KalypsoRisk – Analyse des Hochwasserschadens-potenzials zur Bewertung von Maßnahmen am Main

Thorsten HENS, Robert UEBERFELDT und Andreas KUTZNER
Björnsen Beratende Ingenieure, Koblenz · t.hens@bjoernsen.de

Zusammenfassung

Untersuchungen der rechtsseitigen Winterdeiche am Unterlauf des Mains haben gezeigt, dass die Standsicherheit für ein 200-jährliches Hochwasserereignis nicht gewährleistet ist. Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie wurden Maßnahmen zur Verringerung bzw. zur Vermeidung von hochwasserbedingten Gefahren vorgeschlagen und je Deichabschnitt eine wirtschaftlich optimierte Variante herausgearbeitet. Die Analyse des Schadenspotenzials mit KalypsoRisk lieferte für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung die erforderlichen Nutzwerte.

1 Einführung

1.1 Aufgabenstellung

Untersuchungen der rechtsseitigen Winterdeiche in den Gemarkungen Kostheim, Hochheim, Flörsheim und Hattersheim am Unterlauf des Mains Ende der 1990er-Jahre haben gezeigt, dass die Standsicherheit für ein 200-jährliches Hochwasserereignis (HQ_{200}) nicht gewährleistet ist. Im Vorfeld weiterer Planungen wurde die Björnsen Beratende Ingenieure GmbH beauftragt, die vorhandenen Unterlagen zusammenhängend zu beurteilen und die notwendigen Maßnahmen zur Verringerung bzw. zur Vermeidung von hochwasserbedingten Gefahren an vier Deichabschnitten zu evaluieren und eine wirtschaftlich optimierte Vorzugsvariante herauszuarbeiten.

Die Untersuchung wurde unter Federführung des Landes Hessen, vertreten durch das Regierungspräsidium Darmstadt, Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt – Staatlicher Wasserbau – zusammen mit den Städten Hochheim am Main, Flörsheim am Main und Hattersheim am Main erstellt.

1.2 Vorgehensweise

Die Berechnung des Hochwasserschadenspotenzials wurde für insgesamt zwölf Hochwasserereignisse (HQ_{10} bis HQ_{100} in 10er-Schritten sowie HQ_{150} und HQ_{200}) mithilfe des Open-Source-Programmsystems Kalypso[1] mit dem Modul KalypsoRisk ausgeführt.

[1] Kalypso Open Source Modellsystem für numerische Simulationen in der Wasserwirtschaft http://kalypso.bjoernsen.de

Strobl, J., Blaschke, T., Griesebner, G. & Zagel, B. (Hrsg.) (2014): Angewandte Geoinformatik 2014.
© Herbert Wichmann Verlag, VDE VERLAG GMBH, Berlin/Offenbach. ISBN 978-3-87907-543-0.
Dieser Beitrag ist ein Open-Access-Beitrag, der unter den Bedingungen und unter den Auflagen der Creative Commons Attribution Lizenz verteilt wird (http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/).

KalypsoRisk berechnet das Schadenspotenzial je Hochwasserereignis auf der Grundlage von Wassertiefe, Landnutzung, Vermögenswert sowie wassertiefen- und nutzungsabhängigen Schadensfunktionen. Die Schäden der einzelnen Hochwasserereignisse werden unter Berücksichtigung der Eintrittswahrscheinlichkeit zum jährlichen Schadenserwartungswert aggregiert und als Schadensrisiko klassifiziert. Die Eingangsdaten und die Berechnungsergebnisse wurden im Geografischen Informationssystem (GIS) verarbeitet.

