

Standortsuche für Hochwasserrückhaltebecken mit Niederschlag-Abfluss-Modellen

Halvor Øverland, Eching am Ammersee

Einführung

Wegen der gehäuft auftretenden Hochwasser in den letzten Jahren mit teilweise erheblichen Schäden werden von den Politikern und der Öffentlichkeit vermehrt Lösungen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes gefordert. Viel verspricht man sich dabei vor allem von dezentralen Hochwasserrückhaltemaßnahmen an den Oberläufen der Einzugsgebiete. Diese sollen nicht nur die Hochwassergefahr für die unmittelbaren Unterteliger verbessern, sondern auch ein Beitrag zur Verbesserung der Hochwassersituation an den großen Gewässern leisten. Aufgrund der örtlichen Topografie ist es häufig nicht möglich, die Hochwasserabflüsse nur mit einem Hochwasserrückhaltebecken so stark zu drosseln, dass ein ausreichender Schutz vor Überschwemmungen erreicht wird. Deshalb müssen vielfach mehrere Rückhaltebecken vorgesehen werden. Für die hydrologische Dimensionierung und die Ermittlung der Wirkungen einzelner oder mehrerer Hochwasserrückhaltebecken werden sogenannte flächendetaillierte Niederschlag-Abfluss-Modelle (N-A-Modelle) eingesetzt. Nach einer kurzen Darstellung des Aufbaus von N-A-Modellen wird im Folgenden am Beispiel von Untersuchungen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes für den Markt Dinkelscherben das Vorgehen solcher Untersuchungen dargestellt.

Allgemeiner Aufbau von Niederschlag-Abfluss-Modellen

In einem flächendetaillierten N-A-Modell wird das Einzugsgebiet in Teilgebiete und Gewässerteilstrecken aufgeteilt, in denen das Translations- und Retentionsverhalten unter Beachtung der Gewässerordnungen sequentiell berechnet wird. Die Abflüsse der Teilgebiete und Gewässerteilstrecken werden nacheinander berechnet, bis die letzte Gewässerteilstrecke im Einzugsgebiet erreicht ist. In der folgenden Abbildung wird beispielhaft der Ablauf der Berechnungen im N-A-Modell dargestellt.

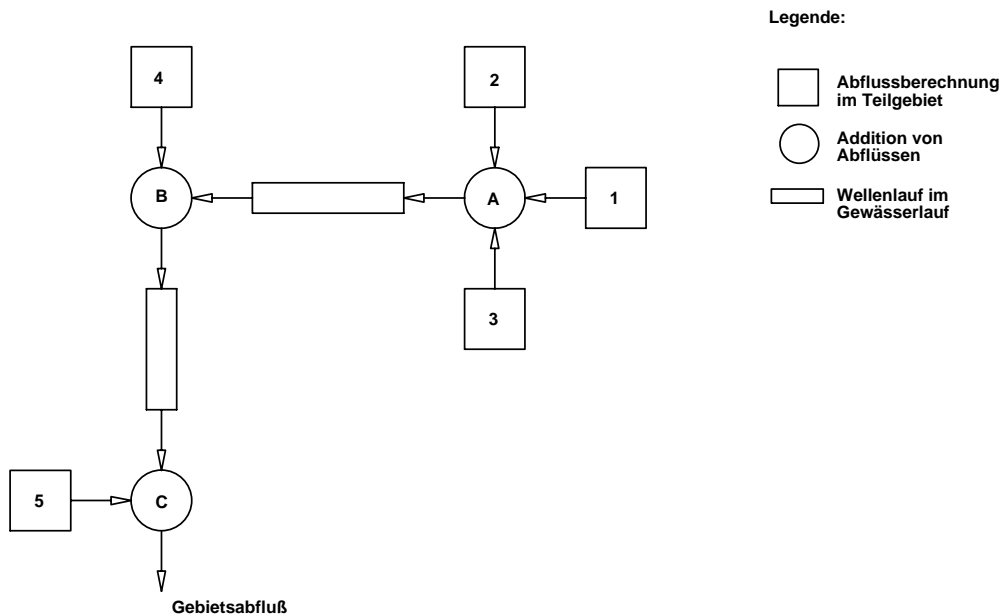


Abbildung 1: Systemskizze N-A-Modell

Die in jedem Teilgebiet ablaufenden Prozesse werden durch eine Reihe sogenannter hydrologischer Verfahren berechnet. Es wird unterschieden zwischen Teilgebieten und Gewässerteilstrecken. Für Teilgebiete werden berechnet:

- Belastungsbildung aus dem Niederschlag (zeitlich variabel),
- abflusswirksame Belastung (zeitlich variabel),
- Translation und Retention im Teilgebiet.

Für Gewässerteilstrecken werden folgende Berechnungsschritte durchgeführt:

- Addition eventueller Teilgebietsabflussganglinien zu der Abflussganglinie aus der oberhalb gelegenen Gewässerteilstrecke,
- Abflussverformung im Gerinne der Gewässerteilstrecke bis zur flussabwärts gelegenen Gewässerteilstrecke.

