

Hochwasserschutz Kleines Wiesental in Enkenstein / Stadt Schopfheim

Betrachtung der Wirtschaftlichkeit

Erläuterungsbericht (Stand 03/2018)

Mai 2018



Hochwasserschutz Kleines Wiesental in Enkenstein / Stadt Schopfheim

Betrachtung der Wirtschaftlichkeit

Hügelsheim, am 04.05.2018

Projektnummer 101.17.133
Projektbearbeitung Dipl.-Hydrol. K.-P. Reißmann



Bericht D:\Prodatt\NKU_Wiese\Word\Bericht_Betrachtung
Wirtschaftlichkeit_2017_11_30.docx

WALD + CORBE GmbH & Co. KG



Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 2 | Nutzen-Kosten-Betrachtung | 1 |
| 2.1 | Allgemeines | 1 |
| 2.2 | Schadensarten | 2 |
| 2.3 | Ermittlung der Hochwasserschäden | 2 |
| 2.4 | Berechnung der Schadenserwartungswerte | 4 |
| 2.5 | Ermittlung des Nutzens von Hochwasserschutzmaßnahmen | 5 |
| 2.6 | Kosten der HW-Schutzmaßnahmen - Kostenbarwert | 6 |
| 2.7 | Kostenbarwert der geplanten HWS-Maßnahmen | 7 |
| 2.8 | Nutzen-Kosten-Verhältnis | 8 |
| 3 | Ermittlung der Wirtschaftlichkeit der HW-Schutzmaßnahmen unter Berücksichtigung der prognostizierten Folgen der Klimaänderung | 10 |
| 3.1 | Hochwasserabflüsse für den Lastfall Klimaänderung | 10 |
| 3.2 | Grundsatzüberlegungen zur Berücksichtigung der Klimaänderung in Nutzen-Kosten-Berechnungen | 13 |
| 3.3 | Schadenserwartung | 13 |
| 3.3.1 | Schadenserwartung für den heutigen Ausbauzustand | 13 |
| 3.3.2 | Schadenserwartung nach der Umsetzung der HW-Schutzmaßnahmen | 15 |
| 3.4 | Nutzen der HW-Schutzmaßnahmen unter Einbeziehung der Folgen der Klimaänderung | 15 |
| 3.5 | Nutzen-Kosten-Vergleich der HW-Schutzmaßnahmen unter Einbeziehung der Folgen der Klimaänderung | 17 |
| 4 | Zusammenfassung | 18 |
| | Literaturverzeichnis | 20 |

1 Einleitung

Für die Gewässer im Bereich der Gemeinde Schopfheim wurde ein Hochwasserschutzkonzept für das Große Wiesental sowie das Kleine Wiesental aufgestellt. Der Hochwasserschutz Wiesental ist nahezu fertig hergestellt. In einem 2. Schritt soll der Hochwasserschutz in den Ortsteilen Langenau und Enkenstein im Kleinen Wiesental hergestellt werden.

Die Stadt Schopfheim strebt eine Umsetzung der Hochwasserschutzmaßnahmen für den Ortsteil Enkenstein an. Für eine Förderung der Hochwasserschutzmaßnahmen durch das Land wird deren Wirtschaftlichkeit betrachtet. Dies erfolgt im Rahmen einer vereinfachten Nutzen-Kosten-Untersuchung. Deren Ergebnisse werden nachfolgend aufgezeigt.

2 Nutzen-Kosten-Betrachtung

2.1 Allgemeines

Mit dem Leitfaden „Festlegung des Bemessungshochwassers für Anlagen des technischen Hochwasserschutzes“, der 2005 von der LfU Baden-Württemberg (jetzt LUBW) herausgegeben wurde, wurden Nutzen-Kosten-Untersuchungen (NKU) für die wirtschaftliche Betrachtung von Hochwasserschutzprojekten in Baden-Württemberg offiziell eingeführt.

Durch eine Nutzen-Kosten-Betrachtung soll der ökonomische Vorteil, der durch ein Hochwasserschutzprojekt entsteht, aufgezeigt bzw. nachgewiesen werden. Gegen solche Untersuchungen gibt es zwar oftmals mit Hinweis auf die Unvollkommenheit der Instrumente noch Vorbehalte. In den letzten Jahren durchgeführte Entwicklungsarbeiten und Anstrengungen haben jedoch zu nicht unwesentlichen methodischen und empirischen Fortschritten geführt. Zu nennen sind hierbei insbesondere die methodischen Verfahrensansätze zur Ermittlung der Schadenspotenziale im Bereich der Vermögenswerte, wobei sich eine Methode auf mesoskalige Problemstellungen, d.h. auf großräumige Untersuchungen bezieht, eine andere Methode auf mikroskalige Analysen. Die wachsende Zahl konkreter Anwendungen (auch in anderen Bundesländern, wie z.B. Bayern oder Sachsen) belegt die Praktikabilität des verfügbaren Instrumentariums. Allerdings ist nicht zu übersehen, dass die heutige „best practice“ sowohl methodisch als vor allem auch in den empirischen Datengrundlagen noch einiger Weiterentwicklung und Präzisierung bedarf.

Anmerkung: Das Land Baden-Württemberg erstellt derzeit einen Leitfaden zur Durchführung von Nutzen-Kosten-Untersuchungen. Dieser soll eine einheitliche Vorgehensweise sicherstellen und auch eine bessere Vergleichbarkeit von Untersuchungen ermöglichen. Aktuelle Nachfragen bei den Regierungspräsidien ergaben allerdings, dass mit einer Einführung des Leitfadens nicht zeitnah zu rechnen ist. Die vorliegende Betrachtung konnte daher noch nicht nach dem neuen Leitfaden erstellt werden.

2.2 Schadensarten

Schadenspotenzialbetrachtungen gehen von den verschiedenen sozio-ökonomischen Schadensarten aus, die sich in folgende Hauptgruppen einteilen lassen:

- Personenschäden
- Vermögensschäden
- Infrastrukturschäden
- Produktionsausfall
- Schäden an Umwelt- und Kulturgütern
- Katastrophenschutz Aufwand

Das gesamte materielle Schadensausmaß wird jedoch in der Regel von den Vermögensschäden in Wirtschaftsunternehmen, bei Körperschaften des öffentlichen Rechts und Nichterwerbsorganisationen sowie bei Privaten (Wohnvermögen) dominiert, so dass Nutzen-Kosten-Untersuchungen meist nur die Vermögensschäden berücksichtigen. Erfahrungswerte bei aufgetretenen Schadensereignissen zeigen aber, dass trotz einer Dominanz der Vermögensschäden die „Restschäden“ häufig in einer ähnlichen Größenordnung wie die Vermögensschäden liegen (Schmidtke, 2004). Der Gesamtschaden eines Ereignisses kann somit bis zu 100 % über den noch relativ einfach berechenbaren Vermögensschäden liegen.

Bei einer Ermittlung der Vermögensschäden ist zunächst die reale physische Hochwasserbetroffenheit (Überflutungshöhe an den Gebäuden) der verschiedenen Flächennutzungen zu ermitteln. Die Verknüpfung mit der zugehörigen Schadensanfälligkeit liefert dann die gesuchte Aussage über das Schadensausmaß.

