

DIPLOMARBEIT

„Wühlertätigkeit an eingedeichten Fließgewässern – Untersuchungen zu Auswirkungen und Maßnahmen“

„Burrowing animal activities at dyked rivers – investigation of effects and measures“

Verfasser: Maik Schütz, geboren am 19.07.1991 in Stralsund, Matrikelnummer: 3748187

Technische Universität Dresden, Fakultät Bauingenieurwesen, Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik (IWD)

Verantwortlicher Hochschullehrer: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Stamm

Wissenschaftlicher Betreuer: Dr.-Ing. Torsten Heyer

Termin der Abgabe: Dresden, 09.09.2016

Aufgabenstellung für die Diplomarbeit

Name: Maik Schütz
Vertiefung: Wasserbau und Umwelt

Thema: „Wühlertätigkeit an eingedeichten Fließgewässern – Untersuchungen zu Auswirkungen und Maßnahmen“
„Burrowing animal activities at dyked rivers – investigation of effects and measures“

Zielsetzung:

Die Standsicherheitsbeeinflussung von Flussdeichen infolge Wühlertätigkeit ist von jeher eine Fragestellung im Wasserbau, die auch heute noch weder in theoretischer noch in praktischer Hinsicht ausreichend beantwortet ist. Vor dem Hintergrund, dass auch während der jüngeren Hochwasserereignisse einige Deichversagensfälle vermutlich auf das Vorhandensein von wühlertverursachten Schäden zurückgeführt werden können, rückt dieses Thema verstärkt in den Fokus aktueller Forschungen. Dabei ist das gegenwärtige auf der WRRL basierende Bestreben, die Fließgewässer sowie angrenzende Landschaften wieder in einen naturnäheren Zustand zu überführen, ein weiterer wesentlicher Aspekt, der eine vertiefte Auseinandersetzung mit dieser Thematik erfordert. In diesem Zusammenhang werden derzeit eine Reihe von themenbezogenen Richtlinien und Merkblättern überarbeitet, so auch das DVWK-Merkblatt 247/1997. Teil 1 des überarbeiteten Merkblatts ist vor kurzem als DWA-M 608-1 „Bisam, Biber, Nutria – Teil 1: Erkennungsmerkmale und Lebensweisen“ als Gelbdruck veröffentlicht worden. Der zweite Teil des Merkblattes behandelt das Thema „Gestaltung und Sicherung von Ufern, Deichen und Dämmen“ und wird momentan von einer weiteren DWA-Arbeitsgruppe ausgearbeitet.

Vor diesem Hintergrund erhält der Diplomand die Aufgabe, Recherchen zu dieser Thematik durchzuführen, den Umgang damit in der Theorie und in der Praxis darzulegen sowie Vorschläge und Empfehlungen bezüglich von Aspekten, welche in den Teil 2 des DWA-Merkblattes 608 einfließen könnten, zu geben. Ausgehend von einer Zusammenstellung der in der Vergangenheit aufgetretenen Probleme (national; international) sind eventuelle Beeinträchtigungen der Deichzuverlässigkeit durch Wühltiere zunächst qualitativ zu analysieren. Des Weiteren ist aufzuzeigen, mit welchen theoretischen Ansätzen eine quantitative Bewertung der Standsicherheitsbeeinflussung erfolgen kann, was ggf. durch Beispielrechnungen zu unterlegen ist. Aus praktischer Sicht sind Erfahrungen hinsichtlich der Wirksamkeit von Gegenmaßnahmen zusammenzutragen, wobei insbesondere die Anwendbarkeit und Aktualität des Merkblatts DVWK-M 247/1997 zu hinterfragen ist und evtl. neue Maßnahmen zur Minderung der Konflikte vorzustellen und zu diskutieren sind. Es wird betont, dass eine zielführende Bearbeitung der Thematik in hohem Maße eine integrative Betrachtung biologischer und technischer Aspekte erfordert.

Wiss. Betreuer: Dr.-Ing. Torsten Heyer

ausgehändigt am: 09.05.2016

einzureichen bis: 09.09.2016

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Stamm
Verantwortlicher Hochschullehrer



Die besonderen Hinweise für die Anfertigung der Diplomarbeit des Instituts sind zu beachten.

SELBSTSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsinstitution vorgelegt und ist auch noch nicht veröffentlicht worden.

Dresden, den 05.09.2016

.....

DANKSAGUNG

Für die Teilnahme an der Umfrage und dem Beantworten weiterer Fragen möchte ich mich bei den Sachbearbeitern der Ämter sehr bedanken.

Besonderer Dank gilt Herrn Wappler (Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Westmecklenburg) und Herrn Nimptsch (Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Vorpommern) für das Zeigen von Schäden und eingesetzter Gegenmaßnahmen vor Ort.

Außerdem bedanke ich mich bei allen, die mich während meiner Arbeit begleitet und unterstützt haben, allen voran meinem Betreuer Herrn Dr.-Ing. Torsten Heyer (IWD).

THESEN ZUR DIPLOMARBEIT

1. Die Recherche hat gezeigt, dass Biber, Bisam und Nutria durch ihre Grabtätigkeit die Hochwasserschutzwirkung von Deichen beeinträchtigen.
2. Die Neozoen Bisam und Nutria schädigen in hohem Maße die heimische Flora und Fauna im und am Gewässer.
3. Der Biber fördert die Ökologie der Gewässer und bringt auch wasserwirtschaftliche Vorteile.
4. Die Böschungsstandsicherheit ist durch das Anlegen von Röhren in der landseitigen Böschung im Deich indirekt durch Erosion beeinträchtigt.
5. Ein Versagen der Böschung bedingt durch einen Erdbau in der wasserseitigen Böschung ist nachgewiesen.
6. Eine Bestandsregulierung hilft gegen Bisam und Nutria nur bedingt und wird Konflikte mit dem Biber nicht lösen.
7. Das DVWK-Merkblatt 247/1997 ist bei den Dienststellen überwiegend unbekannt.
8. Es existiert eine Reihe von möglichen ingenieurtechnischen und ingenieurbioLOGischen Gegenmaßnahmen. Bei der Umsetzung ist insbesondere der rechtliche Rahmen und Aspekte wie der Platzbedarf zu beachten.
9. Bisam, Biber und Nutria sind nicht die einzigen deichschädigenden Tiere. Vor allem Wildschweine verursachen erhebliche und kostenintensive Schäden.

ABSTRACT

The research work is about burrowing animal activities on dykes caused by muskrat, beaver and coypu. At first there is a short overview about the animals. After this, the kinds of damages are explained and tested analytical. Therefore the change of the phreatic line, the stability of the slopes, the hole erosion and the erosion of the grass cover is compared with two dykes. The one dyke is a normal dyke without any damage and the other dyke has a burrow. Furthermore a literature search and a survey in every German office of nature and flood protection give measures to prevent these damages. The experience of the offices of the effect of measures has been analyzed. Although it has been realized, that other kinds of animals, for example wild boars and wild rabbits, damages dykes too. At the end there are advices for the prevention of burrowing animals in dykes in future. Furthermore recommendations are given for updating the leaflet DVWK-M 247/1997.

AUTORREFERAT

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Problematik von Wühltierschäden auf Deichen und Dämmen verursacht durch Bisam, Biber und Nutria. Nach einem kurzen Überblick über die Tierarten werden die in der Vergangenheit durch die drei Nagetiere aufgetretenen Schäden vorgestellt, ausgewertet und schließlich auch rechnerisch beschrieben. Hierfür wird die Veränderung der Durchsickerung, der Böschungsstandsicherheit, der Hohlraumerosion und der Erosion der wasserseitigen Böschung eines schadlosen Deiches im Vergleich zu einem Deich mit Erdbau eines Wühltieres untersucht. Darüber hinaus ist eine umfassende Literaturrecherche und eine deutschlandweite Umfrage in Ämtern der Bereiche Natur- und Hochwasserschutz durchgeführt worden. In der Literatur und in wissenschaftlichen Publikationen zum Thema Wildtierbiologie und im Fachbereich Wasserbau werden verschiedene Gegenmaßnahmen vorgeschlagen. Hierüber wird in der vorliegenden Arbeit ein Überblick gegeben sowie der aktuelle Stand der Technik betrachtet. Durch die Auswertung der Umfrage werden darüber hinaus auch die Erfahrungen über die Anwendbarkeit der Gegenmaßnahmen aufgezeigt. Daraus folgend werden Empfehlungen für die Aktualisierung der DVWK-Merkblattes 247/1997, dann mit der neuen Bezeichnung DWA-Merkblatt 608-2, gegeben. Außerdem finden sich Hinweise auf weitere deichschädigende Tierarten.

INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis.....	VI
Glossar	VII
Abkürzungs- und Symbolverzeichnis.....	VIII
1 Einleitung.....	1
2 Methodenbeschreibung.....	3
3 Allgemeines zu Bisam, Biber und Nutria	4
3.1 Der Bisam.....	4
3.1.1 Verbreitung.....	4
3.1.2 Erkennungsmerkmale.....	6
3.1.3 Nahrung.....	6
3.1.4 Soziale Lebensweise	6
3.1.5 Lebensraum	6
3.1.6 Bauweisen.....	6
3.2 Der Biber	7
3.2.1 Verbreitung.....	7
3.2.2 Erkennungsmerkmale.....	8
3.2.3 Nahrung.....	8
3.2.4 Soziale Lebensweise	8
3.2.5 Lebensraum	8
3.2.6 Bauweisen.....	9
3.3 Die Nutria	10
3.3.1 Verbreitung.....	10
3.3.2 Erkennungsmerkmale.....	10
3.3.3 Nahrung.....	11

3.3.4	Soziale Lebensweise	11
3.3.5	Lebensraum	11
3.3.6	Bauweisen.....	11
4	Gefährdungspotential.....	12
4.1	Klassifizierung der Verhaltensweisen.....	12
4.1.1	Grabtätigkeit	13
4.1.2	Fraßtätigkeit an landwirtschaftlichen Kulturen, Schilfflächen und Gehölzen....	14
4.1.3	Fraßtätigkeit an der Flussfauna	15
4.1.4	Beeinflussung des Wasserstands.....	16
4.1.5	Bau von Burgen	17
4.1.6	Übertragung von Krankheiten	18
4.2	Verhaltensweisen - Tierartbezogen.....	18
4.2.1	Auswirkungen des Bisam	19
4.2.2	Auswirkungen des Bibers	20
4.2.3	Auswirkungen der Nutria	21
4.3	Beeinträchtigung der Standsicherheit von Deichen.....	21
4.3.1	Beeinflussung der Durchsickerung	22
4.3.2	Beeinträchtigung der Böschungsstandsicherheit	24
4.3.3	Erosion innerhalb der Erdbauröhre	30
4.3.4	Erosion der wasserseitigen Deichböschung	33
4.3.5	Übersicht der Berechnungsergebnisse	35
4.4	Hinweise für einen physikalischen Modellversuch.....	36
5	Gegenmaßnahmen	37
5.1	Sicherungsmethoden.....	37
5.1.1	Maßnahmen nach DVWK-M 247/1997	37
5.1.2	Alternative Maßnahmen	47
5.1.3	Zusammenfassung der Sicherungsmethoden.....	52
5.2	Bestandsregulierung.....	54

5.2.1	Rechtliches	54
5.2.2	Bestandsregulierung des Bisam	56
5.2.3	Bestandsregulierung des Bibers	58
5.2.4	Bestandsregulierung der Nutria	60
5.3	Behebung von Schäden am Deich	62
5.3.1	Temporäre Schadensbehebung	62
5.3.2	Grundsätzliche Schadensbehebung	63
6	Weitere deichschädigende Tierarten.....	64
6.1	Allgemein	64
6.2	Das Wildschwein.....	66
6.2.1	Verbreitung und Erkennungsmerkmale.....	66
6.2.2	Gefährdungspotential	66
6.2.3	Gegenmaßnahmen.....	67
7	Auswertung der Umfrage	68
7.1	Bekanntheitsgrad des DVWK-Merkblattes 247/1997	68
7.2	Aufgetretene Schäden.....	70
7.3	Eingesetzte Maßnahmen.....	72
7.4	Vorschläge für weitere Untersuchungen.....	74
7.5	Kritische Würdigung des Fragebogens	76
8	Fazit.....	78
	Literaturverzeichnis.....	82
Anhang A: Berechnungen zum Einfluss der Erdbauten auf die Deichsicherheit		
Anhang B: Muster eines Fragebogens der durchgeföhrten Umfrage		
Anhang C: Datenbank der Umfrage (nur digital)		

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 "Biber, Nutria und Bisam im Größenvergleich" (DVWK 1997).....	4
Abbildung 2 Bisamfang in Deutschland 1987/89 (Anzahl der Tiere pro km ²) (DVWK, 1997)....	5
Abbildung 3 Verbreitung des Bisam (grau) (Kowarik, 2003)	5
Abbildung 4 Verbreitung des Bisam in Europa; rot = nachgewiesen, gelb = ausgerottet (DAISIE, 2008)	5
Abbildung 5 Verbreitung des Bibers 1996, rot = eingebürgerte Unterarten, schwarz = heimischer Elbebiber (DVWK, 1997).....	7
Abbildung 6 Verbreitung des Bibers 2006 (Bundesamt für Naturschutz, 2006)	7
Abbildung 7 Zusammenhang von Abstand zum Wasser und vorgefundenen Bberspuren (Schwab b, 2014).....	9
Abbildung 8 Nutriavorkommen in Deutschland 1989-1996 (DVWK, 1997)	10
Abbildung 9 Nutriavorkommen in Deutschland 2006, schwarze & weiße Kreise = besiedelt (DWA, 2016).....	10
Abbildung 10 Von Nutria verursachter Kahlfraß, die mit "Exclosure" gekennzeichnete Fläche wurde durch einen Zaun vor den Nutrias geschützt (Louisiana - wildlive & fisheries, 2007).....	15
Abbildung 11 Biberburg an der Uecker in Vorpommern (Schütz 2016)	17
Abbildung 12 Homogenes Deichprofil mit Erdbau an der Landseite (Überdeckung 0,6 m)...	23
Abbildung 13 Sickerlinienverlauf (grün) im gewähltem schadlosen Deich	24
Abbildung 14 Sickerlinienverlauf (rot) im gewähltem Deich mit landseitigem Erdbau.....	24
Abbildung 15 Kräfte für die Berechnung der Standsicherheit der Deckschicht mit Erdbau...	26
Abbildung 16 Skizze einer Böschung zum Verständnis der Variablen (Herle, 2011)	28
Abbildung 17 Skizze einer von Grundwasser beeinflussten Böschung (Herle, 2011)	28
Abbildung 18 Homogenes Deichprofil Fall 1	29
Abbildung 19 Homogenes Deichprofil Fall 2	29
Abbildung 20 Homogenes Deichprofil Fall 3	30
Abbildung 21 Homogenes Deichprofil Fall 4	30
Abbildung 22 Drainagerohr mit Gitterkäfig im Oberlauf zum regulieren des Wasserstandes im Bibersee, modifiziert (Bayrisches Landesamt für Umwelt b, 2009).....	43
Abbildung 23 Buschlahnung (Nakonz, 2010)	48
Abbildung 24 Buschlahnung auf Langeoog (Julius 2016)	48
Abbildung 25 Kanisterkette gegen Biberdämme, modifiziert (Schwab b, 2014)	49

Abbildung 26 Entwidmeter Sommerdeich bei Mahnkenwerder, der heute als Wildrettungshügel dient (Schütz 2016)	51
Abbildung 27 Wildrettungshügel in der Landschaft in Westmecklenburg (Schütz 2016)	51
Abbildung 28 Bisamfangzahlen in Niedersachsen (Daten entnommen von Jahresberichten der Landwirtschaftskammer Niedersachsen)	58
Abbildung 29 Multiple Capture Trap, durch die Drahtkonstruktion am Eingang der Falle ist es möglich, dass mehrere Tiere gleichzeitig in die Falle gehen können (Witmer et al., 2008)	61
Abbildung 30 Temporäre Schadensbehebung "gesicherte Schadstelle,, modifiziert Ziltendorfer Niederung, Foto: Dr. Krüger, LUGV" (Clauß, 2013).....	63
Abbildung 31 Grundsätzliche Schadensbehebung aufgegrabener Biberbau an einem Deich im Bereich des StALU WM (Wappler 2011)	63
Abbildung 32 Hohlraum im Deich - Eingang zu einem Fuchsbau (Wappler 2012).....	64
Abbildung 33 Zerstörte Grasnarbe - Wühlschaden des Wildschweins (Schütz 2015)	64
Abbildung 34 Aktualisierte Karte der Verteilung von Bisam, Biber und Nutria	69
Abbildung 35 Diagramm zum Anteil der aufgetretenen Schäden	71
Abbildung 36 Diagramm zum Anteil der eingesetzten Gegenmaßnahmen	73

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Übersicht der Verhaltensweisen von Bisam, Biber und Nutria	12
Tabelle 2 Auswirkungen durch die Verhaltensweise des Bisams	19
Tabelle 3 Auswirkungen durch die Verhaltensweise des Bibers	20
Tabelle 4 Auswirkungen durch die Verhaltensweise der Nutria.....	21
Tabelle 5 Übersicht Erosion Rate Index und dessen Beschreibung (Wan, et al., 2004)	32
Tabelle 6 Faktor C_E zur Berücksichtigung der Qualität der Grasnarbe nach Seiffert und Verheij (1998).....	34
Tabelle 7 Übersicht der eigenen Berechnungsergebnisse	35
Tabelle 8 Zusammenfassung der Sicherungsmaßnahmen	52
Tabelle 9 Übersicht zur Bejagungsmöglichkeit in den Bundesländern Deutschlands	55
Tabelle 10 Deichschädigende Tierarten (außer Bisam, Biber und Nutria)	65
Tabelle 11 Verwaltungsgebiete mit aufgetretenen Schäden von Bisam, Biber und Nutria (absolut).....	70
Tabelle 12 Eingesetzte Maßnahmen gegen Schäden durch Bisam, Biber und Nutria (absolut)	72

GLOSSAR

Bibergeil	Sekret aus Drüsensäcken des Bibers, mit welchem er sein Gebiet markiert und für bessere Schwimmeigenschaften sein Fell einreibt.
Erbbau	Unterirdischer Bau eines Tieres
Fuchsbandwurm	Art der Bandwürmer, welche hauptsächlich den Fuchs als Wirt hat, aber auch für den Menschen gefährlich sind.
HANTA-Virus	Eine Viruserkrankung, welche unter anderem Lungen und Nieren des Menschen schädigen kann.
Leberegel	Eine Art von Parasit, welche auch den Menschen befallen kann.
Neobiota (Neozoen)	Eine direkt oder indirekt durch den Menschen in ein fremdes Gebiet eingeführte Pflanzen- oder Tierart. Der Begriff Neozoen beschreibt dabei nur die Tierarten.
Toxoplasmose	Infektionskrankheit, die hauptsächlich Katzen, aber auch Menschen befallen kann.
Tulamärie	Häufig tödlich verlaufende ansteckende Krankheit, die auch den Menschen befallen kann.
Verklausung	Störung im Ablauf beim Fließgewässer ausgelöst z.B. durch Treibgut und Todholz.