Das N-A-Modell besteht aus hydrologischen Verfahren zur Berechnung des Abflusses aus einer Niederschlagsbelastung. Je nach Gebietsgegebenheiten und Datenlage werden unterschiedliche Verfahren eingesetzt.

Nach der Zusammenstellung und Aufbereitung der benötigten Gebietsdaten werden die Modellparameter durch Kalibrierung so angepasst, dass sich aus gemessenen Nie-

derschlägen Abflussganglinien berechnen lassen, die mit den gemessenen Ganglinien möglichst gut übereinstimmen.

Anschließend werden Bemessungsniederschläge der maßgeblichen Wiederkehrzeit (z.B. $T = 100$ Jahren) für unterschiedliche Niederschlagsdauern erstellt. Grundlage hierfür kann die Starkregenauswertung des Deutschen Wetterdienstes (KOSTRA) sein, wobei die dort angegebenen Punktniederschläge in Gebietsniederschläge umgewandelt werden müssen. Mit den festgelegten Bemessungsniederschlägen werden mit dem N-A-Modell die Bemessungsabflüsse der gewünschten Wiederkehrzeit (z.B. HQ_{100}) im Einzugsgebiet für den Istzustand ermittelt. Für die verwendeten Niederschlagsdauern ergeben sich unterschiedliche Scheitelabflüsse und Füllen.

Mit Hilfe von digitalen Höhenmodellen werden die Speicherkennlinien von möglichen Hochwasserrückhaltebecken ermittelt. Die Hochwasserrückhaltebecken werden mit Hilfe dieser Speicherkennlinien in das N-A-Modell umgesetzt. Unter Verwendung der Bemessungsniederschläge aus der Analyse des Istzustands können die Wirkungen der Hochwasserrückhaltemaßnahmen mit dem N-A-Modell simuliert und die Speicherabgaben optimiert werden. Ergebnis sind Abflussganglinien für den Planungszustand.

Hochwasserschutz Markt Dinkelscherben

Der am Oberlauf der Zusam gelegene Markt Dinkelscherben war beim Hochwasser vom September 2000 sehr stark von Überschwemmungen betroffen (Bild 1). Ähnliche oder sogar noch stärkere Überschwemmungen können in der Folge extremer Niederschlagsereignisse jederzeit wieder auftreten und zu erheblichen Schäden an Gebäuden und infrastrukturellen Einrichtungen führen.

Um Ausuferungen der Zusam oder der Kleinen Roth innerhalb der Ortslage von Dinkelscherben zu verhindern, wäre es grundsätzlich möglich, entlang der Gewässer Deiche und Mauern herzustellen oder bestehende Deiche zu erhöhen. Abgesehen davon, dass derartige Maßnahmen aufgrund der im Uferbereich teilweise beengten Verhältnisse aufwendig und kostenintensiv sind und zudem das Ortsbild stark beeinträchtigen würden, werden die Probleme auf diese Weise jedoch nur verlagert. Die unterstromigen Anlieger der Zusam müssten sogar mit größeren Schäden durch Überflutungen

rechnen, da in Dinkelscherben Retentionsraum verloren gehen würde, der bei Hochwasserereignissen derzeit noch überflutet wird. Die Errichtung oder Erhöhung von Deichen oder Mauern mit der Folge einer konzentrierteren und schnelleren Ableitung des Hochwassers ist deshalb im vorliegenden Fall nicht zielführend.



Bild 1: Überflutungen in Dinkelscherben beim Hochwasser vom September 2000
(Quelle: Wasserwirtschaftsamt Donauwörth)

Ein wesentlich besserer Ansatz für den Hochwasserschutz besteht bei den hier gegebenen Bedingungen darin, Hochwasserrückhaltebecken einzurichten, die bei Hochwasserführung der Zusam oder der Kleinen Roth geflutet werden und nur soviel Wasser abgeben, wie die Gewässer im Bereich von Dinkelscherben schadlos ableiten können. Damit wird zunächst eine Verlagerung von Retentionsraum von den hochwertig genutzten Flächen innerhalb der Ortslage zu oberstromig gelegenen Gebieten erreicht, auf denen durch Überflutungen keine gravierenden oder zumindest einfacher ausgleichbare Schäden entstehen. Bei entsprechender technischer Gestaltung der Becken kann der bei Hochwasser zu erwartende Spitzenabfluss außerdem zeitlich gestreckt

und dadurch reduziert werden, so dass der bereitgestellte Retentionsraum besser genutzt werden kann.

Ein weiterer Vorteil der Einrichtung von Hochwasserrückhaltebecken besteht darin, dass die Abflussspitzen bei Hochwasserereignissen nicht nur innerhalb der Ortslage von Dinkelscherben reduziert werden. Bei geeigneter Anordnung und Gestaltung der Becken wird es vielmehr möglich sein, die Hochwassergefährdung weiterer Ortschaften entlang der Zusam zu reduzieren, so dass die notwendigen Investitionen einer größeren Bevölkerungsgruppe zugute kommen.