2.3 Ermittlung der Hochwasserschäden

Im vorliegenden Fall erfolgte eine Ermittlung der Vermögensschäden basierend auf Voruntersuchungen zur Planung der HW-Schutzmaßnahmen. Gemäß Anlage 1 zur Öffentl. GR-Sitzung vom 16.5.2015 ist in Enkenstein ein zu erwartender Schaden von ca. 0,81 Mio. € im Bereich der Ortslage Enkenstein ausgewiesen. Dieser beschreibt jedoch nur die bei einem 100-jährlichen Hochwasserereignis zu erwartenden Schäden.

Gleichzeitig zeigen die Hochwassergefahrenkarte des Lands im Bereich Enkenstein, dass bereits bei einem 10-jährlichen Hochwasser die annähernd gleichen Flächen betroffen sind.

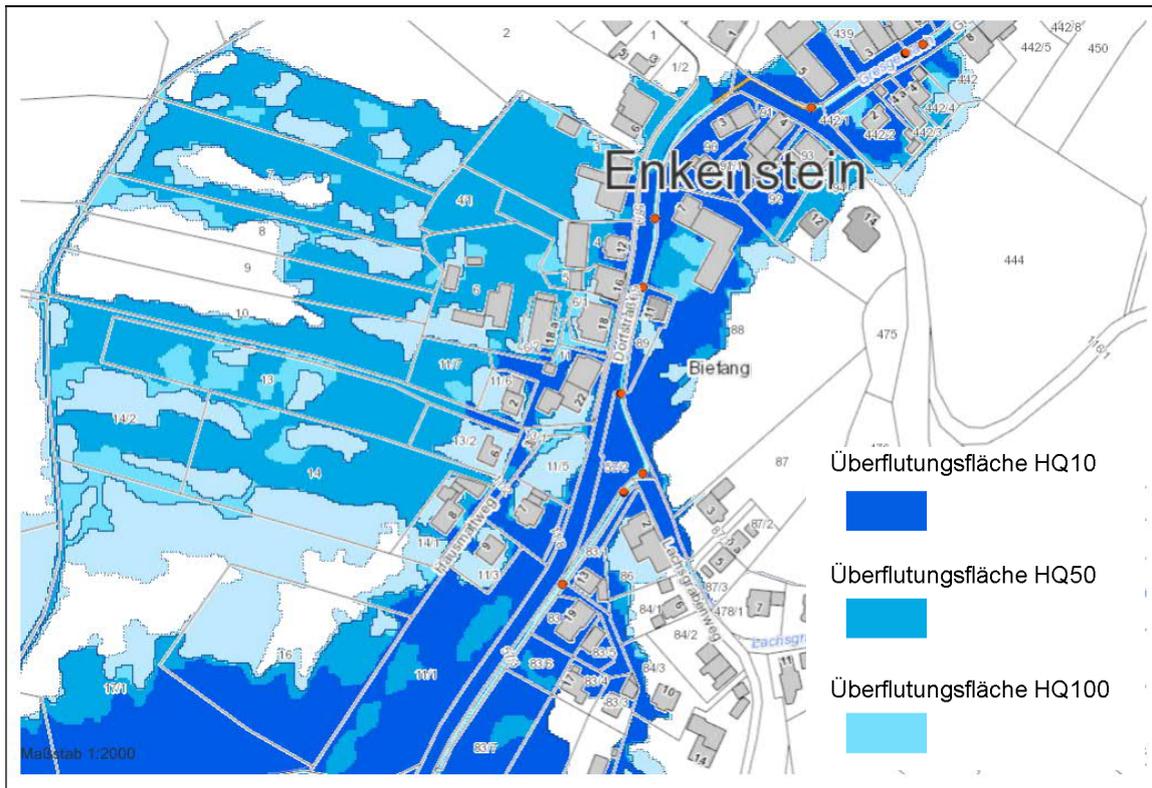


Abbildung 2.1: Auszug Hochwassergefahrenkarte für den Bereich Schopfheim/Enkenstein (<http://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/>)

Für die Abschätzung der Hochwasserschäden bei kleineren Hochwasserereignissen wurden die betroffenen Gebäude nach der HWGK ausgewertet. Da keine genaueren Informationen über die Nutzung und den Schadensbeginn an den einzelnen Gebäuden vorlag wurde von folgenden Grundlagen ausgegangen :

- durchschnittliche Wohnbebauung (Ein- und Zweifamilienhäuser),
- alle Wohngebäude unterkellert
- Schadensbeginn bei Wassertiefe > 0cm über GOK (wie Flächendarstellung HWGK)
- ca. 50 % der Gebäude sind Garagen, Nebengebäude etc. (geringeres Schadenspotenzial)
- kurze Vorwarnzeit (< 2h) ist nicht berücksichtigt

Die Überflutungskarten und die Tabelle 2.1 zeigen, dass bereits bei einem 10-jährlichen Hochwasser in Enkenstein Schäden zu erwarten sind, hierbei sind ca. 10 Gebäude betroffen. Bei einem 100-jährlichen Hochwasser sind ca. 45 Gebäude betroffen. Hier ist mit Schäden in Höhe von 0,816 Mio. EUR zu rechnen. Auf eine Schadensermittlung für extreme Hochwasserereignisse (größer 100-jährlich) wurde aufgrund der gewählten Maßnahmenauslegung (BHQ=100a) verzichtet.

Tabelle 2.1 Anzahl und Schäden der durch Überflutung in Enkenstein im derzeitigen Zustand (ohne HW-Schutzmaßnahmen) betroffenen Gebäude

| Jährlichkeit (a) | betroffene Gebäude Gesamt | geschätzte Wassertiefe (m) | Gesamt Schaden (T Euro) |
|---------------------|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| 10 | 10 | 0,10 | 123 |
| 20 | 20 | 0,20 | 287 |
| 50 | 35 | 0,35 | 577 |
| 100 | 45 | 0,50 | 816 |

2.4 Berechnung der Schadenserwartungswerte

Die Summe aller Einzelschäden für ein Hochwasserereignis einer bestimmten Eintrittswahrscheinlichkeit P (Jährlichkeit T) ergibt den Gesamtschaden für dieses Ereignis. Hiermit lässt sich dann eine Gesamtschadens-Wahrscheinlichkeitsfunktion für den gesamten Bereich der Schaden erzeugenden Hochwasser aufstellen.

Da aufgrund der stochastischen Natur des Hochwassergeschehens nicht prognostiziert werden kann, wann ein Ereignis bestimmter Eintrittswahrscheinlichkeit zu erwarten ist, kann man nur eine Aussage über das Risiko (Schadenserwartung) machen. Die Schadenserwartung ergibt sich durch Integration der Gesamtschadens-Wahrscheinlichkeitsfunktion über das gesamte Schaden erzeugende Abflussspektrum. Sie gibt den durchschnittlichen jährlichen Schaden in EUR/a an.

Beim heutigen Ausbauzustand (ohne Hochwasserschutzmaßnahmen) ist in Enkenstein infolge von Hochwasser am Dorfbach ein mittlerer jährlicher Schaden durch Überflutungen in Höhe von ca. 36.000,- EUR / Jahr zu erwarten (Tabelle 2.2).