2 Hochwasserabhängiges Schadens- und Gefährdungspotenzial

2.1 Datengrundlage

Die verwendeten Geobasis- und Geofachdaten wurde vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG), der Hessischen Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation (HVBG) und von der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) zur Verfügung gestellt. Neben umfangreichen und aktuellen Geobasisdaten kam das Digitale Geländemodell (DGM1) der Laserscanbefliegung aus dem Jahr 2010 sowie die aktuellen Daten des Amtlichen Liegenschaftskatasters (ALKIS) mit Nutzungsinformationen zum Einsatz. Wasserspiegelhöhen der Jährlichkeiten HQ_{10}, HQ_{20}, HQ_{50}, HQ_{100} und HQ_{200} konnten aus einer hydraulischen Modellierung des Mains von der BfG und der HLUG bereitgestellt werden.

2.2 Methodik

Die potenziellen Schäden an Vermögenswerten (Schadenspotenzial) und die Anzahl der von Hochwasser betroffenen Personen und Gebäuden (Gefährdungspotenzial) wurden für die Hochwasserereignisse HQ_{10} bis HQ_{100} (in 10er-Schritten), HQ_{150} und HQ_{200} berechnet.

Folgende Arbeitsschritte wurden ausgeführt:

- Berechnung der Wassertiefen und Überschwemmungsgrenzen für alle genannten Bemessungshochwasser im GIS unter der Annahme fehlender Hochwasserschutzdeiche,
- Aggregation der ALKIS-Nutzungsdaten in die Landnutzungsklassen Siedlung, Industrie und Gewerbe, Verkehr, landwirtschaftliche Nutzfläche, Grünland, Forst, Wasserfläche und Naturraum im GIS,
- Übernahme und Anpassung (Inflationsrate) der spezifischen Vermögenswerte auf Grundlage gemeindebezogener Vermögenskomponenten für die o. g. Landnutzungsklassen aus dem Rhein-Atlas (IKSR 2001),
- Übernahme der Schädigungsfunktionen aus dem Rhein-Atlas (IKSR 2001),
- Definition von Schadensrisikoklassen,
- Berechnung der Schadenspotenziale und der Schadenserwartungswerte in KalypsoRisk,
- Berechnung des Gefährdungspotenzials im GIS sowie
- Übernahme, Analyse und Visualisierung im GIS.

Zur Bestimmung der durch die Deiche geschützten Vermögenswerte wurde in der Berechnung des Schadens- und Gefährdungspotenzials angenommen, dass keine Hochwasserschutzanlagen vorhanden sind und so eine ungehinderte Überschwemmung der eigentlich geschützten Bereiche stattfinden kann.

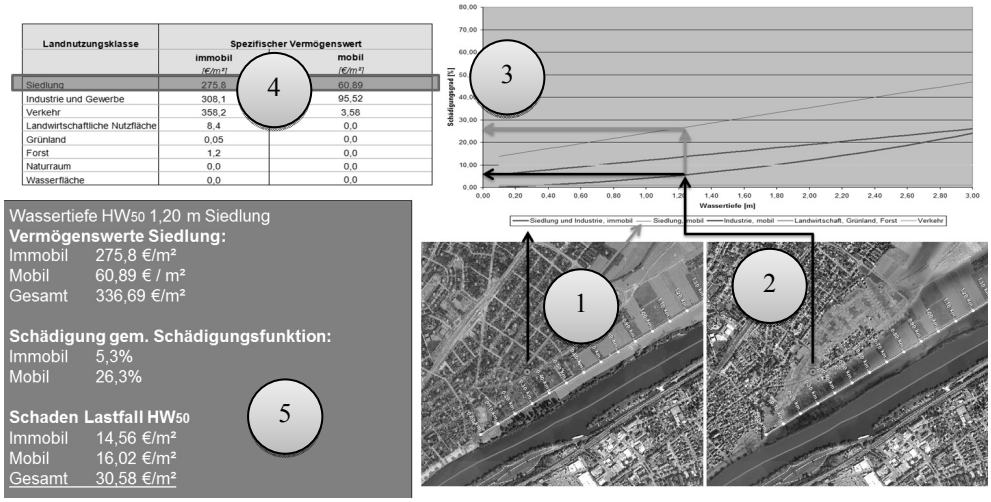

Abb. 1: Methodik der Schadensberechnung am Beispiel einer Siedlungsfläche (BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE GMBH)