Die Wirkung der Rückhaltebecken auf den Hochwasserabfluss muss rechnerisch detailliert ermittelt werden, so dass schadensträchtige Ausuferungen beim Eintritt des maßgebenden Bemessungsereignisses tatsächlich verhindert werden können. Soweit dabei festgestellt wird, dass ein ausreichender Hochwasserschutz nur mit sehr hohem Aufwand erreicht werden kann, ist es alternativ möglich, besonders exponierte Objekte durch kleinräumig wirksame Schutzmaßnahmen zu sichern (Anschüttungen, Mauern, Erhöhung von Wegen etc.). Derartige Maßnahmen können vor allem dann sinnvoll sein, wenn das dadurch verloren gehende Retentionsvolumen gering ist und durch die Anlage der Hochwasserrückhaltebecken ohnehin ausgeglichen wird.

Unter Berücksichtigung dieser grundsätzlichen Zielstellung werden folgende Untersuchungen durchgeführt:

1. Aufstellen eines N-A-Modells zur Ermittlung der Bemessungsabflüsse und der Wirkungen von Hochwasserrückhaltemaßnahmen
2. Ermittlung der überschwemmungsgefährdeten Gebiete im Istzustand durch eine 2-dimensionale, instationäre hydraulische Berechnung
3. Auswahl von Standorten für Hochwasserrückhaltebecken
4. Untersuchung der hydrologischen und hydraulischen Wirkungen von Alternativen zum Hochwasserschutz
5. Planung und Kostenschätzung der technischen Maßnahmen zur Umsetzung der Alternativen
6. Bewertung der Auswirkungen der geplanten Maßnahmen auf andere Belange
7. Vergleich der einzelnen Alternativen

N-A-Modell zur Ermittlung der Bemessungsabflüsse

Eine Voraussetzung für die Erstellung eines N-A-Modells ist ein ausreichend detailliertes digitales Geländemodell. Für das Einzugsgebiet der Zusam wird das vom Bayerischen Landesvermessungsamt erstellte digitale Geländemodell DGM 25 mit einer Rasterweite von 50 m verwendet. Dieses Modell wird mit Höhendaten aus der photogrammetrischen Auswertung einer Befliegung ergänzt, die für den Bereich an der Zusam zwischen Fleinhausen und der Landkreisgrenze etwa 1 km oberstrom von Reischenau vorliegen. Mit Hilfe dieses Modells wird das Gesamtgebiet in kleinere Teileinzugsgebiete gegliedert.

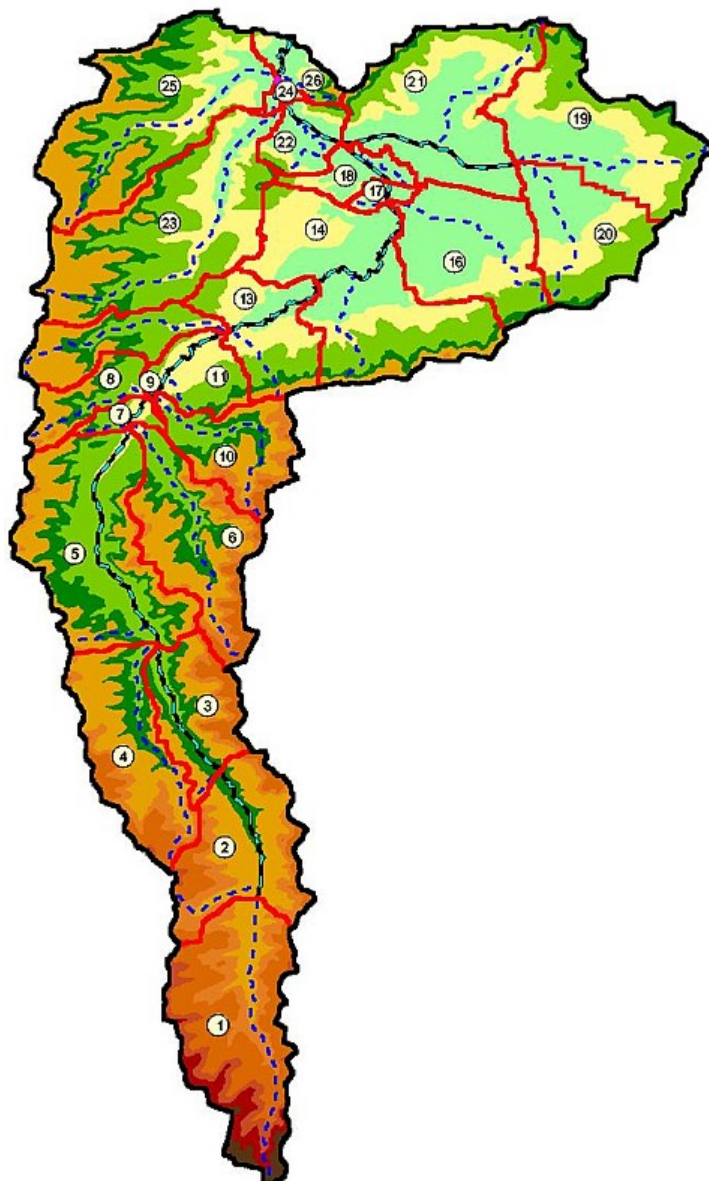


Abbildung 2: Oberes Einzugsgebiet der Zusam ($A_E = 178 \text{ km}^2$)

Für die Anpassung des N-A-Modells wurden die Hochwasserereignisse vom April 1994, Oktober 1998, Mai 1999, August 2000 und September 2000 verwendet. In Abbildung 3 werden beispielhaft die gemessene und die berechnete Abflussganglinie des Hochwassers vom Mai 1999 am Pegel Fleinhausen kurz unterhalb von Dinkelscherben dargestellt.

