



MAßNAHMEN ZUR ERTÜCHTIGUNG VON FLUSSDEICHEN

Ronald Haselsteiner, München

1 EINLEITUNG

Der Neubau von Flussdeichen, sieht man die Rückverlegung von Deichen nicht als Neubau an, tritt in letzter Zeit hinter die Ertüchtigung von Flussdeichen. Der Trend zur Ertüchtigung wurde vor allem dadurch eingeleitet, dass zum einen die in letzter Zeit aufgetretenen Hochwasserereignisse die Notwendigkeit der Ertüchtigung aufdeckten. Alleine in Bayern wurden in den Jahren 1991 bis 2000 in etwa 60 km (5% der bayrischen Deiche¹) neu gebaut, jedoch über 200 km Deiche ertüchtigt (fast 20 % der bayrischen Deiche¹) (siehe [1]). Zum anderen rückt der Neubau von Deichen durch die Forderung nach Wiederherstellung und Bewahrung von vorhandenen Retentionsflächen mehr in den Hintergrund. Niedergeschrieben ist die Forderung zum Schutz von Retentionsvolumen im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) § 32 (1) . Dort werden die Länder angewiesen, „die dem Schutz vor Hochwassergefahren dienenden Vorschriften ... zum Erhalt oder zur Rückgewinnung natürlicher Rückhalteflächen“ zu erlassen [3]. Der Trend zur Ertüchtigung ist auch auf die verstärkten Anstrengungen der bayrischen Wasserwirtschaftsverwaltung zur Ertüchtigung der Deiche zurückzuführen, die im Aktionsprogramm 2020 verankert sind [4].

Folgende Ausarbeitung soll die Ertüchtigung von Deichen, wie sie im Entwurf des Merkblattes DWA-M 507/2007 „Deiche an Fließgewässern“ (Kapitel 9) [5], das zurzeit als Gelbdruck vorliegt, beschrieben ist, ergänzend erläutern. Auf eine Wiedergabe des gesamten, themenbezogenen Inhalts wird deshalb im Folgenden verzichtet.

2 ALLGEMEINES

Die Notwendigkeit, Deiche zu ertüchtigen, kann daraus erwachsen, dass sich die Randbedingungen (hydraulisch, geotechnisch, ...) geändert haben. Dadurch können auch nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik (a.a.R.d.T.) errichtete Deichbauwerke nach einer Neubeurteilung als ertüchtigungsbedürftig eingestuft werden. Besonderes Augenmerk muss auch darauf gerichtet werden, ob sich der Zustand des Deiches derart verändert hat, dass er den Anforderungen nicht mehr gewachsen ist (weiteres siehe unter Abschnitt 3). Häufig wurden die zu ertüchtigenen Deiche jedoch ohne ausreichende Kenntnis der Bautechnik und der möglichen Belastungen und einem Wissensdefizit bei der Ausbildung von Deichen bzw. deren Querschnittsgestaltung. Nicht selten müssen in diesem Zusammenhang Deiche an neu ermittelte Wasserstände angepasst bzw. erhöht werden, um den Belastungen aus dem Bemessungshochwasserstand unter Berücksichtigung seines Wiederkehrintervalls mit ausreichender Sicherheit widerstehen zu können.

¹ Hier werden ausschließlich Deiche an Gewässern erster und zweiter Ordnung betrachtet. Die Gewässereinteilung in Bayern ist in [2] geregelt.

2.1 Technische Vorschriften

Hochwasserschutzdeiche müssen den technischen Vorschriften entsprechen. Hier sei vor allem die DIN 19712/1997 [6] genannt, die sich zurzeit in der Überarbeitung befindet. Die Beseitigung der Mängel bzw. die Ertüchtigung von Deichen kann im Rahmen des Unterhalts oder in Form von genehmigungsbedürftigen Ausbaumaßnahmen erfolgen (siehe Abschnitt 3.2). Die technischen Anforderungen an einen Hochwasserschutzdeich können heutzutage nicht mehr von der Lage, Größe und dem hinter dem Deich befindlichen Polder losgelöst betrachtet werden. Deiche mit niedrigerer Bedeutung, so wie es in [5] formuliert ist, d. h. z. B. Deiche, die Naturlandschaften vorgelagert sind, werden zum einen bei der Priorisierung von Maßnahmen häufig hinten angestellt und zum anderen ist es häufig nicht notwendig die Standsicherheit bei Einstau zu gewährleisten, da der Aufwand zur Ertüchtigung nicht selten im Missverhältnis zu einem möglich eintretenden Schaden steht.

2.2 Ertüchtigungsmaßnahmen

Maßnahmen zur Ertüchtigung bzw. Verbesserung der Standsicherheit und/oder Gebrauchstauglichkeit können im Hochwasserfall auch direkt zur Gefahrenabwehr bzw. im Rahmen von Deichverteidigung oder Katastrophenschutz Schäden oder einen Deichbruch verhindern.

Demzufolge kann eine Unterscheidung in

- Notsicherungsmaßnahmen
- Sofortmaßnahmen
- Teilertüchtigungsmaßnahmen
- Vorwegmaßnahmen

vorgenommen werden.

Die einzelnen Maßnahmen sind in [5] kurz erläutert. Anzumerken verbleibt, dass Notsicherungs- und Sofortmaßnahmen nicht immer derartig sorgfältig ausgeführt werden, dass die Funktionstüchtigkeit der im Rahmen dieser durchgeführten baulichen Veränderungen teilweise nicht langfristig gewährleistet werden kann. Hier ist eine Entfernung entsprechender Bauteile vorzusehen. Beispiel hierfür geben eine Vielzahl an Deichverteidigungsmaßnahmen während der letzten Hochwasserereignisse, im Rahmen derer auf der Landseite nach grober Abschätzung der Verantwortlichen Kiese im Bereich der landseitigen Böschung angeschüttet wurden. Diese Anschüttungen wurden weder verdichtet, noch wurde die Filterstabilität oder die geometrische Ausbildung weiter untersucht. Eine Verbesserung der Standsicherheit des Deiches bewirkten sie jedoch allemal; nicht selten führten derartige Maßnahmen zu einer erfolgreichen Deichverteidigung.

Dauerhaft, verlässliche Maßnahmen, wie z. B. das Einbringen einer Dichtung oder die Erweiterung von Deichen mit verdichteten Böden, ist im Rahmen der Notsicherung i. Allg. nicht möglich.

3 RAHMENBEDINGUNGEN

3.1 Allgemeines / Übersicht

Im Folgenden werden die Rahmenbedingungen, welche die zu ergreifenden technische Maßnahmen aber auch das gesamte Ertüchtigungskonzept mit Abfolge und Projektkoordination und Finanzierung beeinflussen können, erläutert. Da in [5] im Rahmen der Deichertüchtigung aufgrund der bundesweiten Verbreitung des Merkblattes auf die rechtlichen Rahmenbedingungen gänzlich verzichtet wurde, werden hier einige Hinweise aufgeführt, die aus Erfahrungen bei der Umsetzung von Deichertüchtigungsmaßnahmen in Bayern resultieren.

Die auf die Wahl und Durchführung Einfluss nehmenden Rahmenbedingungen lassen sich in Ergänzung zu [5] folgendermaßen auflisten:

- Bestehender Altdeich
- Platzverhältnisse
- Berücksichtigung des Naturhaushaltes
- Landschafts- und Städtebild
- Ausführungszeit
- Deichüberwachung / Deichverteidigung
- Unterhalt
- Rechtliche Vorgaben

Eine ausführliche Erläuterung der einzelnen Punkte ist z. B. in [7] enthalten.

3.2 Ergänzende Hinweise

3.2.1 Bestehender Altdeich

In Bild 1 ist aufgegrabener Deich an der Mangfall dargestellt. Wie in Bild 2 erläutert wird, weist der Deich einen inhomogenen Aufbau auf, nachdem er mehrmals baulich verändert bzw. erweitert wurde.



Bild 1: Aufgegrabener Deich an der Mangfall (Quelle: WWA Rosenheim, aus [1]).

Der Unterschied zwischen einer Ertüchtigung und einem Neubau ist der, dass bei einer Ertüchtigung bereits ein Deich mit all seinen Nutzungen und Aufgaben vorhanden ist. Der Aufbau des Deichs ist oft unbekannt und unter Beachtung wirtschaftlicher Gesichtspunkte i. Allg. auch nicht ausreichend durch Erkundung (siehe Abschnitt 5.2.1) festzustellen. Es besteht die Möglichkeit, den Deich zum Großteil zu belassen und in eine Maßnahme zu integrieren oder den Deich abzutragen und an Ort und Stelle wiederaufzubauen oder ihn zu verlegen. Letzteres entspricht im Prinzip einem Neubau. Um Unsicherheiten bei der Beurteilung des Deichaufbaus abzufangen, können die durchzuführenden Maßnahmen dahingehend abgestimmt werden. Der Altdeich kommt nicht selten auf der Wasserseite zu liegen, an dem landseitig eine durchlässige Anschüttung angeschlossen wird. Die Suffosions- sowie Erosionsstabilität sind nur bedingt nachweisbar, so dass hier im Einzelfall Innendichtungen eingezogen werden, um mögliche Erosionsprozesse zu unterbinden und die Durchsickerung dementsprechend zu verhindern. Diese Innendichtungen sind dann häufig statisch wirksam, um Versagenszustände, die eine Rutschung des relativ unbekanntes Altdeichs abtragen zu können. Ein probates Mittel zur Ertüchtigung ist auch die Anordnung einer Oberflächendichtung. Dies verhindert weitgehend die Durchsickerung des Altdeichs und unterbindet somit gleichzeitig Suffosions- und Erosionsvorgänge.

Beispiele einiger Altdeiche, u. a. auch des Deichs in Bild 1, sind aus unterschiedlichen Literaturstellen in Bild 2 skizziert.