Die Berechnung des Schadens je Rasterzelle (Rastergröße 1 m) lief dabei wie folgt ab (vgl. Abb. 1):

1. Bestimmung der Landnutzungsklasse (1);
2. Bestimmung der Wassertiefe (2);
3. Bestimmung des Schädigungsgrades aus Landnutzungsklasse und Wassertiefe;
4. Bestimmung des Vermögenswertes (4);
5. Berechnung des Schadens aus Schädigungsgrad (3) und Vermögenswert (4).

Aus den Einzelschäden je Hochwasserereignis wurde durch Integration der jährliche Schadenserwartungswert berechnet. Er stellt die Summe der Schäden je Hochwasserereignis unter Berücksichtigung der Eintrittswahrscheinlichkeit dar. Der durch eine Hochwasserschutzmaßnahme vermeidbare Schaden ergibt sich durch den Vergleich der Schadenserwartungswerte für die Fälle „ohne Maßnahme“ und „mit Maßnahme“.

Das Gefährdungspotenzial wurde über die Anzahl der potenziell von Hochwasser betroffenen Einwohner definiert und über einen flächengewichteten Ansatz berechnet. Ergänzend dazu wurde das Gefährdungspotenzial über die Anzahl der betroffenen Gebäude ausgewiesen.

3 Maßnahmenkosten und Bewertung

Im Rahmen der ingenieurfachlichen Beurteilung der vorhandenen Unterlagen wurden zunächst drei grundsätzliche Lösungsansätze definiert:

Minimaler Ansatz
Ist ein Hochwasserschutz überhaupt gerechtfertigt bzw. welches Hochwasserschutzziel lässt sich mit minimalem Aufwand erreichen und welche Schäden lassen sich damit vermeiden?

Maximaler Ansatz
Welche Maßnahmen müssen ergriffen werden, um einen Schutz vor einem 100-jährlichen Ereignis herzustellen?

Mittlerer Ansatz
Welches maximale Hochwasserschutzziel kann unter Wahrung eines „positiven“ Nutzen-Kosten-Verhältnisses erzielt werden?

Für jeden Lösungsansatz wurden Maßnahmen definiert, die zur Erfüllung des Lösungsansatzes durchzuführen wären. Für jeden Maßnahmentyp wurden Brutto-Baukosten und Nebenkosten geschätzt. Die Wirtschaftlichkeit einer Hochwasserschutzmaßnahme kann mithilfe eines Nutzen-Kosten-Vergleiches erfasst werden. Der Nutzen beinhaltet dabei die durch die Maßnahme vermeidbaren Schäden. Die Kosten wurden gemäß den „Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen" aus den einmaligen Investitionskosten und laufenden Unterhaltskosten (LAWA 2012) ermittelt. Das Verhältnis von Nutzen zu Kosten beschreibt die Wirtschaftlichkeit.

Die Gesamtbewertung dient der Bestimmung der Vorzugsvariante für jeden untersuchten Abschnitt. Dazu wurden für die einzelnen Kriterien der Kategorien Kosten, Ökologie, Wasserwirtschaft, Flächeninanspruchnahme und Gefährdung der Menschen Wertpunkte ermittelt, nach Kategorie gewichtet und zur Gesamtbewertung addiert.

4 Ergebnis

4.1 Untersuchungsabschnitt Stadt Flörsheim (exemplarisch)

Der vorhandene Deich weist im Untersuchungsabschnitt sehr unterschiedliche Deichhöhen auf. Die Deichhöhe beträgt wasserseitig konstant ca. 3 bis 4 m, landseitig zwischen 0,6 m und 1,1 m und erhöht sich dann konstant auf ca. 2,8 m bis 3,0 m. Unter Berücksichtigung eines Freibords von 0,8 m entspricht dies am Abschnittsbeginn einem Schutz vor einem HQ_{30} und am östlichen Abschnittsende mehr als einem HQ_{200}. Gemäß überschlägigen Berechnungen ist der Deich aus untergrundhydraulischen Gründen jedoch nur standsicher bis HQ_{25}.