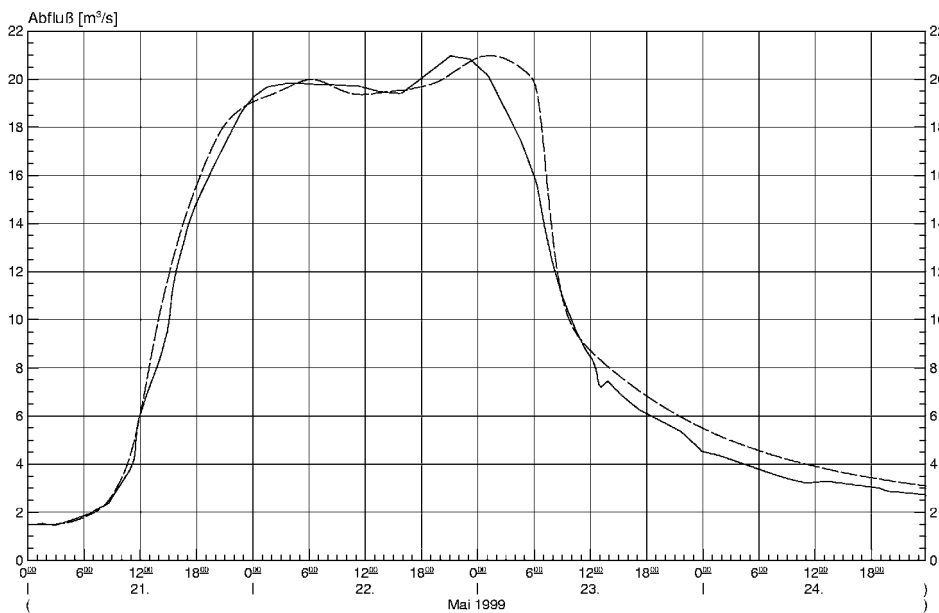


Abbildung 3: Berechnete und gemessene Abflüsse am Pegel Fleinhausen

Mit dem kalibrierten N-A-Modell werden die 100-jährlichen Abflüsse im Einzugsgebiet der Zusa berechnet. Die ungünstigste Niederschlagsdauer für das untere Einzugsgebiet ergibt sich nach Abbildung 4 zu 48 Stunden.

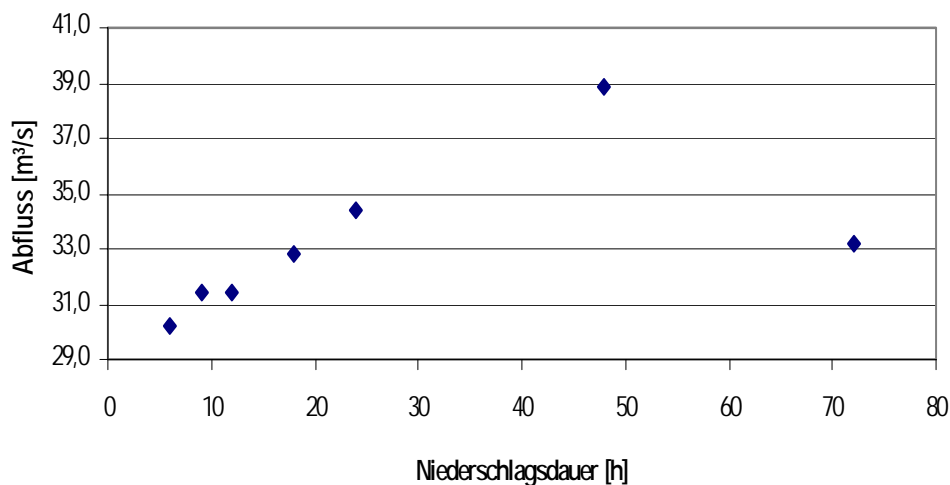


Abbildung 4: Berechnete Scheitelabflüsse für unterschiedliche Niederschlagsdauern

Der berechnete 100-jährliche Abfluss von $HQ_{100} = 38,9 \text{ m}^3/\text{s}$ stimmt sehr gut mit dem vom Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft im Hochwasserlängsschnitt angegebenen 100-jährlichen Abfluss am Pegel Fleinhausen überein.

Ermittlung der überschwemmungsgefährdeten Gebiete

Die überschwemmungsgefährdeten Gebiete im Talraum der Zusam und der Kleinen Roth werden durch instationäre 2-dimensionale hydraulische Berechnungen ermittelt. Hierzu werden die mit dem N-A-Modell berechneten 100-jährlichen Abflussganglinien als Zuflüsse zum hydraulischen Modell verwendet. Es zeigt sich, dass die Überschwemmungsgefahr in Dinkelscherben erheblich ist.



