

Gemeinde
Epfendorf

Regierungspräsidium Freiburg

Machbarkeitsstudie zur Verbesserung des Hochwasserschutzes am Neckar auf den Gemarkungen Epfendorf, Oberndorf a.N., Sulz a.N.

Aufbau und Anpassung eines hydrologischen Modells für den oberen Neckar und seine Nebengewässer



Zusammenfassung Machbarkeitsstudie Teil 2



Erläuterungsbericht: hydrologisches Flussgebietsmodell

März 2015

Das Flussgebietsmodell (FGM) hat ein Einzugsgebiet von ca. $A_E=1.162 \text{ km}^2$. Es reicht am unteren Ende bis zur Eyachmündung bei Eutingen im Gäu, damit der Pegel Horb noch als Kalibrierungspunkt dienen konnte.

Die bestehenden Rückhaltungen (Schlichem, Starzel, Glatt) und deren Betriebszeitraum wurden im Modell mit berücksichtigt.

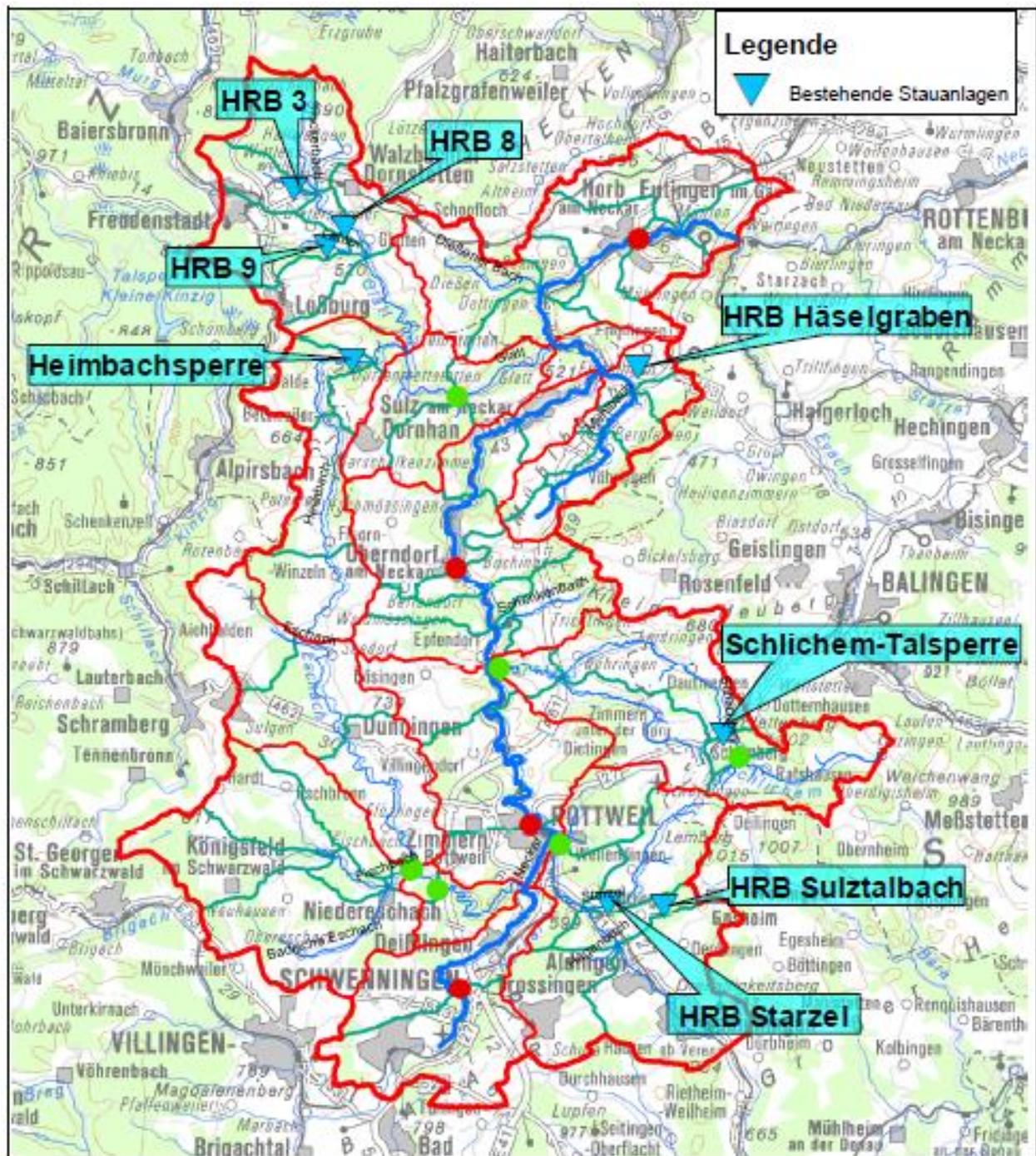


Abbildung 2.10: Im FGM erfasste größere Rückhaltungen des Oberen Neckars

Da der Neckar zahlreiche Zuflüsse aus Nebengewässern erhält, war eine flächendetaillierte Beschreibung des Niederschlag-Abfluss-Vorganges erforderlich. Auch die Geologie, Bodennutzung und Überregnung wurden detailliert erfasst. Darüber hinaus wurden alle größeren Retentionsräume laut HWGK im Modell berücksichtigt.

Aufgrund eines geringen Flächenanteils und der Größe des Einzugsgebietes des oberen Neckars mit über 1.100 km² Gesamtfläche sind Zuflüsse aus den Siedlungsflächen und dem Straßen- und Wegenetz bezogen auf den maßgebenden Gewässerabschnitt des Neckars von Epfendorf bis Sulz a.N. von untergeordneter Bedeutung.

Insgesamt wurden im Modell 190 Teilflächen und 603 Modellknoten nachgebildet. Die Größe dieser Teileinzugsgebiete variiert dabei zwischen $AE = 1,2 \text{ km}^2$ und $AE = 49 \text{ km}^2$. Dadurch war es möglich die gebietscharakteristischen Eigenschaften, wie z.B. die Topographie, die Landnutzung, die Geologie und das Gewässernetz sehr detailliert entsprechend den örtlichen Gegebenheiten zu erfassen. Somit können auch die auftretenden Hochwasserabflüsse sehr genau berechnet werden.