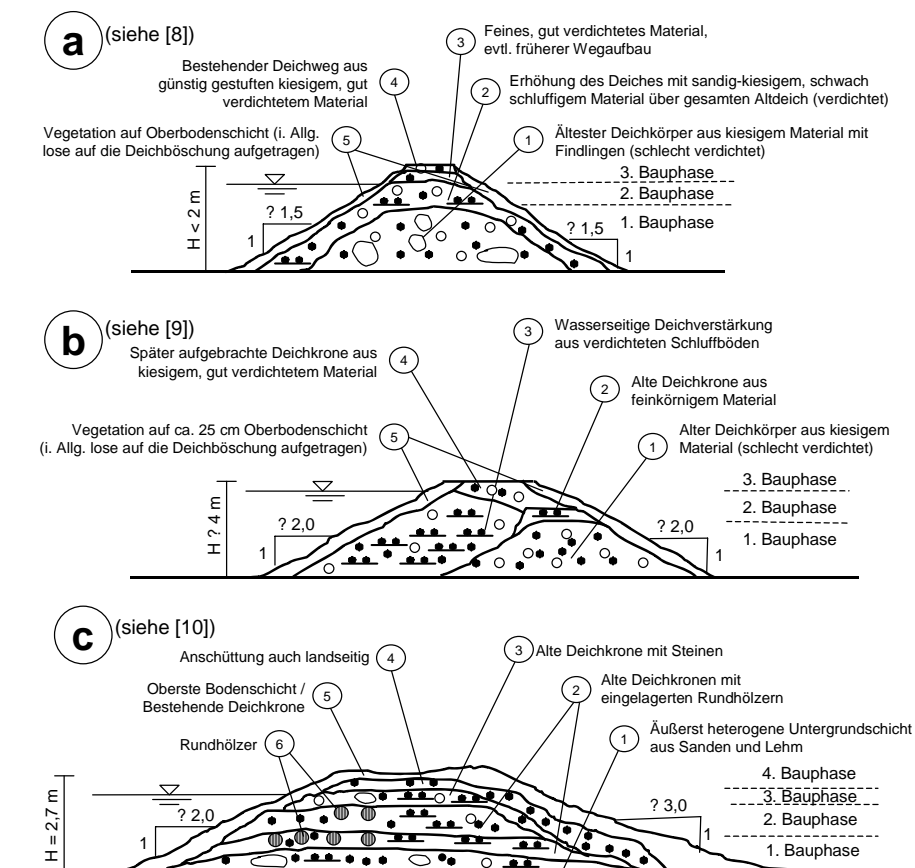


Bild 2: Skizzierte Beispiele „historisch gewachsener“ Deiche: Deich an der Mangfall (a) (vgl. Bild 2), an der Donau (b) und an der Oder (c) (aus [1])

Ein unzureichender Wissenschaft bei der Erdbautechnik sowie bei der Festlegung eines adäquaten Deichaufbaus sind meist die Ursachen für die oft mehrere Jahrzehnte bis zu Hunderten von Jahren alten Deiche. Weitere Hinweise und eine Beschreibung der aufgeführten Beispiele sind in [1] enthalten.

3.2.2 Platzverhältnisse

Deiche können an Grundstücke Dritter angrenzen. In diesem Fall kann eine Inanspruchnahme zu einem Mehr an Kosten- und Zeitaufwand führen. Um dem zuvorzukommen, muss das Deichlager bei der Ertüchtigung belassen werden. Sofern eine Erhöhung durchgeführt wird, muss entweder die Deichböschung steiler ausgeführt oder eine Dichtung angeordnet werden. Im Falle der Verwendung von Dichtungen können jedoch nur steilere Böschungen ausgeführt werden, wenn auch entsprechend die zu berücksichtigenden Lastfälle angepasst werden. Hierzu muss entschieden werden, ob ein Ausfall der Dichtung Berücksichtigung finden muss oder nicht.

Ein Beispiel eines ertüchtigten Deichquerschnittes, bei welcher der Deich trotz geringer Erhöhung auf dem Deichlager belassen wurde, ist in Bild 3 dargestellt (aus [8]). Der Aufbau des nicht ertüchtigten Deichs ist in Bild 1 bzw. Bild 2 gezeigt. Das Beispiel zeigt einen Deich, in den eine Innendichtung eingebaut mit dem FMI-Verfahren eingezogen wurde. Bei den Lastfällen wurde unter der Annahme, dass die FMI-Wand keine Fehlstellen aufweist und dauerhaft bestand hat, der Ausfall bzw. das Unwirksamwerden der Dichtung nicht angesetzt und somit eine Durchsickerung der wasserseitigen Böschung nicht berücksichtigt wird. Somit ist die Ausbildung der steilen Böschung möglich. Die wasserseitige Böschung konnte so steil ausgebildet werden, da aufgrund der hohen Durchlässigkeit des Deichmaterials keine rücklaufende Strömung bei fallendem Wasserstand auftreten kann.

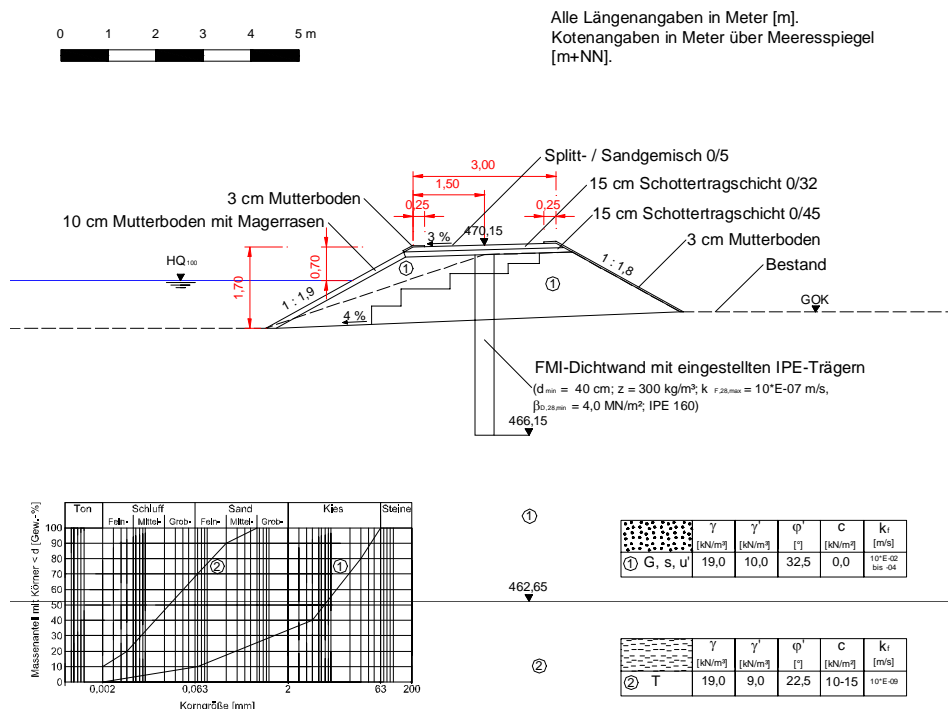


Bild 3: Ertüchtigter Mangfalldeich bei Beibehaltung des Deichlagers und Einbringungen einer Innendichtung (FMI-Verfahren) (aus [8])

Im Einzelfall sollte der Mehrwand, der zum Einbau einer Dichtung notwendig ist, den Kosten gegenübergestellt werden, die eine Ausbreitung des Deichlagers und eine mögliche Alternativmaßnahme verursachen.

Der wasserseitige Anbau an einen Deich und die Verlegung des Deichkörpers hin zum Gewässer widerspricht den Grundsätzen von [3]. Hier verbleibt jedoch anzumerken, dass Deichverlagerungen im Abflussquerschnitt zwar lokal eine Wasserstandsveränderung nach sich ziehen können, jedoch der beeinflusste Retentionsraum i. d. R. auf das Abflussverhalten keine nennenswerte Auswirkung hat. Ebenso hat die Ausbreitung des Deichs, wie z. B. bei der Anordnung einer Oberflächendichtung, um wenige Meter in den Abflussquerschnitt auf das Abflussgeschehen i. d. R. keine merkbare Verzögerung oder Beschleunigung zur Folge. Im Einzelfall sollte deshalb die Unbedenklichkeit dieser Maßnahmen durch eine hydraulische Betrachtung abgeschätzt und derartige Maßnahmen nicht kategorisch ausgeschlossen werden.

3.2.3 Berücksichtigung des Naturhaushaltes

Bei der Ertüchtigung sollten die naturhaushaltlichen Verhältnisse weitgehend beibehalten oder verbessert werden. Hierbei sind Flora, Fauna und auch die Grundwasserverhältnisse zu beachten. Hinweise zur Zulässigkeit von Bewuchs sind in [5] enthalten. Weitere Ausführungen und auch spezielle Gesichtspunkte, wie z. B. die Möglichkeit der Durchwurzelung von Dichtungselementen sind in [11] und [12] enthalten. [11] enthält zudem ein Bewuchskonzept, dass die Randbedingungen an Deichen und insbesondere Sicherungsmaßnahmen, wie z. B. der Einbau von Dichtungen oder Wurzelhemmschichten, berücksichtigt.

Die Schaffung von Trockenstandorten ist bereichsweise aufgrund deren seltenen Vorkommens anderen Standortformen, wie z. B. waldartigen Strukturen, vorzuziehen. Deshalb werden in letzter Zeit zumindest auf der landseitigen Böschung häufig Magerrasen oder Trockenwiesengesellschaften angeordnet, die durch ihre große Wurzelmasse einen ausreichenden Verbund mit dem Untergrund schaffen. Gleichzeitig verhalten sich derartige Bewuchsformen in Unterhalt, Pflege und Ansaat bei entsprechenden Randbedingungen relativ günstig.

In der Diskussion mit Interessensvertretern kann eine Unterscheidung von naturhaushaltlichen und landschaftsästhetischen Gesichtspunkten hilfreich sein, um notwendige Maßnahmen festlegen und Kompromisse finden zu können. Der Kompromiss, einzelne Bäume auf der wasserseitigen Böschung zu belassen, erscheint, sofern diese Bäume nicht speziell gesichert oder sonstige Rahmenbedingungen die Unbedenklichkeit begründen, unter Beachtung der Forderungen von [5] und [6] nicht besonders glücklich.