Hinsichtlich der Gefährdung des Hinterlandes durch Überschwemmungen sind folgende Szenarien zu betrachten:

- Schäden an den Parkplätzen und Straßen sowie der Gebäude westlich des Deiches,
- Versagen des Deiches ab HQ_{25} und Überschwemmung des Hinterlandes,
- Überströmung des Deiches ab HQ_{30} aufgrund der Absenkung am westlichen Abschnittsanfang,
- Fehlfunktion des Verschlusses am Durchlass Ardelgraben (Deich-km 1,7).

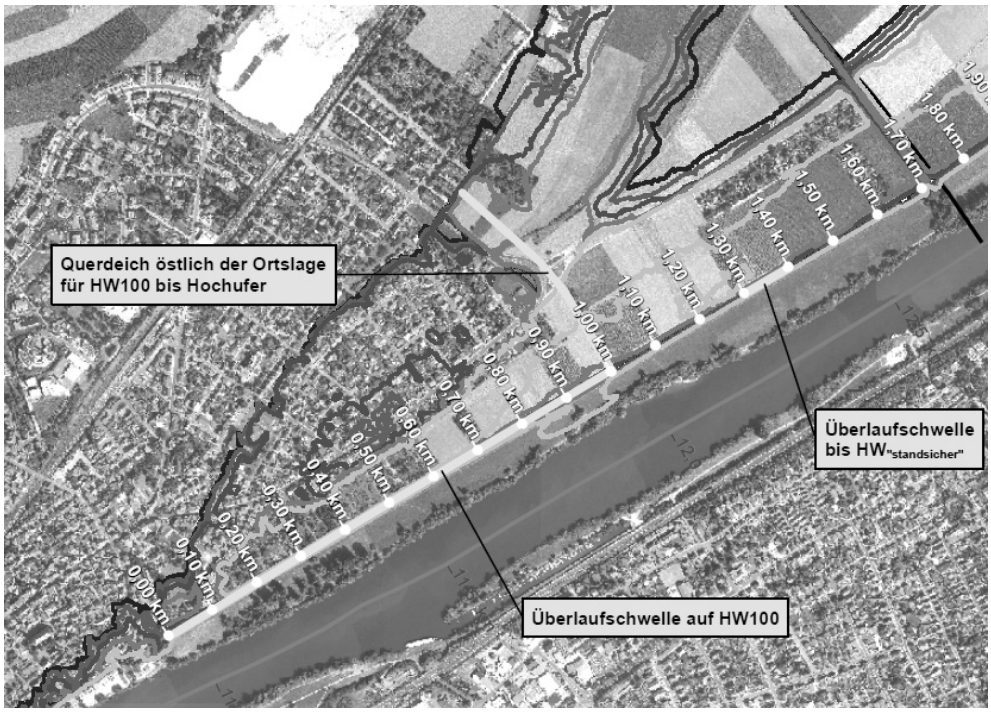

Abb. 2: Maßnahmen der Vorzugsvariante im Abschnitt Flörsheim (BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE GMBH)

Zur Gewährleistung des Hochwasserschutzes im Hinterland bzw. Verringerung potenzieller Schäden und Gefährdungen bestehen folgende grundsätzliche Lösungsansätze.