Tabelle 2.2: Schadensermwartung (mittlerer jhrlicher Schaden) in Enkenstein fr den derzeitigen Zustand (ohne HW-SchutzmaBnahmen)

| Bestimmung der derzeitigen Schadensermwartung Ist-Zustand | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------------------------|--|---|--|--|---|
| Ereignis der Jhrlichkeit T_i | | | Intervall der Jhrlichkeit $[T_i, T_{i+1}]$ | | | | |
| i | T_i s. Tab. 2.1 | P_i = $1/T_i$ [1/a] | S_i s. Tab. 2.1 [T €] | k | S_k ar. Mittel S_i, S_{i+1} (mittl. Intervall-S) [T €] | $\Delta P_{[k]}$ = $P_i - P_{i+1}$ [1/a] | $S_{[k]}$ = $S_k \cdot \Delta P_k$ [T € / a] |
| 1 | 1 | 1,00 | 0,-- | | | | |
| | | | | 1 | 0,-- | 0,50 | 0,-- |
| 2 | 2 | 0,50 | 0,-- | | | | |
| | | | | 2 | 0,-- | 0,30 | 0,-- |
| 3 | 5 | 0,20 | 0,-- | | | | |
| | | | | 3 | 62,-- | 0,10 | 6,-- |
| 4 | 10 | 0,10 | 123,-- | | | | |
| | | | | 4 | 205,-- | 0,05 | 10,-- |
| 5 | 20 | 0,05 | 287,-- | | | | |
| | | | | 5 | 432,-- | 0,03 | 13,-- |
| 6 | 50 | 0,02 | 577,-- | | | | |
| | | | | 6 | 697,-- | 0,01 | 7,-- |
| 7 | 100 | 0,01 | 816,-- | | | | |
| mittlere jhrliche Schadensermwartung | | | | | | $S_{ges} =$ | 36,-- |

2.5 Ermittlung des Nutzens von HochwasserschutzmaBnahmen

Der Nutzen von HochwasserschutzmaBnahmen ergibt sich aus den verhinderten Schden. Die jhrlichen Schden ohne MaBnahmen (Gesamtschdenermwartung) sind der verbleibenden Restschdenermwartung bei Durchfhrung der MaBnahmen gegenber zu stellen. Die Differenz stellt den durch die MaBnahmen induzierten Nutzen oder Erwartungswert der Schadensminderung dar.

Mit einer Umsetzung der geplanten HochwasserschutzmaBnahmen wird ein 100-jhrlicher Hochwasserschutz hergestellt. Fr den Ortsbereich von Enkenstein ergibt sich nach Umsetzung der HW-Schutzkonzeption bei den betrachteten HW-Ereignissen (bis $T=100a$) ein verbleibender mittlerer jhrlicher berflutungsschaden (Restschaden) von 0,-- EUR / Jahr. Entsprechend Tabelle 2.3 ergibt sich ein Projektnutzen (im Mittel pro Jahr verhinderte Hochwasserschden) fr die HochwasserschutzmaBnahmen (Auslegung auf HQ_{100}) in Enkenstein von 36.000 EUR / Jahr.

Tabelle 2.3: Nutzen der Hochwasserschutzmaßnahmen

| Gemarkung | Enkenstein |
|--|------------|
| Schadenserwartung Ist-Zustand (T EUR / a) | 36 |
| Auslegung auf HQ ₁₀₀ | |
| Schadenserwartung Plan-Zustand (T EUR / a) | 0 |
| Jährlicher Projektnutzen (T EUR / a) | 36 |

2.6 Kosten der HW-Schutzmaßnahmen - Kostenbarwert

Dem mittleren jährlichen Nutzen der Hochwasserschutzmaßnahmen (Nutzenbarwert) sind die mittleren jährlichen Kosten der HW-Schutzmaßnahmen gegenüberzustellen. Um diese festlegen zu können, müssen sämtliche Kosten gemäß den „Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen“ (DWA 2012, [4]) für die Maßnahmen finanzmathematisch aufbereitet und auf jährliche Kosten umgerechnet werden. Der Kostenberechnung ist die gesamte Nutzungsdauer der Hochwasserschutzmaßnahmen zugrunde zu legen.

Bei der Ermittlung der mittleren jährlichen Kosten für die Umsetzung der Hochwasserschutzmaßnahmen sind in erster Linie die Investitionskosten maßgebend, die bei Herstellung der Maßnahme anfallen. Die Investitionskosten wurden Kostenschätzung der IB Leppert, Stand März 2017 entnommen. Die Kosten für die Herstellung des Hochwasserschutzes in Enkenstein wurden mit 2.130.000 EUR ermittelt. Unterhaltungskosten und Reinvestitionskosten wurden nicht weiter berücksichtigt.

| | |
|------------------|----------|
| Nutzungsdauer | 80 Jahre |
| Reale Verzinsung | 2 % p.a. |

Um Fehlinterpretationen vorzubeugen, wird darauf hingewiesen, dass hier zwischen einer gesamt- und betriebswirtschaftlichen Betrachtungsweise unterschieden wird. Der angegebene Zinssatz bezieht sich ausschließlich auf die Beurteilung der langfristigen Wirtschaftlichkeit einer wasserwirtschaftlichen Maßnahme.

Bei dem angenommenen Zinssatz von 2 % handelt es sich um einen Standardwert, der derzeit zur Beurteilung technischer Infrastrukturmaßnahmen empfohlen und z.B. auch bei den periodischen Fortschreibungen der Bundesverkehrswegeplanung in Abstimmung zwischen Bund und Ländern zugrunde gelegt wird (siehe auch KVR-Leitlinien, LAWA).

2.7 Kostenbarwert der geplanten HWS-Maßnahmen

In der Tabelle 2.4 ist die Ermittlung des Kostenbarwertes für die Herstellung der Hochwasserschutzmaßnahmen bei einer Auslegung auf ein 100-jährliches Hochwasser zusammengefasst. Es ergeben sich mittlere jährliche Kosten in der Höhe von ca. 53.600,- EUR / Jahr.

Tabelle 2.4: Berechnung des Projektkostenbarwertes der HW-Schutzkonzeption Enkenstein bei einer Auslegung auf ein HQ₁₀₀

| Ermittlung Kostenbarwert | | Einheit | HW-Schutz Enkenstein |
|----------------------------------|---------------------|-----------|----------------------|
| Investitionskosten | IK | T EUR | 2.130 |
| Reinvestitionskosten | IKR | T EUR | |
| Laufende Kosten | LK | T EUR | 0 |
| Zinssatz | P | 1/100 | 2% |
| Nutzungsdauer | D | a | 80 |
| | | | |
| <i>Diskontierung fortlaufend</i> | <i>DFAKTR</i> | | <i>39,745</i> |
| <i>Diskontierung einmalig</i> | <i>DFAKTE</i> | | <i>0,205</i> |
| <i>Kapitalwiedergewinnung</i> | <i>KFAKR</i> | | <i>0,025</i> |
| | | | |
| Kostenbarwert / Pos. | $PKBW=IK+LK*DFAKTR$ | T EUR | 2.130 |
| jährliche Kosten | $JK=PKBW*KFAKR$ | T EUR / a | 53,6 |

2.8 Nutzen-Kosten-Verhältnis

Um die geplanten Hochwasserschutzmaßnahmen ökonomisch bewerten zu können, werden Nutzen und Kosten einander gegenübergestellt. Hierzu müssen sowohl alle während der Nutzungsdauer zu verschiedenen Zeitpunkten anfallenden Kosten (Investitionskosten, laufende Kosten für Betrieb und Unterhaltung sowie Reinvestitionskosten), als auch der Nutzen (Schadensminderung) für diesen Zeitraum auf einen gemeinsamen Bezugszeitpunkt wertmäßig umgerechnet werden. Die Nutzungsdauer von HW-Schutzmaßnahmen wird i.d.R. mit 80 bis 100 Jahren angesetzt.