In Bild 4 ist ein Beispiel dargestellt, in dem Deiche mittels erdbaulichen Maßnahmen ertüchtigt und im Rahmen dessen trotzdem Einzelgehölze im Kronenbereich zugelassen wurden. Eine Überschüttung der Bäume wurde mittels einer Stützwand in Trockenbauweise verhindert. Aufgrund der relativ hohen Lage des Einzelbaumes und der relativ geringen Strömungskräfte im Bereich der Wurzeln wurde von den Planern und dem Auftraggeber (WWA München) die Auswirkungen möglicher Schäden auf die Deichstandsicherheit als gering eingeschätzt.

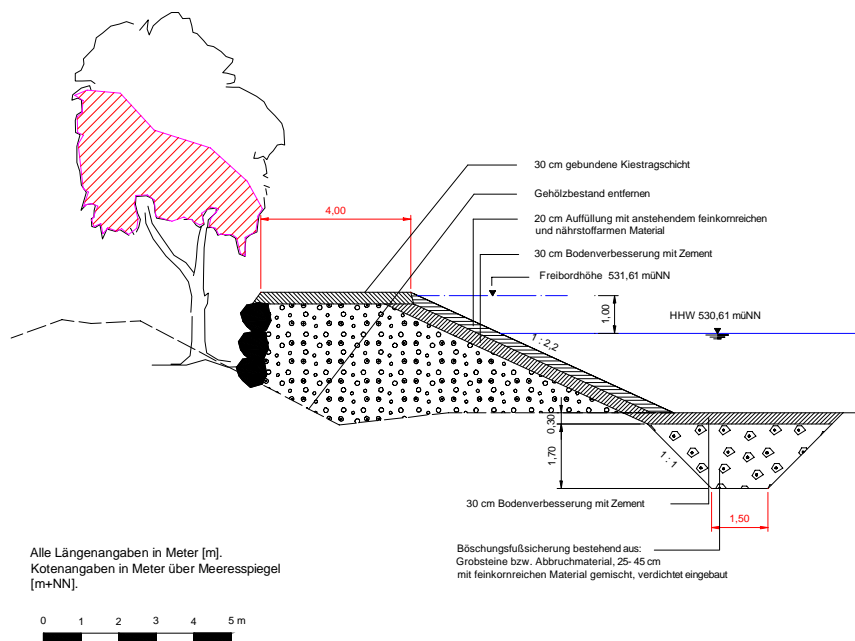


Bild 4: Ertüchtigter Isardeich im Stadtbereich mit Einzelgehölzen auf der wasserseitigen Böschung (aus [8])

Beim stufenweisen Einbau von Innendichtung, welche den Grundwasserstrom während Trockenzeiten weitgehend unbeeinflusst belassen sollen, muss berücksichtigt werden, dass diese unvollkommenen Dichtungen eine erhebliche Durchsickerung des Deichkörpers nach sich ziehen können, sofern keine relativ undurchlässige, ausreichend dicke Deckschicht vorhanden ist.

3.2.4 Landschafts- und Städtebild

In Punkto Eingliederung von Hochwasserschutzbauwerken in die Umgebung bzw. Umwelt können grob die Bereiche freie Fließstrecke und eng bebaute Gebiete unterschieden werden. An freien Fließstrecken treten i. d. R. die naturhaushaltlichen Belange in den Vordergrund, so dass der Bewuchs auf dem Deich auf die Umwelt abgestimmt werden und die Ausbildung des Querschnitts in Anbetracht der daraus erwachsenden Anforderungen (Überprofil, flache Böschungen, ...) erfolgen muss.

Innerhalb von bebauten Bereichen und besonders in Städten mit zum Teil bereits kanalisierten oder zumindest stark veränderten Fließquerschnitten können städtebauliche Gesichtspunkte in den Vordergrund treten. Sofern von einfachen erdbaulichen Maßnahmen Abstand genommen wird, verursachen, statisch wirksame Dichtungen, mobile Hochwasserschutz Elemente, sonstige Stütz- oder Mauerelemente eine erhebliche Kostensteigerung. Der Einsatz von mobilen Elementen ist dabei auch dadurch begrenzt, in welcher Zeit Einsatzmannschaften in der Lage sind, die Elemente in Schutzstellung zu bringen.

Eine Unterscheidung von Gesichtspunkten, die das Landschafts- und Städtebild berücksichtigen, und den naturhaushaltlichen Belangen kann, wie bereits erwähnt, erstens zur Identifikation der Interessen und zweitens zur Findung von Kompromissen beitragen.

3.2.5 Zeitplan / Ausführungszeit

Die Ertüchtigungsmaßnahmen sollen in Jahreszeiten ausgeführt werden, in denen das Auftreten von Hochwassern wenig wahrscheinlich ist, um den Schutz des Hinterlandes sicherzustellen. Hier kommt, je nach Gewässer, häufig der Winter in Frage. Im Winter kann durch das Auftreten von Schnee und Frost die Bautätigkeit zum Erliegen kommen.

Wie bei größeren Baumaßnahmen in oder an Gewässern üblich, sollte die Deichertüchtigungsmaßnahme derart koordiniert werden, dass die Schutzfunktion für das Hinterland jederzeit gewährleistet wird. Hierzu kann ein Baustellenhochwasser in Abstimmung mit den Behörden festgelegt werden. Bei der Festlegung der Jährlichkeit eines Baustellenhochwassers sollte berücksichtigt werden, dass Gewässer im Einzelfall jahreszeitlich unterschiedliche Abflusscharakteristiken aufweisen. Als Baustellenhochwasser kommt unter Berücksichtigung der Bauzeit Abflüsse mit Wiederkehrintervallen bis zu $T = 25$ a in Frage. In Ausnahmefällen kann auch gefordert werden, dass der zu ertüchtigende Deich volle Schutzfunktion beibehalten soll. In diesem Fall kann unter Beachtung der Vorhersagezeit gefordert werden, dass Deichlücken innerhalb eines festzulegenden Zeitraumes geschlossen werden.

Erschwerend kommt bei der Terminplanung und Durchführung der Baumaßnahme die Haushaltsplanung der öffentlichen Hand hinzu. Erfahrungen in Bayern haben gezeigt, dass sich die Mittelbewilligung und –zuweisung bis Mitte des Jahres hinziehen kann. Für den Fall, dass die winterliche Jahreszeit früh beginnt, stehen im Einzelfall nur wenige Monate im Jahr zur Umsetzung der Ertüchtigungsmaßnahmen zur Verfügung. Hier sollten Lösungen gefunden werden, um auch die Mittel für kleinere Maßnahmen ohne größere Umstände ins nächste Haushaltsjahr übertragen zu können.

3.2.6 Deichüberwachung / Deichverteidigung

Den a.a.R.d.T. entsprechend sollte die Überwachung der Deiche im Hochwasserfall durch die Sicherstellung von Überwachungswegen auf Krone und/oder am landseitigen Deichfuß sichergestellt werden. Der Austritt von Sickerwasser aus dem Deich soll im unteren Drittel der landseitigen Böschung problemlos möglich sein. Zur Deichverteidigung sind Wege anzuordnen und entsprechend zu befestigen, um den Zugang zum Deich für Deichverteidigungsmannschaften und ggf. auch für Schwerlastverkehr zum Transport von Deichverteidigungsmitteln im Hochwasserfall sicherzustellen (vgl. [16]).

Für Deichstrecken mit keinem oder niedrigem Schadenspotential kann auf entsprechende Deichwege zum Deichunterhalt, -überwachung und –verteidigung verzichtet werden, wenn entsprechende Maßnahmen nicht vorgesehen sind (siehe auch [7] und [8]).

3.2.7 Unterhalt

Hier sei noch einmal besonders auf die Wichtigkeit von Unterhalt und Überwachung hingewiesen, die in den Vorschriften eindeutig geregelt sind. *„Deiche sind so zu unterhalten, dass ihre Sicherheit ständig gegeben ist.“* [6] Dies bedarf zum einen eine zeitliche wie finanzielle Koordination der Unterhaltungsmaßnahmen und zum anderen muss auch ein Unterhaltungsplan vorhanden sein, der einen Zustand des Deiches vorgibt, den es dann auch zu erhalten gibt. Während Deiche geringer Bedeutung, die i. Allg. eine kleine Höhe aufweisen und Naturlandschaften schützen, nicht selten der natürlichen Sukzession mit folgendem Gehölzbewuchs oder waldartigen Strukturen

überlassen werden kann, ist dies bei Deichen mit großer Bedeutung bzw. vorhandenem hohem Schadenspotential nicht so ohne Weiteres möglich.

Natürlich besteht auch die Möglichkeit, Deiche so auszubilden und zu ertüchtigen, dass auf eine Unterhaltung verzichtet werden kann, was bedingt, dass langfristig sowohl die Standsicherheit des Deiches gewährleistet werden kann als auch die Auswirkungen auf die angrenzende Nutzungen. Hier sei besonders auf die den Abfluss hemmende Wirkung von bewaldeten Vorländern hingewiesen. Im Einzelfall können auch Sekundärnutzungen, wie z. B. ein Fahrradweg auf der Deichkrone, besonders unterhaltungsintensiv sein.

Eine Abflachung der Böschung aus Gründen der Unterhaltung ist nicht vorteilhaft, da zum einen die zu unterhaltende Fläche durch flachere Böschungen erhöht wird und zum anderen die technischen Verfahren zur Unterhaltung steiler Böschungen fortentwickelt und kostengünstig angeboten werden (vgl. [17]).