ABKÜRZUNGS- UND SYMBOLVERZEICHNIS

Bsp.	Beispiel
Bspw.	beispielsweise
BArtSchV	Bundesartenschutzverordnung
BJagdG	Bundesjagdgesetz
Ca.	zirka
d.h.	das heißt
DVWK	Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
ebd.	ebendieser
EG	Europäische Gemeinschaft
EG-WRRL	Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Gemeinschaft
EU	Europäische Union
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
i.d.R.	in der Regel
Ifdm	laufender Meter
LfU	Landesamt für Umwelt
LK	Landkreis
LTV	Landestalsperrenverwaltung Sachsen
LU	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern
Mdl	mündlich
M-V	Mecklenburg-Vorpommern
NLWKN	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
SenStadtUm	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin
StALU	Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt (M-V)
UNB	Untere Naturschutzbehörde
VP	Vorpommern
WM	Westmecklenburg
WSA	Wasserschifffahrtsamt

1 EINLEITUNG

Der Schutz des Menschen und dessen Güter vor Hochwasserereignissen an Flüssen und Küsten wird seit Jahrhunderten von Deichen und Dämmen gewährleistet. Bei einem Hochwasserereignis wirken sehr hohe mechanische Kräfte auf diese ein, sodass es jedoch schon häufiger zu Schäden und zum Versagen der Erdbauwerke gekommen ist. Die Gründe dafür sind sehr vielfältig. Eine mögliche Ursache für große Schäden und in Einzelfällen auch das Versagen der Deiche in der Vergangenheit ist die Wühltätigkeit verschiedener Tierarten. Zum einen zerstören einige Vogel- und Säugetierarten (z.B. Krähe und Wildschwein) großflächig die Grasnarbe, zum anderen werden durch einige Nagetierspezies u.a. Röhren in den Deich gegraben, welche Böschungsbrüche verursachen und eine schnellere Durchsickerung begünstigen. Der überwiegende Teil dieser Probleme entsteht durch die in Europa gebietsfremden Arten Bisam und Nutria sowie den mittlerweile wieder häufig anzutreffenden Biber. In den Niederlanden wird die Bekämpfung von Nutria und Bisam als „Frage der Existenz“ (Van der Steen, 2015) gesehen. Das Land hat für die Bejagung bislang 33,4 Millionen Euro ausgegeben (ebd.). Auch in anderen Ländern Europas sind die drei Tierarten inzwischen weit verbreitet. Durch die Wiederansiedelung des Bibers entstehen in den jeweiligen Ländern meist die gleichen Konflikte wie in Deutschland.

Vor diesem Hintergrund veröffentlichte die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), damals noch als Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK) bekannt, im Jahre 1997 das Merkblatt „DVWK-M 247/1997 – Bisam, Biber, Nutria – Erkennungsmerkmale und Lebensweisen – Gestaltung und Sicherung gefährdet Ufer, Deiche und Dämme“. Durch dieses Merkblatt sollte eine Verwechslung der drei Nager durch Erläuterung der Erkennungs- und Besiedlungsmerkmale ausgeschlossen werden. Weiter sind darin viele mögliche Gegenmaßnahmen aufgezeigt, mit denen entweder das Graben von Röhren verhindert oder in die Population der Tiere eingegriffen werden kann. Inzwischen sind fast 20 Jahre vergangen und das Merkblatt soll in einer neuen Ausgabe veröffentlicht werden. In diesem Zeitraum änderten sich einige gesetzliche Rahmenbedingungen. Beispielsweise ist im Jahre 2000 die Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union in Kraft getreten. Sie bildet die Grundlage für ein aktuell großes Interesse, Fließgewässer in einen natürlicheren Zustand zu versetzen.

Viele Lösungen des technischen Wasserbaus bei Wühlertierproblemen sind somit nur noch in Ausnahmefällen vertretbar. Darüber hinaus ist die BArschV 2005 neu verfasst und ersetzt mit

§ 4 Absatz 2 die Verordnung zur Bekämpfung des Bisams (Bisamverordnung) vom 13. Juli 1989, welche am 01. August 2003 aufgehoben wurde. In Bayern und Brandenburg existiert inzwischen eine Ausnahmeverordnung zum Eingriff in den Bestand des Bibers, wenn keine andere Möglichkeit zur Vermeidung von Schäden umsetzbar ist. In Mecklenburg-Vorpommern wird der Umgang mit dem unter Schutz stehenden Biber aktuell diskutiert und auf politischer Ebene über die Einführung einer ähnlichen Verordnung nachgedacht.

Folglich ist das Merkblatt derzeit nicht mehr auf dem aktuellsten Stand. Der Aktualisierungsbedarf wird mittels einer Umfrage ermittelt und ausgewertet. Darüber hinaus wird eine Recherche zum derzeitigen Stand der Technik zur Ergänzung der Maßnahmen durchgeführt. Die land- und wasserwirtschaftlichen sowie ökologischen Auswirkungen der Tiere im Gewässerbereich werden untersucht. Die durchgeföhrten Berechnungen dienen zur Veranschaulichung der Beeinflussung der Standsicherheit eines Deiches infolge von Bisam-, Biber- oder Nutriabefall. Ziel dieser Diplomarbeit ist es, anhand der durchgeföhrten Recherchen und Berechnungen sinnvolle Vorschläge und Empfehlungen für den Teil 2 des zukünftigen DWA-Merkblattes 608 geben zu können.

2 METHODENBESCHREIBUNG

Im Rahmen dieser Arbeit ist zunächst eine umfangreiche Literaturrecherche zu den Tieren allgemein und den in der Aufgabenstellung aufgeführten Punkten durchgeführt worden. Zur Betrachtung von Schadensbeispielen in der Realität wurde ein Termin mit einem Mitarbeiter des StALU VP an der Uecker und Randow im Süden Vorpommerns vereinbart. Ein zweiter Termin fand mit einem Mitarbeiter des StALU WM an der Elbe und Sude in Südwestmecklenburg statt

Darüber hinaus sollte der Aktualisierungsbedarf des DVWK-Merkblattes 247/1997 ermittelt werden. Ein auf die wichtigsten Informationen beschränkter Fragebogen ist an verschiedene Behörden aus dem Naturschutz und dem Hochwasserschutz der Länder und des Bundes versendet worden. Zu den Behörden gehören alle Wasserschiffahrtsämter des Bundes, alle Landesämter die für den Hochwasserschutz jeweils zuständig sind und die Unteren Naturschutzbehörden der Bundesländer Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Sachsen. Die Beschränkung auf die Naturschutzbehörden der drei Bundesländer hängt mit der dort besonders hohen Verbreitung des Bibers zusammen. In Bayern beschäftigen sich schon seit einigen Jahren Bibermanager mit dem Konflikt zwischen Naturschutz und vom Biber verursachten wasser- und landwirtschaftlichen Schäden. Die bayrischen Bibermanager stellen eine hohe Zahl an Publikationen zu ihren Erfahrungen zur Verfügung, weshalb auf die Versendung des Fragebogens nach Bayern verzichtet wurde. Die Umfrage wurde per Post oder E-Mail versendet. In einigen Fällen ist für eine Verringerung des Arbeitsaufwandes der Sachbearbeiter ein Telefoninterview mit diesen durchgeführt worden. Eine Auswertung erfolgt im Kapitel 7.

Infolge der Umfrageergebnisse ergeben sich die häufigsten Schadensbilder, welche die Nagetiere verursachen. Daraufhin fand eine erneute Recherche zur Überprüfung der Standsicherheit von Deichen statt. Die Betrachtung fällt im Fall von Bisam, Biber und Nutria hauptsächlich auf Flussdeiche. Bereits durchgeführte Berechnungen mit Programmen der Gesellschaft Grundbau und Umwelt von Alshomaree (2014) sind vorgestellt und vom Verfasser durch weitere analytische Berechnungen ergänzt.

Die vorgestellten Gegenmaßnahmen stammen aus dem DVWK-Merkblatt 247/1997, ergänzt durch neu entwickelte Alternativen aus der Literatur. In der Beschreibung der Maßnahmen sind, wenn vorhanden, Erfahrungen aus der Praxis enthalten, die aus den Antworten der Fragebögen hervorgehen.

3 ALLGEMEINES ZU BISAM, BIBER UND NUTRIA

Die Eigenschaften der drei Nagetierarten sind im kürzlich als Gelbdruck veröffentlichten Merkblatt DWA-M 608-1 „Bisam, Biber, Nutria – Teil 1: Erkennungsmerkmale und Lebensweisen“ aufgeführt. Zur Vollständigkeit dieser Arbeit sollen die Tiere dennoch kurz allgemein beschrieben werden.



Abbildung 1 "Biber, Nutria und Bisam im Größenvergleich" (DVWK 1997)

3.1 DER BISAM

Der Bisam (*Ondatra zibethicus*) auch Muskrat genannt, zählt zu den Nagetieren (Rodentia) und gehört zur Familie der Mäuseartigen (Muroidae). Er ist in Europa ein Neobiota und stammt ursprünglich aus Nordamerika (Lubinski, 2009).

3.1.1 Verbreitung

Die Entstehung einer in Europa freilebenden Population hat mehrere Ursachen. Kurz nach der Jahrhundertwende wurden einige Tiere in der Gegend um Prag ausgesetzt. In Deutschland und Frankreich war nach dem 1. Weltkrieg die Einführung der Bisame gewollt und staatlich unterstützt. Dieses Interesse galt vor allem den Pelzen. Dazu wurden mehrere Tausend Bisame importiert und in Deutschland freigelassen. In Frankreich wurden Bisame auch in Farmen gehalten (Böhmer, et al., 2001). Derzeit sind die Nager großflächig in Deutschland verbreitet, wie in Abbildung 2 und Abbildung 3 dargestellt ist.

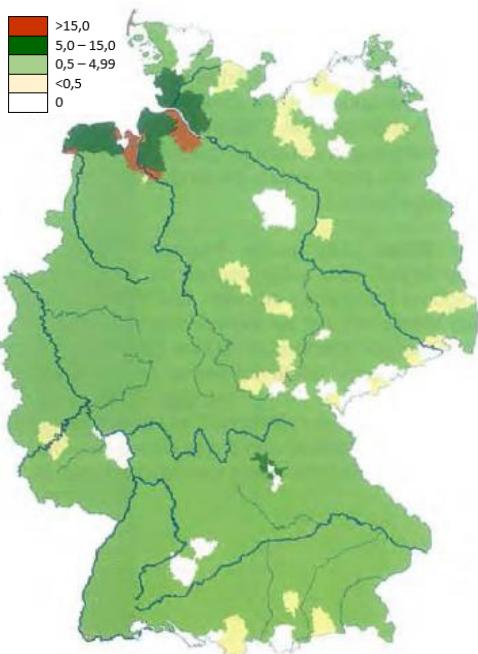


Abbildung 2 Bisamfang in Deutschland 1987/89 (Anzahl der Tiere pro km^2) (DVWK, 1997)

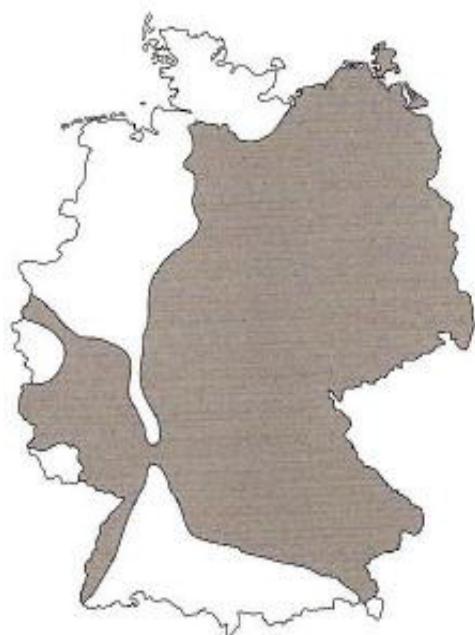


Abbildung 3 Verbreitung des Bisam (grau) (Kowarik, 2003)

Allerdings ist nach dieser Abbildung Niedersachsen großflächig bisamfrei. Nach der Wildtierfassung Niedersachsen 2012 leben dort vor allem im Westen und Osten des Bundeslandes viele Bisame. In Abbildung 4 ist die Verbreitung des Bisams in Europa dargestellt. Sie haben sich inzwischen in ganz Deutschland etabliert und lassen sich durch Bejagung mehrerer Quellen zufolge nicht mehr ausrotten¹ (Hubo, et al., 2007).



Abbildung 4 Verbreitung des Bisam in Europa; rot = nachgewiesen, gelb = ausgerottet (DAISIE, 2008)

¹ Beantworteter Fragebogen von Hr. Steiof, SenStadtUm Berlin 2016

3.1.2 Erkennungsmerkmale

Die Gesamtlänge des Bisam kann zwischen 42 und 62,5 cm und das Gewicht zwischen 0,8 bis 1,6 kg liegen. Die Vorderbeine sind im Gegensatz zu den Hinterbeinen relativ kurz und werden zum Graben und Halten der Nahrung verwendet. Nase und Ohren sind während des Tau-chens verschlossen. Bisame sind dämmerungsaktiv (Lubinski, 2009).

3.1.3 Nahrung

Der Bisam ernährt sich von Blättern, Stängeln, Wurzeln, Blüten und Früchten verschiedener Pflanzen, zu denen vor allem Rohrkolben, Weidentriebe, Scharfgarbe, Beifuß, Kümmel und verschiedene Wiesengräser gehören. Neben den Pflanzen ernährt er sich auch von Süß-wassermuscheln, Flusskrebsen (Lubinski, 2009), Wollhandkrabben und „gelegentlich Fisch-setzlinge in Halterungen“ (DWA, 2016).

3.1.4 Soziale Lebensweise

Bisame leben von September bis Februar in Sippen von ca. 14 Tieren zusammen, welche hauptsächlich zu einer Familie gehören (Lubinski, 2009). Nach diesem Zeitraum sind die Tiere einzeln oder paarweise und begeben sich auf Wanderung zur Erschließung neuer Gebiete (DWA, 2016). Die Ausbreitung der Bisame beträgt nach Kowarik (2010) 11 km pro Jahr. Die Weibchen haben 1 – 3 Würfe im Jahr mit 4 – 8 Jungen pro Wurf (Lubinski, 2009).

3.1.5 Lebensraum

Der Lebensraum des Bisam befindet sich immer an Ufern von Gewässern wie Flüsse, Teiche und Seen. Der Aktivitätsradius liegt zwischen 15 und 20 m um ihren Bau. Damit sie sich ansiedeln, benötigen die Tiere ein großes Vorkommen von Ufer- und Wasserpflanzen mit Wei-densträuchern und breiten Schilfgürteln (Lubinski, 2009). Sie benötigen eine Wassertiefe von 20 cm und bevorzugen Gebiete mit wenig bis keinen Bäumen. Das Gewässer darf keine bis eine geringe Fließgeschwindigkeit haben (DVWK, 1997). Die Deichhintergräben der ostfri-sischen Inseln zählen beispielsweise zu den Lebensräumen in Deutschland².

3.1.6 Bauweisen

Um sich vor Fressfeinden und Umwelteinflüssen zu schützen, bauen die Bisame Erdbauten und Burgen. Die Eingänge liegen unter der Wasseroberfläche. Die Gänge bestehen aus einem

² Mdl. Hr. Ihnken, NLWKN Norden (Insel Spiekeroog) 2016

weit vernetzten System mit Durchmessern von 10 – 15 cm und werden vorwiegend in tonige und lehmige Böden gegraben. Die Burgen bestehen aus vor Ort verfügbarem Pflanzenmaterial. Dabei können Ausmaße von 2 – 4 m Durchmesser erreicht werden (ebd.). Es kommt auch häufig vor, dass Bisame in den Randbereichen einer Biberburg leben (Djoshkin, et al., 1972).

3.2 DER BIBER

Der Biber (Castoridae) gehört zur Ordnung der Nagetiere (Rodentia) und ist weltweit das zweitgrößte dieser Ordnung. Es gibt zwei Arten von Bibern, den Kanadischen Biber (*Castor canadensis*) und den Europäischen Biber (*Castor Fiber*) (Djoshkin, et al., 1972). In dieser Arbeit wird sich vordergründig mit dem Europäischen Biber beschäftigt.

3.2.1 Verbreitung

Die Tiere wurden durch gezielte Bejagung (auf Grund von Pelz, Fleisch, Bibergeil) im 19. Jahrhundert in Europa großflächig ausgerottet. Um 1900 wurde der Biber unter Schutz gestellt, sodass durch die Wiederansiedelungen ab 1920 und dem Restvorkommen wieder eine wachsende Verbreitung auftritt. Die Entwicklung in Deutschland lässt sich in Abbildung 5 und Abbildung 6 vergleichen. Die Anzahl betrug im Jahr 2013 ca. 16.000 Tiere (Schwab b, 2014).