Abbildung 5: Berechnete Überschwemmungsgebiete des 100-jährlichen Hochwassers

Auswahl von Standorten für Hochwasserrückhaltebecken

Der Hochwasserschutz soll vor allem durch die Einrichtung von Hochwasserrückhaltebecken im Talraum der Zusam realisiert werden. Mit dem zur Ableitung des N-A-Modells erstellten digitalen Höhenmodell wird nach morphologisch günstigen Standor-

ten für die Einrichtung von Hochwasserrückhaltebecken entlang der Zusam und der Kleinen Roth gesucht. Die so gefundenen Standorte werden im Rahmen von Ortseinsichten hinsichtlich ihrer Eignung überprüft. Für die möglichen Hochwasserrückhaltebecken werden die Retentionsvolumina und die Ausdehnung der überschwemmten Bereiche ermittelt. Im Rahmen der Studie wurden insgesamt 5 Standorte für Hochwasserrückhaltebecken näher untersucht.

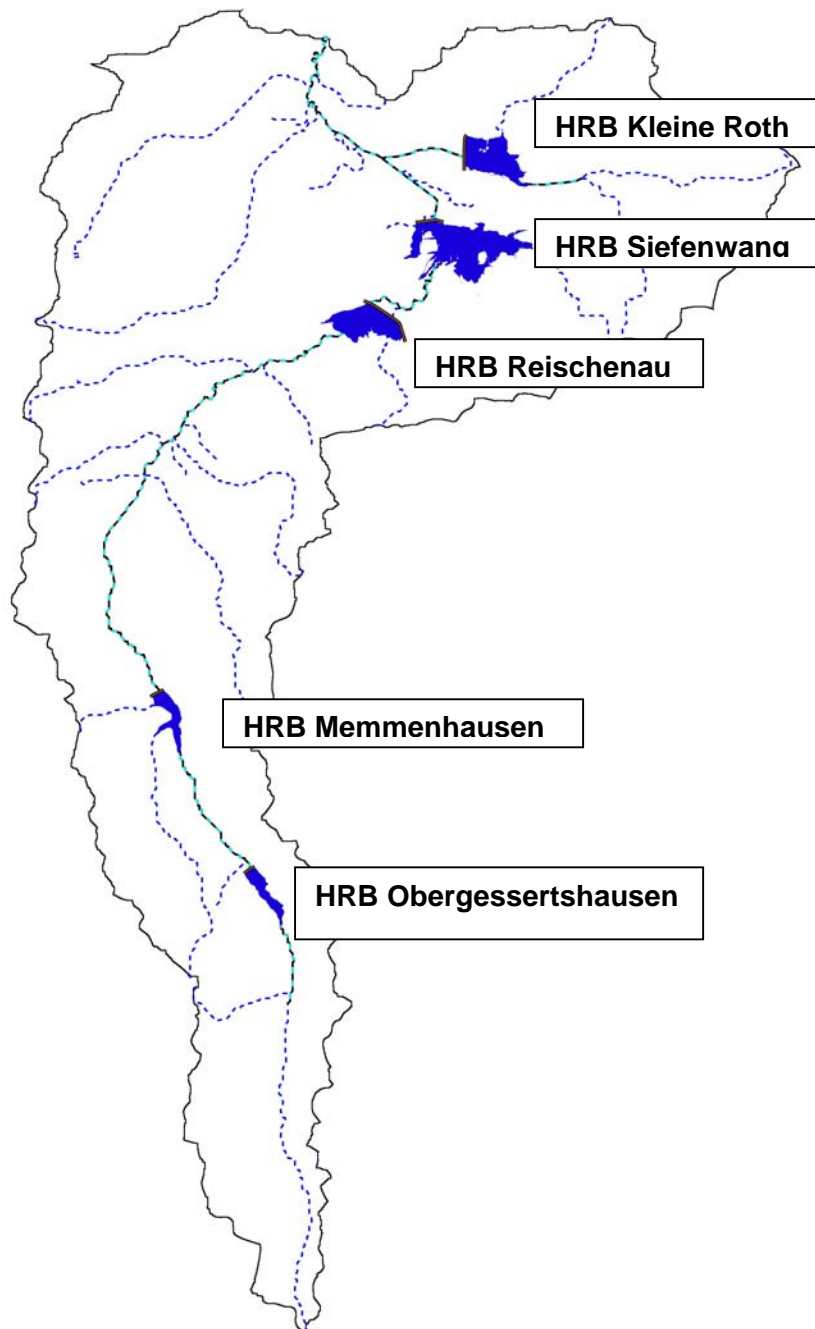


Abbildung 6: Untersuchte Standorte für Hochwasserrückhaltebecken

Tabelle 1: Kenndaten der untersuchten Hochwasserrückhaltebecken

| Standort | max. Retentionsvolumen (m ³) | max. Überschwemmungsfläche (ha) | Damm-länge (m) | max. Dammhöhe (m) | Wasser-spiegellage bei HQ ₁₀₀ (m üNN) |
|-------------------------|---|------------------------------------|-------------------|----------------------|---|
| Obergessertshausen | 690.000 | 26,2 | 300 | 8,5 | 524,5 |
| Memmenhausen | 700.000 | 31,9 | 320 | 7,2 | 505,0 |
| Reischenau | 570.000 | 76,4 | 1.300 | 4,2 | 467,0 |
| Siefenwang | 1.400.000 | 158,4 | 610 | 4,9 | 462,0 |
| Kleine Roth, Variante A | 500.000 | 79,0 | 900 | 4,3 | 460,0 |
| Kleine Roth, Variante B | 760.000 | 103,0 | 1.120 | 4,3 | 460,0 |
| Kleine Roth, Variante C | 910.000 | 115,7 | 1.325 | 4,3 | 460,0 |

Da der Markt Dinkelscherben derzeit den Bau einer Ortsumgehungsstraße erwägt, die den Talraum der Kleinen Roth queren soll, ist es u.U. sinnvoll, den Straßendamm so auszubilden, dass er auch als Dammbauwerk für die Hochwasserrückhaltung dienen kann. Für die Trassenführung der Umgehungsstraße werden verschiedene Möglichkeiten diskutiert. Aus diesem Grund werden für das Hochwasserrückhaltebecken Kleine Roth drei verschiedene Varianten untersucht.

Untersuchung von Alternativen zum Hochwasserschutz