In diesem Zusammenhang sei ein Exkurs in die Geschichte erlaubt. In Mesopotamien erließ König Hammurabi (1728 bis 1686 v. Chr.) einen Gesetzeskodex mit 282 Paragraphen. § 52 war ein Strafparagraph, der im Zuge der Vernachlässigung der Deichunterhaltung Anwendung fand (aus [13]):

„Wenn jemand es unterlässt, seinen Deich in guten Zustand zu erhalten, und wenn dann dieser Deich bricht und alle Felder werden überschwemmt, dann soll der, in dessen Deich dieser Bruch geschah, für Geld verkauft werden und das Geld soll das Getreide ersetzen, dessen Zerstörung er verursacht hat.“

Was hier sehr schön zeigt, welche Bedeutung der Schutz des Eigentums, der m GG Artikel 18 verankert ist, bereits in der Bronzezeit hatte. Ähnliche Gesetzesinhalte in der heutigen Zeit würden sich natürlich auf den Zustand der Deiche positiv auswirken, sind jedoch mit dem Grundgesetz Artikel 1 und den Menschenrechten nicht in Einklang zu bringen.

3.2.8 Rechtliche Rahmenbedingungen

„Die Herstellung, Beseitigung oder wesentliche Umgestaltung eines Gewässers oder seiner Ufer (Gewässerausbau) bedarf der Planfeststellung durch die zuständige Behörde.“ Darüber hinaus stehen nach § 31 Abs. 2 WHG *„Deich- und Dammbauten, die den Hochwasserabfluss beeinflussen, dem Gewässerausbau gleich“*. Die Unterhaltung dient nach § 28 WHG dem *„Erhalt eines ordnungsgemäßen Zustandes für den Wasserabfluss“*. Maßnahmen am Deich, die den Hochwasserabfluss und das Grundwasserregime nicht beeinflussen, sind demnach Unterhaltungsmaßnahmen, die grundsätzlich keiner behördlichen Genehmigung bedürfen, was im Einzelfall allerdings geprüft und mit den zuständigen Behörden abgestimmt werden muss.

[15] setzte sich intensiv mit der Fragestellung auseinander, welche Maßnahmen im Rahmen der Deichertüchtigung dem Unterhalt zuzuordnen seien und welche berührten den Tatbestand eines Ausbaus. Als wesentlichen Entscheidungspunkt wird auch hier die Beeinflussung des Hochwasserabflusses betrachtet. Gleichzeitig wird erkannt, dass eine *„abschließende Klärung dieser Frage ... jedoch stets sachverständiger Beurteilung vorbehalten sein muss.“*

Innerhalb der Unterhaltung können i. allg. folgende Maßnahmen durchgeführt werden (siehe [14] und [15]):

- Einbau von Dichtungen und Dräns
- Bewuchspflege / -entfernung

- Anschüttungen auf der Landseite
- Abtrag und sofortiger Neubau des Deiches in den alten Abmessungen

Baumaßnahmen, welche die Deichkrone erhöhen, den Abflussquerschnitt verändern oder eine Umgestaltung des Gewässers erfordern, sind dahingegen nach dem Wasserrecht genehmigungspflichtig, d.h. bedürfen eines Planfeststellungsverfahrens nach § 31 WHG und einer Umweltverträglichkeitsprüfung. Dazu zählen i. d. R. im Rahmen von Deichertüchtigungsmaßnahmen

- Deichrückverlegungen und
- Deicherhöhungen,
- wasserseitige, wesentliche Änderungen am Deich.

Bereits im Rahmen der Planung sollte geprüft werden, ob eine Deichertüchtigung als Unterhaltungsmaßnahme geplant und durchgeführt werden kann. Falls dies nicht der Fall ist, wie z. B. bei einer Deicherhöhung, können Einzelmaßnahmen im Rahmen von Unterhaltungsmaßnahmen als Sofortmaßnahme oder Teilertüchtigungsmaßnahmen in Abstimmung mit dem Finanzhaushaltsplan „vorlaufen“ und die genehmigungspflichtige Ausbaumaßnahme im Nachhinein als letzter Bauabschnitt durchgeführt werden.

Neben den genannten Rechtsvorschriften können u. A. auch folgende oder damit verbundene Pflichten und Aufgaben Einfluss auf die Planung und Ausführung von Deichertüchtigungsmaßnahmen haben (vgl. [14]):

- Duldungspflicht (BayWG)
- Naturschutzrechtlicher Ausgleich (BayNatSchG)
- Naturnahe Ufergestaltung (BayWG)
- Verkehrsicherungspflicht (BGB)
- Grunderwerb
- Waldgesetz ...

4 VORGEHEN BEI DEICHERTÜCHTIGUNGSMAßNAHMEN

4.1 Bewertung und Definition des Ertüchtigungsbedarfs

Die Notwendigkeit zur Ertüchtigung von Deichen ist in einem ersten Schritt einfach zu ermitteln. Entspricht der Deich nicht den allgemein anerkannten Regeln der Technik (a.a.R.d.T.), so sollte er entsprechend im Rahmen von Unterhalt oder durch einen Ausbau vom Unterhaltungspflichtigen ertüchtigt werden. Im Detail sieht die Antwort auf die Frage, ob ein Deich den a.a.R.d.T. entspricht, etwas heikler heraus. Alleine ein korrektes Freibordmaß anzugeben, ist für Deiche schwierig, da die gängigen Methoden zur Abschätzung von Freibordhöhen sich meist auf ruhende Gewässer beziehen. Zum Freibord an Flussdeiche sind Hinweise und Ansätze z. B. in [18] zu finden.

Der Ertüchtigungsbedarf muss unter Beachtung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses des vorhandenen Schadenspotentials im Hinterland bewertet werden. Darauf kann auch die Bewertung die Dringlichkeit der Deichertüchtigung abgestimmt werden.

4.2 Priorisierung / Staffelung von Maßnahmen

Aufgrund begrenzter Finanzmittel sollte sich die zeitliche Abfolge zur Durchführung von Ertüchtigungsmaßnahmen nach zuvor festgelegten Kriterien richten. Bei der Festlegung dringlicher Maßnahmen sind insbesondere Gesichtspunkte und Kriterien, wie die vorhandenen Defizite der Deichstrecke sowie des Hinterlandes und das Gefährdungspotential, zu berücksichtigen (vgl. [14] und [19]). Eine Einteilung von Ertüchtigungsprioritäten in Kategorien deckt sich i. d. R. mit der zeitlichen Notwendigkeit von Ertüchtigungsmaßnahmen mit sofortigem, mittel- oder langfristigem Handlungsbedarf (vgl. Bild 5). Bei sofortigem Handlungsbedarf können Sofortsicherungsmaßnahmen, Vorwegmaßnahmen und Teilertüchtigungsmaßnahmen die Standsicherheit zeitnah herstellen.

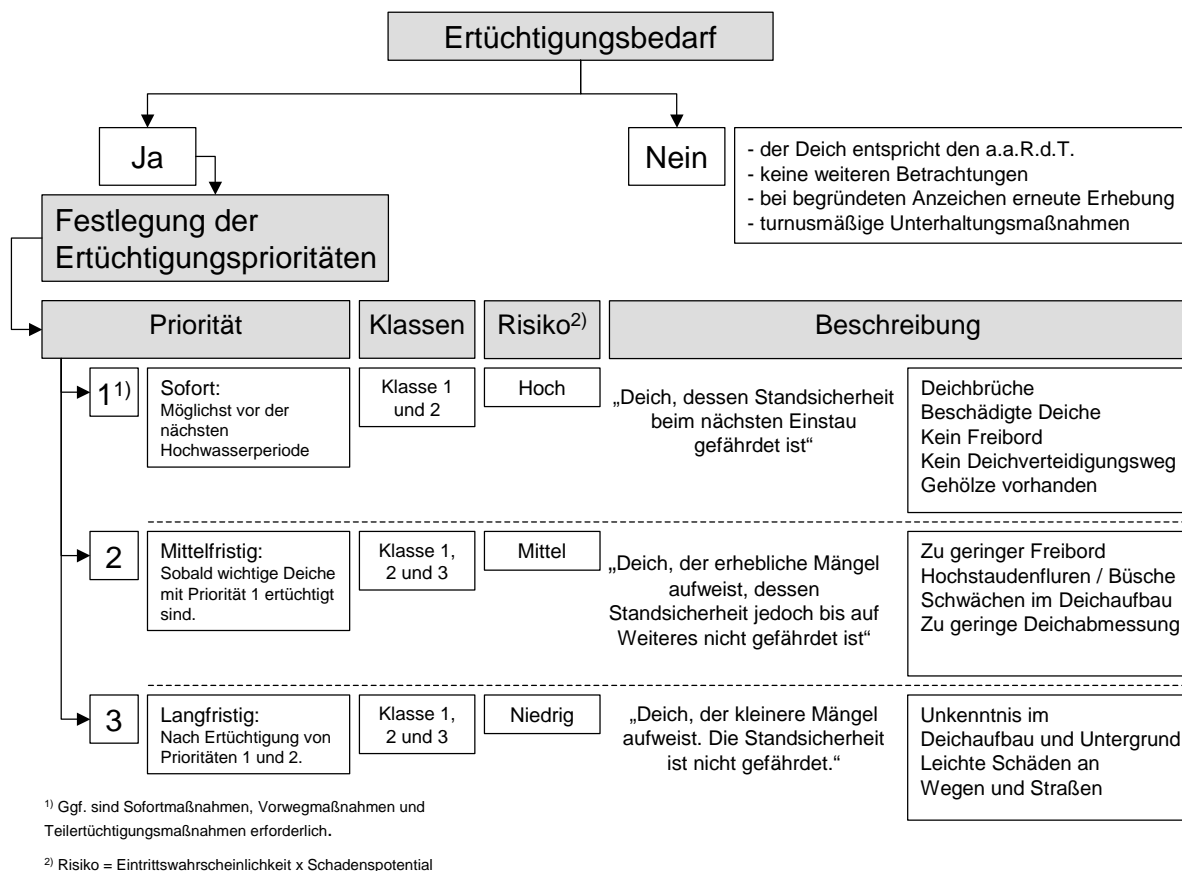


Bild 5: Systematik der Priorisierung von Ertüchtigungsmaßnahmen unter Beachtung des Deichzustands und des vorhandenen Schadensrisikos (nach [20], vgl. [19])

Eine projektbezogene und regionale Anpassung der Kriterien ist i. d. R. notwendig, um mit den zur Verfügung stehenden Mittel innerhalb des damit umrissenen zeitlichen Horizonts das Schadensrisiko zu minimieren. Eine Einteilung von Deichen, wie sie z. B. in Bild 6 vorgeschlagen wird, kann ebenfalls ein Kriterium für die Zuordnung zu Ertüchtigungsdringlichkeit sein.