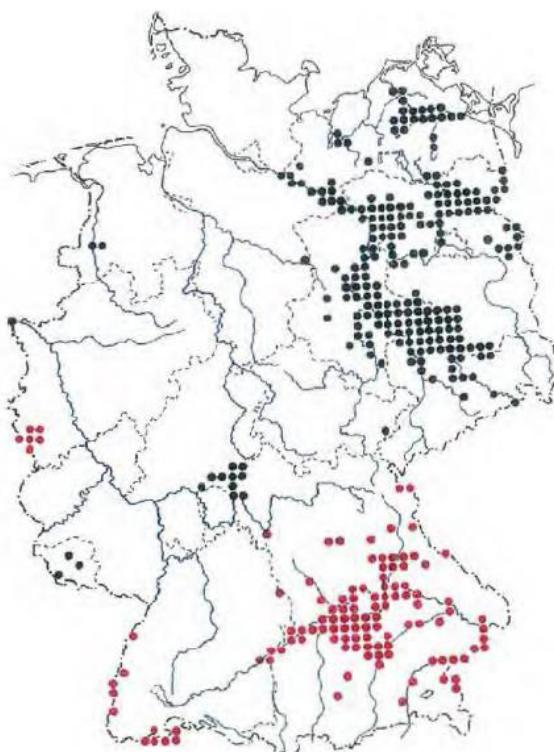


Abbildung 5 Verbreitung des Bibers 1996, rot = eingebürgerte Unterarten, schwarz = heimischer Elbebiber (DVWK, 1997)

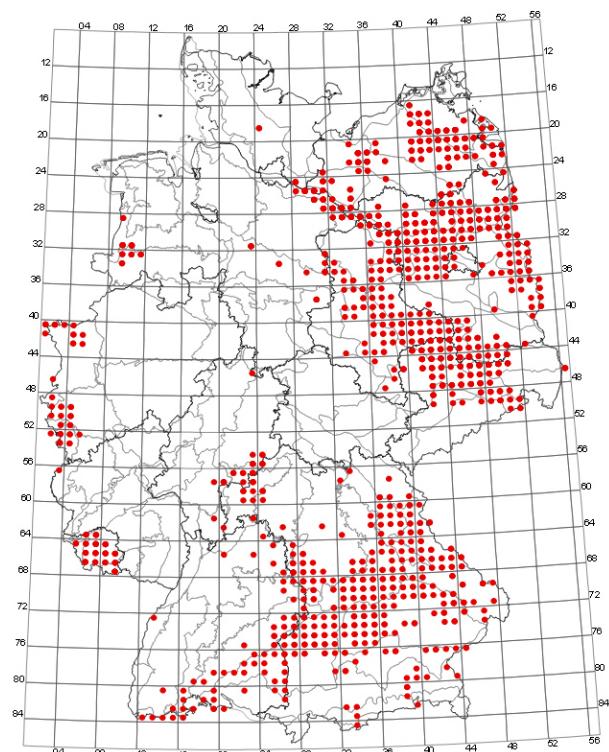


Abbildung 6 Verbreitung des Bibers 2006 (Bundesamt für Naturschutz, 2006)

3.2.2 Erkennungsmerkmale

Ein Biber kann insgesamt bis zu 1,3 m lang (davon beträgt die Schwanzlänge etwa 0,35 m) und bis zu 30 kg schwer werden. Der Schwanz ist kellenförmig und beschuppt. Er unterstützt das Tier beim Schwimmen und Sitzen. Die Hinter- und Vorderpfoten sind mit starken Krallen ausgestattet, welche an die Grabtätigkeit angepasst sind. Das Biberfell ist sehr dicht und wird vom Tier regelmäßig mit einem Sekret aus den Öldrüsen eingefettet. Der Biber hat einen sehr gut ausgebildeten Hör- und Geruchssinn, dagegen ist das Sehvermögen eher schwach. Die Zähne sind wurzellos und wachsen ständig nach. Er ist dämmerungs- und nachtaktiv (Schwab b, 2014).

3.2.3 Nahrung

Der Biber ist ein reiner Pflanzenfresser und benötigt 1,5 kg Nahrung am Tag. Im Sommer werden bevorzugt Triebe von Weichhölzern (Espe, Weide oder Pappel), krautige Pflanzen, Knollen und Wurzelstücke von Teichrosen und Feldfrüchte (Mais, Getreide, Zuckerrüben) gefressen. Im Winter wird fast ausschließlich Rinde von gefällten Bäumen gefressen. Es werden ebenfalls Weichhölzer bevorzugt. Ein Baum mit einem Stammdurchmesser von 10 cm wird innerhalb von einer Nacht gefällt (Djoshkin, et al., 1972; Schwab b, 2014).

3.2.4 Soziale Lebensweise

Biber leben in Familien zusammen, dabei besteht eine Familie aus den Elterntieren, den diesjährig und den vorjährig geborenen Jungen. Die Jungen verlassen kurz vor Ende des zweiten Lebensjahres die Eltern und begeben sich auf Wanderschaft (Djoshkin, et al., 1972). Die Reviergröße einer Biberfamilie kann sehr unterschiedlich sein. Sie hängt von der Besiedlungsdichte ab und kann zwischen 50³ und 5.000 m Länge liegen (Neubert, et al., 2007).

3.2.5 Lebensraum

Der Biber siedelt sich immer an Gewässern an. Dieses darf im Sommer nicht trocken fallen und im Winter nicht bis zum Grund durchfrieren (Djoshkin, et al., 1972). Er benötigt einen Wasserstand von 50 (DWA, 2016) bis 80 cm (Schwab b, 2014), damit der Eingang seiner Burg unter Wasser verbleibt. Biber bevorzugen Flüsse in Wäldern oder mit zumindest einem hohen Vorhandensein von Ufergehölzen. I.d.R. werden Flüsse ohne Baumbestand gemieden (Djoshkin, et al., 1972). Die Aktivität reicht entlang des Gewässers bis ca. 20 m ins Land hinein

³ Mdl. Hr. Nimptsch, StALU VP, 2016

(Neubert, et al., 2007). Nach einer Untersuchung in den Rocky Mountains leben 68 % der Biber bei einem Fließgefälle von 0 – 6 %, 28 % bei 7 – 12 % Fließgefälle und 4 % bei 13 – 15 % (Djoshkin, et al., 1972).

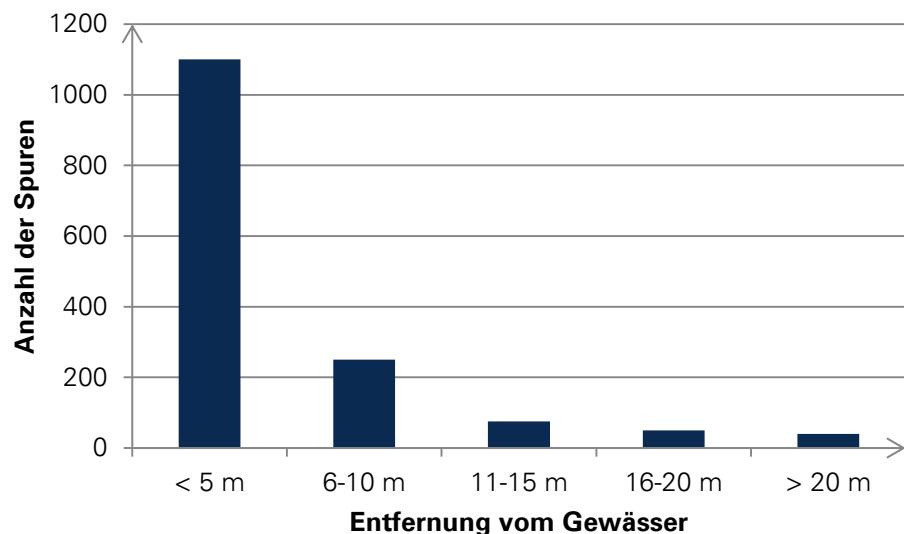


Abbildung 7 Zusammenhang von Abstand zum Wasser und vorgefundenen Bberspuren (Schwab b, 2014)

3.2.6 Bauweisen

Besonders diese Tierart übt einen enormen Einfluss auf die von ihr besiedelte Umgebung aus, worauf im Kapitel 4 noch ausführlicher eingegangen wird. Biberbaue werden an steilen und sandigen Ufern hinein gegraben. Wo dies nicht möglich ist, werden Burgen aus vorgefundenen Material (Zweigen, Ästen, Steinen, Schlamm) gebaut. Die Baue werden ständig in Stand gehalten. Die Gänge werden mit Holzspänen ausgepolstert und haben einen Durchmesser von 30 – 40 cm. Des Weiteren braucht der Biber, wie bereits erwähnt, einen Wasserstand von 50 bis 80 cm, damit die Eingänge zu den Burgen unter Wasser liegen (DWA, 2016; Djoshkin, et al., 1972). Um diesen bei schwankendem Wasserspiegel zu gewährleisten, baut er Dämme, welche ebenfalls aus Zweigen, Ästen, Steinen und Schlamm bestehen. Außer den genannten Bauwerken legen die Biber Kanäle an. Sie dienen der schnellen Fortbewegung, z.B. um vom Ufer zu einem sich in der Nähe befindlichen Feld zu gelangen oder um Gewässer zu verbinden, weil die Tiere an Land relativ langsam sind (Bayrisches Landesamt für Umwelt, 2014).

3.3 DIE NUTRIA

Die Nutria (*Myocastor*), auch Coypu genannt, gehört zur Ordnung der Nagetiere (Rodentia) und zählt zur Familie der Biberratten (Campromyidae). Der Begriff Nutria kommt aus dem spanischen und bedeutet Fischotter (Biela, 2008).

3.3.1 Verbreitung

Die Tierart stammt ursprünglich aus Südamerika und ist wie der Bisam ein Neozoen. Sie wurde zur Pelzgewinnung seit dem 19. Jahrhundert in Farmen gehalten. Dabei kam es immer wieder zum Ausbruch einiger Tiere, welche eine freilebende Population aufbauten. In Deutschland tauchten Nutrias zum ersten Mal am Oberrhein zwischen 1880 und 1890 auf. Im Gebiet der ehemaligen DDR kam es nach der Wiedervereinigung häufig zu Freilassungen aus Farmen, da die Haltung unrentabel wurde. Durch ihre hohe Kälteempfindlichkeit treten immer wieder Populationseinbrüche auf (ebd.). Die Entwicklung der Nutria lässt sich mit Abbildung 8 und Abbildung 9 vergleichen.

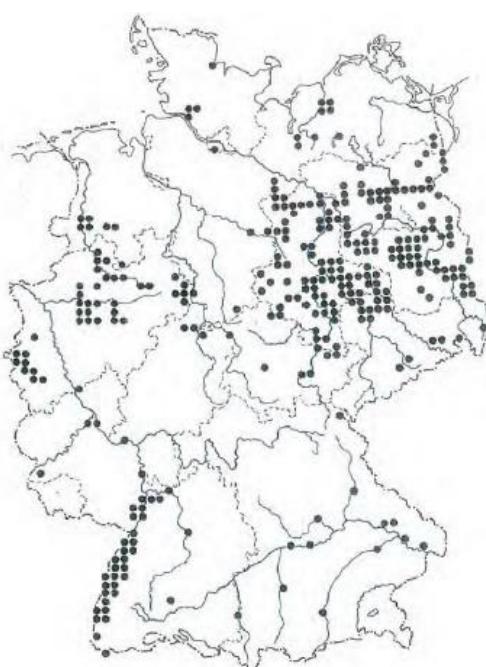


Abbildung 8 Nutriavorkommen in Deutschland 1989-1996 (DVWK, 1997)

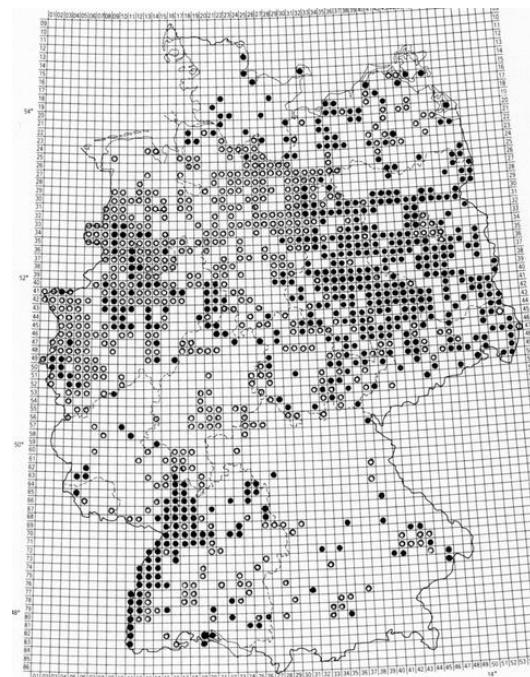


Abbildung 9 Nutriavorkommen in Deutschland 2006, schwarze & weiße Kreise = besiedelt (DWA, 2016)

3.3.2 Erkennungsmerkmale

Nutrias können eine Gesamtlänge von 75 – 110 cm erreichen und dabei zwischen 4 und 8 kg schwer werden. Der Schwanz ist langgezogen, rund und leicht behaart. Wie auch bei den

anderen vorher beschrieben Nagern, haben Nutrias starke Krallen für die Grabtätigkeit an den Vorderpfoten. Das Gehör ist am besten entwickelt, dagegen sieht die Nutria eher schlecht. Die Nutrias sind ebenfalls dämmerungsaktiv (Biela, 2008).

3.3.3 Nahrung

Die Nutria ernährt sich hauptsächlich pflanzlich. Dazu zählen viele Wasser- und Landpflanzenarten (z.B. Weide, Weißdorn, Efeu, Wasserschierling). Allerdings gehören auch Muscheln, Käfer, Würmer und gelegentlich Fische zur Nahrung. Täglich wird ein Viertel des Körpergewichts gefressen. Die Nahrung wird an nestartig angelegten Fraßplätzen aufgenommen (DVWK, 1997; Biela, 2008).

3.3.4 Soziale Lebensweise

Nutrias leben in Gruppen von 10 – 30 Tieren zusammen. Sie sind ihrem Revier treu, welches zwischen 17.900 und 140.000 m² groß ist. Die Nutria kann sich über das ganze Jahr fortpflanzen und bekommt 1 – 9 Junge pro Wurf. Die Jungen sind nach 3 – 15 Monaten geschlechtsreif. Das hängt von der Populationsdichte ab, bei einer hohen Dichte wird die Fortpflanzung gehemmt. Wenn sich die Ballungszentren allerdings an neue Standorte verlagern, findet die Fortpflanzung wieder häufiger statt (Biela, 2008).

3.3.5 Lebensraum

Als semiaquatische Tierart ist die Nutria an Gewässer gebunden. Dabei kann sie in Salz- und Süßwasser leben und siedelt sich eher in der offenen Landschaft als in geschlossenen Waldgebieten an. Darüber hinaus lebt sie auch in Ortschaften und Großstädten. Nutrias bewegen sich i.d.R. nicht weiter als 30 m ins Land. Eine Ausnahme wurde in Polen beobachtet, als ein Tier bis zu 1.000 m vom Ufer entfernt gesichtet wurde (Biela, 2008). Im Gegensatz zu Biber und Bisam ist die Nutria weniger stark vom Wasser abhängig (DVWK, 1997).

3.3.6 Bauweisen

Nutrias legen Erdbauten mit Tunnelsystemen (Durchmesser ca. 20 cm) bis 6 m Länge an. Die Eingänge werden an Böschungen mit einer Neigung von 45 – 90° geegraben und befinden sich, im Unterschied zu den Eingängen von Bibern und Bisamen, über der Wasserlinie. Manchmal werden alte Bisambaue übernommen und erweitert (Biela, 2008).

4 GEFÄHRDUNGSPOTENTIAL

4.1 KLASIFIZIERUNG DER VERHALTENSWEISEN

Durch die Lebensweise der drei Nagetiere kann es zu verschiedenen Konflikten aus ökologischer und ökonomischer Sicht kommen. Häufig sind die Verhaltensweisen der Tiere je nach Sichtweise unterschiedlich bewertet. Es kann daher nach der jeweiligen Sicht von einem Vor- oder Nachteil (Schaden) die Rede sein. Um diesen Sachverhalt zunächst objektiv zu betrachten, werden die Verhaltensweisen in einer Tabelle zusammengetragen. Weiter werden die resultierenden Auswirkungen kurz erläutert und anschließend jeweils in einer Tabelle ausgewertet.

Darin bedeuten:
 „X“ = trifft auf das Tier zu
 „-“ = trifft auf das Tier nicht zu

Tabelle 1 Übersicht der Verhaltensweisen von Bisam, Biber und Nutria

Verhaltensweise	Bisam	Biber	Nutria
Grabtätigkeit	X	X	X
Fraßtätigkeit an landwirtschaftlichen Kulturen	X	X	X
Fraßtätigkeit in Schilfflächen	X	X	X
Fraßtätigkeit an Ufergehölzen	-	X	X
Fraßtätigkeit an Flussfauna	X	-	X

Beeinflussung des Wasserstandes	-	X	-
Bau von Burgen oder Erdbauwerken	X	X	X
Übertragung von Krankheiten	X	X	X

4.1.1 Grابتätigkeit

Die Tiere graben Baue und Fluchtröhren in die Uferböschungen und den am Gewässer naheliegenden Deichen (Lubinski, 2009). Vor allem bei einem Hochwasserereignis werden vom Biber und Bisam neue Baue in Deiche gebaut⁴. Aus diesem Grund kommt es zu erhöhtem Erdeintrag, welches einen ungeregelten Wasserablauf und Ufererosion verursachen kann (Landwirtschaftskammer Niedersachsen, 2014). In der ostfriesischen Ackermarsch werden jährlich 35 t Erdmaterial pro Gewässerkilometer durch Bisame eingetragen und müssen wieder beräumt werden (Landwirtschaftskammer Niedersachsen, 2008). Auf der Insel Spiekeroog beispielsweise sedimentiert der Auslauf der Entwässerungsanlage der Insel durch den Erdeintrag des Bisam⁵. Dort, wo durch die Ufererosion keine ökonomischen Schäden entstehen können, wird sie positiv gesehen. Ufererosion gehört zur Selbstregulierung der Flüsse, welches den Forderungen der Wasserrahmenrichtlinie entspricht (EG, 2000). Die Sedimente bilden z.B. Sandbänke, welche wieder als Lebensraum für Tier- und Pflanzenarten dienen (Meßlinger, 2014).