Für einen ausreichenden Hochwasserschutz in Dinkelscherben müssen in jedem Fall mehrere Rückhaltebecken angelegt und betrieben werden. Je nach den Eigenschaften der einzelnen Becken sind deshalb verschiedene Kombinationen möglich, die sich hinsichtlich der Schutzwirkung für Dinkelscherben zum Teil erheblich voneinander unterscheiden. Bei einigen Alternativen kann der Abfluss in den Gewässern soweit gedrosselt werden, dass keine Überschwemmung bebauter Gebiete mehr zu erwarten ist. Bei anderen Alternativen ist nach wie vor mit gewissen Ausuferungen zu rechnen, so dass zusätzlich Schutzmaßnahmen für exponierte Gebäude erforderlich werden. Die möglichen Alternativen werden sich auch hinsichtlich der zu erwartenden Kosten sowie der Auswirkung auf andere Belange und nicht zuletzt auch im Hinblick auf eine zusätzliche Schutzwirkung für flussabwärts liegende Ortschaften unterscheiden.

Da es nicht sinnvoll ist, sämtliche Kombinationen zu untersuchen, muss unter Berücksichtigung folgender Argumente eine Vorauswahl der Beckenstandorte getroffen werden:

- Die Kleine Roth trägt erheblich zur Abflussbildung der Zusam in Dinkelscherben bei. Ein ausreichender Hochwasserschutz kann deshalb nur unter Einbeziehung eines HRB an der Kleinen Roth erreicht werden.
- Der Standort Obergessertshausen kann aufgrund seiner Lage nur einen kleinen Teil des Einzugsgebiets der Zusam erfassen. Die Wirkung auf den Hochwasserabfluss in Dinkelscherben ist deshalb relativ gering, so dass dieser Standort nicht berücksichtigt wurde.
- Im Vergleich mit dem Standort Siefenwang sind die Aufwendungen für die Schaffung des notwendigen Retentionsraums am Standort Reischenau wesentlich höher. Der Standort weist deshalb unter technischen Aspekten eine vergleichsweise geringe Eignung auf und wird deshalb nicht berücksichtigt.

Nach Abstimmung mit dem Auftraggeber wurden mit den verbleibenden Standorten schließlich folgende Alternativen für die nähere Untersuchung ausgewählt:

- Alternative 1: Kombination der Hochwasserrückhaltebecken Kleine Roth und Siefenwang
- Alternative 2: Kombination der Hochwasserrückhaltebecken Kleine Roth und Memmenhausen
- Alternative 3: Kombination der Hochwasserrückhaltebecken Kleine Roth, Siefenwang und Memmenhausen

Bei den Wirkungsanalysen mit dem N-A-Modell werden die Speicherabgaben so optimiert, dass die möglichen Rückhaltevolumina ausgenutzt werden. Die Ergebnisse der Berechnungen werden für die Variante A des Hochwasserrückhaltebecken Kleine Roth in der folgenden Abbildung dargestellt.