Eine Staffelung von Maßnahmen in Teilertüchtigungsmaßnahmen oder Vorweg- bzw. Sofortmaßnahmen kann im Einzelfall die Standsicherheit des Deichs zeitnah sicherstellen und somit die Notwendigkeit anderer, fortführender Maßnahmen zeitlich

hinausschieben. Deiche können somit durch einzelne Maßnahmen z. B. von der Ertüchtigungspriorität „dringlich“ bzw. „sofort“ in eine mittlere oder noch niedriger Stufe verschoben werden, wenn es sich hierbei lediglich um untergeordnete Maßnahmen zur Anpassung der Deichwege o. ä. handelt.

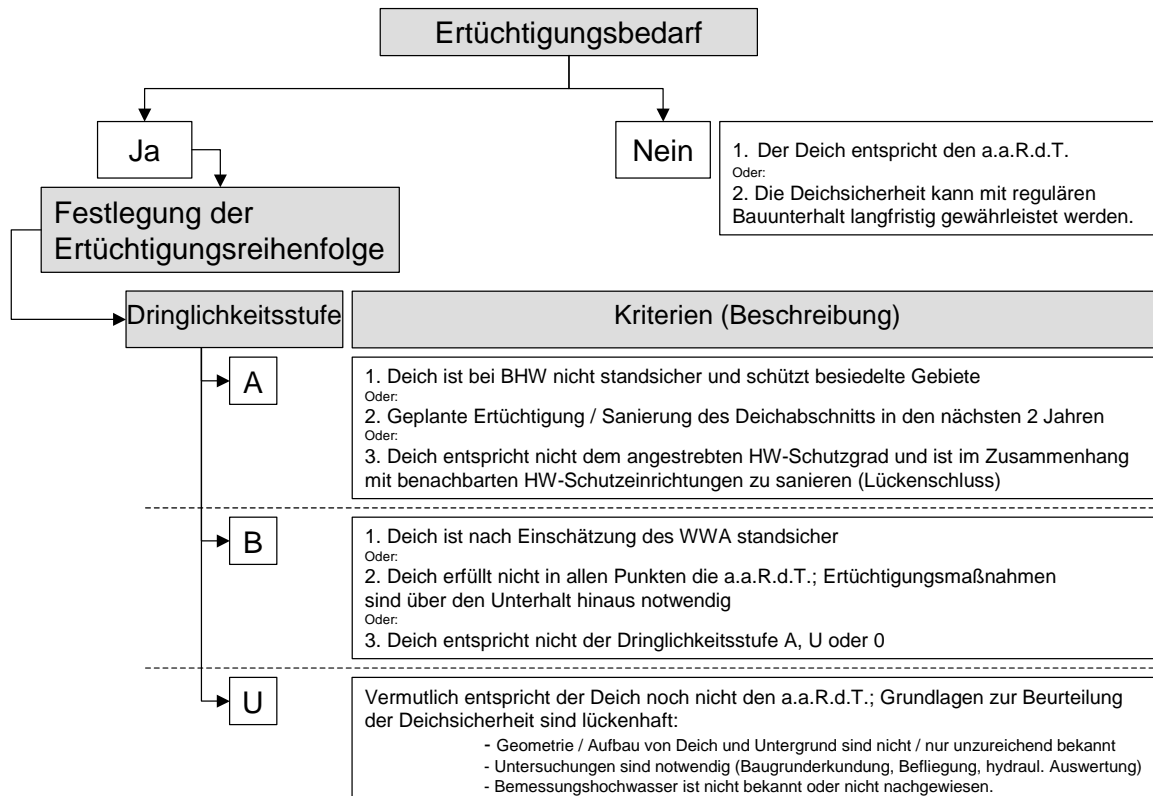


Bild 6: Systematik der Priorisierung von Ertüchtigungsmaßnahmen in Anlehnung an das Vorgehen der Bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung (Stand: 2005) (aus [8])

4.3 Planungsschritte

Deichertüchtigungsmaßnahmen erfordern ein hohes Maß an interdisziplinärer Zusammenarbeit zwischen Behörden, Planern, Beratern und ausführenden Unternehmen und umfangreiche Kenntnisse in Erdbau und Spezialtiefbau sowie in Wasserwirtschaft und Umwelttechnik.

Deichertüchtigungsmaßnahmen sind nicht nur eine technische Problemstellung sondern Gegenstand des öffentlichen Interesses sowie der staatlichen Fürsorge. Sobald mehrere Interessen von einem Vorhaben berührt werden, kommt es unweigerlich zum Interessenskonflikt. Dieser Interessenskonflikt kann bei Deichertüchtigungsmaßnahmen zu Verzögerungen, Neuplanungen und somit zur Erhöhung der Kosten führen. Bereits bei den ersten Planungs- und Entscheidungsschritten spielt deshalb die Öffentlichkeitsarbeit auch begleitend zu den einzelnen Rechtsverfahren eine wesentliche Rolle. Sie kann dabei helfen, Interessen sobald als möglich zu berücksichtigen, Interessenskonflikte zu erkennen und zu beseitigen (vgl. [14]).

Die technischen Arbeiten im Zuge von Deichertüchtigungsmaßnahmen beschränken sich nicht nur auf die direkt mit der Planung und Ausführung der Maßnahme

verbundenen Tätigkeiten, sondern erstrecken sich von der Instandhaltung des Deichbauwerks bis hin zur Feststellung des Ertüchtigungsbedarfes und der Festlegung der Ertüchtigungsdringlichkeit. Neben den rein technischen Gesichtspunkten der Planung, die direkt mit der Bauwerkssicherheit und der konstruktiven Gestaltung verbunden sind, ist es ratsam, so früh als möglich die Öffentlichkeit, betroffene Bürger, Körperschaften und Verbände zu informieren, um schon bei den ersten Planungsschritten einen möglichst weit reichenden Interessensausgleich im Auge haben zu können (vgl. Bild 7).

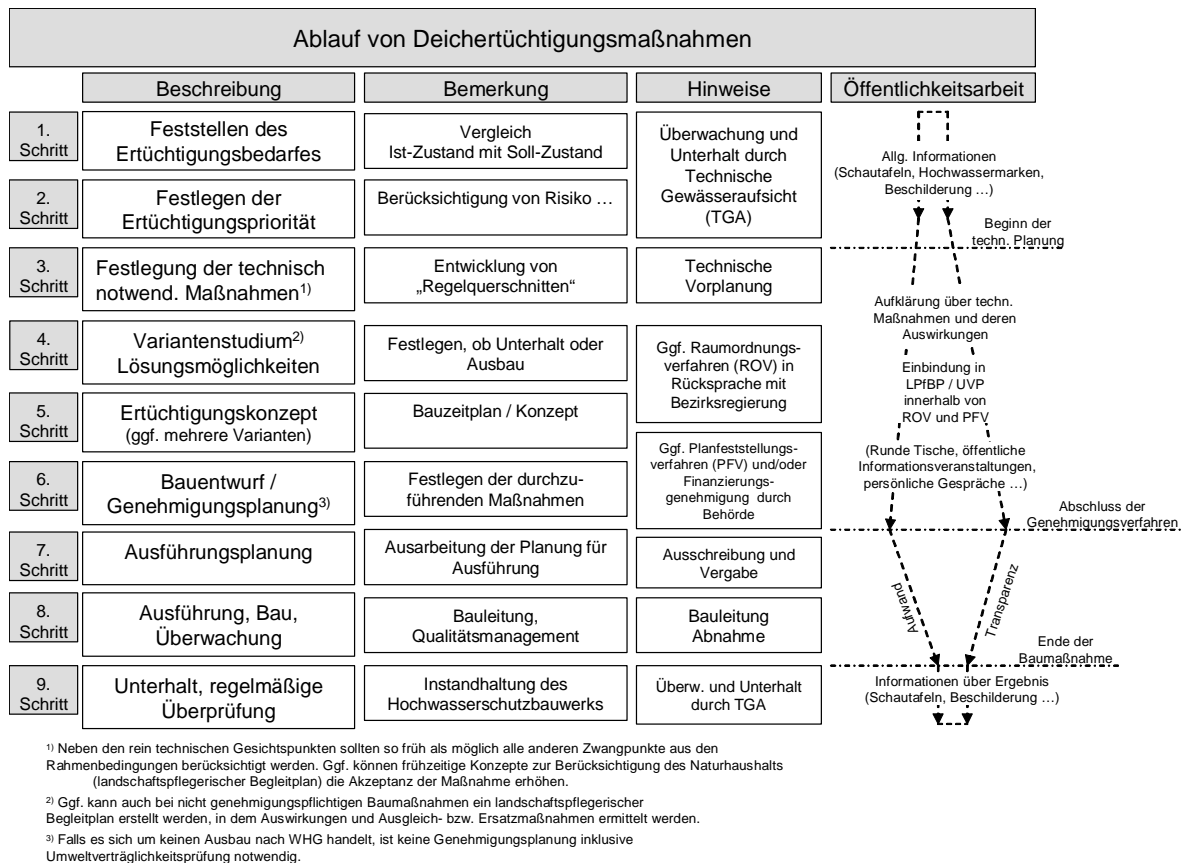


Bild 7: Ablauf von Deichertüchtigungsmaßnahmen mit Hinweisen zu den öffentlich-rechtlichen Verfahren und dem Aufwand in der Öffentlichkeitsarbeit (aus [7])

5 MAßNAHMENKATALOG

Methoden und Techniken zur Ertüchtigung von Deichen existieren zur Genüge. In einzelnen Teilbereichen ist jedoch eine konstruktive Lösung wirtschaftlich nicht zu vertreten. Dies ist z. B. der Fall, wenn im Untergrund erosionsanfällige Schluff- oder Sandlinsen auftreten, wo abgeschätzt werden muss, ob geringe Bodenumlagerung und ggf. Setzungen in Kauf genommen werden können und dadurch eine Abdichtung bis in weite Tiefen mittels Dichtwänden vermieden werden kann.