Darüber hinaus wird die Standsicherheit eines Deiches durch die gegrabenen Hohlräume herabgesetzt. Die Hohlräume füllen sich während eines Hochwasserereignisses mit Wasser und begünstigen eine schnellere Durchsickerung des Deichkörpers, welches zu Böschungsrutschungen und im schlimmsten Fall zu einem Deichversagen führen kann (DVWK, 1997). Häufig brechen nach dem Hochwasserereignis, wenn der Wasserstand gesunken ist, die Baue ein⁶.

⁴ Mdl. Hr. Wappler, StALU WM, 2016

⁵ Mdl. Hr. Ihnken, NLWKN Norden, 2016

⁶ Mdl. Hr. Wappler, StALU WM, 2016

Nach Aussagen des StALU WM wird während eines Hochwassers hin und wieder die Grasnarbe durch Biber zerstört. Dies tut er demnach, um an Schlamm für die Bautätigkeit zu gelangen.

Bei besonders langen unterirdischen Bauen an naheliegenden Feldern ist ein Einbrechen der landwirtschaftlichen Fahrzeuge wahrscheinlich. Das gleiche Schadensmuster führt auch zu Einbrüchen von Straßen, Eisenbahndämmen und Brückenfundamenten (Böhmer, et al., 2001).

4.1.2 Fraßtätigkeit an landwirtschaftlichen Kulturen, Schilfflächen und Gehölzen

Bisam und Nutria ernähren sich hauptsächlich, Biber ausschließlich pflanzlich. Daher nutzen sie die am Ufer und im Wasser zur Verfügung stehende Vegetation zur Ernährung (Schwab, 2014; Lubinski, 2009; Biela, 2008).

Der Bisam frisst Schilf und Rohrkolben in erheblichen Mengen. Ein einzelnes Tier kann in einer Nacht eine Fläche von 1,5 m² Rohrkolben kahl fressen (Böhmer, et al., 2001). Dies bewirkt einen enormen Rückgang der Schilfbestände ohne Regeneration. Durch die fehlende Vegetation wird eine stärkere Ufererosion verursacht (ebd.). Darüber hinaus treten an ufernahen Feldern Fraßschäden an Feldfrüchten auf (DWA, 2016). Nach Reinhard entstehen jährlich nur durch Bisam Schadenskosten von ~ 12 Millionen Euro (Reinhard, et al., 2003).

Der Biber ernährt sich teilweise auch von landwirtschaftlichen Kulturen wie Mais und Zuckerrüben in Gewässernähe und schadet damit vereinzelt der Landwirtschaft⁷ (DWA, 2016). Darüber hinaus geht der Biber auch in anliegende Gärten und an Obstbäume⁸. Im Winter fällt er Bäume, um sich von der Rinde zu ernähren. Das im Flusslauf liegende Gehölz kann zu einem Hindernis im Abfluss werden⁹. Sofern der Abfluss aber ungestört ist und das Gehölz belassen werden kann, dient das Totholz an Land und im Wasser als Lebensraum und Nahrung für viele Fischarten, Insekten und Pilze. Durch die teilweise geschaffene Turbulenz steigt der Sauerstoffeintrag, welcher die Selbstreinigung des Gewässers fördert (Stamm, et al., 2013). Bei einer sehr hohen Biberdichte kann es allerdings an Gewässern mit einem geringen Bestand an Ufergehölzen infolge der Baumfällungen zu wesentlich geringeren Beschattungen kommen, welches eine Temperaturerhöhung mit nachteiligem Einfluss auf den Forellenbestand hat (Djoshkin, et al., 1972). Trotz des Verbisses verschiedener Baumarten

⁷ Beantworteter Fragebogen vom WSA Uelzen, 2016

⁸ Email von Hr. Peters, UNB, LK Meißen, 2016

⁹ Mdl. Hr. Nimptsch, StALU VP, 2016

werden durch die Verschleppung austriebsfähiger Äste Neuanpflanzungen dieser Baumarten bewirkt (Meßlinger, 2006).

Die Nutria beeinflusst durch ihre Fraßtätigkeit nachteilig das Entwicklungsstadium und die Populationsgröße verschiedener Wasserpflanzen wie Schilf und Rohrkolben (Biela, 2008). Dadurch entsteht zwar Raum für konkurrenzschwächere Arten, allerdings kann bei hohem Nutriabefall ein Kahlfraß entstehen (siehe Abbildung 10). Die nach dem Fressen übrig gebliebenen Pflanzenreste verursachen eine Erhöhung organischer Stoffe im Wasser, wodurch es zu Eutrophierung kommen kann (ebd.).

Die nach Wasserrahmenrichtlinie geforderte Diversität wird durch die Fraßtätigkeit des Bibers gefördert (Bayrisches Landesamt für Umwelt a, 2009). In geringem Bestand wirken sich nach Neuhoff (2014) Nutria und Bisam ähnlich auf die Umwelt aus. Das Problem wird durch die sehr hohe Vermehrungsrate und den dadurch hohen Nahrungsbedarf der beiden Neozoen verursacht (Biela, 2008; Lubinski, 2009)



Abbildung 10 Von Nutria verursachter Kahlfraß, die mit "Exclosure" gekennzeichnete Fläche wurde durch einen Zaun vor den Nutrias geschützt (Louisiana - wildlive & fisheries, 2007)

4.1.3 Fraßtätigkeit an der Flussfauna

Bisam und Nutria ernähren sich unter anderem auch von Flussmuscheln und –krebsen. In Ausnahmefällen werden auch Fische gefressen (Lubinski 2009; Biela 2008). Die Populationen

der Muscheln und Krebse wurde in den letzten Jahren stark verringert (Landwirtschaftskammer Niedersachsen, 2014; Böhmer, et al., 2001). In Baden-Württemberg ist Flussmuschel fast ausgerottet (Lubinski, 2009). Indirekt ist durch den vermehrten Muschelfraß auch der Bitterling betroffen. Diese Fischart legt seine Eier in Muscheln ab. In einem Donaualtwasser ist die Bitterlingpopulation bereits verschwunden (Neuhoff, 2014).

4.1.4 Beeinflussung des Wasserstands

Der Eingang zu einer Bisam- oder Biberburg liegt immer unter dem Wasserspiegel, sodass im Falle des Bibers ein Wasserstand von 50 – 80 cm nötig ist. Um diese Wassertiefe zu erreichen, baut er aus Ästen und Schlamm Dämme (DWA, 2016; Djoshkin, et al., 1972). Ein Biberdamm kann den Wasserhaushalt einer ganzen Region beeinflussen. Durch Aufstau wird der Grundwasserspiegel angehoben, die Fließgeschwindigkeit nimmt ab. Während eines Hochwasserereignisses wird das Wasser teils zurückgehalten und fließt langsamer ab (Djoshkin, et al., 1972). Der häufig resultierende Bibersee kann in wenigen Jahren ausgedehnte Flachgewässer mit Verlandungszonen und Sumpfgebieten entstehen lassen. Damit schafft er neuen Lebensraum für viele Pflanzen- und Tierarten (Meßlinger, 2006). Der Biberdamm hält Sedimente zurück und sorgt damit im Unterlauf für klareres Wasser. Die Sedimentationsrate in Biberseen wurde mit 15 – 20 mm im Jahr ermittelt (Kroes, et al., 2015).

Biberdämme können trotz der ökologischen Vorteile Schäden durch Überschwemmung verursachen¹⁰. Die Seen breiten sich im Schadensfall meist auf land- und forstwirtschaftlichen Kulturflächen aus und bringen Verluste in der Ernte. Der höhere Wasserstand durchnässt die Böschungen auch von z.B. Straßen und Gleisanlagen und sorgt für deren Erosion (Schwab b, 2014).

Der Biber regelt den Wasserstand auch an Einläufen oder Wehren, indem er diese mit Ästen und Schlamm verstopft (ebd.).

Darüber hinaus ist es möglich, dass Kanäle, die zur schnelleren Fortbewegung des Bibers dienen, bis weit in die Felder hinein angelegt werden, wodurch ebenfalls Verluste in der Ernte auftreten und die Fläche durch landwirtschaftliche Fahrzeuge nicht mehr befahren werden kann (ebd.).

¹⁰ Beantworteter Fragebogen Hr. Möhring, LK Leipzig, 2016

4.1.5 Bau von Burgen

Wenn keine geeignete Böschung zum Graben eines Wohnbaus zur Verfügung steht, bauen alle drei Nagetiere Burgen aus Ästen, Schilf, Schlamm und Steinen. Dies geschieht allerdings in unterschiedlicher Qualität. Am stabilsten ist die Biberburg (DWA, 2016). Diese wird meist nicht nur vom Biber, sondern auch durch zahlreiche andere Lebewesen (z.B. Bisame, Schermäuse, Hornissen, Erdhummeln, Kreuzotter) bewohnt (Djoshkin, et al., 1972). Barabasch-Nikiforow zählte 1946/47 im Don-Becken in 190 geöffneten Biberburgen die darin befindlichen Tierarten. Daraus ergaben sich folgende Werte:

- 40 % Schermäuse
- 17,4 % Ringelnattern
- 16,8 % Muriden
- 4,2 % Nerze
- 3,7 % versch. Spitzmäuse
- 2,1 % Wasserspitzmaus
- 2,1 % Kreuzotter
- 1,6 % Desmane
- 1,0 % Blindschleichen
- 0,5 % Iltisse
- 0,5 % Glattnattern
- 0,5 % Sumpfschildkröten (ebd.).

Leere Biberburgen werden häufig vom Fuchs, Marderhund oder Dachs bezogen (ebd.). Die Außenbereiche der Burgen bieten Lebensraum und Nahrung für Fische und viele wirbellose Tierarten wie z.B. Flusskrebsen (ebd.).



Abbildung 11 Biberburg an der Uecker in Vorpommern (Schütz 2016)

Besonders große Burgen in kleineren Fließgewässern können unter Umständen ein Abflusshindernis sein. Außerdem können, nach Meinung des Verfassers, Bauteile von Burgen, vor allem wenn diese bei Hochwasser zerstört werden, zu möglichen Verklausungen führen.

4.1.6 Übertragung von Krankheiten

Die beiden gebietsfremden Nagetierarten Nutria und Bisam gelten als Krankheitsüberträger für Mensch und Nutztier (Biela 2008; Lubinski 2009). Der Bisam ist häufig Zwischenwirt verschiedener Krankheiten und Parasiten wie z.B. Fuchsbandwurm, Leptospiren (Landwirtschaftskammer Niedersachsen, 2014) und HANTA-Virus (DWA, 2016). Die Nutria kann Leberegel, Leptospirose, Tularmärie, Toxoplasmose und Hautpilze übertragen (Fritz, 2015).

Die renommierte deutschsprachige Fachliteratur über Biber enthält keine Angaben zu diesem Thema. Allerdings wird das Tier als möglicher Überträger von Tulamärie in der Pharmazeutischen Zeitung (2002) genannt.

4.2 VERHALTENSWEISEN - TIERARTBEZOGEN

Bisam und Nutria werden auf Grund ihrer Verhaltensweisen häufig als Schädlinge wahrgenommen. Nach dem Bundesartenschutzgesetz Anlage 1 gehören sie zu den Ausnahmen, welche nicht zu den besonders geschützten Säugetierarten zählen. Allerdings ist durch ihre weite Verbreitung eine Ausrottung in Europa nicht mehr umsetzbar (Böhmer, et al., 2001).

Der Biber hingegen ist unter besonderem Schutz gestellt (EG, 1992). Durch seine Verhaltensweise fördert er den natürlichen Lebensraum Flussaue in besonderem Maße. Die oben erläuterten Auswirkungen entsprechen zumeist den Zielen, welche die Wasserrahmenrichtlinie fordert (Bayrisches Landesamt für Umwelt a, 2009). Probleme mit Bibern entstehen häufig dort, wo z.B. Felder dicht an den Fluss heranreichen (Schwab b, 2014). Darüber hinaus ist die Beeinträchtigung der Deichzuverlässigkeit vor allem während eines Hochwasserereignisses ein zweiter großer Problempunkt.

In diesem Abschnitt werden zur besseren Übersicht die oben erläuterten Verhaltensweisen mit ihren Auswirkungen in Tabellen für das jeweilige Tier zusammengefasst.

4.2.1 Auswirkungen des Bisam

Darin bedeutet: grün = aus ökologischer Sicht

blau = aus ökonomischer Sicht

schwarz = beide Sichtweisen stimmen überein

Tabelle 2 Auswirkungen durch die Verhaltensweise des Bisams

Auswirkung	Vorteilhaft	Nachteilig
Grabtätigkeit	+stärkere Ufererosion, positiv wo kein wirtschaftlicher Schaden entsteht	-stärkere Ufererosion, Sedimentation durch Erdeintrag -Herabsetzung der Standsicherheit der Deiche
Fraßtätigkeit an landwirtschaftlichen Kulturen, Schilfflächen	+es entsteht Raum für konkurrenzschwächere Arten +stärkere Ufererosion, positiv wo kein wirtschaftlicher Schaden entsteht	-Verdrängung der Schilfbestände ohne Regeneration -Eutrophierung durch Pflanzenreste in Wasser -stärkere Ufererosion -Verluste in der Ernte
Fraßtätigkeit an Flussfauna	-	-Bestände der Flusskrebse, Flussmuschel stark gesunken (in Baden- Württemberg fast Ausrottung) -Bitterlingbestände indirekt betroffen
Bau von Burgen	+Lebensraum für viele Tierarten	-evtl. Abflusshindernis
Übertragung von Krankheiten	-	-Wirt verschiedener Krankheiten und Parasiten

4.2.2 Auswirkungen des Bibers

Tabelle 3 Auswirkungen durch die Verhaltensweise des Bibers

Auswirkung	Vorteilhaft	Nachteilig
Grabtätigkeit	+stärkere Ufererosion, positiv wo kein wirtschaftlicher Schaden entsteht	-stärkere Ufererosion, Sedimentation durch Erdeintrag -Herabsetzung der Standsicherheit der Deiche -Zerstörung der Grasnarbe
Fraßtätigkeit an landwirtschaftlichen Kulturen, Schilfflächen	+es entsteht Raum für konkurrenzschwächere Arten +stärkere Ufererosion, positiv wo kein wirtschaftlicher Schaden entsteht	-stärkere Ufererosion -Verluste in der Ernte
Beeinflussung des Wasserstands	+Entstehung von Biberseen als ausgedehnte Flachgewässer +Herabsetzung der Fließgeschwindigkeit +Retentionswirkung +Anhebung des Grundwasserspiegels	-evtl. Überschwemmungen von landwirtschaftlichen Nutzflächen bzw. vom Menschen besiedelter Flächen
Bau von Burgen	+mitnutzen von Randbereichen durch einige Säugetierarten +leere Burgen werden auch von anderen Tieren wiederverwendet z.B. Fuchs +Außenbereiche von Burgen von wirbellosen Tieren als Lebensraum genutzt	-evtl. Abflusshindernis

4.2.3 Auswirkungen der Nutria

Tabelle 4 Auswirkungen durch die Verhaltensweise der Nutria

Auswirkung	Vorteilhaft	Nachteilig
Grabtätigkeit	+stärkere Ufererosion, positiv wo kein wirtschaftlicher Schaden entsteht	-stärkere Ufererosion, Sedimentation durch Erdeintrag -Herabsetzung der Standsicherheit der Deiche
Fraßtätigkeit an landwirtschaftlichen Kulturen, Schilfflächen	+es entsteht Raum für konkurrenzschwächere Arten +stärkere Ufererosion, positiv wo kein wirtschaftlicher Schaden entsteht	-Verdrängung der Schilfbestände ohne Regeneration -Eutrophierung durch Pflanzenreste in Wasser -stärkere Ufererosion -Verluste in der Ernte
Fraßtätigkeit an Flussfauna	-	-Bestände der Flusskrebs Flussmuschel stark gesunken (in Baden-Württemberg fast Ausrottung) -Bitterlingbestände indirekt betroffen
Bau von Burgen	+Lebensraum für viele Tierarten	-evtl. Abflusshindernis
Übertragung von Krankheiten	-	-Wirt verschiedener Krankheiten und Parasiten

4.3 BEEINTRÄCHTIGUNG DER STANDSICHERHEIT VON DEICHEN

Treten die von den Tieren verursachten Auswirkungen an einem Deichbauwerk auf, so ist die Rede von einem Schaden. In diesem Abschnitt wird auf die von den Nagetieren verursachten wasserwirtschaftlichen Probleme genauer eingegangen. Zur Berechnung wird beispielhaft ein Erdbau in einem homogenen Deich angenommen. Dabei ist zwischen zwei unterschiedlichen Arten der Erdbauten zu unterscheiden. Eine Möglichkeit ist ein Erdbau in der wasserseitigen Böschung. Die andere Variante ist ein Erdbau in der landseitigen Böschung. Dieser Abschnitt wird zeigen, welche Unterschiede in der Beeinträchtigung der Standsicherheit durch die jeweilige Anlage entstehen. Die ausführlichen Berechnungen sind in Anhang A dargelegt.

4.3.1 Beeinflussung der Durchsickerung

Ein Deichkörper wird bei hohen Wasserständen durchströmt. Je länger dieser Zustand anhält, desto mehr Wasser fließt durch das Deichmaterial. Aus diesem Grund entsteht ein Potentialabbau vom Wasserstand an der Wasserseite zum (Grund-) Wasserstand an der Luftseite eines Deiches. Dies wird als Sickerlinie bezeichnet und muss vor allem bei Flussdeichen beachtet werden. Stellt sich die Sickerlinie durch die komplette Durchströmung des Deiches ein, kann es zur Ausspülung von Erdmaterial kommen (DWA, 2011).