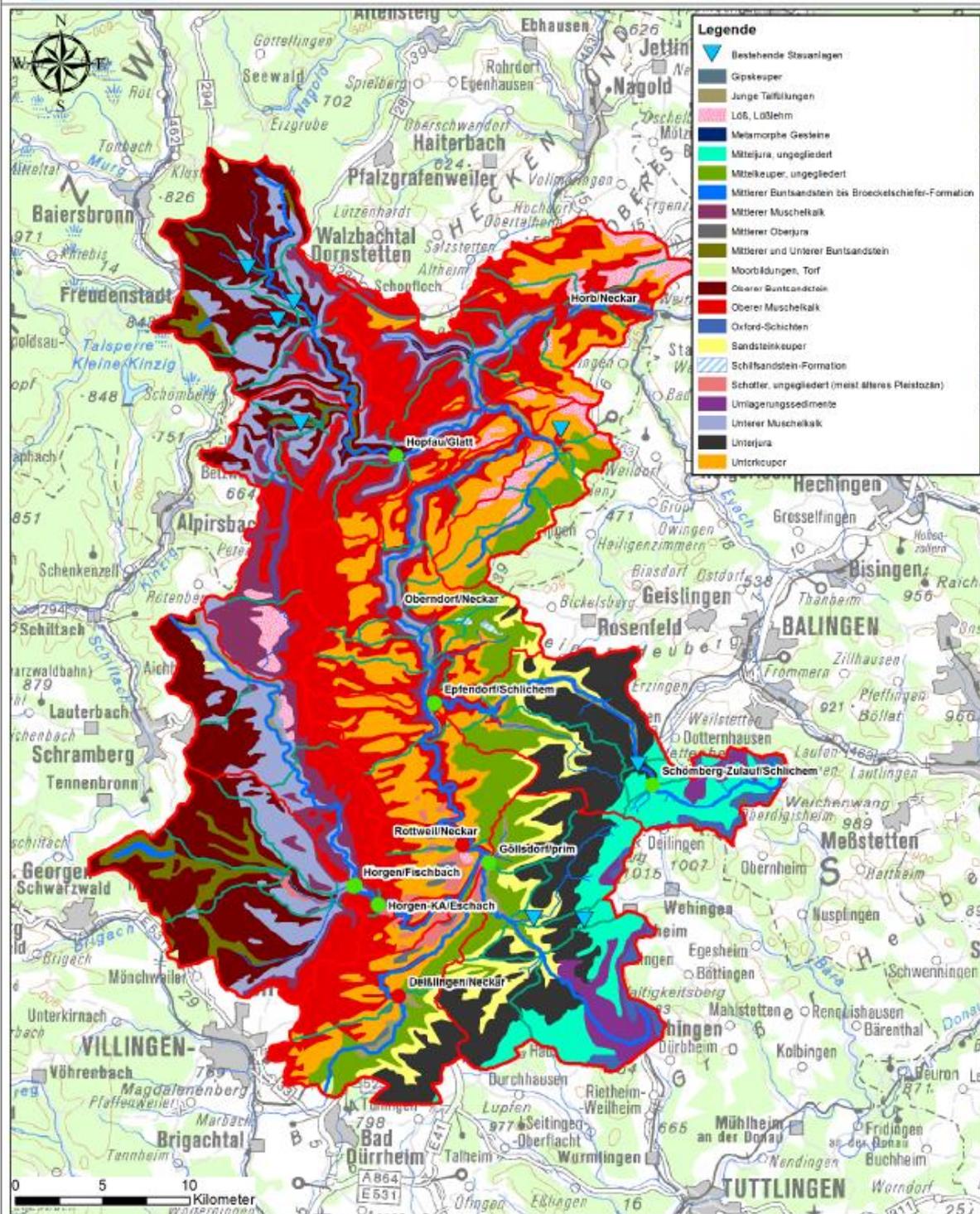


Abbildung 2.3
Geologie
Einzugsgebiet Oberer Neckar

Datum	Dez. 2014	Maße	Goe/Hoe
Skala	1:200'000		
Projekt-Nr.	101_14_014		
Zustimmung			