Die primäre Aufgabe der handelnden Ingenieure besteht demnach darin, aus dem Maßnahmenkatalog die richtigen, wirtschaftlichen Methoden auszuwählen.

5.1 Übersicht möglicher Maßnahmen

Prinzipiell sind alle konstruktiven Baumaßnahmen aus dem Wasserbau und aus der Geotechnik auch bei der Deichertüchtigung anwendbar. Einschränkungen können daraus erwachsen, dass sich Deiche nicht selten in besonders schützenswerten Gebieten, wie z. B. FFH-, Naturschutz-, Wasserschutz oder Vogelschutzgebieten, befinden oder daran grenzen.

Eine Unterteilung von Maßnahmen kann nach [8] in folgende Punkte erzielt werden:

- Verlegung des Deichs
- Verbesserung der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit des Deichs
- Erhöhung des Deichs

Eine weitere Möglichkeit der Einteilung mit Angabe möglicher Maßnahmen nach [7] ist in Tab. 5.1 dargestellt.

Tab. 5.1: Übersicht der Deichertüchtigungsmaßnahmen (nach [7])

Einteilung	Methoden
Erdbauliche Maßnahmen	Deich(rück)verlegung / Neutrassierung
	Abtrag / Neubau / Bodenaustausch
	Abflachung der Böschungen
	Verbreiterung der Deichkrone
	Anordnung von Bermen und Wegen
	Anordnung eines Dräns
	Anordnung eines Filters
	Erdbauliche Erhöhung
Bauwerke	Anordnung von Stützbauwerken
	Einbau von Dichtungen
	Mauern / Mobile Elemente / Überst. Dichtungen
Materialverbesserung	Verwendung von Geokunststoffen
	Baugrund- / Bodenverbesserung
Oberflächensicherung	Erosionssicherung der Böschung
	Ausbildung von Überlaufstrecken
Sicherung von Deichen mit Gehölzen	Schütten eines Überprofils
	Einbau von Wurzelhemmschichten
	Einzelsicherung von Bäumen
	Einbau statisch wirksamer Dichtungen

5.2 Ergänzende Hinweise

Zur Orientierung können gewässerabhängig so genannte „Regelprofile“ hilfreich sein. Im Vorfeld von größeren Ertüchtigungsmaßnahmen an Rhein, Elbe und Donau wurden derartige „Leitkonstruktionen“ entwickelt, um den Planern im Hinblick auf notwendige Abmessungen und Bestandteile des Deichquerschnittes Hilfestellung zu leisten (siehe [8]).

5.2.1 Erkundung von Altdeichen

Im Vorfeld von klassischen und geophysikalischen Erkundungsmethoden bzw. Aufschlüsse steht die Erhebung bestehender Daten, wobei die in [5] aufgezählten Punkte erhoben werden sollten. In Tab. 5.2 sind die in [5] beinhalteten Punkte mit praktischen Hinweisen erweitert worden.

Tab. 5.2: Inhalte einer Deicherhebung mit Hinweisen (nach [5], vgl. [21])

Nr.	Erhebungsgegenstand / -inhalt	Hinweise / Bemerkung ^{A)}
1	Lage des Deiches (Gewässer, Flusskilometer, Vorland, Hinterland, ...)	Einfach aus bestehenden Kartenwerken zu ermitteln.
2	Bauwerke am und im Deich (Einbindung, Zustand)	Aus Kartenwerken und bei einer Begehung festzustellen.
3	Zuständigkeiten (Deich, Einbauten, Liegenschaftsverhältnisse, ...)	Meist einfach aus Katasterkarten zu ermitteln. Sparten können im Einzelfall Probleme verursachen.
4	Deichgeometrie (Kronenbreite, Neigungen, Böschungsneigungen)	Einfach anhand von Vermessungsdaten festzustellen.
5	Deichaufbau (Deichbaustoffe, Schichtungen, Dichtungen, Dränvorrichtungen)	Besonders bei "Altdeichen" sind oft keine genauen Daten über den Aufbau vorhanden. Hier können geotechnische Bohrungen oder Aufschlüsse punktuelle Informationen bieten. Flächeninformationen können geophysikalische Verfahren bieten.
6	Zustand des Deichkörpers (Lagerungsdichte, Wühltierbefall)	Die Lagerungsdichte kann durch Sondierungen ermittelt werden. Wühltierbefall kann i. d. R. durch visuelle Begutachtung festgestellt werden.
7	Bewuchs (Vegetationsschichten, Büsche, Bäume)	Die Bewuchsformen sind durch eine visuelle Begutachtung ermittelbar. Die Ausbreitung der Wurzeln ist i. Allg. nicht abschätzbar.
8	Untergrund (Schichtungen, bindige Deckschicht, dichter Horizont, Homogenität, Altarme, Kolke)	Die Erkundung des Untergrunds ist ähnlich zu dem des Deichaufbaus. Tiefe Untergrundschichten sind i. Allg. schwer zu erkunden. Im Untergrund können aufgrund der Entstehungsgeschichte von flussnahen Ablagerungsböden Schichten oder Linsen unterschiedlicher Böden auftreten, deren Lage und Zusammensetzung u. U. nicht exakt bestimmt werden können.
9	Bemessungswasserstand, Kronenhöhe, Freibord	Die aktuelle Kronenhöhe ist i. d. R. aus Vermessungsergebnissen bekannt, wobei je nach Zeitpunkt der Vermessungsarbeiten die aktuellen Daten mehr oder weniger abweichen können. Der Bemessungswasserstand und der damit verbundene vorhandene Freibord wird i. d. R. von den Behörden vorgegeben und basiert auf den Ergebnissen von hydraulischen Berechnungen.
10	hydraulische Verhältnisse (Grundwasserstand, Abflussquerschnitt, Krümmungen, Anströmung)	Die hydraulischen Verhältnisse werden i. d. R. anhand von mehr oder minder aufwendigen Berechnungsverfahren (1-dim, 2-dim) abgeschätzt. Die Verhältnisse, die bei den Berechnungen herangezogen wurden, können sich verändert haben.
11	geschützte Objekte im Hinterland (Bebauung, Infrastruktur, Landwirtschaft)	Die vorhandene Bebauung ist i. d. R. einfach zu ermitteln. Im Einzelfall kann sich das Schadenspotential seit der letzten Erhebung erhöht haben.
12	verfügbare Einrichtungen zur Deichverteidigung (Verteidigungsweg, Zugänglichkeit, Infrastruktur)	Oft ist ein Deichverteidigungskonzept bzw. Katastrophenschutzplan nicht vorhanden. Weisen Deiche zur Deichverteidigung notwendigen baulichen Gestaltungsmerkmale auf, ist i. d. R. auch ein Schutzkonzept für den Katastrophenfall vorhanden.
13	Erfahrungen und besondere Beobachtungen im Hochwasserfall (Sickerwasseraustritte, gefährdete Bereiche, ...)	Erfahrungen während der Hochwasser sind i. Allg. spärlich vorhanden, es sei denn es traten Schäden auf, die visuell dokumentiert werden konnten. Schäden und Umlagerungsprozesse im Untergrund sind generell schwer festzustellen. Ggf. kann indirekt aufgrund von Setzungen auf sie geschlossen werden.

^{A)} Ansprechpartner zu den Erhebungsdaten ist in erster Linie die unterhaltungspflichtige Behörde.

Der Ablauf der Erkundung mit und ohne geophysikalischer ist in Bild 8 dargestellt. Nach der Datenerhebung wird eine geotechnische Erkundung durchgeführt. Sofern eine geophysikalische Erkundung durchgeführt werden soll, ist eine Gliederung der geotechnischen Erkundung in eine Vor- und Nacherkundung sinnvoll. Die Aufschlussdichte der Vorerkundung kann dabei unter Berücksichtigung der örtlichen, aus der Datenerhebung bekannten Verhältnisse sehr gering gewählt werden. Aufgrund der heterogenen Verhältnisse in Deichen und deren Untergrund ist mit geophysikalischen Verfahren prinzipiell lediglich eine Abschätzung von Bereichen mit gleichen Eigenschaften nach der Kalibrierung anhand geotechnischer

Aufschlussbohrungen möglich. Hierzu kann eine Widerstandskartierung (Widerstandsgeoelektrik) durchgeführt werden. Zur Auffindung besonderer Bauwerke (Rohre, Leitungen, Bauwerksreste,...) können auch andere geophysikalischen Verfahren, wie z. B. das Georadar, Anwendung finden (vgl. [21], [22] und [8]).