- Minimaler Ansatz – Scharte im Deich auf Höhe von $HQ_{standsicher}$ (Status quo, hier HQ_{25})
- Mittlerer Ansatz – Deichsanierung Ortslage (HQ_{100}) bis km 1,0, Querdeich, Deichscharte am Feld etwa bei km 1,3 auf Höhe $HQ_{standsicher}$ (Status quo, hier HQ_{25})
- Maximaler Ansatz – Deichsanierung auf ein HQ_{100}

Die Nutzen-Kosten-Analyse ergab, dass die Gewährleistung des HW-Schutzes im Status quo, d. h. für ein HQ_{25}, mit einem Verhältnis von 6,2 das beste Nutzen-Kosten-Verhältnis darstellt. Die Varianten Deichsanierung nach Stand der Technik bzw. Deichsanierung entlang der Ortslage, östlichem Querdeich und Scharte am Feld weisen mit 1,7 und 2,0 ein deutlich schlechteres Nutzen-Kosten-Verhältnis auf.

Als Vorzugsvariante wurde – aufgrund einer Nutzwertanalyse der Kriterien Gewinn von Retentionsraum, Stadtentwicklung (gewerbliche und private Investitionen) und Förderfähigkeit – die mittlere Variante vorgeschlagen (siehe Abb. 2).

4.2 Gesamtes Untersuchungsgebiet

Die Auswertung der geotechnischen Gutachten der Mainwinterdeiche in Kostheim, Hochheim, Flörsheim und Hattersheim hat gezeigt, dass die bestehenden Deiche, bezogen auf ein HQ_{100}, überwiegend nicht standsicher sind. Überschlägige Berechnungen anhand des sich im Hochwasserfall ergebenden hydraulischen Gradienten ergeben, dass die Standsicherheit der Deiche zum Teil nur für Hochwasserereignisse HQ_{10} bis HQ_{40} gegeben ist.

Zur Ermittlung von in Betracht kommenden Maßnahmen zur Verringerung hochwasserbedingter Gefahren wurden zunächst die Überschwemmungsflächen für verschiedene Hochwasserereignisse und die daraus resultierenden Schadenspotenziale ermittelt. Die bestehenden Deiche wurden bei dieser Ermittlung des Schadenspotenzials zunächst außer Acht gelassen.

Unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse, der vorhandenen Topografie und weiterer rechtlicher Randbedingungen wurde das gesamte rechtsmainische Überschwemmungsgebiet zwischen Kostheim und Eddersheim in Abschnitte unterteilt. In diesen Abschnitten wurden verschiedene Maßnahmen entwickelt, mit denen sich die hochwasserbedingten Gefahren verringern lassen. Die Maßnahmen wurden unter wirtschaftlichen, bautechnischen und ökologischen Aspekten untersucht und bewertet.

Die Analyse des Schadenspotenzials mit KalypsoRisk lieferte für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung die erforderlichen Nutzwerte für unterschiedliche Lösungsansätze. Die abschließend empfohlenen Maßnahmen zur Verringerung von hochwasserbedingten Gefahren reichen – je nach Untersuchungsabschnitt – von der Absenkung des Deiches durch Überlaufschwellen zur Gewährleistung der Standsicherheit bis zum Ausbau des Deiches nach Stand der Technik auf ein Schutzniveau von HQ_{100}.

Literatur

BJÖRNSEN BERATENDE IINGINEURE GMBH (2013), Sanierung der Winterdeiche an Rhein und Main Flügeldeiche Kostheim, Hochheim, Flörsheim und Hattersheim – Endbericht der Machbarkeitsstudie. Erstellt im des Landes Hessen, vertreten durch das Regierungspräsidium Darmstadt; unveröffentlicht. Koblenz.

BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE (BFG) (2012), Flusshydraulische Software FLYS Version 2.1.13 mit Daten zum Main, Koblenz.

HENS, T. & KIRSCH, J. (2009), GIS-Automatisierung bei der Erstellung von Hochwassergefahrenkarten. In: STROBL, J. et al. Hrsg.), Angewandte Geoinformatik 2009. Beiträge zum 21. AGIT-Symposium Salzburg 2009. Heidelberg.

IKSR (2001), Atlas der Überschwemmungsgefährdung und möglichen Schäden bei Extremhochwasser am Rhein. http://www.rheinatlas.de/.

LAWA (2012), Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). 8. Auflage.