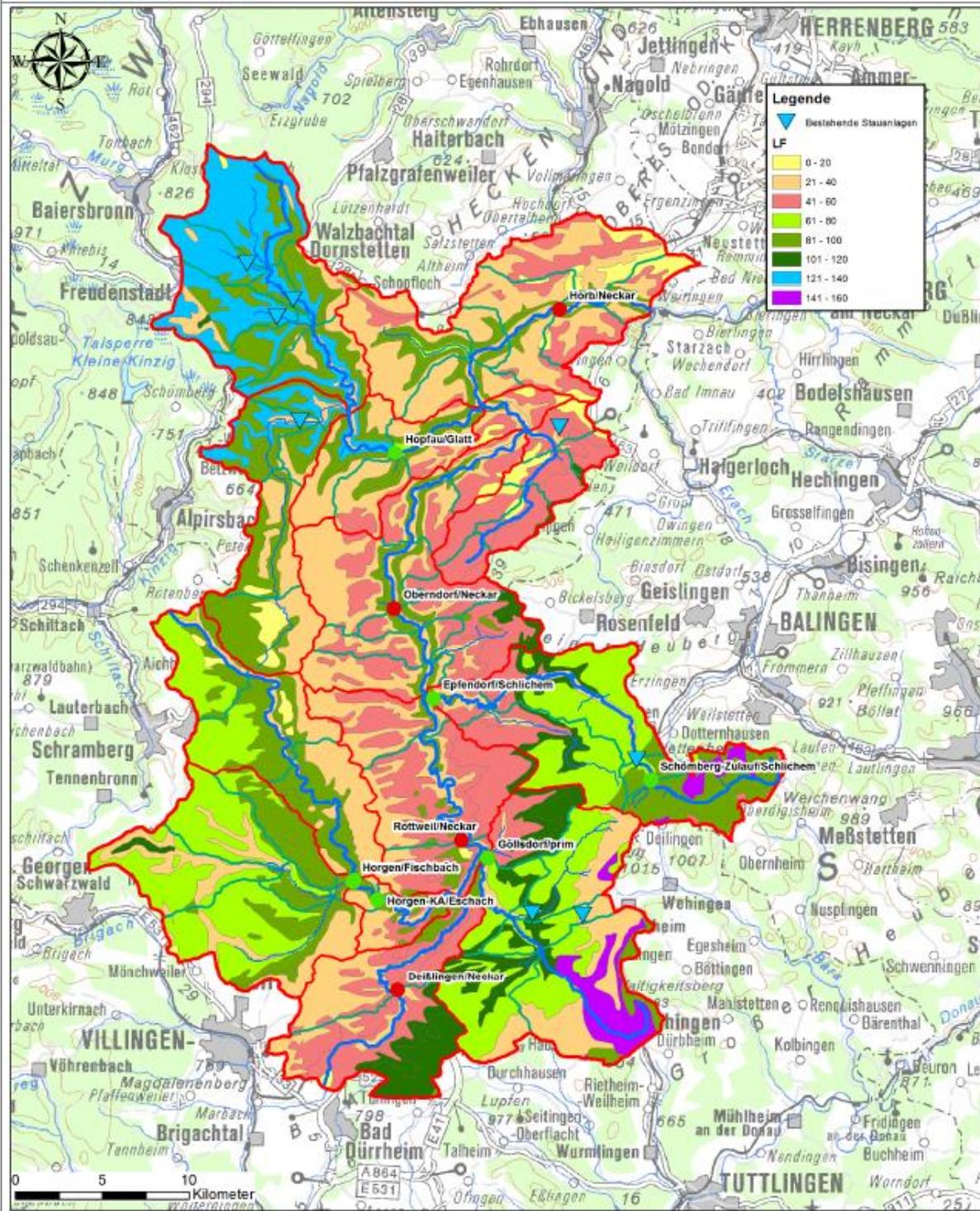


Abbildung 2.4
Landschaftsfaktoren
Einzugsgebiet Oberer Neckar

	Datum	Name
Standzeit:	Dez. 2014	Goë/Hoe
Maßstab:	1:200'000	
Projekt-Nr.:	101_14_014	
Zustimmung:		

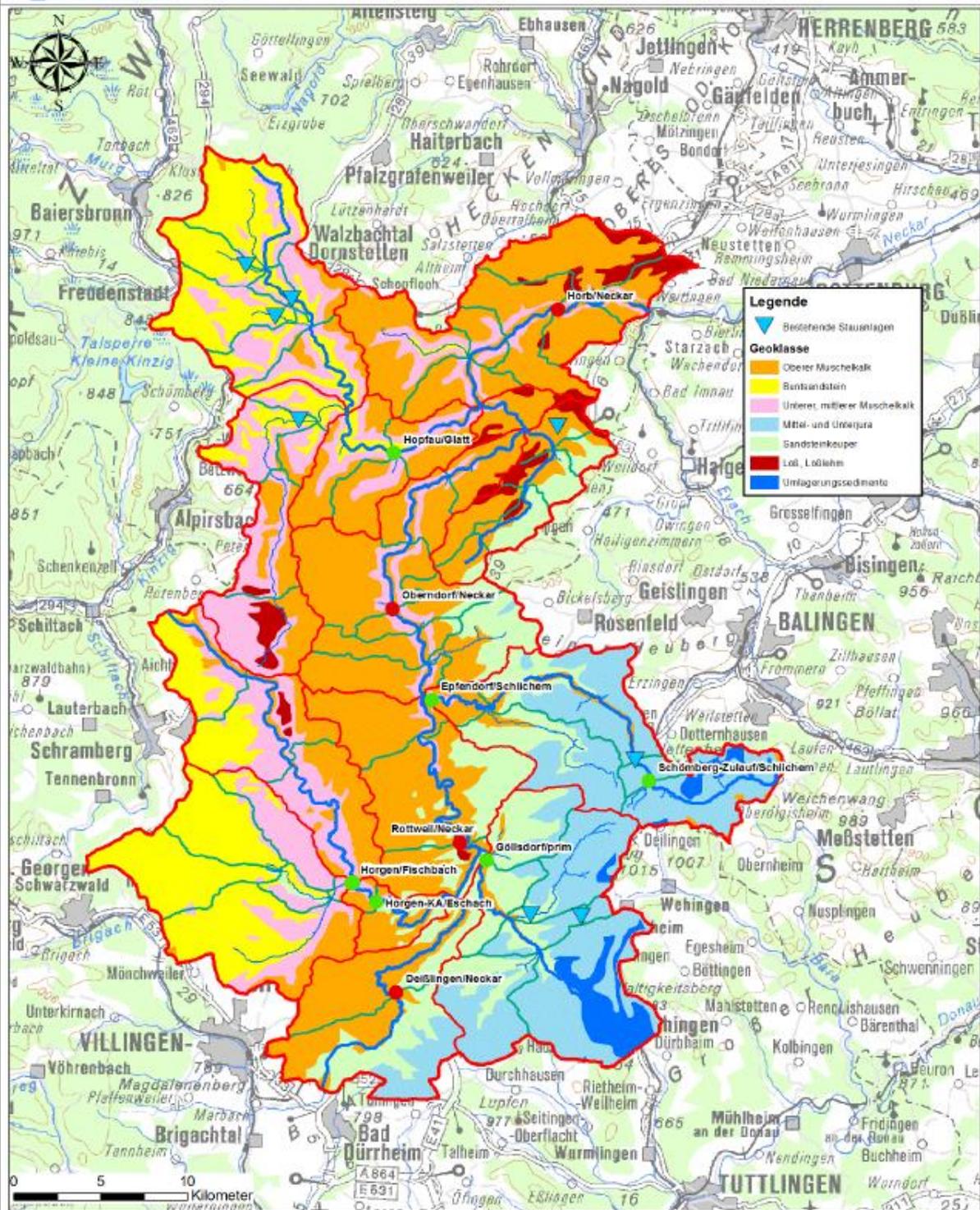


Abbildung 2.5
 Geoklassen
 Einzugsgebiet Oberer Neckar

	Datum	Name
gezeichnet	Dez. 2014	Dirk Hüb
geprüft		
Maßstab	1:200/000	
Projekt-Nr.	101_14_014	
Zeichnung		