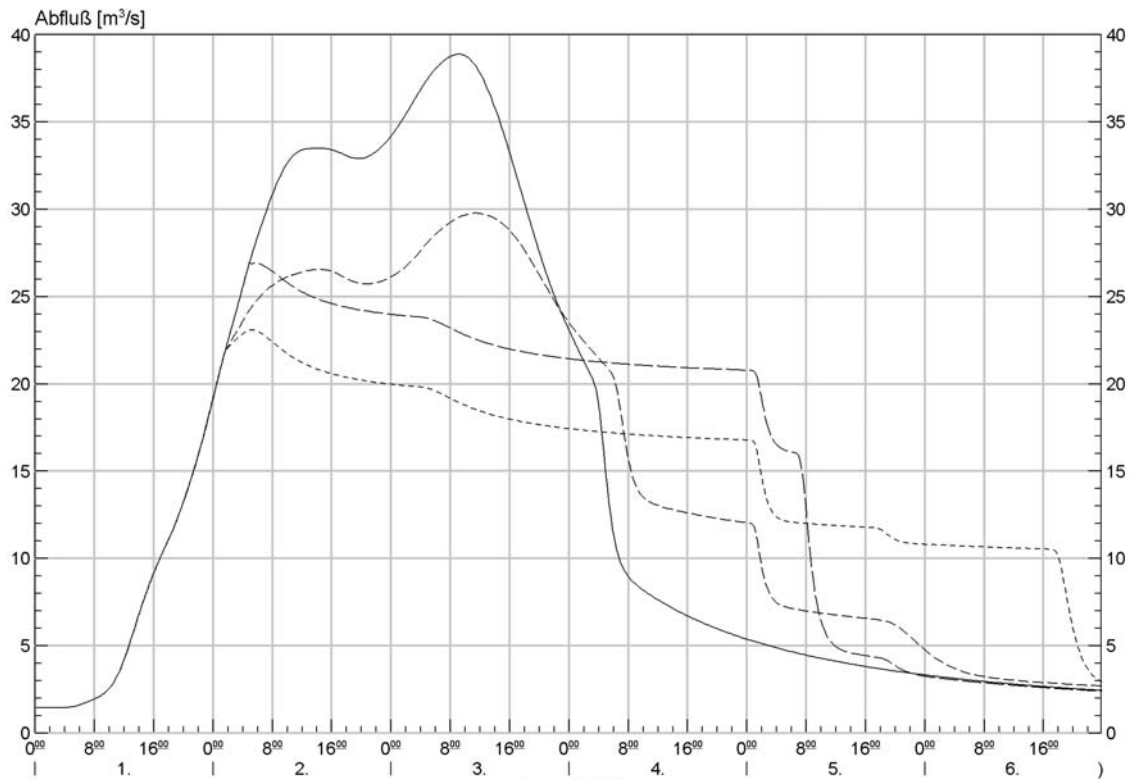


Abbildung 7: Vergleich der berechneten 100-jährlichen Abflüsse für den Istzustand (—) und für die untersuchten Alternativen (1A: - - -; 2A: - · - ·; 3A:)

Die beste Wirkung wird durch die Alternative 3A erreicht, die mit den Hochwasserrückhaltebecken Kleine Roth, Siefenwang und Memmenhausen insgesamt drei Rückhaltebecken vorsieht. Der 100-jährliche Scheitelabfluss kann hierbei von knapp $40 \text{ m}^3/\text{s}$ auf unter $23 \text{ m}^3/\text{s}$ gedrosselt werden. Durch den Verzicht auf das Hochwasserrückhaltebecken Memmenhausen (Alternative 1A) kann der 100-jährliche Abfluss auf etwa $27 \text{ m}^3/\text{s}$ gesenkt werden. Die Kombination der Hochwasserrückhaltebecken Kleine Roth und Memmenhausen ergeben 100-jährliche Abflüsse von rund $30 \text{ m}^3/\text{s}$.

Die überschwemmungsgefährdeten Gebiete werden wie beim Istzustand durch 2-dimensionale, instationäre hydraulische Berechnungen ermittelt. Hierzu werden die mit dem N-A-Modell berechneten 100-jährlichen Abflussganglinien der Alternativen als Zuflüsse zum hydraulischen Modell verwendet. In der folgenden Abbildung werden beispielhaft die Überschwemmungsgebiete der Alternative 2A dargestellt.