Dies erfordert eine finanzmathematische Aufbereitung von Nutzen- und Kostengrößen gemäß den LAWA-Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen. Zeitlich vor dem Bezugszeitpunkt anfallende Kosten sind aufzuzinsen, danach anfallende abzuzinsen. Den Wert der nominalen Kosten im Bezugszeitpunkt nennt man den Projektkostenbarwert. Entsprechend wird auch ein Projektnutzenbarwert für den Bezugszeitpunkt ermittelt.

Ist der Quotient aus Projektnutzenbarwert und Projektkostenbarwert größer 1, so ist eine vorgeschlagene Lösung auf jeden Fall ökonomisch sinnvoll. Da aber bei der Schadensermittlung nur die Vermögensschäden betrachtet werden und eine Reihe von weiteren Schäden somit nicht berücksichtigt ist, können auch bei Quotienten kleiner 1 noch immer ökonomisch sinnvolle HW-Schutzmaßnahmen vorliegen. Nach Schmidtke (2004) können die tatsächlichen Schäden um den Faktor 2 über den berechneten Gebäudeschäden liegen. Dies sollte bei der Bewertung berücksichtigt werden. Durch eine Sensitivitätsuntersuchung kann der Einfluss solcher Ungenauigkeiten bzw. Unsicherheiten auf die Nutzen-Kosten-Analyse aufgezeigt werden.

Nachfolgend wird die Wirtschaftlichkeit der geplanten und wasserrechtlich beantragten HW-Schutzmaßnahmen betrachtet. Unter Einbeziehung des in den vorausgegangenen Abschnitten ermittelten mittleren jährlichen Nutzens und der mittleren jährlichen Kosten ergibt sich nach Tabelle 2.5 für die Herstellung des Hochwasserschutzes bei einer Auslegung auf ein 100-jährliches Hochwasser ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 0,68 : 1. Das für die HW-Schutzkonzeption ermittelte Nutzen-Kosten-Verhältnis von 0,68 : 1 bedeutet, dass die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen alleine mit den berücksichtigten Schäden nicht nachgewiesen werden kann.

Tabelle 2.5 Nutzen-Kosten-Verhältnis (reine Vermögensschäden an Gebäuden) der HW-Schutzkonzeption Enkenstein - Auslegung auf ein HQ₁₀₀

| Ermittlung Nutzen-Kosten-Verhältnis | | Einheit | HW-Schutz Enkenstein |
|-------------------------------------|----------------------|-----------|----------------------|
| Schadenserwartung IST | | T EUR / a | 36,4 |
| Schadenserwartung PLAN | | T EUR / a | 0,0 |
| jährl. Projektnutzen | PN | T EUR / a | 36,4 |
| Projektnutzenbarwert | PNBW=PN*DFAKTR | T EUR | 1445 |
| jährliche Kosten | PK | T EUR / a | 54 |
| Projektkostenbarwert | PKBW | T EUR | 2130 |
| Kapitalwert | KW=PNBW-PKBW | T EUR | -685 |
| Nutzen-Kosten-Verhältnis | NKV=PNBW/PKBW | | 0,68 |

Dabei ist zu berücksichtigen, dass in die Berechnungen nur die relativ einfach quantifizierbaren Vermögensschäden an Gebäuden einfließen. Bei Überflutungen treten jedoch noch zahlreiche weitere Schäden auf (z.B. Schäden an Infrastruktureinrichtungen, Kraftfahrzeugen, Wertschöpfungsverluste, etc.). Die tatsächlich zu erwartenden Schäden sind erfahrungsgemäß in etwa doppelt so hoch wie die aufgeführten Vermögensschäden. Werden diese „Restschäden“ mit in die Betrachtungen einbezogen (Faktor 2), so ergibt sich ein größeres Nutzen-Kosten-Verhältnis (1,32 : 1). Die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen kann nachgewiesen werden.

Außerdem wurde bei der Ermittlung des Nutzen Kosten-Verhältnisses vom derzeitigen Zustand ausgegangen. Infolge der Klimaveränderung ist mit einer Zunahme (Häufigkeit) an Extremereignissen und damit mit einer Zunahme an Hochwasserereignissen zu rechnen. Dies führt zu einer Erhöhung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses. Entsprechende Erhöhungen wurden in den Berechnungen nicht berücksichtigt.

Eine Umsetzung der Maßnahmen ist unter Wirtschaftlichkeitsgesichtspunkten unter den vorab genannten Gründen als sinnvoll zu bewerten.

3 Ermittlung der Wirtschaftlichkeit der HW-Schutzmaßnahmen unter Berücksichtigung der prognostizierten Folgen der Klimaänderung

3.1 Hochwasserabflüsse für den Lastfall Klimaänderung

Genauere Aussagen in welchem Maße sich die Niederschläge bzw. Hochwasserabflüsse durch die Folgen der Klimaänderung erhöhen werden sind derzeit noch nicht möglich. Für Planungszwecke können dem Leitfaden Bemessungshochwasser (LfU/LUBW, 2005) jedoch für Baden-Württemberg grobe Abschätzungen zu den bis zum Jahre 2050 durch die Folgen der Klimaänderung zu erwartenden Abflusserhöhungen entnommen werden (Abbildung 3.1, Tabelle 3.1).

Das Einzugsgebiet des Kleinen Wiese liegt nach Abbildung 3.1 in der Klimaänderungsregion 2. Entsprechend Tabelle 3.1 kann bis zum Jahr 2050 von einer Erhöhung z.B. beim HQ_{20} um 33 % ausgegangen werden.