Die Veränderung der Sickerlinie durch die von Tieren gegrabenen Hohlräume wurde in verschiedenen wissenschaftlichen Arbeiten bereits untersucht (z.B. Clauß, 2013; Alshomaree 2014; Taccari 2015). Der Sickerweg wird verkürzt und die Sickerlinie nach oben verschoben. Die Berechnungen in der genannten Literatur wurden alle numerisch durchgeführt. Analytische Abschätzungen können zum Beispiel nach Dachler, Pavlovsky und Kozeny-Casagrande unternommen werden (Haselsteiner, 2007).

a) Erdbau in der wasserseitigen Deichböschung

Alshomaree (2014) untersuchte diesen Zustand mit der Software GGU-SS-Flow2D bzw. GGU-SS-Flow3D und GGU-Transient an zwei gewählten Deichprofilen.

GGU-SS-Flow3D orientiert sich beispielsweise bei der Berechnung an dem Gesetz von Darcy (GGU, 2015):

$$0 = Q + k_r \cdot k_x \cdot \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + k_r \cdot k_y \cdot \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + k_r \cdot k_z \cdot \frac{\partial^2 h}{\partial z^2}.$$

Darin sind: k_x, k_y, k_z [m/s] Durchlässigkeitswerte für die x- und y-Richtung
 h [m] Standrohrspiegelhöhe
 k_r [-] Beiwert zur Bestimmung der Durchlässigkeit im ungesättigten Bereich
 Q [m^3/s] Wassermenge
 x, y, z [m] Koordinaten.

Die Berechnungen wurden an einem homogenen Deich und einem Deich mit einer Außendichtung aus bindigem Boden durchgeführt. Für den Fall der stationären Durchsickerung verändert sich die Lage der Sickerlinie bei einem Deich mit Erdbau im Vergleich zu einem Deich ohne Erdbau nach oben. Die Austrittshöhe an der landseitigen Böschung ist höher und damit auch die austretende Wassermenge größer. Im Vergleich ist

die Sickerströmung im homogenen Deich nicht so stark verändert, wie im Deich mit Außendichtung. Der Unterschied erklärt sich mit der ohne Schaden schon vorhandenen hohen Durchsickerung des homogenen Deiches. Die Modifikation von Länge oder Art der in diesem Fall untersuchten Erdbauten bewirken keinen großen Unterschied bei den Austrittsmengen. Weiter überprüfte Alshomaree (2014) auch die Veränderung infolge instationärer Strömung an den beiden Deichprofilen. Die Berechnungen erbrachten keine wesentlichen Unterschiede. Sie weist darauf hin, dass durch den Erdbau der Porenwasserdruck unter der Dichtung bei einem Deich mit Oberflächendichtung sehr stark ansteigt und somit ein Aufschwimmen bzw. Abgleiten dieser Schicht verursachen kann. Außerdem zeigt sie, dass die veränderte Durchsickerung aufgrund von Hohlräumen auch in der Breite des Deiches noch einen großen Einfluss hat.

b) Erdbau in der landseitigen Deichböschung

Erfahrungen aus Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern zeigen, dass Biber und Bisam sich im Falle von existierenden Deichhintergräben auch Erdbauten an der Landseite eines Deiches anlegen. Dieser Fall wurde für das homogene Deichprofil nach Alshomaree (2014) mit dem Verfahren nach Casagrande für den stationären Fall untersucht. Der instationäre Fall und das Deichprofil mit Abdichtung wurden nicht verwendet, da nach den Berechnungen von Alshomaree (2014) die Sickerlinie für die dort angenommenen Hochwassereignisse nicht bis zum Erdbau an der Landseite vordringt.

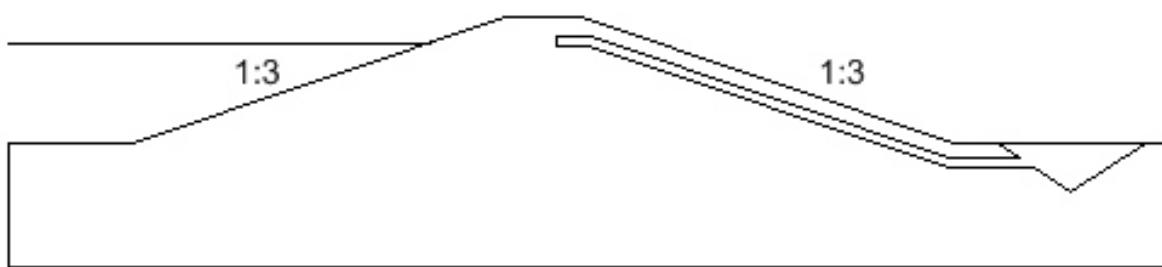


Abbildung 12 Homogenes Deichprofil mit Erdbau an der Landseite (Überdeckung 0,6 m)

Der Deich ist 10 müNN, das Vor- und Hinterland 5 müNN hoch. Die Krone ist 3 m breit. Der Erdbau hat einen Durchmesser von 0,4 m und eine Überdeckung von 0,6 m. Der Eingang befindet sich im Deichhintergraben. Die Oberkante der Erdbauröhre ist 0,6 m unter dem Wasserstand des Grabens, welcher bei 5 müNN liegt. Wie bei Alshomaree (2014) ist der Wasserstand an der Wasserseite bei 9 müNN.

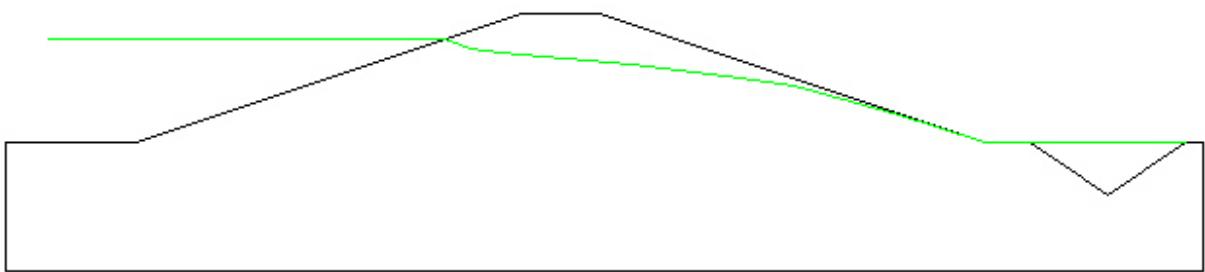


Abbildung 13 Sickerlinienverlauf (grün) im gewähltem schadlosen Deich

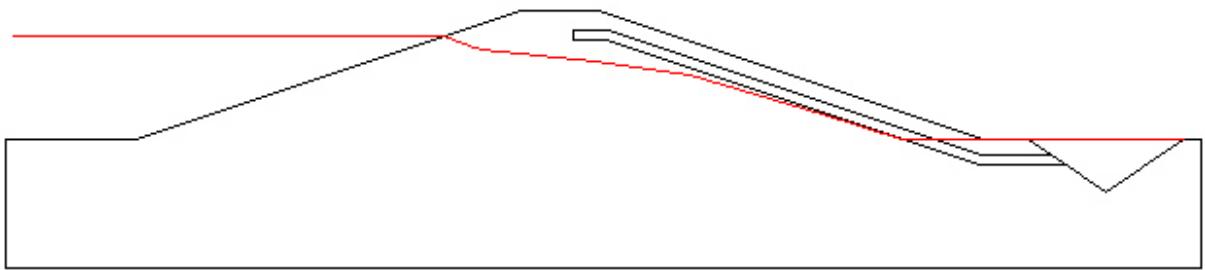


Abbildung 14 Sickerlinienverlauf (rot) im gewähltem Deich mit landseitigem Erdbau

Es ist erkennbar, dass die Sickerlinie beim Deich mit Erdröhre im ebenen Fall tiefer verläuft (siehe Abbildung 13 und 14). Dies kann durch die drainierende Wirkung der Röhre verursacht werden. Das in der Röhre austretende Wasser läuft durch diese in den Graben ab. Daraus erklärt sich, warum kein Wasser an der landseitigen Böschung austritt. Innerhalb der Röhre tritt das Wasser bei einer Höhe von 1,02 m aus. Der spezifische Ausfluss beträgt dabei $1,63 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{sm}$. Hieraus kann folgen, dass ein Erdbau eventuell durch punktuelle Quellen und Wirbel im Hintergraben feststellbar ist. Im Gegensatz dazu tritt bei den hier durchgeführten Untersuchungen beim schadlosen Deich das Wasser bei 1,09 m mit einem spezifischen Ausfluss von $1,42 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{sm}$ an der landseitigen Böschung aus.

Das Ergebnis dieser veränderten Durchsickerung kann eine verstärkte Erosion im Hohlraum sein. Dies und der Einfluss auf die Böschungsstandsicherheit wird nachfolgend näher untersucht.

4.3.2 Beeinträchtigung der Böschungsstandsicherheit

Anhand der starken Durchsickerung und der Anlage von Erdbauten wird eine mögliche Beeinflussung der Standsicherheit überprüft. Nachfolgend ist die Untersuchung mittels verschiedener Berechnungsverfahren veranschaulicht.

a) Erdbau in der wasserseitigen Deichböschung

Alshomaree (2014) untersuchte in ihrer Arbeit auch die Böschungsstandsicherheit der wasserseitigen Böschung bei sehr schnellem Sinken des Wasserstandes mithilfe der Software GGU-Stability. Dabei wurde das Lamellenverfahren nach Bishop und nach DIN 4084:2009 verwendet. Zusätzlich wurde eine Auflast auf der Deichkrone von 10 kN/m^2 angenommen.

Die Deichprofile ohne Erdbau gelten nach der Berechnung als standsicher. Bei den Profilen mit Erdbau zeigte der homogene Deich eine bessere Standsicherheit als der Deich mit einer wasserseitigen Deckschicht. Die Sicherheit der Böschung konnte aber „vor Erreichen des Wasserstands des Deichfußes“ nicht mehr berechnet werden (Alshomaree, 2014). Alshomaree (2014) vermutet, dass dies aus dem Aufschwimmen der Dichtung resultiert.

Aus der Untersuchung lässt sich schließen, dass ein Deich mit einer außenliegenden Dichtung durch einen Schaden an dieser, in seiner Standsicherheit stark beeinträchtigt wird. „In Bereichen der möglichen Wühlaktivität wäre [es] also empfohlen, auf den Deich mit Oberflächendichtung zu verzichten“ (Alshomaree, 2014).

In der Praxis brechen die Hohlräume sehr häufig ein. Weitere Beeinträchtigungen wie bspw. Erosion in der Röhre wurden nicht betrachtet, somit ist die Möglichkeit eines Böschungsbruchs vermutlich noch größer als ihre Berechnungen zeigen.

Wie oben bereits beschrieben, ist das Bodenmaterial einer Deckschicht bei Fehlstellen stark durch Aufschwimmen bzw. Abgleiten gefährdet. Dieser Fall wird mithilfe des Standsicherheitsnachweises nach Courtney nachfolgend untersucht.

Bei diesem Verfahren werden drei Annahmen getroffen (aus Stamm, et al., 2014):

- die Gleitflächen sind bekannt (Kreis, gerade Strecken)
- bei den stabilisierenden Kräften wird mit der Dichte vor dem Absenken gerechnet
- bei den abtreibenden Kräften wird mit der Dichte nach dem Absenken gerechnet

Es wird ein Gleichgewicht der horizontalen Kräfte aufgestellt. Anschließend werden die stabilisierenden durch die abtreibenden Kräfte geteilt. Die Deckschicht besteht bei dem zu untersuchenden Deich aus bindigem Boden (Ton) mit einer dichten Grasnarbe darauf.

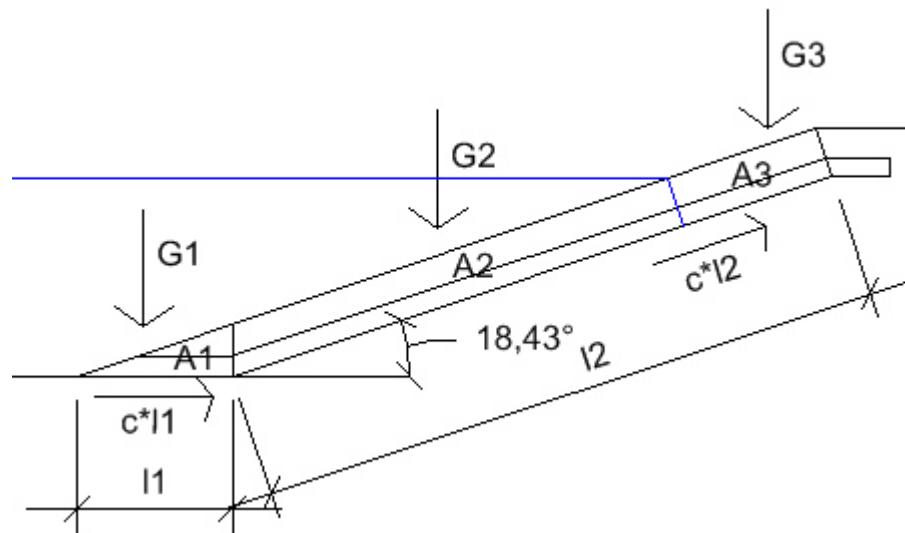


Abbildung 15 Kräfte für die Berechnung der Standsicherheit der Deckschicht mit Erdbau

Für das in dieser Arbeit betrachtete Beispiel ist der Neigungswinkel gleich $18,43^\circ$ (vgl. Abbildung 15).

$$\eta_{vorh} = \frac{\sum H_{stab}}{\sum H_{ab}} = \frac{c \cdot l_1 + G_1 \tan \varphi (G_2' + G_3) (\cos 18,43^\circ)^2 \cdot \tan \varphi + c \cdot l_2 \cdot \cos 18,43^\circ}{(G_2 + G_3) \cdot \sin 18,43^\circ \cos 18,43^\circ}$$

Darin bedeuten:	$G_i(\cdot)$	[kN]	Gewichtskraft des Boden (mit Feuchtraumwichte bzw. Wichte unter Auftrieb berechnet)
	ϕ	[°]	Reibungswinkel der Deckschicht
	c	[kN/m ²]	Kohäsion der Deckschicht
		[m]	Längenmaß, über welches die Kohäsion wirkt.

Der Nachweis ist eingehalten, wenn:

$$\eta_{vorh} > \eta_{erf} = 1,4$$

beträgt. Der Wert von 1,4 kommt durch den hohen Einfluss der Kohäsion zustande (Stamm, et al., 2014).

Im betrachteten Beispiel (Abbildung 15) wurde die Standsicherheit räumlich untersucht. Der Erdbau mit einem Durchmesser von 0,4 m unter einer Überdeckung von 0,6 m beginnt am wasserseitigen Deichfuß und verläuft parallel zur Böschung. Die Bodenkennwerte sind wie in den anderen Rechenbeispielen von Alshomaree (2014) übernommen. Für den schadlosen Fall ist der Nachweis der Standsicherheit mit $\eta_{vorh} = 2,01 > 1,4 = \eta_{erf}$ eingehalten. Beim Deich mit Erdbau ist der Nachweis nicht eingehalten. Die Kohäsion wurde im Schadfall wegen des hohen Porenwasserdrukcs und des fehlenden Bodens über den größten Teil der Gleitfläche

gleich Null gesetzt und somit vernachlässigt. Daher ergibt sich $\eta_{vorh} = 1,06 < 1,4 = \eta_{erf}$. Der Nachweis ist damit nicht erbracht.

Daraus folgt, dass diese Böschung durch die Erdröhre nicht nur beeinträchtigt ist, sondern die Standsicherheit nicht mehr nachgewiesen werden kann. Die hier untersuchten Fälle sind zur Veranschaulichung und zum Vergleich des schadhaften und schadlosen Deiches beispielhaft angenommen. Eine Berechnung mit anderen Bodenparametern oder einem anderen Röhrenverlauf wird wahrscheinlich ähnliche Unterschiede in den Ergebnissen hervorbringen.

a) Erdbau in der landseitigen Deichböschung

Wie oben beschrieben, tritt in der Praxis auch das Problem eines Erdbaus an der landseitigen Böschung auf. Im Folgenden wird das homogene Deichprofil aus den Untersuchungen von Alshomaree (2014) verwendet, um die Auswirkungen dieser Situation zu überprüfen. Die Berechnung für den räumlichen Fall erfolgte mit dem Lamellenverfahren nach Fellenius. Bei diesem Verfahren wird der Erddruck zwischen den Lamellen vernachlässigt und das Gleichgewicht der horizontalen Kräfte nicht betrachtet (Herle, 2011). Die Einwirkungen (treibende Momente) errechnen sich aus der Gewichtskraft und gegebenenfalls aus einem äußeren vertikalen Druck und/oder dem Wasserdruck.

$$E = \sum M_T = Sh + r \sum (G_i + P_i) \sin \alpha_i$$

Darin sind:	E	Einwirkung
	M_T	treibendes Moment
	S	Strömungskraft infolge von Potentialunterschied des Porenwassers
	h	Abstand zwischen Resultierender S und dem Mittelpunkt des Gleitkreises
	r	Radius des Gleitkreises
	G_i	Gewichtskräfte der Lamellen i
	P_i	Druckkraft von außen
	α_i	Winkel zwischen der Gewichtskraft und der jeweiligen Normalkraft an der Unterseite der Lamelle i.

Die Widerstände (haltende Momente) beinhalten die Tangentialkräfte (Gewichtskraft und Druckkraft von außen) und die Kohäsion.

$$R = \sum M_H = r \sum \left[(G_i + P_i) \cos \alpha_i \tan \varphi_i + c_i \frac{b_i}{\cos \alpha_i} \right]$$

- Darin sind:
- R Widerstand
 - M_H haltendes Moment
 - ϕ Reibungswinkel
 - c_i Kohäsion der Lamelle i
 - b_i Breite der Lamelle i.

Der Nachweis der Standsicherheit ist eingehalten, wenn:

$$\mu = \frac{E}{R} < 1, \text{ bzw. } \eta = \frac{R}{E} > 1$$

ist (Herle, 2011).