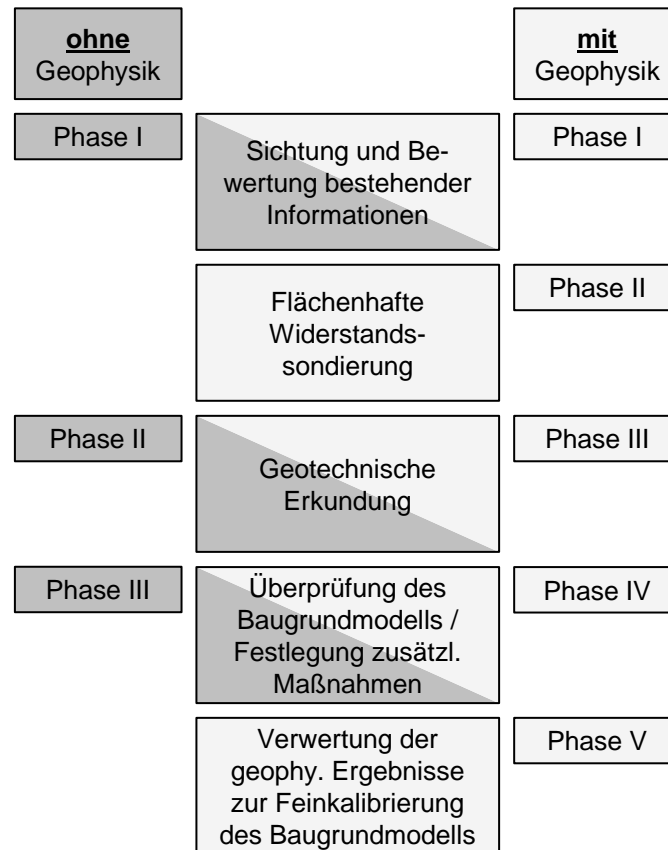


Bild 8: Erkundung von Deich und Untergrund im Rahmen von Deichertüchtigungsmaßnahmen (aus [8])

Erfahrungen bei der Erkundung haben gezeigt, dass Bodenkennwerte, Schichtgrenzen oder Bodenarten i. Allg. nicht ausreichend exakt bzw. für den Deichbau ausreichend genau mittels geophysikalischer Verfahren abgeschätzt werden können. Sie beruht nicht zuletzt auf der Tatsache, dass viele geophysikalische Verfahren auf der Leitfähigkeit von Wasser beruhen (Widerstandskartierung, ...) (siehe z. B. [23] und [24]).

Aus [8] lassen sich im Hinblick auf die geophysikalischen Erkundungsmethoden im Deichbau folgendes zusammengefasst werden:

- Die Homogenität einer Baugrundsichtung und Anomaliebereiche können festgestellt werden. Kleinere Anomaliebereiche müssen nicht erkannt werden.
- Die Anwendung ist nur im Zusammenhang mit klassischen Baugrunduntersuchungen zweckmäßig.
- Quantitative Aussagen über Schichtgrenzen oder Bodenparameter können mit für den Deichbau relevanter Genauigkeit nicht gemacht werden.
- Aufgrund der qualitativen Mehrinformation des Deiches und des Untergrundes ist eine Kosteneinsparung nicht zu erwarten, sondern es ist aufgrund des Klärungsbedarfes von Unregelmäßigkeiten i. d. R. durch herkömmliche geotechnische Erkundungsverfahren eher mit einer Kostenerhöhung zu rechnen.

- Die geophysikalische Untersuchung kann zu einer Steigerung der Aussagekraft der Erkundung führen.

5.2.2 Verlegung der Deichtrasse

Die Verlegung eines Deichs entspricht einem Neubau. Eine Verlegung wird in der Praxis meistens dazu durchgeführt, um Retentionsraum zu gewinnen und Auenstandorte zu erschließen. Andere Gründe, wie z. B. ungünstige Strömungs- oder Untergrundverhältnisse, treten weitgehend in den Hintergrund. Deichrückverlegungen sind aus naturhaushaltlichen Gründen besonders wertvoll ([25], [26]).

Bei den üblichen Verhältnissen an eingedeichten Gewässern ist die mit einer Deichrückverlegung für Unterlieger erzielbare Retentionswirkung relativ gering im Vergleich zu anderen Maßnahmen, wie z. B. im Vergleich zu Flutpoldern, Hochwasserrückhaltebecken oder forstwirtschaftliche Maßnahmen im Einzugsgebiet ([27]).

5.2.3 Neuaufbau / Teilabtrag

Im Rahmen der Planung muss nach der Erkundung und der Bewertung des bestehenden Altdeichs entschieden werden, was infolge der Ertüchtigung mit dem Altdeich geschehen soll. Sofern der Altdeich in einem sehr schlechten Zustand ist, muss er i. d. R. abgetragen und neu aufgebaut werden. Es können jedoch auch Ertüchtigungsmethoden durchgeführt werden, die weitgehend unabhängig vom Zustand des Deiches sind. Dies hat jedoch häufig eine Kostensteigerung z. B. für den Einbau von statisch wirksamen Dichtungen zur Folge. Die Integration vom Altdeich in ein Deichertüchtigungskonzept hängt i. Allg. von folgenden Punkten ab (siehe [8]):

- Inhomogener, ungünstiger Aufbau durch z. B. den historischen Teilausbau und –umbau
- Geringe Lagerungsdichte durch unzureichende Verdichtung beim Bau
- Ungeeignete Deichbaumaterialien, wie z. B. Böden mit hohem organischem Anteil
- Tiefreichende Beeinträchtigungen durch z. B. Erosion, Wühltiere und Wurzeln
- Baubetriebliche Gründe und Mehrkosten

Wichtig ist beim Teilneubau, dass der verbleibende Bestand ordnungsgemäß in den neu geplanten Querschnitt integriert wird. An Böschungen kann das durch eine Abtreppung des bestehenden Erdkörpers erreicht werden. Dies sorgt für eine gute Verzahnung der konstruktiven Elemente (Dichtung, Stützkörper bzw. Altdeich, Drän). Bei Böden mit hohen Scherwiderständen kann auf eine Abtreppung verzichtet werden.

Der Altdeich muss so integriert werden, dass die Durchlässigkeit im Querschnitt hin zur Landseite durchlässiger wird. Je nach dem, ob eine wasserseitige Dichtung aufgebracht wird, nachträglich eine Innendichtung eingebaut wird oder ein Drän mit Deichverteidigungsweg (DVW) bzw. Deichhinterweg landseitig angeordnet wird, kann der Altdeich im Querschnitt unterschiedlich eingegliedert werden.

5.2.4 Erdbauliche Maßnahmen

Wie in den Regelwerken gefordert wird, sollten Böschungsneigungen möglichst flach ausgebildet werden. Böschungsneigungen von 1:3 und flacher sind aus Sicht der Standsicherheit, Unterhaltung und Deichverteidigung vorteilhaft. Maßgebend ist jedoch die globale und lokale Standsicherheit nach [28]. Die Breite der Krone sollte 3 m nicht

unterschreiten. Unter Einbehaltung der Deichlagerbreite kann eine Verbreiterung der Krone durch steilere Böschungen erreicht werden.

Nachträglich angeordnete Bermen verbessern die Standsicherheit des Deiches. Auf einer landseitigen Berme wird idealer Weise ein Deichverteidigungsweg angeordnet. Dieser soll gemäß den Anforderungen mindestens 3,0 m breit, für schwere Lastfahrzeuge befahrbar sowie ausreichend hoch angeordnet sein, damit die Möglichkeit der Befahrung im Hochwasserfall sichergestellt ist.

Dräns können in verschiedenen Ausführungen z. B. als Fußdrän oder Kamindrän oder Anschüttungen am landseitigen Deichfuß angeordnet werden. Der nachträgliche Einbau von Dränrohren am landseitigen Böschungsfuß ist möglich. Zur Gewährleistung der Filterstabilität werden neben geeigneten Kornfraktionen geotextile Filter verwendet.

5.2.5 Nachträglicher Einbau von Dichtungen

Die Notwendigkeit einer Dichtung kann in der Begrenzung der Durchsickerung im Deich, der Reduktion der austretenden Wassermenge, der Verhinderung von hydrodynamischer Bodendeformation oder in der Forderung einer statischen wirksamen Wand begründet liegen. Neben der Verwendung von herkömmlichen Innendichtungen, wie z. B. Schmal- und Spundwand, haben sich in den letzten Jahren die Verfahren der Bodenvermörtelung als geeignet und kostengünstig erwiesen. Durch das Einstellen von Stahlträgern kann auch bei der Bodenvermörtelung eine statische Tragwirkung der Wand erzeugt werden (Bild 9, [21]).

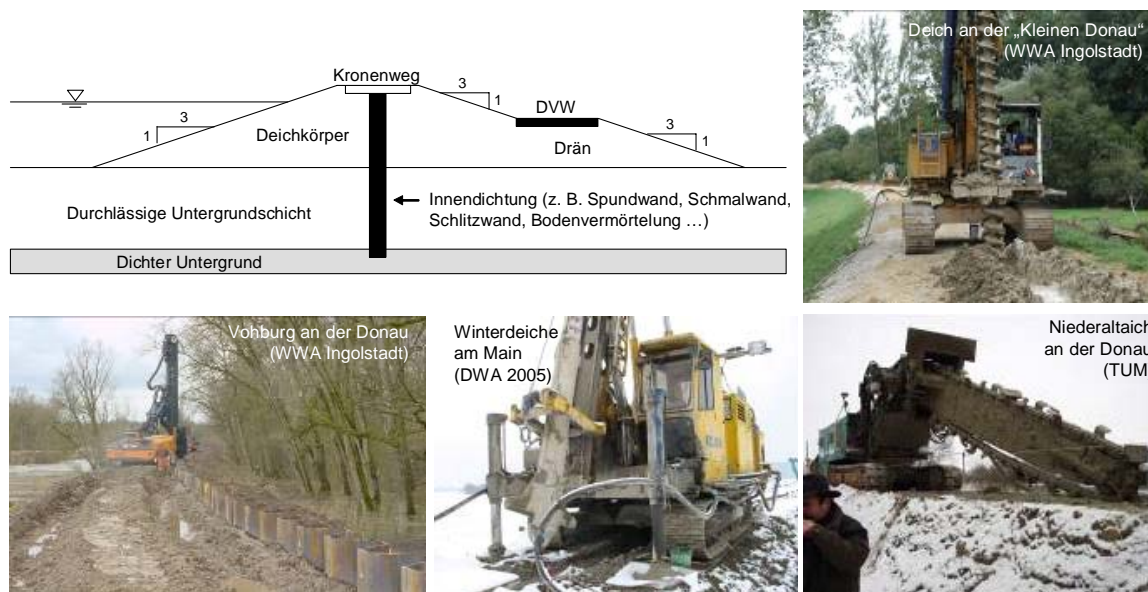


Bild 9: Nachträglich eingebaute künstliche Innendichtung (aus [7])

Wenn ausreichend geeignetes Schüttmaterial in der Nähe verfügbar ist, können auf der wasserseitigen Böschung eines bestehenden Deiches mineralische Oberflächendichtungen angebracht werden. Dazu ist der Oberboden mit Vegetationsdecke abzutragen und der vorhandene Deichkörper ggf. abzutreten. Die Verdichtung der Dichtungen parallel zur Böschung in Querschnittsrichtung verhindert unerwünschte horizontale Arbeitsfugen, die ggf. Sickerwegigkeiten darstellen können. Ist eine bindige Deckschicht vorhanden, kann eine Anbindung der natürlichen

Oberflächendichtung mittels eines Dichtungsspornes als Gesamtabdichtung ausreichend sein.