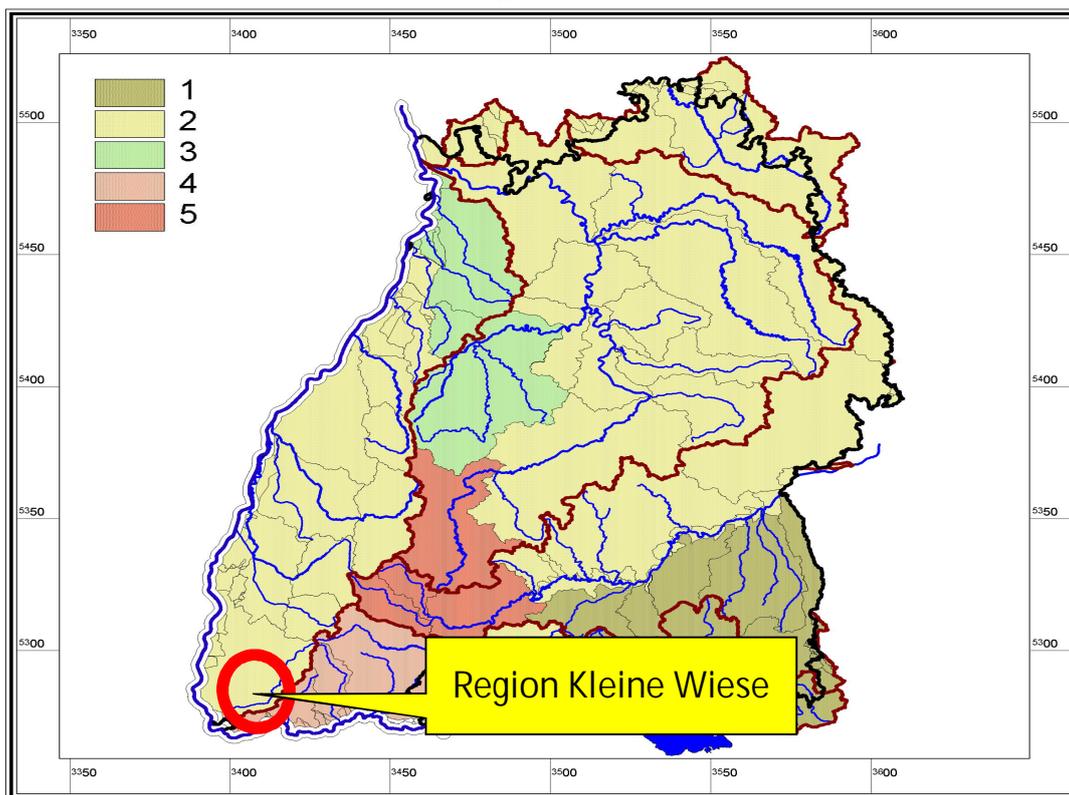


Abbildung 3.1: Regionale Gliederung der Faktoren für den Lastfall Klimaänderung (LfU/LUBW, 2005)

Tabelle 3.1: Klimaänderungsfaktoren $f_{T,K}$ (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 | | | | | |

In der Abbildung 3.2 und Tabelle 3.2 sind die infolge der Klimaänderung bis zum Jahre 2050 zu erwartenden HW-Abflüsse („Lastfall Klimaänderung“) im Wahrscheinlichkeitspapier dargestellt (magenta gestrichelte Linie). Danach erhöhen sich die Abflüsse in Enkenstein unterhalb des Lachsgrabens z. B. beim 20-jährlichen HW-Ereignis von $HQ_{20} = 4,71 \text{ m}^3/\text{s}$ auf $HQ_{20\text{Klima}} = 6,26 \text{ m}^3/\text{s}$, beim 100-jährlichen HW-Ereignis von $HQ_{100} = 7,0 \text{ m}^3/\text{s}$ auf $HQ_{100\text{Klima}} = 8,40 \text{ m}^3/\text{s}$.

Die bisher betrachteten HQ_T -Werte werden zukünftig häufiger auftreten, was einer Reduzierung der Jährlichkeit entspricht. In Tabelle 3.2 sind die „neuen“ Jährlichkeiten für die bisherigen Bemessungsabflüsse HQ_T dargestellt. Die Tabelle zeigt, dass ein 10-jährlicher Abfluss aufgrund der Klimaänderung bis im Jahr 2050 dann nur noch die Jährlichkeit von 4,0 Jahren aufweist. Aus einem 50-jährlichen Abfluss wird ein 18-jährlicher, aus einem 100-jährlichem ein rund 44-jährlicher (Abbildung 3.2: rote Linie). Dies hat zur Folge, dass die Überflutungsflächen häufiger und damit auch die die für die Überflutungsflächen ermittelten Schäden häufiger auftreten.

Abbildung 3.2: Änderung der Jährlichkeit der HW-Abflüsse infolge des LF Klima

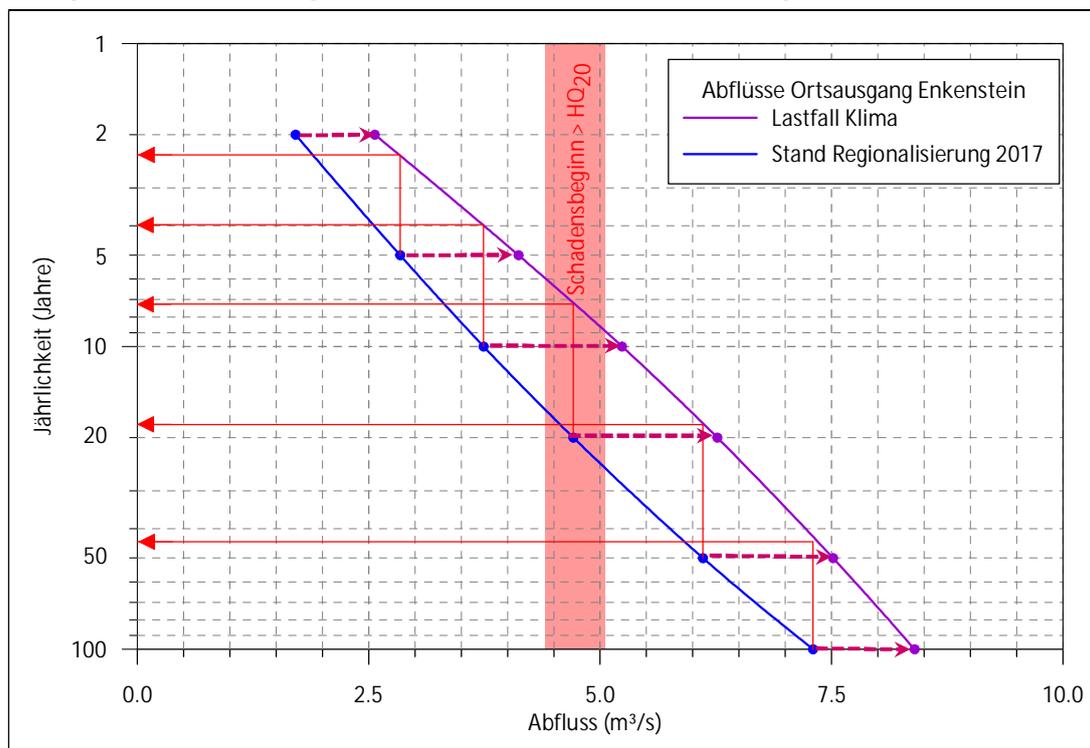


Tabelle 3.2: Abflüsse im Gresger Bach in der Ortslage Enkenstein für den LF-Klimaänderung

| Jährlichkeit | Abfluss Gresger Bach unterhalb Lachsgraben Stand Regionalisierung 2017 | Klimaänderungsfaktor $f_{T,K}$ | Abfluss Gresger Bach unterhalb Lachsgraben Stand 2050 LF Klima | Jährlichkeit $HQ_T(2017)$ bezogen auf 2050 |
|--------------|---|--------------------------------|---|--|
| (Jahre) | (m³/s) | | (m³/s) | (Jahre) |
| 2 | 1,71 | 1,50 | 2,57 | 0,3 |
| 5 | 2,84 | 1,45 | 4,12 | 2,5 |
| 10 | 3,74 | 1,40 | 5,24 | 4,0 |
| 20 | 4,71 | 1,33 | 6,26 | 7,2 |
| 50 | 6,11 | 1,23 | 7,52 | 18,1 |
| 100 | 7,30 | 1,15 | 8,40 | 44,1 |