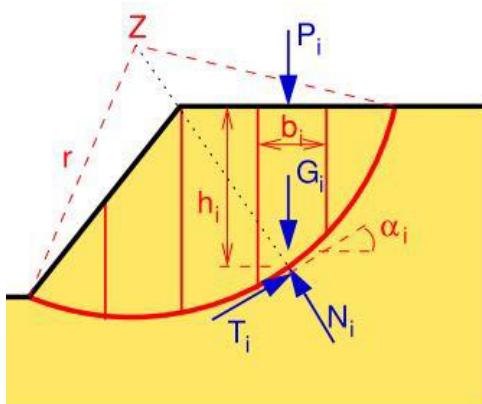


Abbildung 16 Skizze einer Böschung zum Verständnis der Variablen (Herle, 2011)

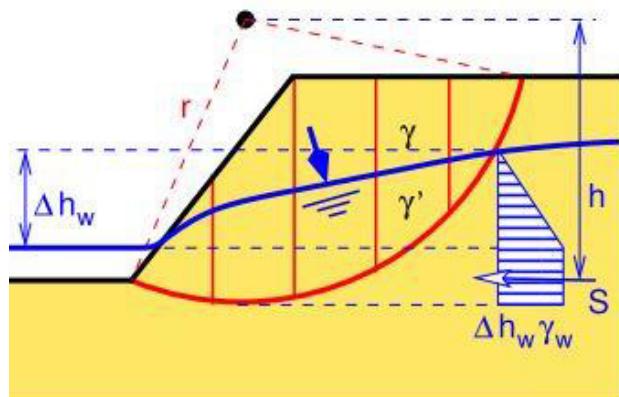


Abbildung 17 Skizze einer von Grundwasser beeinflussten Böschung (Herle, 2011)

Bei der Überprüfung der Standsicherheit wird die Beeinflussung durch den Erdbau im homogenen Deichquerschnitt in 4 Fälle eingeteilt. Dabei bedeuten:

- Fall 1: homogener Deich ohne Sickerlinie und Erdbau
- Fall 2: homogener Deich ohne Sickerlinie mit Erdbau
- Fall 3: homogener Deich mit Sickerlinie ohne Erdbau
- Fall 4: homogener Deich mit Sickerlinie und Erdbau

Zunächst werden Fall 1 und 2 außerhalb eines Hochwasserereignisses, also ohne Sickerlinie näher betrachtet (siehe Abbildung 18 und 19).

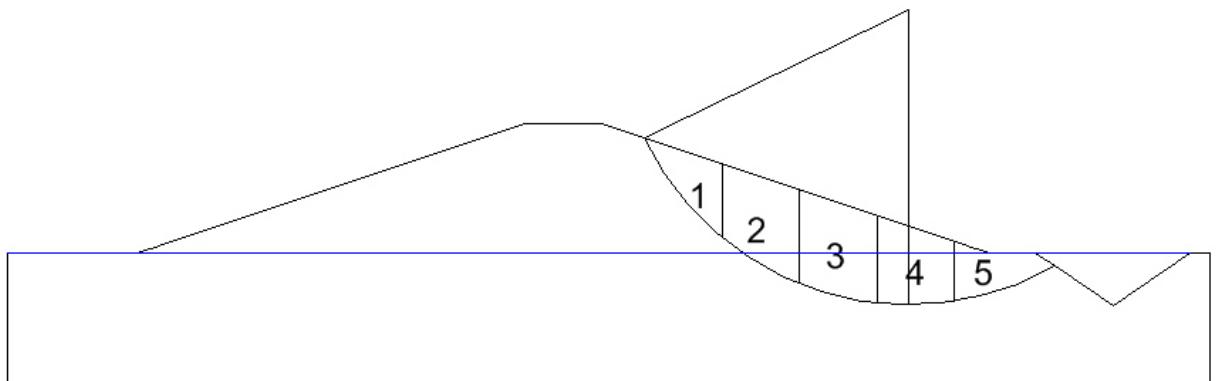


Abbildung 18 Homogenes Deichprofil Fall 1

In Fall 1 beträgt das Verhältnis μ der Einwirkungen zu den Widerständen beim schadlosen homogenen Deich gleich $0,47 < 1$. Damit gilt die Böschung als standsicher.

Als Folge des gegrabenen Erdbaus ist das Volumen der Lamellen kleiner, wodurch sich die haltenden aber auch die treibenden Kräfte verringern. Das Verhältnis μ ist in diesem Fall 2 mit 0,45 fast gleich dem aus Fall 1. Es kann also keine Beeinflussung der Standsicherheit außerhalb von Hochwassereignissen nachgewiesen werden.

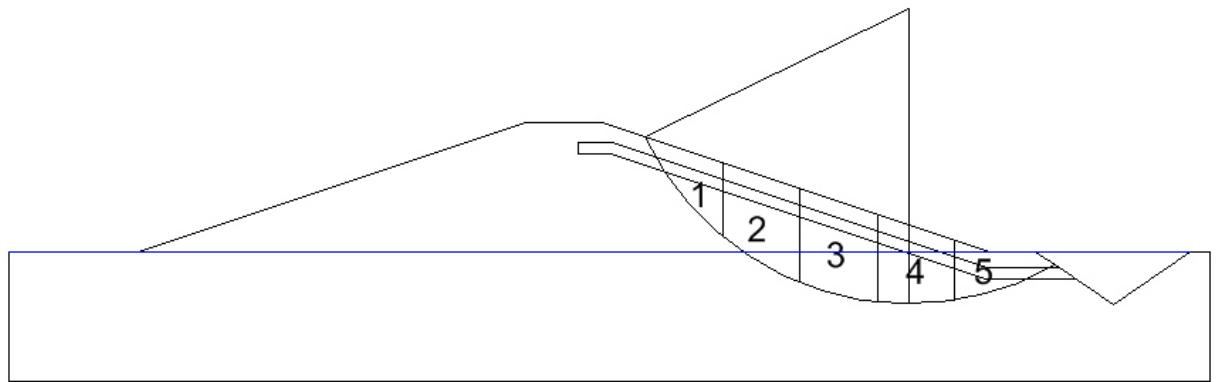


Abbildung 19 Homogenes Deichprofil Fall 2

Weiter wird die Standsicherheit im stationären Fall 3 und 4 überprüft (siehe Abbildung 20 und 21). Die Sickerlinien sind dem vorangegangenen Abschnitt entnommen. Nach den Berechnungen aus Anhang A ist die Böschung ohne Erdbau gerade noch standsicher $\mu = 0,99 < 1$. Der hohe Ausnutzungsgrad ergibt sich vor allem aus der stark abnehmenden Kohäsion durch die langanhaltende stationäre Durchsickerung. Darüber hinaus ist auch hier ähnlich Fall 2 das Volumen der Lamellen kleiner. Die Sickerlinie verläuft in Fall 4 wie bereits oben erläutert etwas niedriger als in Fall 3. Aus diesem Grund ist die einwirkende Kohäsion etwas stärker als bei Fall 3. Zusätzlich ist die Strömungskraft, bedingt durch die niedriger liegende Sickerlinie,

vor Erreichen der Röhre kleiner, als beim schadlosen Deich. Hieraus ergibt sich eine leicht standsichere Böschung mit $\mu = 0,93 < 1$.

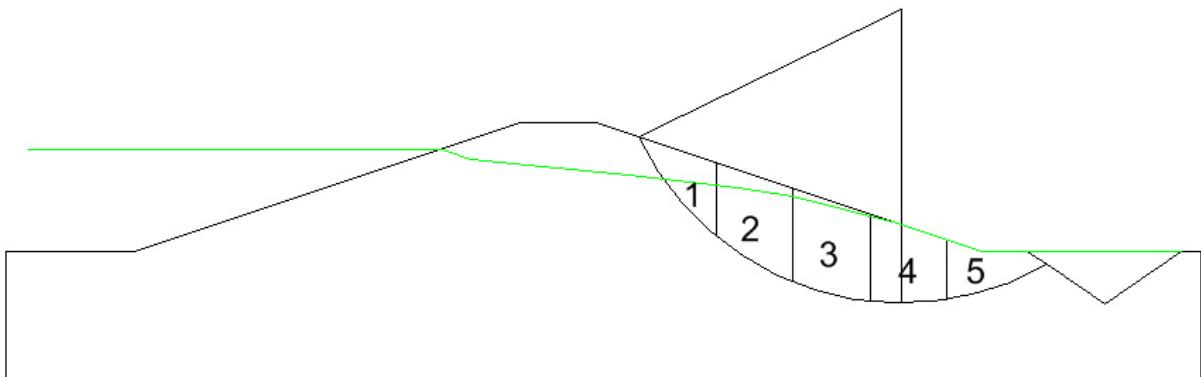


Abbildung 20 Homogenes Deichprofil Fall 3

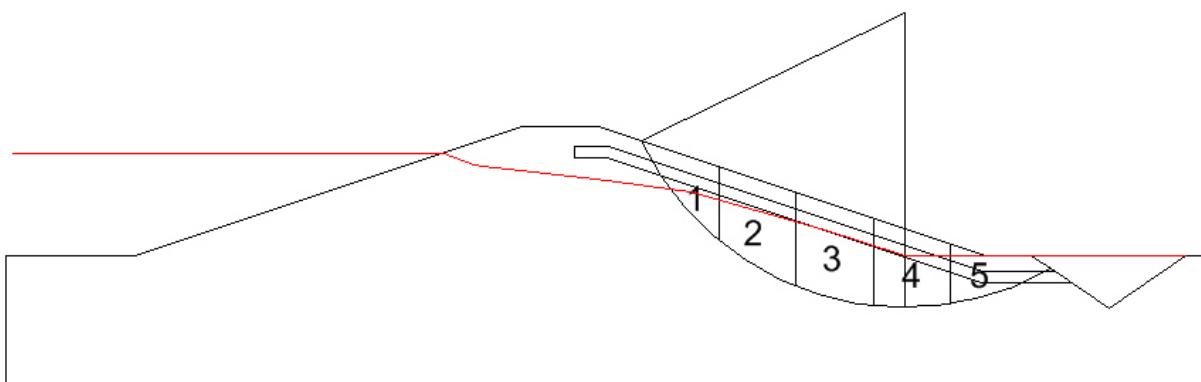


Abbildung 21 Homogenes Deichprofil Fall 4

Die untersuchten Fälle zeigen, dass die Böschungsstandsicherheit vor allem durch die Durchsickerung, nicht aber durch den Erdbau maßgeblich beeinflusst wird.

4.3.3 Erosion innerhalb der Erdbauröhre

Wie im vorangegangenen Abschnitt erläutert, kann bei Böschungsbruch auch die Erosion innerhalb der Erdbauröhre eine große Rolle spielen. Haselsteiner et al. (2004) beschreibt den einfachen Einsturz durch Wühltiergänge oder verrottete Wurzeln im Boden. Die Böschungen brechen fast immer nach dem Hochwasserereignis ein. Ein Grund dafür, dass das Böschungsversagen erst später auftritt, kann u.a. der hohe Durchwurzelungsgrad des Bodens sein. Durch die Grasnarbe wirkt sie sich wie eine Bewehrung auf den Boden aus, denn „das Wurzelnetzwerk verbindet die Aggregate und festigt [...] das Gefüge“ (Richwien, et al., 2006).

In der Vergangenheit ist die Erosion in Hohlräumen eines Deiches bereits untersucht worden. Wan et al. (2004) entwickelten den Hole-Erosion-Test um dieses Verhalten zu messen. Sie

erkannten, dass der Auslöser für den Beginn der Erosion ein Druckunterschied am Ein- und Auslauf der Röhre ist. Die Erosion beginnt nach (Bezzazi, et al., 2010) dann, wenn:

$$\Delta P \geq \frac{2L\tau_s}{R_0}$$

eintritt.

Darin sind:	ΔP	[Pa]	Druckdifferenz zwischen Ein- und Auslauf der Röhre
	L	[m]	Länge der Röhre
	R_0	[m]	Radius der Röhre vor Einsetzen der Erosion
	τ_s	[Pa]	kritische Schubspannung eines Materials, bei welcher die Erosion einsetzt.

Die Vergrößerung des Radius im Hohlraum kann demnach mit folgender Formel in Abhängigkeit der Zeit beschrieben werden:

$$R(t) = \left(R_0 - \frac{2L\tau_s}{\Delta P} \right) \exp \left(\frac{c_{er}\Delta P}{2\rho_d} t \right) + \frac{2L\tau_s}{\Delta P}.$$

Darin sind:	$R(t)$	[m]	Radiusvergrößerung in Abhängigkeit von der Zeit
	c_{er}	[s/m]	Koeffizient der Oberflächenerosion des betrachteten Erdmaterials
	ρ_d	[kg/m³]	Dichte des Erdmaterials.

Nach Wahl (2010) kann die Variable c_{er} mit dem - Erosion Rate Index - I_{HET} berechnet werden. I_{HET} kann einen Wert zwischen 1 und 6 annehmen (Wan, et al., 2004). Schnell erodierende Böden werden durch den Wert $I_{HET} = 1$ charakterisiert, Böden die nur schwer erodierbar sind, erhalten einen Wert von $I_{HET} = 6$. Eine Übersicht ist in Tabelle 5 enthalten. Die Umrechnung erfolgt durch:

$$c_{er} = 10^{-I_{HET}}.$$

Tabelle 5 Übersicht Erosion Rate Index und dessen Beschreibung (Wan, et al., 2004)

Lfnr.	Erosion Rate Index	Beschreibung
1	< 2	Extrem schnell
2	2 – 3	Sehr schnell
3	3 – 4	Schnell
4	4 – 5	Langsam
5	5 – 6	Sehr langsam
6	> 6	Extrem langsam

Taccari (2015) untersuchte die Erosion eines Erdbaus. Dafür nahm sie eine durchgängige Röhre von der Wasser- bis zu Landseite des von ihr betrachteten Deiches an. Der Radius in der Berechnung betrug zu Beginn 0,2 m und verdreifachte sich nach 3 Stunden auf 0,6 m bei einem Druckunterschied von 51.607,29 Pa (~ 5,16 m).

Bei dem Deich mit Erdbau in der wasserseitigen Böschung nach Alshomaree (2014), setzt nach den Berechnungen keine Erosion ein. Die Bedingung, damit die Erosion beginnt, ist nicht eingehalten. Dies hängt damit zusammen, dass das Ende des Erdbaus immer im Trockenen liegt und somit dort, wie auch außerhalb des Deiches, das gleiche Potential vorliegt.

Weiter wurde ein Vergleich der Absunkgeschwindigkeit des Hochwassers und der kritischen Geschwindigkeit, bei der das Bodenmaterial beginnt zu erodieren, überprüft. Die Absunkgeschwindigkeit des Hochwasserereignisses ist wesentlich langsamer, als die kritische Geschwindigkeit v_{krit} des Bodens, bei welcher die Erosion beginnt (Bollrich, 2013). Lockerer Schlamm bzw. Ton hat ein v_{krit} von 0,1 – 1,0 m/s. Polygonzug 1 hat eine Absunkgeschwindigkeit $v_{sunk} = 0,000005$ m/s und Polygonzug 2 eine von 0,0000025 m/s (aus Alshomaree, 2014). Damit sind diese Geschwindigkeiten deutlich kleiner als die kritischen und es wird keine Erosion ausgelöst.

Für den Deich mit Erdbau in der landseitigen Böschung tritt nach diesem Ansatz ebenfalls keine Erosion ein. Die Röhre wird durch das aus dem Deichkörper austretende Wasser nicht vollständig wassergefüllt sein. Somit handelt es sich nicht um einen Druckabfluss.

Eine Erosion ist jedoch durch einen Vergleich der einwirkenden und kritischen Geschwindigkeit des Deichmaterials in den Berechnungen nachgewiesen. Die Erosion beginnt demnach ab einer Wassertiefe des austretenden Wassers in der Röhre von 2 mm.

Erdbauten gegraben durch Bisam, Biber und Nutria verlaufen meist parallel zur Geländeoberkante der Böschung. Eine Röhre quer durch den Deichkörper wie Taccari (2015) ihn untersucht, ist daher durch die betrachteten Nager sehr unwahrscheinlich. Allerdings ist es möglich, dass andere Tiere wie zum Beispiel der Fuchs oder das Wildkaninchen durchaus zum Graben solch einer Anlage im Stande sind.

4.3.4 Erosion der wasserseitigen Deichböschung

Die Grasnarbe eines Deiches wird durch auf- und ablaufende Wellen stark mechanisch beansprucht. Dies kann besonders an der Küsten beobachtet werden. Darüber hinaus können Wellen auch an Seen und Flussmündungen bzw. breiteren Flüssen Erosionsschäden an Deichen hervorrufen. Geschützt wird die Böschung vor diesem Mechanismus durch die Grasnarbe. Je besser deren Qualität ist, desto effektiver hält sie gegen die Erosion (Richwien, et al., 2006). In einigen Fällen hat der Biber während eines Hochwasserereignisses die Grasnarbe geschädigt, um an den Schlamm als Baumaterial zu gelangen¹¹. Auch infolge des Erdeintrags während des Grabens wird die Qualität der Grasnarbe im Umkreis des Erdbaus verschlechtert. Deshalb wird dieser Sachverhalt in diesem Abschnitt untersucht. Zunächst ist zu überprüfen, ob eine Oberflächenerosion überhaupt einsetzt. Dafür wird die einwirkende Schubspannung mit der kritischen Schubspannung der Oberfläche verglichen. Bei dem Deichquerschnitt ist der höchste Wasserstand = 9 m üNN. Das Gefälle des Fließgewässers wird mit $I_0 = 0,05\%$ angenommen. Die einwirkende Schubkraft an Böschungen kann mit:

$$\tau_{einw} = 0,75 \cdot \gamma_w \cdot h \cdot I_0$$

bestimmt werden (Stamm a, et al., 2014).

Darin sind: τ_{einw} [N/m²] einwirkende Schubspannung auf die geneigte Oberfläche

¹¹ Mdl. Hr. Wappler, StALU WM, 2016

γ_w	[N/m³]	Wichte des Wassers
h	[m]	Wassertiefe
I_0	[-]	Gefälle des Fließgewässers.