Steht nicht genug geeignetes bindiges Dichtungsmaterial zur Verfügung oder sprechen finanzielle, baubetriebliche oder andere Gründe dafür, können auch geosynthetische Tondichtungsbahnen (GTD) zur Anwendung kommen (siehe [30]). Eine Anbindung an eine Untergrunddichtung kann über eine Tonplombe oder durch Überlappung erfolgen.

5.2.6 Ertüchtigung von Deichen mit Gehölzen

Im Falle des Vorhandenseins von Gehölzen auf Deichen ist die Bauwerkssicherheit durch entsprechende bauliche Maßnahmen und/oder Unterhaltungsmaßnahmen sicherzustellen.

Bei Duldung von Gehölzen innerhalb des zulässigen Bereiches können zusätzliche Maßnahmen entfallen, wenn sichergestellt wird, dass einerseits ein möglicher Windwurf und andererseits die Durchwurzelung den Deich in seiner Funktion nicht beeinträchtigen. In [6] und [31] ist die Zulässigkeit von Gehölz auf Deichen eindeutig geregelt (vgl. [12]). Durch die Auswahl der Gehölze und den Einsatz von bautechnischen Sicherungsmaßnahmen können Gehölze auch regelkonform auf Deichen platziert werden ([5], [11]).

In jüngster Zeit werden in der Praxis für die Gehölzsicherung verstärkt statisch wirksame Dichtungen eingesetzt. Statisch wirksame Dichtungen können Stahlspundwände und bewehrte Dichtungen aus hydraulisch gebundenen Bindemitteln sein (Schlitzwand, Bohrpfahlwand, Bodenvermörtelung). Die Schmalwand kann keine Kräfte abtragen. Die Durchwurzelungssicherheit der Dichtungen muss ggf. nachgewiesen werden ([11]).

5.2.7 Sonstige Maßnahmen und Techniken

Methoden der Bodenverbesserung (Bindemittelzugabe, Kiessäulen, ...) bieten eine ebenso große Vielfalt der Anwendung wie z. B. Geokunststoffen (siehe [32]). Im Bedarfsfall können auch Bauwerke in den Deich als Stützkonstruktionen integriert werden oder zur Erhöhung von Deichen Mauern auf die Krone aufgesetzt werden. Maßnahmen zur Verbesserung von Böden, wie z. B. die Zugabe von Bindemitteln, können die Durchlässigkeit oder die Festigkeit von Böden in gewünschter Weise verändern. Im Bedarfsfall können auch Deiche überströmungssicher ausgebildet werden, um planmäßige Überströmstrecken auszubilden oder Deiche für den Fall des Eintretens von Extremhochwassern zu sichern (siehe [33]).

6 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Haselsteiner, R. (2007): Hochwasserschutzdeiche an Fließgewässern und ihre Durchsickerung. Dissertation, Lehrstuhl und Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität München, Band 111
- [2] WG BY (1994): Bayerisches Wassergesetz. Juli 1994
- [3] WHG (1996): Wasserhaushaltsgesetz. Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushaltes.
- [4] StMLU BY (2002): Hochwasserschutz in Bayern – Aktionsprogramm 2020. Daten + Fakten + Ziele, Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU), München

- [5] DWA-M 507/2007: Deiche an Fließgewässern. Gelbdruck des Merkblatts Nr. 507, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), Hennef
- [6] DIN 19712 (1997): Flussdeiche. Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN)
- [7] Haselsteiner, R. (2006): Deichertüchtigung in Bayern - Eine Übersicht. Tagungsband zur Fachtagung "Deichertüchtigung und Deichverteidigung in Bayern", Berichte des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität München, Band Nr. 107, S. 13 - 28, 13./14. Juli 2006, Wallgau
- [8] Haselsteiner, R.; Strobl, Th. (2005): Deichsanierung. Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, Endbericht, im Auftrag vom Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft (LfW), Lehrstuhl und Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität München (Erhältlich beim Bayerischen Landesamt für Umwelt: <http://www.bayern.de/lfu>)
- [9] Schweitzer, F.; Wildner, H. (2004): Nachträgliche Abdichtung von Deichen und Dämmen in Bayern. Tiefbau 116, Heft 10, S. 619 – 624
- [10] Hahn-Weißhaupt, A., Trömel, H. P. (2003): Historischer Deichbau im Oderbruch. Wasser und Boden, 55/6, S. 15 – 18
- [11] Haselsteiner, R.; Strobl, Th. (2006): Deichertüchtigung unter besonderer Berücksichtigung von Gehölzen. Sicherung von Dämmen, Deichen und Stauanlagen: Handbuch für Theorie und Praxis, Hrsg. Hermann und Jensen, Universitätsverlag Siegen – universi, Vol. II, S. 325 – 353
- [12] Haselsteiner, R. Strobl, Th. (2004): Zum Einfluss von Bewuchs und Hohlräumen auf die Durchsickerung von Deichbauten; Lebensraum Fluss - Hochwasserschutz, Wasserkraft, Ökologie; Beiträge zum Symposium vom 16. - 19. Juni 2004 in Wallgau (Oberbayern); Berichte des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Berichtsheft Nr. 101; Band 2, S. 92 - 100
- [13] Garbrecht, G. (1992): Hochwasserschutz in der Historie. Wasserwirtschaft, 82. Jahrgang, Heft 7/8, S. 356 - 365
- [14] Rasp, F. (2003): Die Deichsanierung in der Praxis. Landesverbandstagung des ATV-DVWK Landesverbandes Bayern, Fürth, 22./23. Oktober 2003
- [15] Kempfler, K. F. (2003): Sanierung von Deich- und Dammbauten an Gewässern erster Ordnung in Bayern. Bayerische Verwaltungsblätter, Heft 9, S. 261 – 265
- [16] LfW BY (2003): Hinweise zur Deichverteidigung und Deichsicherung. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München
- [17] Annen, G. (1971): Deiche im Emscher- und Lippegebiet. Wasserwirtschaft 5, S. 136 – 140
- [17] Haselsteiner, R.; Strobl, Th. (2006): Zum Freibord an Flussdeichen. Wasserbausymposium - Stauhaltungen und Speicher - Von der Tradition zur Moderne. Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität Graz, Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, Heft 46/2, Band 2, S. 475 – 489
- [19] Schneider, H.; Schuler, U.; Kast, K.; Brauns, J. (1997): Bewertung der geotechnischen Sicherheit von Hochwasserschutzdeichen und Grundlagen zur Beurteilung von Sanierungsmaßnahmen. Abteilung Erddamm- und Deponiebau, Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik, Universität Karlsruhe, Heft 7

- [20] Haselsteiner, R.; Strobl, Th. (2007): Constraints and Methods of Refurbishment Measures of Dikes. 3rd International Symposium on Integrated Water Re-sources Management, 26. – 28. September 2006, Ruhr-University Bochum, Proceedings by Red Book Series of International Association of Hydrological Sciences (IAHS)
- [21] DWA (2005): Dichtungssysteme in Deichen. DWA-Themen, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), Hennef
- [22] DIN 4020 (2003): Geotechnische Untersuchung für bautechnische Zwecke. Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN)
- [23] Huwald, A.; Krüger, F. (2003): Geotechnische Erkundung des Aufbaus von Hochwasserschutzdeichen. Hochwasserschutz und Katastrophenmanagement, Ernst & Sohn Special 04/03, S. 48 – 50
- [24] Hohlfeld, T.; Geiling, P.; Dörrer, T. (2004): Geophysikalisch-geotechnische Untersuchung zur Einschätzung der Baugrundverhältnisse an Hochwasserschutzdeichen. Geotechnik 27, Heft Nr. 4, S. 356 – 363
- [25] Meyerhoff, J.; Dehnhardt, A. (2004): Eine Nutzen-Kosten-Analyse für Rückdeichungen entlang der Elbe. Hochwasserschutz und Katastrophenmanagement, Ernst & Sohn Special 1/04, S. 17 – 21, Weinheim
- [26] Lux, M. (2004): Auswirkungen eines ökologischen Entwicklungskonzeptes bei einer Deichrückverlegung. Hochwasserschutz und Katastrophenmanagement, Ernst & Sohn Special 1/04, S. 45 – 46, Weinheim
- [27] Göttle, A.; Pharion, H. (2004): Flutpolder als Instrumente des modernen Hochwasserschutzes. Hochwasserschutz und Katastrophenmanagement, Ernst & Sohn Special 4/04, S. 48 – 52, Weinheim
- [28] DIN V 4084-100 (1996): Böschungs- und Geländebruchberechnungen. Teil 100: Berechnung nach dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten. Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN)
- [30] DGGT EAG-GTD (2002): Empfehlungen zur Anwendung geosynthetischer Tondichtungsbahnen (EAG-GTD). Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (DGGT), Ernst & Sohn Verlag, Berlin
- [31] DVWK 226 (1993): Landschaftsökologische Gesichtspunkte bei Flussdeichen. Merkblätter zur Wasserwirtschaft, Heft 226, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin
- [32] Saathoff, F.; Werth, K. (2003): Geokunststoffe in Dämmen und Deichen. Sicherung von Dämmen und Deichen: Handbuch für Theorie und Praxis, S. 221 – 237, Hrsg. Hermann und Jensen, Universitätsverlag Siegen – universi
- [33] Haselsteiner, R.; Mett, M.; Strobl, Th. (2007): Überströmungssicherung von Deichen mit Geokunststoffen. 5. Naue-Geokunststoffkolloquium, 25./26.01.2007, Bad Lauterberg