Das Modell und Parameter konnten an den vorhandenen Pegelstellen (11 Stück) plausibilisiert und angepasst werden. Schwierig war die Vielzahl an geologischen Einheiten in den Einzugsgebieten der Pegelmessstellen. Deswegen erfolgte eine

weitere Plausibilisierung durch Vergleiche mit anderen Flussgebietsmodellen mit vergleichbaren Gegebenheiten.

Selbst an den sehr lange beobachteten Neckarpegeln traten im Messzeitraum keine sehr großen HW-Ereignisse auf. Deshalb war eine FGM-Nachrechnung zum Testen der 100-jährlichen Ereignisse nicht möglich. Der im maßgebenden Neckarabschnitt liegende Pegel Oberndorf/Neckar ist seit 1929 beobachtet, weist aber als größte Ereignisse 289 m³/s am 13.01.1955 und 271 m³/s am 23.05.1978 lediglich ca. 20- bis 50-jährliche HW auf. Die seit Mitte der 1990er Jahre aufgetretenen Ereignisse weisen sogar lediglich Jährlichkeiten von $T < 5$ a auf.

Die HWGK zeigen im Hochwasserfall großräumige Überflutungen im Talbereich. Dies führt zu Abflachungen der Hochwasserwellen, was im Modell entsprechend nachgebildet wurde.

Des Weiteren wurde der Abflussbeiwert der Einzugsgebiete als Verhältnis aus Gebietsniederschlag und Pegelstatistiken ermittelt. Dabei wurde auch der zeitliche Verlauf des Abflussbeiwertes berücksichtigt, das sich dieser im Verlauf eines Regenereignisses aufgrund Boden, Bewuchs, Vorsättigung, etc. verändert.

Im Rahmen der Untersuchung fanden FGM-Berechnungen für Ereignisse ausgewählter Niederschlagsdauern TD und Jährlichkeiten T statt. Es wurden Modellrechnungen für Ereignisse der 12 Niederschlagsdauern TD = 0,25, 0,5, 1, 2, 4, 6, 12, 24, 48, 72, 96, 120 Stunden und der 11 Jährlichkeiten T = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1.000, 5.000 und 10.000 Jahre durchgeführt. Die Bemessungsniederschläge wurden aus den KOSTRA-2000-Daten des Deutschen Wetterdienstes abgeleitet. Bei 11 Jährlichkeiten und 12 Niederschlagsdauern wurden 132 unterschiedliche KOSTRA-2000 Ereignisse nachgerechnet.

Aufgrund zu erwartender Veränderungen durch den Klimawandel gibt es von der LUBW Veröffentlichungen, wie der Lastfall_{Klima} in wasserwirtschaftlichen Berechnungen berücksichtigt werden kann. Entsprechend dieser Vorgaben wurden mit den Modellen auch Berechnungen für den Lastfall_{Klima} durchgeführt.

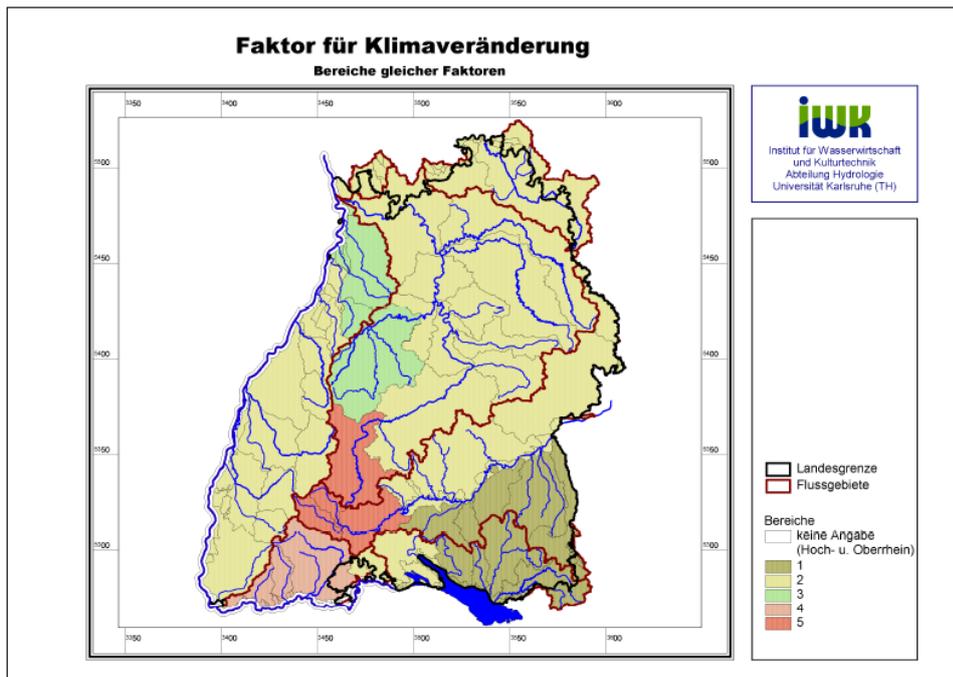


Tabelle 2.7: Klimaänderungsfaktoren (LfU/LUBW, 2005)

T [Jahre]	Klimaänderungsfaktoren $f_{T,K}$				
	1	2	3	4	5
2	1,25	1,50	1,75	1,50	1,75
5	1,24	1,45	1,65	1,45	1,67
10	1,23	1,40	1,55	1,43	1,60
20	1,21	1,33	1,42	1,40	1,50
50	1,18	1,23	1,25	1,31	1,35
100	1,15	1,15	1,15	1,25	1,25
200	1,12	1,08	1,07	1,18	1,15
500	1,06	1,03	1,00	1,08	1,05
1000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