Eine Erosion beginnt, wenn der Fall eintritt, dass:

$$\tau_{einw} > \tau_{krit}$$

ist. Im Rechenbeispiel ist die einwirkende Schubkraft $\tau_{einw} = 15 \text{ N/m}^2$. Nach Bollrich (2013) ist die kritische Schubspannung für:
Rasen (lange Belastung) $\tau_{krit} = 15 \text{ N/m}^2$,
Lehm/Ton/Schlamm $\tau_{krit} = 12 \text{ N/m}^2$ und
Lockerer Lehm $\tau_{krit} = 3,5 \text{ N/m}^2$.

Somit ist eine Erosion bei Rasen eher wahrscheinlich und bei Lehm, Ton und Schlamm sicher. Im nächsten Schritt soll eine Erosionstiefe für einen vorgegebenen Zeitraum berechnet werden. Seiffert und Verheij (1998) haben nach ihren Messungen eine Formel entwickelt, welche die Erosionsdauer einer Deckschicht berechnet:

$$t_E = \frac{d_E}{H_s^2 \cdot C_E}.$$

Umgestellt kann die Erosionstiefe nach einem bestimmten Zeitraum ermittelt werden:

$$d_E = H_s^2 \cdot C_E \cdot t_E.$$

Darin sind:	d_E	[m]	Erosionstiefe
	H_s	[m]	signifikante Wellenhöhe
	t_E	[s]	Erosionsdauer
	C_E	[1/(sm)]	Faktor zur Beschreibung der Grasnarbenqualität (siehe Tabelle 6)

Tabelle 6 Faktor C_E zur Berücksichtigung der Qualität der Grasnarbe nach Seiffert und Verheij (1998)

Qualität der Grasnarbe	C_E [1/(ms)]
Gut	$0,5 * 10^{-6}$ bis $1,5 * 10^{-6}$
Mittel	$1,5 * 10^{-6}$ bis $2,5 * 10^{-6}$
Schlecht	$2,5 * 10^{-6}$ bis $3,5 * 10^{-6}$

Die signifikante Wellenhöhe ist im Rechenbeispiel mit 0,1 m nach der Beaufort-Skala See ermittelt worden. Demnach beschreibt die angenommene signifikante Wellenhöhe „kleine schuppenförmig aussehende Kräuselwellen ohne Schaumkämme“ (Deutscher Wetterdienst, o.J.). Zum Vergleich wird in der Berechnung die Qualität der Grasnarbe einmal als gut und einmal als schlecht angenommen. Im Beispiel tritt am geschädigten Deich über einen Einwirkungszeitraum des Hochwasserereignisses von $t_E = 9$ Tagen eine Erosionstiefe von 3 cm ein. Die Oberfläche des schadlosen Deiches erodiert in dieser Zeitspanne dagegen nicht.

Aus den Berechnungen kann abgeleitet werden, dass die Oberflächenerosion durch die mechanische Einwirkung von Wellen und Schleppkraft zwar beeinflusst wird, der Schaden für den überprüften Einwirkungszeitraum allerdings relativ klein bleibt. Selbst bei einer Einwirkungsdauer von 3 Wochen werden insgesamt 6 cm der Deckschicht abgetragen. Somit wird die Standsicherheit des Deiches erhalten bleiben.

4.3.5 Übersicht der Berechnungsergebnisse

Die zuvor erläuterten Berechnungswege und Ergebnisse sind in der Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7 Übersicht der eigenen Berechnungsergebnisse

Homogener Deich	Ohne Erdbau	Mit Erdbau landseitig
Beeinflussung der Durchsickerung	Austrittshöhe h_A der Sickerlinie: spezifischer Ausfluss q_A	$h_A = 1,09 \text{ m}$ $q_A = 1,42 * 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$
Beeinträchtigung der Böschungsstandsicherheit mit Lamellenverfahren nach Fellenius	Fall 1 und 2: $\mu_{\max} = 1$ Fall 3 und 4	$\mu = 0,47 < 1$ Nachweis erbracht $\mu = 0,99 < 1$ Nachweis erbracht
Erosion innerhalb der Erdröhre	Erosionsbedingung: $\tau_{\text{krit}} < \tau_{\text{einw}}$	- $12 < 56,35 \text{ N/m}^2$ Erosion findet statt

Deich mit Deckschicht		Ohne Erdbau	Mit Erdbau
			wasserseitig
Standsicherheit der Deckschicht mit Verfahren Nach Courtney	$\eta_{\min} = 1,4$	$\eta = 2,01 > 1,4$ Nachweis erbracht	$\eta = 1,06 < 1,4$ Nachweis nicht erbracht
Deich mit Deckschicht		Grasnarbe	Grasnarbe durch
		ungeschädigt	Biber geschädigt
Erosion der wasserseitigen Böschung	Erosionstiefe e $= 9 d:$	nach Einwirkung t	$e = 0 \text{ cm}$ $e = 3 \text{ cm}$

4.4 HINWEISE FÜR EINEN PHYSIKALISCHEN MODELLVERSUCH

Zum Verständnis eines Versagensmechanismus kann ein physikalischer Modellversuch i.d.R. beitragen. Hierfür sind in diesem Fall die ungleichen Bedingungen zu berücksichtigen. So sind der Röhrenverlauf, -durchmesser und die Überdeckung für die verschiedenen Nagetiere unterschiedlich stark ausgeprägt. Selbst bei nur einer Tierart existieren diverse Anlagentypen. Numerische und analytische Berechnungen in vorangegangenen Forschungsarbeiten zeigen, dass die Röhren in der wasserseitigen Böschung bei verschiedenen Nachweisberechnungen in der Regel einen negativen Einfluss auf die Standsicherheit haben. Das Ergebnis der rechnerischen Beschreibung des Schadens ist häufig ein Versagen der Böschung.

Wenn Versuche praxisnahe erreicht werden sollen, muss eine Reihe an Parameter berücksichtigt werden. Dazu zählen beispielsweise die Böschungsneigung, der Durchwurzelungsgrad, die Bodenparameter, die Art und Dauer des Hochwasserereignisses und der Aufbau des Erdbaus der zu betrachtenden Nagetierart. Eine Skalierung der Graswurzeln ist schwierig, daher kann der Maßstab nur bei 1:1 liegen. Darüber hinaus dürfte das Herstellen einer realitätsnahen Nagettiröhre problematisch werden. Es ist zu überlegen, ob ein ausführlicher physikalischer Modellversuch in diese Richtung zielführend und umsetzbar ist, denn er ist nur mit hohem Aufwand durchführbar.

Für Informationen zum genauen Versuchsaufbau des physikalischen Modellversuchs wird auf Alshomaree (2014) verwiesen.

5 GEGENMAßNAHMEN

Um Schäden infolge der Wühlaktivität der drei Nagetiere zu vermeiden, sind bereits einige Maßnahmen im Merkblatt DVWK-M 247/1997 vorgeschlagen. Inzwischen sind mögliche neue Gegenmaßnahmen entwickelt worden. Die Einteilung erfolgt in Sicherungsmethoden und Bestandsregulierung.

5.1 SICHERUNGSMETHODEN

5.1.1 Maßnahmen nach DVWK-M 247/1997

In diesem Unterkapitel werden die in dem Merkblatt (DVWK-M 247/1997) vorgeschlagenem Gestaltungshinweise vorgestellt. Dabei werden diejenigen Maßnahmen nicht besonders ausführlich erläutert, welche bereits im Merkblatt als unwirksam oder ungeeignet gekennzeichnet sind.

Bisam

- a) Naturnahe Gestaltung der Ufer

Mit der naturnahen Gestaltung der Ufer ist unter anderem die Herstellung von Flachufer und Uferbermen im Sommermittelwasserbereich gemeint. Es geht darum, eine „Uferstruktur zu schaffen, die dem Bisam nicht zusagt“ (DVWK, 1997). Diese Maßnahme lässt sich beispielsweise durch eine Deichrückverlegung verwirklichen. Dazu wird ein mindestens 10 m breiter Uferstreifen mit Bäumen und Sträuchern bepflanzt (ebd.).

In dem Projekt zur „Renaturierung der Hase-Aue – Folgen für die Strukturkomplexität und die Besiedlung durch Flora und Fauna“ haben sich u.a. Bisam, Biber und Nutria angesiedelt (Remy, o.J.). Nach der Schaffung einer Weichholzaue und dem Aussetzen der Bejagung verringerte sich die Bisam- und Nutriapopulation deutlich¹². Somit hat sich der Zusammenhang zwischen dem Rückgang der Bisampopulation und der Anlage von Ufergehölzstreifen in der Praxis bestätigt.

- b) Holz – Pfahlwände und Packfaschinat

Durch einen behutsamen und lückenlosen Einbau von Holzpfählen lässt sich eine bisamsichere Böschung herstellen. Allerdings sind auf längere Zeit Schäden infolge von

¹² Email von Hr. Dr. Remy, Universität Osnabrück, 2016

Materialverschleiß nicht auszuschließen (DVWK, 1997). Ähnlich verhält es sich mit dem Packfaschinat. Bei dieser Bauweise werden 20 – 30 cm dicke Schichten aus Faschinen über Kreuz verlegt. Alle 60 cm sind die Faschinen mit Wippen befestigt. Die Zwischenräume werden mit einer ebenso 20 – 30 cm dicken Schicht aufgefüllt und verdichtet (Nakoinz, 2010). Diese Maßnahme wurde im Zusammenhang mit einer Bisambekämpfung in Deutschland noch nicht angewendet, sodass die Wirksamkeit nicht nachweisbar ist (Ergebnisse der Umfrage 2016).

c) Steine – Steinschüttung und Steinsatz/Betongittersteine

Durch geschüttete oder gesetzte Steine werden die Ufer bisamsicher verbaut. Allerdings handelt es sich hierbei um ingenieurtechnische Maßnahmen, welche nach Bundesnaturschutzgesetz §2, Abs. 1 „zu vermeiden und durch biologische Wasserbaumaßnahmen zu ersetzen [sind]“. Außerdem sind laut Wasserhaushaltsgesetz §27, Abs. 1, Satz 1, oberirdische Gewässer, die nicht als „künstlich oder erheblich verändert eingestuft werden, so zu bewirtschaften, dass eine Verschlechterung ihres ökologischen und ihres chemischen Zustands vermieden wird“. Mit anderen Worten bewirkt ein ingenieurtechnischer Verbau eine Verschlechterung des ökologischen Zustandes eines natürlichen Gewässers und ist somit rechtlich nicht vereinbar.

Allerdings kann nach §31, Abs. 2, Satz 2 von den Bewirtschaftungszielen abgewichen werden, wenn „die Gründe für die Veränderung von übergeordnetem öffentlichen Interesse sind oder wenn der Nutzen der neuen Veränderung für die Gesundheit oder Sicherheit des Menschen oder für die nachhaltige Entwicklung größer ist als der Nutzen, den die Erreichung der Bewirtschaftungsziele für die Umwelt und die Allgemeinheit hat“. Das bedeutet, dass z.B. bei Wohnorten, die infolge der Wühltätigkeit des Bisam im Deich bei einem Hochwasserereignis gefährdet sind, ein Schutz der Deichböschung durch ein geschlossenes Deckwerk umgesetzt werden kann, wenn keine andere Maßnahme möglich ist.

Der feste Verbau wird heute daher meist nur an Übergangsbereichen von Bauwerken wie Stau- und Wasserkraftanlagen zum unverbauten Ufer durchgeführt. Diese Übergangsbereiche gelten dann als bisamsicher bzw. –fest. Die im Rahmen dieser Diplomarbeit durchgeföhrte Umfrage (2016) hat gezeigt, dass diese Maßnahme 10-mal (~ 18,2 % aller verwendeten Gegenmaßnahmen) eingesetzt und sich als Präventionsmaßnahme bewährt hat. Die Investitionskosten betragen netto zwischen 43,00 und 50,00 €/m² (Schütz, 2016).

d) Sicherung unter Verwendung von Drahtgeflechten

Ein Drahtgeflecht gilt als bisamsichere Lösung, wenn die Maschenweite maximal 4 cm beträgt (DVWK, 1997). Damit „ist eine gitterartige Stahlkonstruktion mit einer Polymerumantelung gemeint“ (Schütz, 2016). Nach Herstellerangaben passt sich das Netz an jede Bauwerksgeometrie an, bietet zusätzlichen Eislast- und Eisprallschutz und ist mindestens 120 Jahre vor Korrosion geschützt (Maccaferri, 2015). Die Umwelt wird nicht beeinträchtigt. (Arndt, 2015). Vom Einbau eines Geotextilgitters dagegen wird abgeraten, da der Bisam oder Biber den Kunststoff durchbeißen kann (Brandl, o.J.). Die Drahtgitter eignen sich für den Einbau in Ufer- und Deichböschungen.

Weiter ergeben sich zwei verschiedene Einbaumöglichkeiten der Drahtgitter: oben aufliegend oder innerhalb der Oberbodenschicht unter der Vegetationsschicht bzw. der Grasnarbe. Oben aufliegend lässt sich das Netz leicht einbauen. Vorteile sind nach Herstellerangaben größerer Erosionsschutz und mehr Halt für den Bewuchs, allerdings besteht nach Meinung des Verfassers die Gefahr, dass sich bei einer Deichböschung das Mähgerät im Netz verfängt und Schäden an der Grasnarbe und am Mähgerät verursacht werden. Der Einbau in der Oberbodenschicht unter der Grasnarbe stellt sich als schwierig heraus, da ein gleichmäßiges Verlegen nicht gewährleistet werden kann. Darüber hinaus ergibt sich die Frage nach der Entsorgung des Materials am Ende der Nutzungsdauer. Die sogenannten Bberschutzmatten werden an den Oderdeichen in Brandenburg auf der Grasnarbe eingebaut, vor allem als Präventionsmaßnahme gegen Biber- und Wildschweinschäden auf dem Deich¹³. Wobei die Maßnahme gegen letztere weniger erfolgreich ist (Schütz, 2016).

Weitere unter Drahtgeflechte geführte Maßnahmen sind die Steinmatten und Drahtschotterkästen. Steinmatten sollten mindestens 30 cm tief in die Sohle eingebunden werden, Außerdem ist der Böschungsfuß mit einer Steinschüttung zu sichern. Bei Steinmatten und Drahtschotterkästen ist die Korrosion des Drahtes zu beachten (DVWK, 1997).

Die drei möglichen Maßnahmen sind alle nur bisamsicher, wenn beim Verlegen keine offenen Übergänge entstehen (ebd.). Die Gitter gewährleisten den Schutz vor Bisamröhren. Die Maßnahme wird von einigen Behörden als Alternative zu einem festen Verbau gesehen. Da nur während der Bauzeit ein gravierender Eingriff in die Biologie des Ufers stattfindet, ist diese Maßnahme auch rechtlich vereinbar. Vorausgesetzt, das Gitter im Boden wird nicht als

¹³ Mdl. Hr. Hoffmann, LfU Brandenburg, 2016

dauerhafter negativer Einfluss auf den Gewässerzustand gesehen. Es heißt nach Wasserhaushaltsgesetz §31, Abs. 1, Satz 3, dass „vorübergehende Verschlechterungen des Zustands eines oberirdischen Gewässers [...] nicht gegen die Bewirtschaftungsziele [der Wasserrahmenrichtlinie verstoßen, Anm. d. Verf.] [...], wenn nur solche Maßnahmen ergriffen werden, die eine Wiederherstellung des vorherigen Gewässerzustands nach Wegfall der Umstände nicht gefährden“. Von den insgesamt eingesetzten Gegenmaßnahmen betrug der Anteil von Gittern und Maschengeflechten ~ 9 %. Die Investitionskosten für solch eine Anlage liegen bei Netto 31,00 €/m² (Schütz, 2016).

e) Unwirksame Maßnahmen

Das Merkblatt enthält auch Maßnahmen gegen den Bisam, welche bereits als nicht bisamsicher deklariert wurden. In diesem Teilabschnitt werden diese zur Vollständigkeit genannt.

Als nicht bisamsicher gelten Busch- und Faschinematten sowie Geotextilien. Mit Buschmatten werden über Kreuz eingebrachte Lagen mit Reisig von 10 bis 30 cm dicke bezeichnet. Die Matten werden oben und unten mit einem Drahtrost in einem Abstand von 50 cm befestigt (Nakoinz, 2010).

Faschinematten bestehen aus Wippen (gebündelter Reisig), welche in Strömungsrichtung gelegt und miteinander verbunden werden. „Durch schräg gerichtete Wippen im Abstand von 1,00 bis 2,00 m werden die Matten mit Pfählen befestigt“ (Nakoinz, 2010).

Außerdem wird von der Verwendung von Holzflechtwerken abgeraten (DVWK, 1997). Ebenfalls als nicht bisamsicher erwähnt ist Bewuchs wie Röhrichte, Gräser und Kräuter, welche den Bisam nicht negativ beeinflussen (ebd.).

Biber

a) Naturnahe Gestaltung der Ufer

Wenn ein Gebiet es ermöglicht, sind durch eine ökologische Verbesserung der Gewässer die Deiche und Dämme weniger gefährdet. Sie sollten im Zuge dessen um mindesten 20 m von der Böschungsoberkante rückverlegt werden. 90 % der Biberaktivität findet im Bereich zwischen Ufer und 10 m davon entfernt statt (Alshomaree, 2014). Somit stellen „Biber [...] keine wasserbauliche Gefahr dar, wenn breite, qualitäts- und quantitativmäßig ausreichend bewachsene Uferstreifen vorhanden und durch Wühltätigkeit gefährdete Objekte

(Erdbauwerke wie Deiche und Dämme) entsprechend weit entfernt oder gesichert sind“ (DVWK, 1997).

Durch die Anlage eines gegliederten, bepflanzten Uferstreifens regeneriert sich der Verbiss besser. Der Anteil an Strauch- und Baumweiden sollte ca. 30 % betragen. Gefällte Bäume sind, solange sie den Abfluss nicht stören, zu belassen, damit der Biber sich von ihnen noch ernähren kann (ebd.).

Als Zwischenlösung, bevor habitatsverbessernde Maßnahmen umgesetzt sind, kann eine Ablenkfütterung erfolgen (ebd.). Die durchgeführte Umfrage hat ergeben, dass in einem Fall im Landkreis Meißen eine Ablenkfütterung durchgeführt wird und sich bislang bewehrt¹⁴.