3.2 Grundsatzüberlegungen zur Berücksichtigung der Klimaänderung in Nutzen-Kosten-Berechnungen

Die infolge der Klimaänderung zu erwartende Erhöhung der T-jährlichen HW-Abflüsse hat im Untersuchungsgebiet gravierende Auswirkung auf den HW-Schutzgrad. Sind derzeit bei 10-jährlichen HW-Ereignissen die ersten Häuser betroffen, so ist damit zu rechnen, dass im Jahre 2050 bereits bei 4-jährlichen Hochwasserereignissen erste Schäden auftreten werden. D.h. es ist zukünftig im Mittel alle 4 Jahre mit Schäden zu rechnen.

Für Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen ist es nicht erforderlich, ergänzende hydraulische Berechnungen des Lastfalles Klimaänderung durchzuführen. Zur Berechnung der zukünftig (LF-Klima) bei einer T-jährlichen HW auftretenden Schäden muss lediglich den bereits untersuchten HW-Ereignissen (derzeitiger Zustand: T-jährliches HW) – und den hierfür ermittelten Hochwasserschäden - eine Jährlichkeit für den Lastfall Klima zugewiesen werden (letzte Spalte in Tabelle 3.2). Bei Ereignissen (Abflüssen) über dem Bemessungsereignis der Maßnahme wird angenommen, dass weiterhin Schäden auftreten werden.

Nachfolgend wurde ermittelt, wie sich die bis zum Jahre 2050 prognostizierten Abflusserhöhungen auf das Nutzen-Kosten-Verhältnis auswirken. Da keine Informationen zu den nach 2050 zu erwartenden Folgen der Klimaänderung vorliegen, wird von danach stabilen Verhältnissen (keine weitere Zunahme der HQ_T -Werte infolge der Klimaänderung) ausgegangen. Dies ist allerdings kaum realistisch, so dass das Nutzen-Kosten-Verhältnis vermutlich noch wesentlich größer sein dürfte.

3.3 Schadensermwartung

3.3.1 Schadensermwartung für den heutigen Ausbauzustand

Beim heutigen Ausbauzustand (ohne Hochwasserschutzmaßnahmen) ist auf der Gemarkung von Enkenstein ein mittlerer jährlicher Schaden durch Überflutungen in Höhe von 36.000 EUR / Jahr zu erwarten (Tabelle 2.2). Den Berechnungen liegen die derzeitigen HW-Abflüsse (HQ_T -Werte ohne LF-Klima) zugrunde.

Beim heutigen Ausbauzustand (ohne Hochwasserschutzmaßnahmen) ist auf der Gemarkung von Enkenstein für das Jahr 2050 (prognostizierter Lastfall Klimaänderung) ein mittlerer jährlicher Schaden durch Überflutungen in Höhe von 91.000 EUR / Jahr zu erwarten (Tabelle 3.3). Den Berechnungen liegen die prognostizierten HW-Abflüsse (HQ_T-Werte LF-Klima) zugrunde.

Tabelle 3.3: Berechnung der Schadenserwartung (mittlerer jährlicher Schaden) in Enkenstein für den derzeitigen Ausbauzustand (ohne HW-Schutzmaßnahmen), zukünftiger Zustand im Jahre 2050 (mit prognostizierter Klimaänderung)

| Bestimmung der derzeitigen Schadenserwartung LF Klima | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|---|--|----------|--|---|--|
| Ereignis der Jährlichkeit T_i | | | Intervall der Jährlichkeit [T_i, T_{i+1}] | | | | |
| i | T_i s. Tab. 3.2 | P_i = 1/T _i [1/a] | S_i s. Tab. 2.2 [T €] | k | S_k ar. Mittel S _i , S _{i+1} (mittl. Intervall-S) [T €] | ΔP_[k] = P _i - P _{i+1} [1/a] | S_[k] = S _k • ΔP _k [T € / a] |
| 1 | 1 | 1,00 | 0,-- | | | | |
| | | | | 1 | 0,-- | 0,50 | 0,-- |
| 2 | 2 | 0,50 | 0,-- | | | | |
| | | | | 2 | 0,-- | 0,10 | 0,-- |
| 3 | 2,5 | 0,40 | 0,-- | | | | |
| | | | | 3 | 62,-- | 0,15 | 9,-- |
| 4 | 4 | 0,25 | 123,-- | | | | |
| | | | | 4 | 205,-- | 0,11 | 23,-- |
| 5 | 7,2 | 0,14 | 287,-- | | | | |
| | | | | 5 | 432,-- | 0,08 | 36,-- |
| 6 | 18,1 | 0,06 | 577,-- | | | | |
| | | | | 6 | 697,-- | 0,03 | 23,-- |
| 7 | 44,1 | 0,02 | 816,-- | | | | |
| mittlere jährliche Schadenerwartung | | | | | | S_{ges} = | 91,-- |

3.3.2 Schadenserwartung nach der Umsetzung der HW-Schutzmaßnahmen

Mit der Umsetzung der Hochwasserschutzkonzeption soll ein 100-jährlicher Hochwasserschutz hergestellt werden. Danach verbleiben für den derzeitigen Zustand (nach KOSTRA 2000) eine jährliche Schadenserwartung von 0 EUR / Jahr. Für den Lastfall Klima ist verbleibt (unter Berücksichtigung der zum heutigen Zustand 100-jährlichen Abflüsse eine jährliche Schadenserwartung von 0 EUR / Jahr.

3.4 Nutzen der HW-Schutzmaßnahmen unter Einbeziehung der Folgen der Klimaänderung

Im vorherigen Abschnitt wurde die Schadenserwartung unter Berücksichtigung der Folgen der Klimaänderung ermittelt. Der Lastfall Klimaänderung entspricht dabei der Abflusssituation im Jahr 2050. Für den Zeitraum bis 2050 wurde von einer linearen Zunahme der Abflüsse und somit der Schadenserwartung ausgegangen.

In Abbildung 3.3 ist schematisch die Entwicklung des Schadenserwartungswertes über die nächsten 80 Jahre dargestellt. Der gewichtete Schadenserwartungswert ergibt sich als Mittelwert der einzelnen Schadenserwartungswerte. Die Berechnung erfolgt nach Tabelle 3.4. Der Nutzen der geplanten HW-Schutzmaßnahmen kann unter dieser Annahme für den Zeitraum der Nutzungsdauer (Annahme: 80 Jahre) damit ermittelt werden.