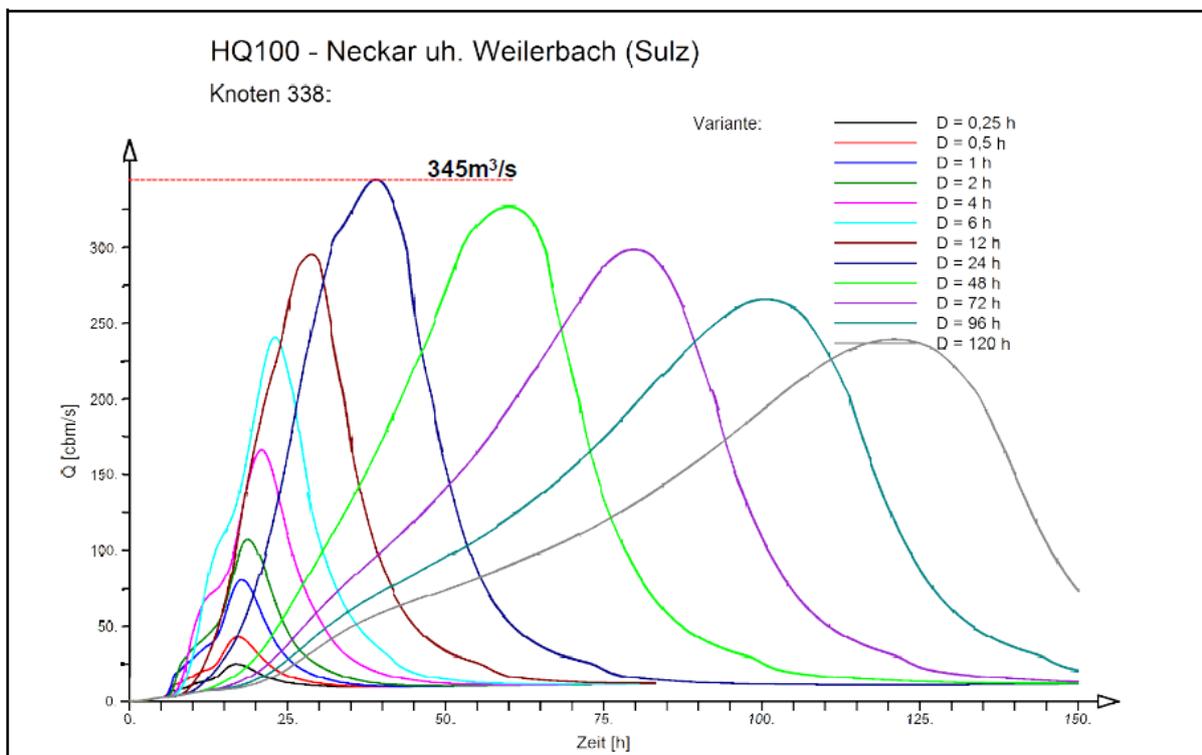
Bemerkung: für Jährlichkeiten $T > 1000$ a ist der Faktor gleich 1,0

Mit dem hydrologischen Modell konnten die Hochwasserabflüsse wie in der Tabelle dargestellt ermittelt werden:

Tabelle 2.9: Hochwasserabflüsse ausgew. Neckarstellen für den Ist-Zustand (FGM-Var. „11“)

FGM-Kn.	Standort	A_{E0} [km ²]	HQ10 [m ³ /s]	HQ20 [m ³ /s]	HQ50 [m ³ /s]	HQ100 [m ³ /s]	HQ100k [m ³ /s]
220	Pegel Rottweil/Neckar	452.8	144.4	173.6	216.5	249.1	315.0
290	Neckar uh. Schlichem (Epfendorf)	629.7	196.7	235.2	288.4	328.1	404.4
324	Pegel Oberndorf/Neckar	692.1	204.5	244.5	298.1	341.0	419.3
338	Neckar uh. Weilerbach (Sulz a.N.)	741.1	207.8	248.4	301.8	344.9	424.6
577	Pegel Horb/Neckar	1112.5	338.9	386.8	464.7	529.6	644.5

Für Sulz ergibt der Abfluss HQ₁₀₀ aus den folgenden Ganglinien:



In der nächsten Grafik sind die Unterschiede mit/ohne bestehende Rückhaltebecken gegenübergestellt:

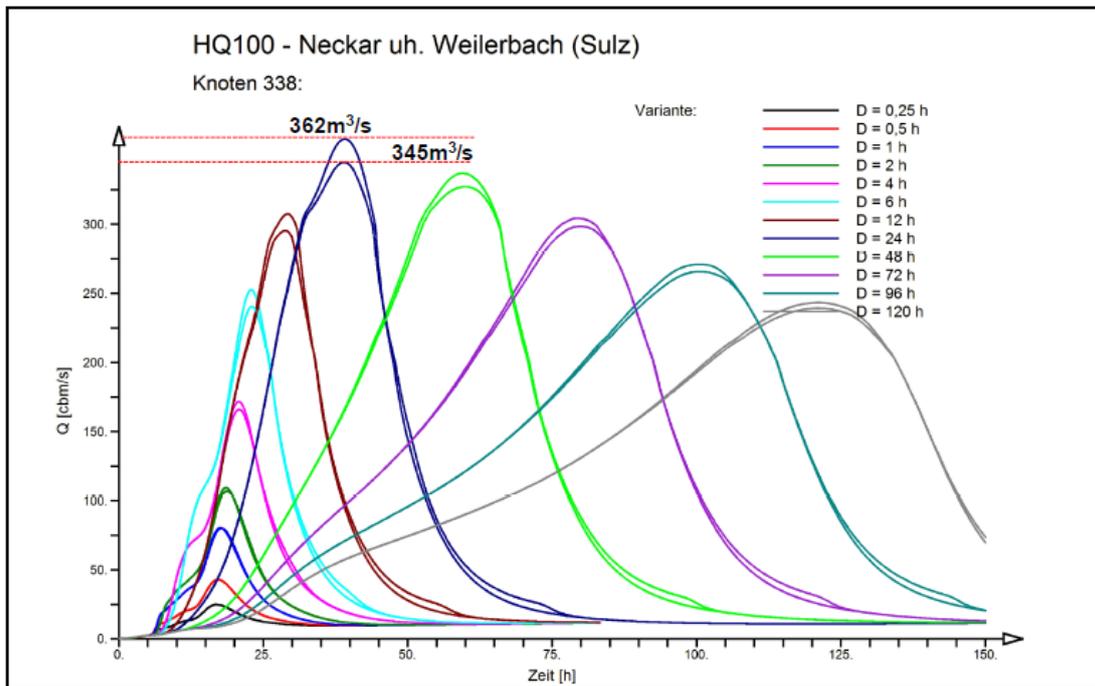


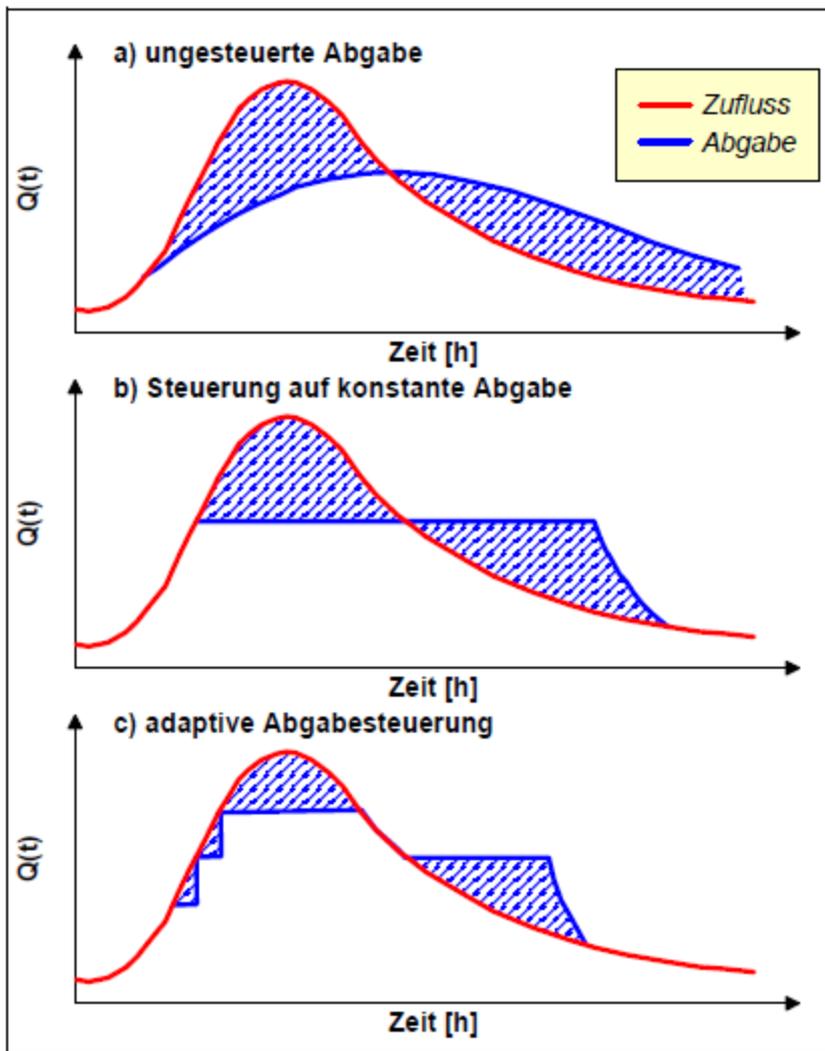
Abbildung 2.20: Ganglinien T=100a unterschiedlicher Regendauern für Zustände mit (FGM-Var. „I1“) und ohne (FGM-Var. „I0“) bestehende Becken in Sulz a.N./Neckar (FGM-Kn. 338)

Ein wichtiger Bestandteil aus der Arbeit mit dem Modell war die Überprüfung der potentiellen 3 Standorte (siehe Zusammenfassung Teil 1) für Rückhaltebecken.

Tabelle 5.1: Detaillierter untersuchte mögliche HRB-Standorte

FGM-Kn.	Name	Gewässer	A _{Eo} [km ²]	S _{ZV} [m ³]
228	Ne_008	Neckar	501	395'000
286	Schli_001	Schlichem	107	970'000
123	Esch_004	Eschach	206	230'000

Die grundsätzliche Funktionsweise eines Rückhaltebeckens und verschiedene Steuerungsarten sind in der folgenden Grafik dargestellt:



Steuerungsarten von Hochwasserrückhaltebecken (Quelle: nach Ihringer, 2005)

Mit dem Flussgebietsmodell fanden verschiedene Berechnungen für die 3 Standorte statt. Dabei wurde von einer Steuerung auf konstante Abgabe ausgegangen. Die Regelabgabe wurde so gewählt, dass sich die Becken bei einem HQ_{100} gerade füllen und nicht überlaufen. Es wurden die Standorte einzeln berechnet, aber auch Kombinationen mit mehreren Becken.