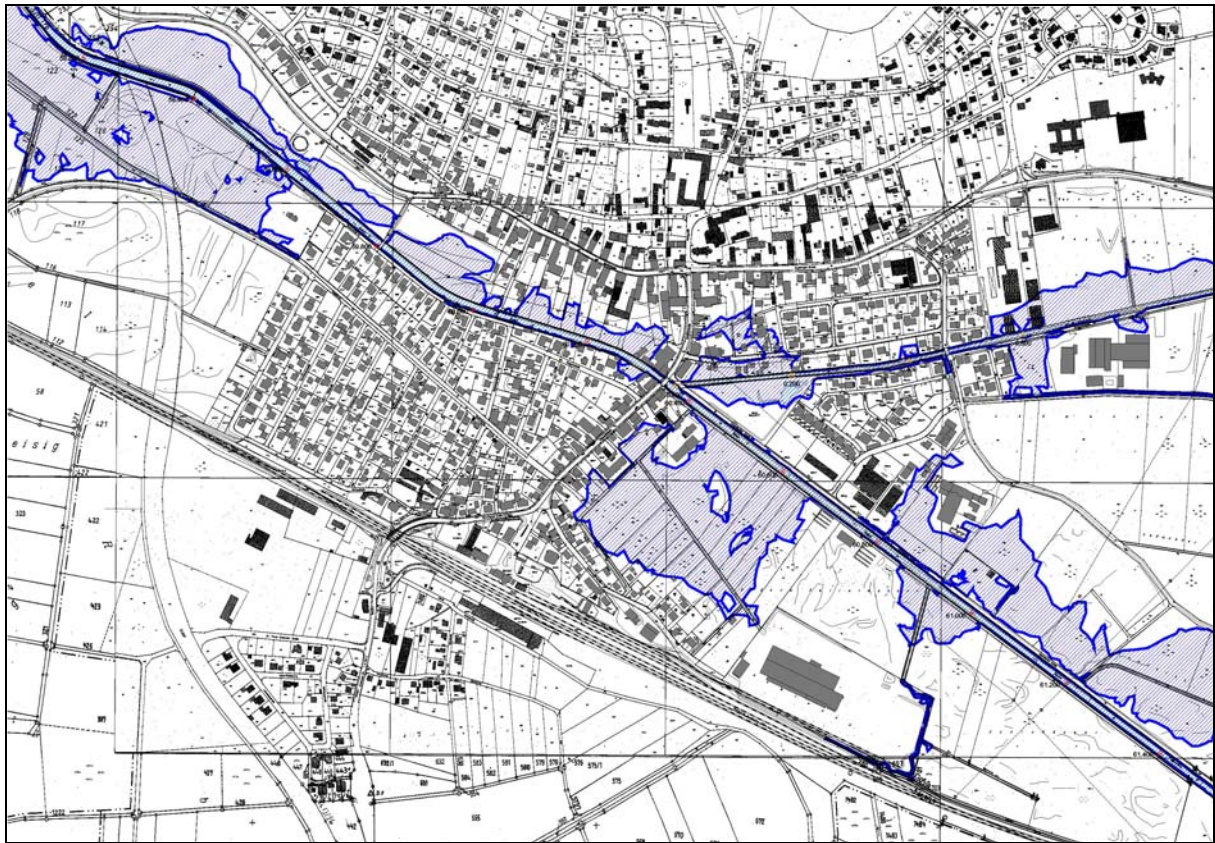


Abbildung 8: Berechnete Überschwemmungsgebiete des 100-jährlichen Hochwassers für die Alternative 2A

Im Vergleich zum Istzustand (Abbildung 5) sind bei der Alternative 2A kleinere Bereiche von Überflutungen bedroht. Diese können durch lokale Maßnahmen geschützt werden.

Planung und Kostenschätzung der technischen Maßnahmen

Die technischen Maßnahmen zur Realisierung der für die einzelnen Alternativen relevanten Hochwasserrückhaltebecken werden im Rahmen einer groben Vorplanung dargestellt. Die Planungstiefe wird dabei so gewählt, dass eine überschlägige Ermittlung der zu erwartenden Kosten möglich wird. Bei einigen Alternativen werden neben der Einrichtung von Hochwasserrückhaltebecken zusätzliche Maßnahmen zum Schutz exponierter Bereiche in Dinkelscherben erforderlich sein. Diese Maßnahmen werden ebenfalls dargestellt und hinsichtlich der zu erwartenden Baukosten bewertet. Für die untersuchten Alternativen werden so Baukosten von zwischen 1,9 Mio. € und 3,0 Mio. € geschätzt.

Bewertung der Auswirkungen der geplanten Maßnahmen

Durch die Realisierung der geplanten Maßnahmen wird der Hochwasserschutz für Dinkelscherben und in gewissem Umfang auch für weitere Ortschaften an der Zsamm verbessert. Andererseits ergeben sich dadurch aber auch Auswirkungen auf andere Belange, die zumindest qualitativ betrachtet werden müssen, damit eine hinreichende Bewertung der einzelnen Alternativen möglich wird.

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie werden bezogen auf die Standorte der einzelnen Hochwasserrückhaltebecken insbesondere folgende Belange betrachtet:

- Beeinflussung des Grundwasserhaushalts
- Auswirkungen auf Naturschutz und Landschaftsbild
- Flächenverbrauch
- Auswirkungen auf Rechte Dritter
- Auswirkungen auf andere Planungsvorhaben

Vergleich der einzelnen Alternativen

Die Alternativen werden zum Abschluss der Untersuchungen miteinander verglichen. Dabei erfolgt eine Gegenüberstellung der jeweils erreichbaren Vor- und Nachteile. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Alternative 3 die umfassendste Wirkung für den Hochwasserschutz bietet. Allerdings ergeben sich auch die größten Herstellungskosten und der größte Flächenbedarf. Ein Vergleich zwischen den Alternativen 1 und 2 mit jeweils zwei Rückhaltebecken ergibt Kostenvorteile für die Alternative 1. Außerdem ergeben sich bessere Wirkungen für den Hochwasserschutz in flussabwärts gelegenen Ortschaften. Wenn dagegen eine Verbesserung des Hochwasserschutzes für die flussaufwärts gelegenen Ortschaften notwendiger ist, sollte die Alternative 2 trotz der etwas höheren Kosten realisiert werden.