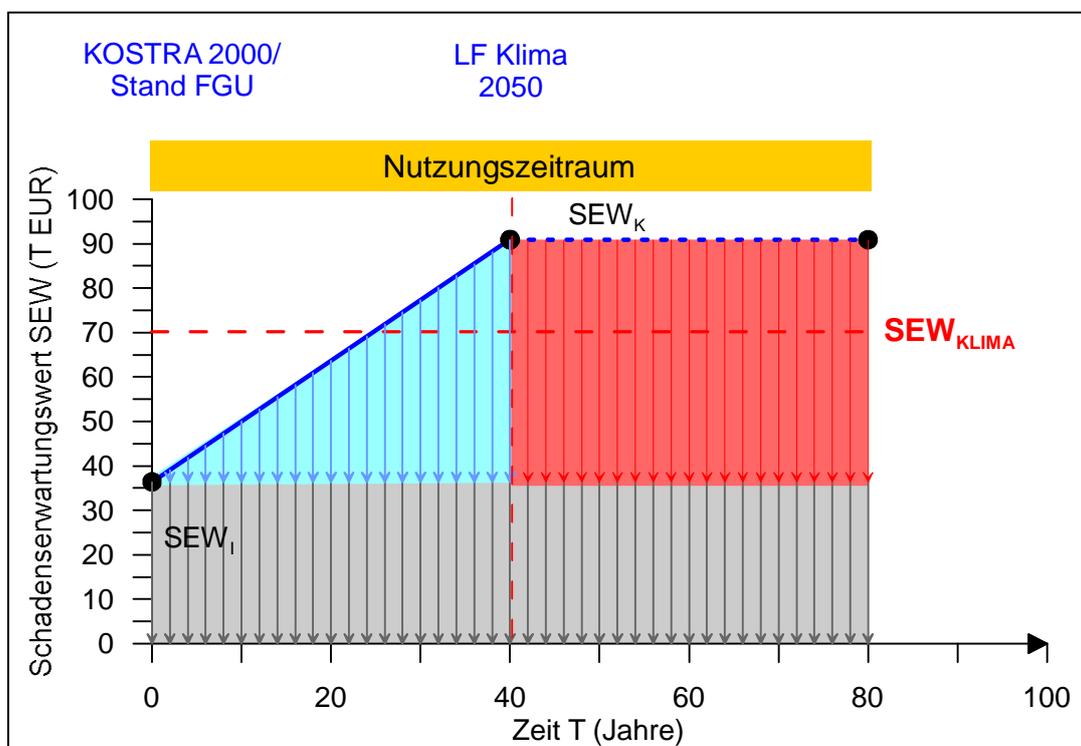


Abbildung 3.3: zeitliche Entwicklung der Schadenserwartung unter Berücksichtigung der Folgen der Klimaänderung

| Ermittlung Schadenserwartung unter Berücksichtigung der Klimaänderung | | Einheit | HW-Schutz Emmingen HQ ₁₀₀ Klima |
|--|------------------------------------|-----------|---|
| Schadenserwartung IST | SEW_I | T EUR / a | 36,4 |
| Dauer | D | a | 80 |
| Diskontierung fortlaufend | DFAKR | | 39,74 |
| Schadenserwartungsbarwert IST-Zustand | SEWBW_I | T EUR | 1446,7 |
| Schadenserwartung LF Klima | SEW_K | T EUR / a | 90,9 |
| Änderung Schadenserwartung zum IST-Zustand (gesamt) | DSEW=SEW_K-SEW_I | T EUR / a | 54,5 |
| Dauer Klimaänderung | | a | 40 |
| jährliche Erhöhung der Schadenserwartung in den ersten 40 Jahren | DSEW/40 | T EUR / a | 1,36 |
| Schadenserwartungsbarwert Zeitraum Klimaänderung (Diskontierung der jährlichen Erhöhung der Schadenserwartung) | SEWBW_ΔK | T EUR | 666,7 |
| Erhöhung Schadenserwartung 2050 zum IST-Zustand (gesamt) | DSEW=SEW_K-SEW_I | T EUR / a | 54,5 |
| LF Klimaänderung 2050 | | a | 40 |
| Diskontierung fortlaufend | DFAKR | T EUR | 27,36 |
| Schadenserwartungsbarwert LF Klimaänderung (2050) | SEWBW_K2050 | T EUR | 1490,9 |
| Diskontierung einmalig | DFAKE | T EUR | 0,453 |
| Schadenserwartungsbarwert LF Klimaänderung ab 2050 bezogen auf heute | SEW_K=SEW_K2050*DFAKE | T EUR | 675,2 |
| Schadenserwartungsbarwert gesamt | SEWBW_KLIMA=SEW_I+SEWBW_ΔK+SEWBW_K | T EUR | 2788,6 |
| Kapitalwiedergewinnung | KFAKR | | 0,0252 |
| Schadenserwartung gemittelt | SEW_KLIMA=SEWBW_KLIMA*KFAKR | T EUR / a | 70,2 |

Tabelle 3.4: Ermittlung der mittleren jährlichen Schadenserwartung unter Berücksichtigung der Folgen der Klimaänderung

Danach ergibt sich unter Einbeziehung der zu erwartenden Folgen der Klimaänderung und einer Auslegung des Maßnahmen auf 100-jährliche Hochwasser des LF-Klimaänderung nach Tabelle 3.5 ein jährlicher Projektnutzen zu 77.000 EUR / Jahr für die Gemarkung Enkenstein.

Tabelle 3.5: Nutzen der in Enkenstein vorgeschlagenen HW-Schutzmaßnahmen unter Berücksichtigung der Folgen der Klimaänderung

| | Stand Regionalisierung Jahr 2017 | LF Klimaänderung Jahr 2050 | Nutzungsdauer 80 Jahre gemittelt nach Tab. 3.4 |
|---|-------------------------------------|-------------------------------|--|
| Schadenserwartung Ist-Zustand / SEW ₁ ohne HW-Schutzmaßnahmen (T EUR / a) | 36,4 (SEW) | 90,9 (SEW _K) | 70,2 (SEW _{KLIMA}) |
| Schadenserwartung Plan- Zustand mit HW-Schutzmaßnahmen (T EUR / a) | 0 (SEW) | 0 (SEW _K) | 0 (SEW _{KLIMA}) |
| Jährlicher Projektnutzen (T EUR / a) | 36,4 | 90,9 | 70,2 |

3.5 Nutzen-Kosten-Vergleich der HW-Schutzmaßnahmen unter Einbeziehung der Folgen der Klimaänderung

Werden den für Enkenstein vorgeschlagenen HW-Schutzmaßnahmen Maßnahmen die derzeitigen Abflussverhältnisse zugrunde gelegt, so ergibt sich ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 0,68 : 1 (s. Kapitel 2.8). Unter Einbeziehung der Folgen der Klimaänderung erhöht sich das Nutzen-Kosten-Verhältnis auf 1,31 : 1 (siehe Tabelle 3.6).