Einzelbewertung HRB Eschach 004:

- Kontrolliert einen zu kleinen Teil des Einzugsgebietes ca. 30%
- Selbst am Standort nur eine kleine Wirkung möglich
- Viele Regenereignisse bei 100-jährlichen Zuflüssen durchlaufen das Becken ohne unabgemindert (siehe Ganglinien)

- Erst über HQ_{50} überhaupt ein Einstau möglich
- Aus hydrologischer Sicht ist dieser Standort wegen zu geringer Wirkung nicht sinnvoll

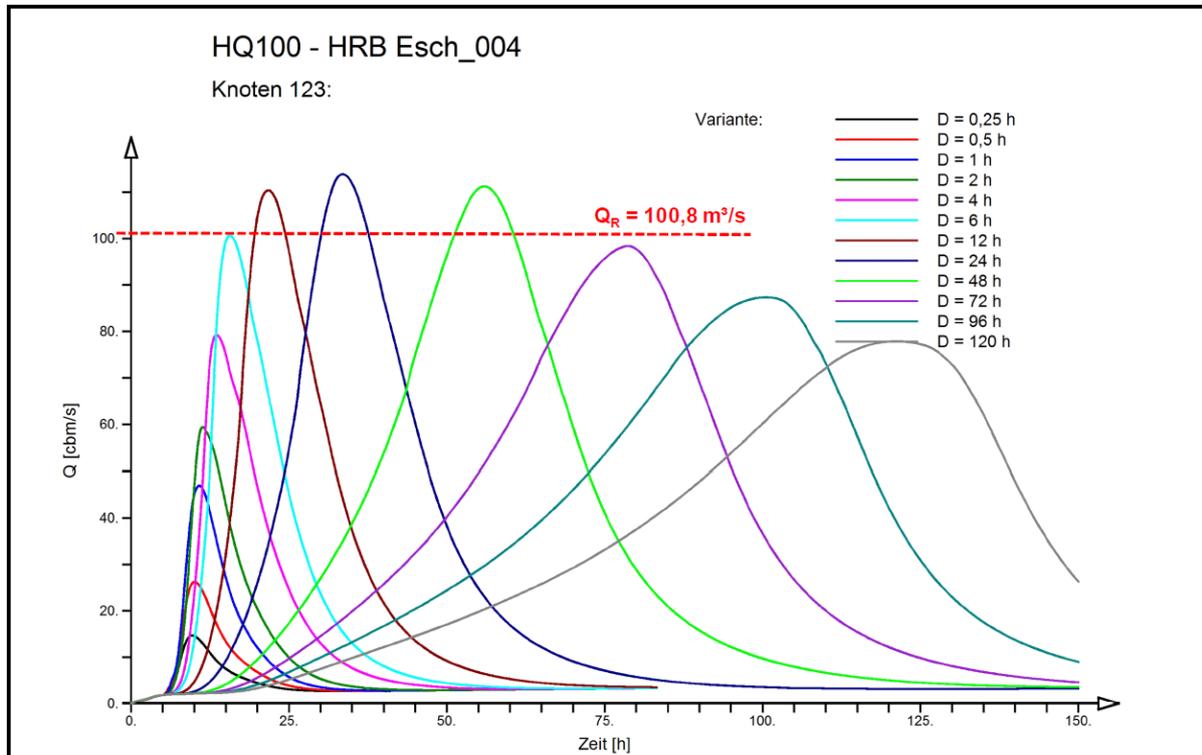


Abbildung 5.5: 100-jährliche HW-Ganglinien am Beckenstandort HRB-Eschach

Einzelbewertung HRB Neckar 008:

- Kontrolliert einen guten Anteil des Einzugsgebietes ca. 70%, d.h. günstige hydrologische Lage
- Aber das max. Rückhaltevolumen im Verhältnis zum Einzugsgebiet gering
- Drosselung nur von $266 \text{ m}^3/\text{s}$ auf $240 \text{ m}^3/\text{s}$ möglich, Wirkungsgrad von gerade 10%. Bis Sulz reduziert sich die Drosselung auf 3,4%.
- In cm Wasserspiegelreduzierung bedeutet dies in Oberndorf und Sulz ca. 9 cm niedrigere Wasserstände bei HQ_{100}
- Das Becken kann nur wenige Dauerstufen puffern (siehe Ganglinien)
- Erst über HQ_{50} überhaupt ein Einstau möglich
- Aufgrund der geringen Wirkung ist der Standort aus hydrologischer Sicht nicht sinnvoll

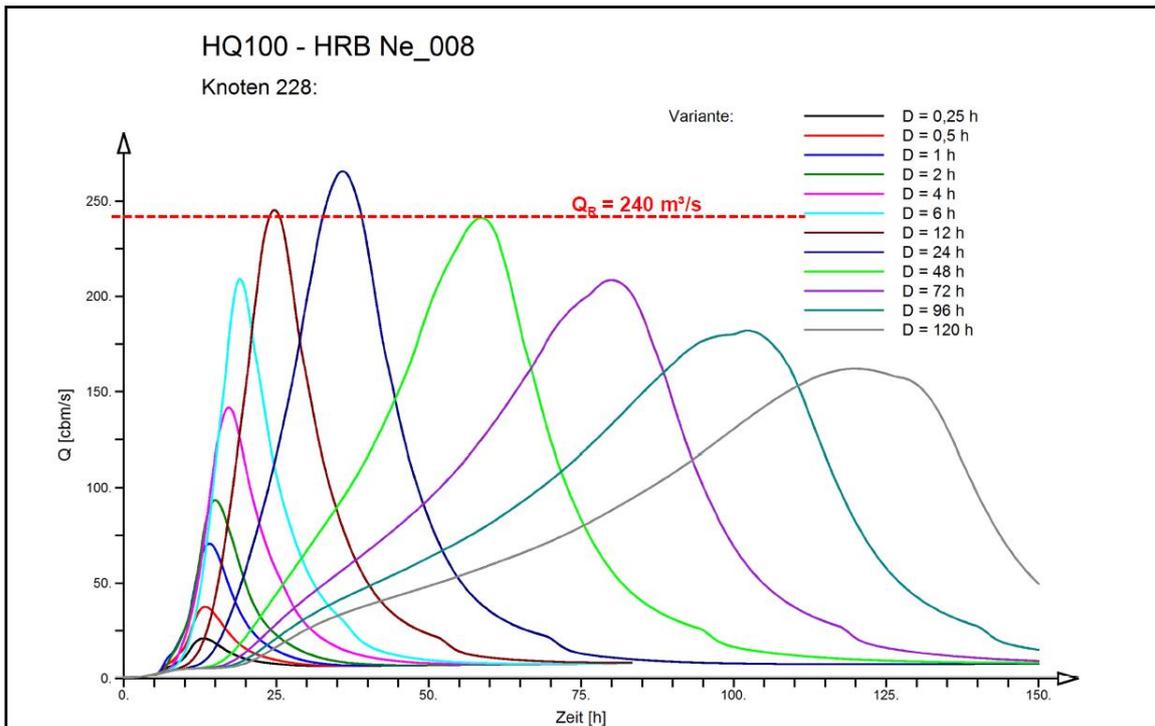


Abbildung 5.9: 100-jährliche HW-Ganglinien am Beckenstandort HRB-Neckar

Einzelbewertung HRB Schlichem 001:

- Kontrolliert nur einen kleinen Anteil des Einzugsgebietes ca. 15%, d.h. ungünstige hydrologische Lage
- Durch eine Drosselung um $46 \text{ m}^3/\text{s}$ kann direkt am Standort eine gute Wirkung erreicht werden. Für den Neckar (Ortslagen Epfendorf bis Sulz) reduziert sich die Wirkung aber auf weniger als 5% ($\approx 10 \text{ cm}$ Wasserspiegelreduktion)
- Positiv ist, dass das Becken viele Dauerstufen puffern kann (siehe Ganglinien)
- Und bereits bei einem HQ_{10} ein Einstau erfolgen kann
- Aufgrund der geringen Wirkung am Neckar trotzdem nicht sinnvoll

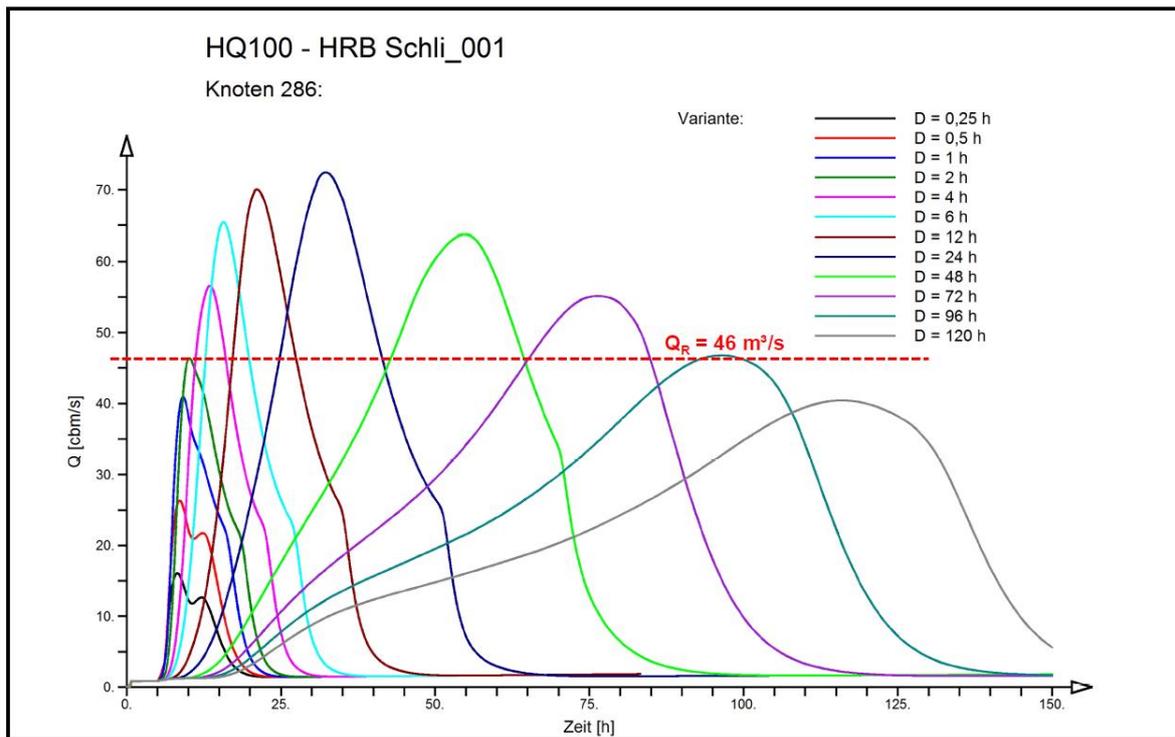


Abbildung 5.13: 100-jährliche HW-Ganglinien am Beckenstandort HRB-Schlichem

Beckenkombinationen

Selbst für Kombinationen der Becken zeigen die FGM-Berechnungsergebnisse für die Neckarabschnitte von Epfendorf bis Sulz zu geringe Wirkungen, so dass auch eine Realisierung eines Beckensystems wenig sinnvoll ist.

Zusammenfassung:

Alternativenprüfung Rückhaltebecken (Teil 1 und 2 der Machbarkeitsstudie)

Zusammenfassend zeigen die Untersuchungsergebnisse, dass Beckenlösungen zum Schutz von Epfendorf, Oberndorf a.N. oder Sulz a.N. aufgrund einer unzureichenden Wirksamkeit nicht sinnvoll sind. Bei Lösungen mit 1 Becken lässt sich der Wasserstand in den 3 Ortslagen um ca. 10 cm, bei Lösungen mit 2 Becken um ca. 20 cm reduzieren. Dadurch kann auf (fast) keine der im Rahmen der hydraulischen Lösungsfindung (lokaler HW-Schutz) vorgeschlagenen Maßnahmen verzichtet werden.

Dass HRB-Lösungen auch aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht sinnvoll sind, zeigen Referenzprojekte. So werden aktuell in vergleichbaren Untersuchungen

(Rems, Freiburg) Beckenlösungen geplant. Die Kosten für diese Einzelbecken liegen in der Größenordnung von 12 Mio. bis 15 Mio. EUR. Bei Lösungen am Neckar mit 2 Becken ist entsprechend mit Kosten in der Größenordnung von 25 Mio. bis 30 Mio. EUR zu rechnen. Nicht berücksichtigt wurden dabei ökologische (Schutzgebiete) oder geologische Aspekte.

Zusammenfassend wurden daher HRB-Lösungen als nicht sinnvoll verworfen. Empfohlen wird entsprechend den HW-Schutz über lokale HWS-Maßnahmen herzustellen.