

Die ermittelten Werte für die Verdunstung bewegen sich auch in der Größenordnung, der Verdunstung, die im hydrographischen Atlas Österreichs für die Untersuchungsgebiete angegeben ist. Demgemäß weist der Urlbach bei 966mm durchschnittlichen Jahresniederschlag eine Verdunstung von 595mm auf (potentiell 640mm). Im Hammerbach verdunsten bei einem durchschnittlichen Niederschlagseintrag von 1765mm pro Jahr 588mm (potentiell 601mm). Aufgrund der geringen Differenz zur potentiellen Verdunstung ist auch durch weitere Landnutzungsänderungen kaum eine Änderung in der Verdunstungsleistung zu erwarten.

Tabelle 11: Abschätzung der Änderung der jährlichen Evapotranspiration aufgrund der Landnutzungsänderungen für das Gemeindegebiet von Seitenstetten

Landnutz ung	Flächen- anteile 1872	Flächen- anteile 2000	jährl. Evapotranspiration für den Landnutzungstyp	anteilsgewichtete Evapotranspiration 1872	anteilsgewichtete Evapotranspiration 2000
Acker	36.6	28.3	520	190.3	.
Gewäs- ser	0.6	0.6	660	3.9	3.9
Grünland	36.6	39.0	630	230.4	245.7
Siedlung	0.9	1.7	200	1.7	3.5
Sonstige Nutzun- gen	0.1	0.0	630	0.5	0.0
Verkers- infrastruk- -tur	1.5	3.8	0	0.0	0.0
Wald	23.8	26.6	660	156.9	175.6
Gesamt- ergebnis				583.7	575.7

Tabelle 12: Abschätzung der Änderung der jährlichen Evapotranspiration aufgrund der Landnutzungsänderungen für das Gemeindegebiet von Waidhofen an der Ybbs

Zeilenbeschriftungen	Flächenanteile 1822	Flächenanteile 2000	jährl. Evapotranspiration für den Landnutzungstyp	anteilsgewichtete Evapotranspiration 1822	anteilsgewichtete Evapotranspiration 2000
Acker	26.8	0.8	520	139.5	4.0
Gewässer	0.7	0.7	660	4.9	4.8
Grünland	51.2	56.0	630	322.3	352.9
Siedlung	0.8	4.5	200	1.6	9.0
Sonstige Nutzungen	0.1	0.1	630	0.4	0.4
Verkehrsinfrastruktur	0.9	3.2	0	0.0	0.0
Wald	19.5	34.7	660	128.8	229.0
Gesamtergebnis				597.4	600.1

Es kann somit festgehalten werden, dass die Änderungen in der Landnutzung zu keiner Änderung in der Verdunstungsleistung der Einzugsgebiete und damit zu keiner Änderung des hydrologischen Regimes geführt haben.

F.2 Auswirkungen auf die Infiltrationseigenschaften

Viele hydrologische Modelle berücksichtigen die unterschiedliche Infiltrationswirkung unterschiedlicher Landnutzungen. Ein Beispiel dafür ist das SCS-Verfahren. Tabelle 13 und Tabelle 14 zeigen die flächengewichteten SCS-Curvenumbers für Seitenstetten und Waidhofen an der Ybbs für die analysierten Zeiträume. Im Fall von Seitenstetten liegt der Unterschied bei 0.7 und damit deutlich innerhalb jeder Schätzgenauigkeit. Die Landnutzungsänderungen in Waidhofen an der Ybbs führen zu einer Reduktion der CN von 67 auf 63.3, was bei einem Ereignis mit einer Niederschlagshöhe von 100mm zu einer Reduktion des Abflusses von 40 auf 36mm führen würde.

Tabelle 13: Flächengewichtete SCS Curve-Number für Seitenstetten, Vergleich 1872 und 2000

	SCS CN	SCS 1872	SCS 2000
Acker	81	29.6	22.9
Gewässer	100	0.6	0.6
Grünland	61	22.3	23.8
Siedlung	85	0.7	1.5
Sonstige Nutzungen	75	0.1	0.0
Verkehrsinfrastruktur	95	1.5	3.6
Wald	60	14.3	16.0

Gesamtergebnis	69.0	68.3
-----------------------	------	------

Tabelle 14: Flächengewichtete SCS Curve-Number für Waidhofen an der Ybbs, Vergleich 1822 und 2000