Tabelle 3.6: Nutzen-Kosten-Verhältnis für die HW-Schutzkonzeption Enkenstein unter Berücksichtigung der Folgen der Klimaänderung

| Ermittlung Nutzen-Kosten-Verhältnis | | Einheit | Stand Regionalisierung Jahr 2017 | LF Klimaänderung Jahr 2050 | HW-Schutz Enkenstein gemittelt nach Tab. 3.4 |
|-------------------------------------|----------------|-----------|-------------------------------------|-------------------------------|--|
| Schadenserwartung IST | | T EUR / a | 36,4 | 90,9 | 70,2 |
| Schadenserwartung PLAN | | T EUR / a | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| jährl. Projektnutzen | PN | T EUR / a | 36,4 | 90,9 | 70,2 |
| Projektnutzenbarwert | PNBW=PN*DFAKTR | T EUR | 1445 | 3.612 | 2.789 |
| jährliche Kosten | PK | T EUR / a | 54 | 54 | 54 |
| Projektkostenbarwert | PKBW | T EUR | 2130 | 2.130 | 2.130 |
| Kapitalwert | KW=PNBW-PKBW | T EUR | -685 | 3612 | 2789 |
| Nutzen-Kosten-Verhältnis | NKV=PNBW/PKBW | | 0,68 | 1,70 | 1,31 |

4 Zusammenfassung

Die Hochwassergefahrenkarten des Landes Baden-Württemberg zeigen, dass in der Ortslage Enkenstein kein Hochwasserschutz vorhanden. Die Hochwassergefahrenkarten des Landes weisen großflächige Überschwemmungsgebiete bereits bei einem 10-jährlichen Hochwasser aus. Der für Innerortsbereiche i.d.R. angestrebte HW-Schutzgrad wird damit nicht erreicht. In vorhergehenden Untersuchungen wurde das Schadenspotential bei einem 100-jährlichen Hochwasser mit 0,81 Mio. € beziffert.

Die Stadt Schopfheim plant die Umsetzung von Hochwasserschutzmaßnahmen. Im Rahmen der Planung war das Nutzen-Kosten-Verhältnis abzuschätzen.

Die Wirtschaftlichkeit der vorgeschlagenen HW-Schutzmaßnahmen lässt sich über das Nutzen-Kosten-Verhältnis quantifizieren. Eine HW-Schutzkonzeption ist ökonomisch sinnvoll, wenn das Nutzen-Kosten-Verhältnis größer als 1 ist. Um eine zeitliche Vergleichsbasis zu schaffen, müssen Nutzen und Kosten dabei auf einen einheitlichen Zeitraum bezogen werden. Gemäß den DWA-Leitlinien [4] zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen wurde für die Maßnahmen eine Nutzungsdauer von 80 Jahren gewählt. Mit der Festlegung der Nutzungsdauer einer Hochwasserschutzanlage lassen sich auf der Grundlage finanzmathematischer Berechnungen die mittleren jährlichen Kosten ermitteln. Dies entspricht dem Projektkostenbarwert. Für die Berechnung des Nutzens wurden zunächst die bei 5-, 10-, 20-, 50-, 100-jährlichen Hochwassern auftretenden Schäden des Ist-Zustandes (ohne HW-Schutzmaßnahmen) und daraus der derzeit entstehende mittlere jährliche Schaden bestimmt. In die Berechnungen wurden hierzu alle im Hochwasserfall betroffenen Gebäude einbezogen. D.h. alle Gebäude die durch die vorgeschlagenen Maßnahmen geschützt werden, erhöhen den Nutzen (= verhinderte Schäden) der Konzeption. Für den Zustand nach einer Umsetzung der HW-Schutzkonzeptionen wurden analog die verbleibenden Hochwasserschäden (Restschäden) ermittelt. Der Nutzen der HW-Schutzmaßnahmen entspricht dem verhinderten Schaden. Bezogen auf die gesamte Nutzungsdauer der Maßnahmen entspricht dies dem Projektnutzenbarwert.

Aus dem Quotienten von Projektnutzenbarwert und Projektkostenbarwert wurde das Nutzen-Kosten-Verhältnis berechnet.

Die Berechnungsergebnisse zeigen unter Zugrundelegung der derzeitigen Abflusssituation bei alleiniger Berücksichtigung der Vermögensschäden und eher konservativen Abschätzung der Schäden ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 0,68 : 1. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass in die Berechnungen nur die relativ einfach quantifizierbaren Vermögensschäden an Gebäuden einfließen. Bei Überflutungen treten jedoch noch zahlreiche weitere Schäden auf (z.B. Schäden an Infrastruktureinrichtungen, Kraftfahrzeugen, Wertschöpfungsverluste, etc.). Diese weiteren Schäden können nach den Erfahrungen in der gleichen Größenordnung wie die Vermögensschäden liegen. Wird berücksichtigt, dass die realen Schäden in etwa doppelt so hoch sind, wie die reinen Vermögensschäden, so erhöht sich das Nutzen-Kosten-Verhältnis auf 1,31 : 1. Die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen ist somit gegeben.

Nicht berücksichtigt wurde in den Berechnungen die durch die Folgen der Klimaveränderung zu erwartende Häufung an Starkregenereignissen. Unter Einbeziehung der Folgen der Klimaänderung erhöht sich das Nutzen-Kosten-Verhältnis infolge des Anstiegens der Hochwasserabflüsse und dem daraus resultierenden häufigeren Auftreten von Hochwasserschäden.

Unter Zugrundelegung der ermittelten Vermögensschäden ergibt sich für die zukünftige Abflusssituation - Berücksichtigung der Folgen der Klimaänderung - ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 1,31 : 1.

Zusammenfassend kann damit festgestellt werden, dass die im Rahmen der vorliegenden Nutzen-Kosten-Betrachtung betrachteten Hochwasserschutzmaßnahmen – insbesondere im Hinblick auf die zu erwartenden Folgen der Klimaänderung - wirtschaftlich äußerst sinnvolle HW-Schutzlösung darstellt. Eine Umsetzung der entwickelten Hochwasserschutzkonzeption ist eine nachhaltige Verbesserung der Daseinsvorsorge in der Ortslage Enkenstein.

Literaturverzeichnis

- [1] BUCK, W. (1995): „Monetäre Bewertung von Hochwasserschutzmassnahmen als Bestandteil des Planungs- und Abwägungsprozesse“, Kasseler Wasserbau-Mitteilungen, Nr.2/1995
- [2] DVWK (1985): „Ökonomische Bewertung von Hochwasserschutzwirkungen, Arbeitsmaterialien zum methodischen Vorgehen“, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V., DVWK Mitteilungen 10, Bonn
- [3] DVWK (1989): „Wahl des Bemessungshochwassers“, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V., DVWK Merkblätter, Heft 209, Bonn
- [4] DWA (2012): „Leitlinien zur Durchführung von Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien)“, Ausgearbeitet vom LAWA-Arbeitskreis Nutzen-Kosten-Untersuchungen in der Wasserwirtschaft, 8. Auflage
- [5] LFU/LUBW (2005): „Festlegung des Bemessungshochwassers für Anlagen des technischen Hochwasserschutzes“; Oberirdische Gewässer/ Gewässerökologie, Heft 92
- [6] SCHMIDTKE (2004): „Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen in Hochwasserschutzplanungen“, Wasserwirtschaftsverband Baden-Württemberg e.V., Seminarunterlagen
- [7] Stadt Schopfheim: Anlage 1 zur öffentlichen Gemeinderatssitzung am 16.5.2015
- [8] IB Leppert: Kostenschätzung HW-Schutz Enkenstein, Variante VI, Stand 7.3.2017