	SCS CN	SCS 1822	SCS 2000
Acker	81	21.7	0.6
Gewässer	100	0.7	0.7
Grünland	61	31.2	34.2
Siedlung	85	0.7	3.8
Sonstige Nutzungen	75	0.0	0.1
Verkehrsinfrastruktur	95	0.9	3.1
Wald	60	11.7	20.8
Gesamtergebnis		67.0	63.3

Die Abbildungen mit den Ergebnissen der HYDR²AC-Simulationen zeigen auch immer als braune Linie den Abflussanteil durch Infiltrationsüberschuss. Es ist zu erkennen, dass dieser im gesamten Prozessgeschehen eher eine untergeordnete Rolle spielt. Dies wird auch durch eine Betrachtung der Infiltrationsleistung unterschiedlicher Bodentypen unter Verwendung des Modells nach Green-Ampt untermauert (Tabelle 15). Betrachtet man z.B. das Ereignis 2002, das am Urlbach zu einem HQ100 führte, so fielen dort in 24h rund 110 mm. Dieser Niederschlag hätte von einem Großteil der Böden aufgenommen werden können. Da Siedlungsflächen und versiegelte Flächen im unteren einstelligen Bereich liegen, ist auch von diesen maximal eine lokale Wirkung zu erwarten.

Tabelle 15: : maximal mögliche Infiltration in unterschiedliche Bodentypen

	Gesamte Infiltrationsleistung in 24h [mm]	Infiltrationsrate nach 24 h mm/h
Sand	2904	118.4
Lehmiger Sand	784	30.6
Sandiger Lehm	340	11.9
Lehm	129	4.1
Toniger Lehm	64	1.7

Aufgrund der lokalen Niederschlagscharakteristik, die vor allem bei lange anhaltenden Niederschlägen zu Extremabflüssen führt, ist davon auszugehen, dass der Infiltrationsüberschuss eine geringe Auswirkung auf das hydrologische Regime in den untersuchten Einzugsgebieten hat. Dementsprechend erscheint es als unwahrscheinlich, dass durch die dokumentierten Landnutzungsänderungen größere Änderungen im Abflussverhalten der Einzugsgebiete aufgrund veränderter Infiltrationsbedingungen zu erwarten wären.

F.3 Auswirkungen der Bodenbearbeitung/Bodenstruktur

Ein wesentlicher, das hydrologische Regime eines Einzugsgebiets beeinflussender Faktor, ist die laterale Transportkapazität des Bodens. Ist der Boden tiefgründig, erfolgt der laterale Transport gleichmäßig über einen relativ breiten Bereich der Bodensättigung. Ist der Boden seichtgründig, erfolgt bei geringer Sättigung aufgrund des geringeren Querschnitts nur wenig Lateraltransfer von Wasser und es wird damit wenig Abfluss gebildet. Der Boden nähert sich aber aufgrund des geringeren Volumens sehr schnell der Sättigung und ist dann in der Lage sehr viel Wasser lateral zu transportieren. Seichtgründige Böden reagieren daher deutlich extremer auf Feuchtigkeitsänderungen (vgl. Abbildung 2 und Abbildung 3).

Auch wenn ein Nachweis der Änderung der Bodenstruktur durch unterschiedliche Bewirtschaftungsformen den Rahmen dieser Untersuchung sprengt, gibt es sicherlich Anhaltspunkte dafür, dass unterschiedliche Bewirtschaftungsformen die Bodenstruktur verändern können. So wird durch Baumwurzeln das Makroporensystem im Boden deutlich ausgeweitet. Auf der anderen Seite zerstören schwere Landmaschinen die Bodenstruktur und könnten zu Verdichtungshorizonten führen.

Simulationsrechnungen die mögliche Änderungen der Bodenstruktur berücksichtigen wurden angestellt. Da sich aber der Parameter m , der die tätige Bodensäule beschreibt, in einem Bereich befindet, in dem er auf Änderungen relativ unsensibel reagiert, bewegen sich die Auswirkungen der Betrachtung unterschiedlicher Bodenstrukturen im Bereich der Schätzungenauigkeit.

Es kann daher mit HYDR²AC kein Nachweis erbracht werden, dass durch die Änderungen in der Landnutzung im Untersuchungsgebiet, Änderungen im hydrologischen Regime einhergehen.

G. Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Veränderungen der Landnutzungen im Einzugsgebiet der Ybbs in den letzten 150 Jahren sind sicherlich signifikant. Es sind auch in der Literatur viele Hinweise auf die Wirkung von Landnutzungsänderungen auf das hydrologische Regime von Einzugsgebieten zu finden. Ein Nachweis hinsichtlich Abflussmenge und Hochwasserspitzen ist aber bisher vor allem bei extremen Änderungen, wie z.B. großen Kahlschlägen in Nordamerika und Australien gelungen.

Die Auswirkungen der Landnutzungsänderungen im Ybbstal liegen dagegen innerhalb der Schätzungenauigkeit der Modelle und bewegen sich, was Hochwasserspitzen betrifft, maximal im Bereich weniger Prozente. Weder hinsichtlich Evapotranspiration, noch Infiltration, noch Bodenstrukturveränderungen konnte der Nachweis erbracht werden, dass die Landnutzungsänderungen einen signifikanten Effekt auf das Abflussverhalten der untersuchten Einzugsgebiete haben.

Demgegenüber beträgt die Variationsbreite von Niederschlägen, die für die Ermittlung von Extremabflüssen angesetzt werden können in größeren Zehner-Prozent Bereichen ($\pm 25\%$ und mehr).

Betrachtet man die Karte des biologischen Zustands hinsichtlich stofflicher Belastungen der österreichischen Fließgewässer, so ist ersichtlich, dass es vor allem die landwirtschaftlichen Produktionsgebiete sind, in denen stoffliche Belastungen der Gewässer vorliegen. Es ist daher zu erwarten, dass Effekte der Änderungen der Landnutzung sich vor allem bei der biologischen Wasserqualität bemerkbar machen.

Einen großen Einfluss auf das Hochwasserregime eines Einzugsgebiets hat natürlich auch der Niederschlag. Sollten sich hier z.B. durch den globalen Klimawandel häufiger konvektive Starkregen ereignen, hätte dies sicherlich einen deutlich stärkeren Effekt auf das Abflussverhalten der Ybbs-Einzugsgebiete, als die Landnutzungsänderungen.

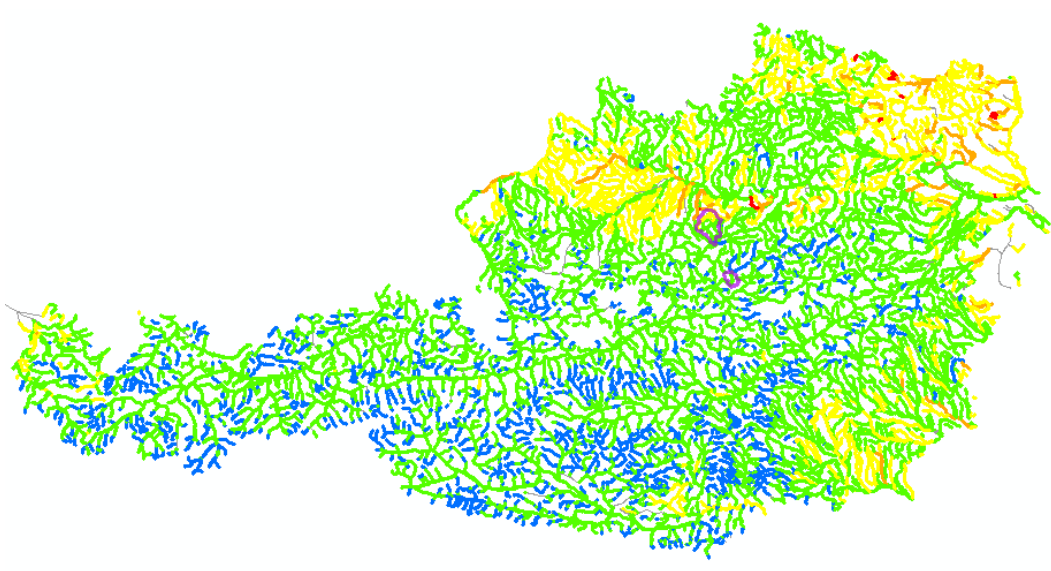


Abbildung 44: Karte des biologischen Zustands hinsichtlich stofflicher Belastungen der österreichischen Fließgewässer (blau = sehr gut, grün=gut, gelb=mäßig, orange=unbefriedigend, rot = schlecht); ab der Stufe mäßig liegt eine Zielverfehlung gemäß europäischer Wasserrahmenrichtlinie vor;