Nach den Erfahrungen des StALU WM geben die Biber im Hochwasserfall ihre überschwemmten Baue auf und siedeln sich während dieses Zeitraumes in den Deichen an, da bei starken Hochwasserereignissen das Wasser bis zum Deich reicht. Somit werden Biberschäden nur noch zu diesem Ereignis entstehen. Daher ist zu prüfen, ob die naturnahe Gestaltung der Ufer im Zusammenhang mit Biberhügeln (siehe Kapitel 5.1.2) umgesetzt werden kann. Damit sind die Gefahr von Biberschäden auf ein Minimum reduziert und die rechtlichen Erfordernisse und Ziele nach Wasserhaushaltsgesetz und Bundesnaturschutzgesetz eingehalten.

b) Sicherungsmaßnahmen an Deichen und Dämmen

Die Sicherung eines Deiches, in dem sich bereits Fluchtröhren oder ein Erdbau befindet, kann durch Abspundung des Wohnkessels erfolgen. Der Vorteil ist, dass zum einen die Standsicherheit des Deiches wiederhergestellt und zum anderen der Biberbau nicht beeinträchtigt wird. Um die Durchsickerung nicht zu unterbrechen, können beim Einrammen zwischen den Spunden Zwischenräume mit einer Breite von 4 cm belassen werden (DVWK, 1997).

Diese Maßnahme wurde bisher von keiner der befragten Behörden umgesetzt. Somit liegen keine Erfahrungen vor.

c) Einzäunung wertvoller Kulturen und Anlagen

Um Bäume und auch z.B. Kläranlagen vor dem Biber zu schützen, kann eine Einzäunung erfolgen. Es muss darauf geachtet werden, dass der Zaun fest genug in der Erde verankert

¹⁴ Email von Hr. Peters, UNB, LK Meißen, 2016

ist. Damit wird ein Anheben durch den Biber verhindert (DVWK, 1997). Vor Untergrabung schützt ein waagerechter Drahtflügel mit einer Breite von 0,25 m (Schwab b, 2014). Der Zaun sollte dabei eine Höhe von 0,8 – 0,9 m haben (DVWK, 1997).

Mit dieser Vorkehrung sind, gemäß Fragebogen, im Landkreis Meißen positive Erfahrungen gesammelt worden. Dort diente die Einzäunung vor allem dem Schutz von Hecken und Pflanzungen von Privatpersonen¹⁵. Bei einem Wildschutzzaun liegen die Kosten bei netto 5,50 – 13,00 €/m (KWF, 2010).

d) Einzelschutz von Gehölzen

Einzelne Bäume können vor dem Verbiss mithilfe einer Umzäunung aus Drahtgitter geschützt werden, welche ca. 1,2 m hoch ist. Dabei ist ein größerer Abstand zum Baumstamm einzuhalten, damit der Biber nicht ankommt und das Drahtgitter nicht einwächst. Das Gitter wird um Pfähle gewickelt, welche um den Baum herum in den Boden eingeschlagen werden. Zudem wird die Konstruktion im Boden verankert, damit es dem Biber unmöglich ist, den Draht nach oben zu schieben (DVWK, 1997).

Im Handel werden inzwischen auch sogenannte Drahthosen angeboten. Am besten haben sich Drahthosen aus Estrichmatten bewehrt. Diese bestehen nur aus einem Gitter, welches ohne Pfähle um den Baum gewickelt wird. Auch bei dieser Gitterkonstruktion ist darauf zu achten, dass genug Platz zwischen Gitter und Baum vorhanden ist, damit der Biber nicht an die Rinde gelangt. Weiter ist eine regelmäßige Kontrolle der Drahthose in bestimmten zeitlichen Abständen notwendig, um ein Einwachsen zu verhindern (Schwab o.J.).

In der Regel wenden Naturschutzbehörden diese Maßnahme an, um einzelne Gehölze zu schützen. Dabei wurden unterschiedliche Erfahrungen gemacht. So geht aus der Umfrage hervor, dass die Anlage primär nur dann wirksam ist, wenn sie ordnungsgemäß aufgestellt ist. Unwirksam wird der Einzelschutz, wenn beispielsweise das Verankern im Boden unterlassen wurde¹⁶. Eine Drahthose pro Baum kostet im Handel netto zwischen 1,90 und 3,40 € (Flügel GmbH, o.J.).

Ein Verbisssschutz kann auch in Form eines Anstrichs erfolgen. Hierzu wird ein farbloses Mittel mit Quarzsand als Wirkstoff verwendet. Das Schälschutzmittel wird bspw. in Berlin einge-

¹⁵ Email Hr. Peters, UNB, LK Meißen, 2016

¹⁶ Mdl. Hr. Nimptsch, StALU VP, 2016

setzt¹⁷. Allerdings geschieht dies seltener, als die Verwendung der Drahthosen bzw. Estrichmatten um die Gehölze. Die Kosten liegen bei netto 3,86 € pro Baum (witasek Pflanzenschutz GmbH, 2016).

e) Aufstaubegrenzung an Biberdämmen (Bibertäuscher)

Durch Biberdämme kann es zu lokalen Überschwemmungen kommen. Um das zu verhindern, werden Biberdämme in der Entstehungsphase für gewöhnlich zerstört. Dieses Eingreifen löst nicht den Kern des Problems, denn der Biber wird immer wieder versuchen, einen Damm zu bauen. Dafür verursacht er ständig neue Verbisssschäden um an Baumaterialien zu gelangen. Aus diesem Grund sollte die Durchführung eines begrenzten Aufstaus geprüft werden. Mit einem Drainagerohr lässt sich der Wasserstand im Bibersee regulieren. Das verwendete Drainagerohr hat dabei einen Durchmesser von 0,2 – 0,4 m und eine Länge von 4 – 6 m. Es muss mindestens 1,5 m in den Bibersee hineinreichen. An den Seiten befinden sich die Durchlassschlitze, die Enden sind geschlossen (damit der Biber diese nicht verstopft) (DVWK, 1997). Eine Variante mit offenen Enden und einem Drahtkäfig zum Schutz vor dem Verstopfen ist in Abbildung 22 dargestellt. Das Rohr ist sicher zu verankern, damit ein Lösen und Schwimmen stromabwärts verhindert wird (Schwab b, 2014).

Die Erfahrungen aus der Praxis sind sehr positiv. Die Anlage scheint ein guter Kompromiss zwischen den Interessen der Naturschutz- und den Hochwasserschutzbehörden zu sein, wie sich bspw. im Landkreis Vorpommern-Greifswald zeigte¹⁸. Für den Bau einer Anlage in Sückau (Landesgrenze zwischen M-V und Brandenburg) entstanden einem Zeitungsartikel zufolge Investitionskosten von 1.000 € (Schweriner Volkszeitung, 31.03.2016).



Abbildung 22 Drainagerohr mit Gitterkäfig im Oberlauf zum regulieren des Wasserstandes im Bibersee, modifiziert (Bayrisches Landesamt für Umwelt b, 2009)

¹⁷ Beantworteter Fragebogen Hr. Steiof, SenStadtUm Berlin, 2016

¹⁸ Beantworteter Fragebogen Hr. Breithaupt, LK Vorpommern-Greifswald, 2016

f) Einbau von Gittern zwischen Ufer und Deich

Hindernisse zwischen Ufer und Erdbauwerk (Deich, Damm) verhindern, dass der Biber Röhren ins Erdbauwerk gräbt. Eine Möglichkeit, die Deiche und Dämme auf diese Weise zu schützen, ist der Einbau von Drahtgittern im Boden (DVWK, 1997). Diese Gitter ähneln den unter 5.1.1 erläuterten Drahtgeflechten gegen Bisame. So sind auch in diesem Fall Geokunststoffe ungeeignet, da der Biber sie durchbeißt (Brandl, o.J.). Die Gitter sollten 3 – 4 m vom Ufer entfernt eingebracht werden. Dadurch ist sichergestellt, dass der Biber trotzdem seine überlebenswichtigen Fluchtröhren anlegen kann. Es haben sich verzinkte Drahtgitter mit einer Stärke von 3,8 mm und einer Maschenweite von 40/40 mm bewährt. Die Gitter sind bis 0,3 m unter NW in die Tiefe einzubringen. Die Überdeckung sollte 0,2 – 0,3 m nicht überschreiten, damit der Biber nicht darüber Röhren gräbt. Die Korrosionsbeständigkeit ist für diese Art der Anlage noch nicht nachgewiesen (DVWK, 1997).

Die Gitter wurden 2010/11 im Bereich des WSA Brandenburg auf einer Länge von 2.000 m zwischen Ufer und Deich eingebaut und haben sich als erfolgreich erwiesen. Daher wird 2016/17 ein weiterer Abschnitt von 6.000 m mit dieser Bauweise im Verwaltungsbereich des WSA Brandenburg gesichert¹⁹. (Zur rechtlichen Vereinbarkeit vgl. unter 5.1.1 d) die Maßnahmen gegen Bisam).

Somit betragen auch hier die Investitionskosten netto 31,00 €/m² (Schütz, 2016).

g) Anlegen eines Grabens und Auffüllung mit groben Schotter zwischen Böschungsoberkante und Erdbauwerk

Auch diese Methode soll ein Vordringen des Bibers zwischen Ufer und Deich verhindern. Hierbei wird durch den aufgefüllten Schotter eine vertikale Barriere im Boden erzeugt, die es dem Biber nicht ermöglicht, weiter als bis zu dieser Schicht zu graben. Im Vergleich zu den Drahtgittern entsteht bei der Variante mit Schotter ein größerer Eingriff in den Uferbewuchs und ein höherer Aufwand beim Einbau (DVWK, 1997). Beispielsweise müssen für die Anfahrt des Materials große Fahrzeuge den Uferbereich befahren.

Zum Anlegen eines Grabens mit Schotter liegen laut Umfrage keine Erfahrungen vor. Rechtlich gesehen kann wie bei den Gittern argumentiert werden.

¹⁹ Beantworteter Fragebogen Hr. Rudolph, WSA Brandenburg, 2016

h) Abspundung zwischen Ufer und Erdbauwerk

Diese Maßnahme bedeutet einen großen Eingriff in die Gewässerbiologie. Darüber hinaus entstehen hohe Kosten. Außerdem wird der Grundwasserstrom gestört (DVWK, 1997). Eine solche Maßnahme ist nach dem Bundesnaturschutzgesetz §2, Abs. 1 und dem Wasserhaushaltsgesetz §27, Abs. 1, Satz 1 zu vermeiden. Auf der Insel Spiekeroog sind Teilbereiche eines Deichhintergrabens mit Spundwänden gesichert worden. Dies geschieht aber nur in Ausnahmefällen, z.B. an Rohrdurchlässen²⁰.

i) Böschungssicherung

Eine Böschungssicherung, z.B. durch eine Steinschüttung, ist nur für Bereiche geeignet, „wo Sicherung durch den Einbau von Hindernissen nicht möglich ist“ (DVWK, 1997). Es ist eine kostenintensive Maßnahme, welche negative Auswirkungen auf die Flora und Fauna des Gewässers hervorruft. Daneben erfolgt eine Vergrämung des Bibers. Diese Maßnahme ist nur als letzte Möglichkeit einsetzbar (z.B. bei scharliegenden Deichen und Dämmen) (ebd.). Eine ingenieurtechnische Böschungssicherung ist nach dem Wasserhaushaltsgesetz §67, Abs. 1 „so auszubauen, dass [...] naturraumtypische Lebensgemeinschaften bewahrt [...] und wo dies nicht möglich ist, ausgeglichen werden“.

Böschungssicherungen werden in der Praxis als Biberschutz dort eingesetzt, wo bereits Schäden aufgetreten sind. Durch die resultierende Vergrämung der Biber in diesen Bereichen schließt diese Maßnahme erneute Schäden aus. Nach den Ergebnissen der Umfrage ist der Verbau der Böschungen in 10 Fällen (~ 18,2 % von allen eingesetzten Maßnahmen) nur dann angewendet worden, wenn Deichbauwerke direkt betroffen waren und keine andere Lösung möglich war.

Eine Alternative zur Böschungssicherung sind Rasengittersteine. Sie werden eigentlich zum Schutz vor Eis- und Wildschweinschäden in Deiche in Mecklenburg-Vorpommern eingebaut. Dieses Variante schützt gleichzeitig vor Nutria- und Biberröhren. Auch wenn beim Hochwasserereignis 2013 beispielsweise am Elbdeich Mahnkenwerder keine hydraulisch bedingten Schäden z.B. durch Erosion auftraten, so ist die Einsatzmöglichkeit aus hydraulischer Sicht noch nicht ausreichend untersucht worden. Am Beispiel des sich in Planung befindlichen Deiches bei Ueckermünde, wurde in einer Projektarbeit eine Untersuchung durchgeführt, ob ein Verbau mit Rasengittersteinen der Sturmflut standhalten

²⁰ Mdl. Hr. Ihnken, NLWKN-Norden (Insel Spiekeroog), 2016

kann (Schütz, 2016). Es hat sich gezeigt, dass über den Zeitraum der maximalen Einwirkungsdauer ein Versagen des Deckwerkes möglich ist. Es ist anzumerken, dass für die Berechnung allerdings nur unbegrünte Rasengittersteine verwendet wurden (ebd.).

j) Kunstbaue

An verbauten Ufern, an denen das Graben von Röhren nicht mehr möglich ist, stellen Kunstbaue eine Alternative dar. Dies kann durch eine in die Böschung eingelassene Betonröhre mit einem Durchmesser von mind. 0,5 m erfolgen. Die Röhre läuft im Boden offen aus oder wird durch eine Wohnkammer (Durchmesser 1 m) ergänzt. Der Beginn der Betonröhre muss unter dem Wasserspiegel liegen, damit der Biber diese annimmt (DVWK, 1997).

Nach den Erfahrungen des StALU WM werden allerdings die Kunstbaue allgemein nicht von den Tieren genutzt. Die Biber bauten demnach direkt neben den Kunstbauen bevorzugt eigene Röhren. An verbauten Ufern ist dies nicht möglich. Aus diesem Grund kann es sein, dass die Biber die Kunstbaue letztendlich doch annehmen werden. Erfahrungen speziell für Kunstbaue in verbauten Ufern liegen nicht vor.

Nutria

a) Bibermaßnahmen

Im DVWK-M 247/1997 werden für die Nutria die gleichen Maßnahmen, wie gegen Biberschäden empfohlen (z.B. Metallgittereinbau). Die Ufer und Deiche können dadurch gesichert werden, allerdings wird die Nutria im Gegensatz zum Biber durch diese Maßnahmen nicht vergrämt. Es besteht somit kein Schutz für die Vegetation von Ufer und Felder in Flussnähe.

b) Aufstellen eines Drahtzaunes

Ähnlich wie der Schutzzaun gegen den Biber, kann die Nutria durch einen Zaun von der Vegetation ferngehalten werden. Dieser muss 10 cm tief in den Boden führen und einen Drahtflügel von 50 – 100 cm waagerecht besitzen. Eine Höhe des Zaunes von 1 m ist ausreichend. Der Bau eines Zaunes ist immer eine kostenintensive Maßnahme (DVWK, 1997).

c) Wildverbissmittel

Zum Beispiel in Bezug auf den Einzelschutz von Gehölzen wurden positive Erfahrungen mit Wildverbissmittel gesammelt, die einen Latexanteil aufweisen. Dabei sind die Gewässerschutzaflagen einzuhalten. Bei Wildverbissmitteln besteht die Gefahr, dass ein Gewöhnungseffekt einsetzt (DVWK, 1997).

Diese Mittel, wie beispielsweise Anstriche, sind laut der Umfrage bislang nur gegen Biber eingesetzt worden. Gegen die Nutria wird im Normalfall die Bestandsregulierung als einzige Maßnahme eingesetzt.

5.1.2 Alternative Maßnahmen

Mit alternativen Maßnahmen sind Mittel zur Konfliktlösung gemeint, welche nicht im DVWK-M 247/1997 enthalten sind und somit den aktuellen Stand der Technik bilden.

Bisam

a) Schaffung geeigneter Lebensräume zur Ansiedlung natürlicher Feinde

Die in Abschnitt 5.1.1 genannte Maßnahme, den Lebensraum durch mehr Ufergehölze für die Bisame ungeeignet zu gestalten, lässt sich durch Schaffung geeigneter Lebensräume zur Ansiedlung natürlicher Feinde ergänzen. Zu den natürlichen Feinden zählen der Fischotter, Fuchs, Uhu (Biozid-Portal, o.J.), Graureiher, Hermelin, Iltis, Mink und Hecht (Neuhoff, 2014). Der Fischotter und der Fuchs bevorzugen Waldgebiete (Südtiroler Jagdportal, o.J.; Riekschnitz, 2011). Der Uhu meidet diese (NABU, o.J.).

Daraus folgt, dass sich z.B. der Fischotter und der Fuchs sehr wahrscheinlich ansiedeln, wenn eine Renaturierung mit Pflanzung eines breiten Ufergehölzstreifens erfolgt. Eine Verringerung des Bisambestandes ist allerdings nach Neuhoff (2014) durch die Raubtiere eher unwahrscheinlich.

b) Buschlahnung

An der deichseitigen Böschung eines Entwässerungsgrabens auf der Insel Langeoog haben sich Buschlahnungen als Bisamschutz bewährt²¹. Dabei werden zwei Pfahlreihen (Länge = 1,75 – 3 m, Durchmesser = 10 – 12 cm) alle 25 cm mit einem Abstand von 25 – 50 cm in den

²¹ Mdl. Hr. Julius, NLWKN-Norden (Insel Langeoog), 2016

Boden geschlagen. In den Zwischenräumen wird Reisig gelegt, welches ein Draht gegen Aufschwimmen sichert (Nakoinz, 2010).

Buschlahnungen sind bewachsen und gehören zur Gruppe der Lebendbauweisen (Nakoinz, 2010). Damit die Anlage dauerhaft als Böschungsschutz funktioniert, muss diese in bestimmten zeitlichen Abständen erneuert werden²². Die Investitionskosten betragen netto ca. 20,00 €/m (ebd.).

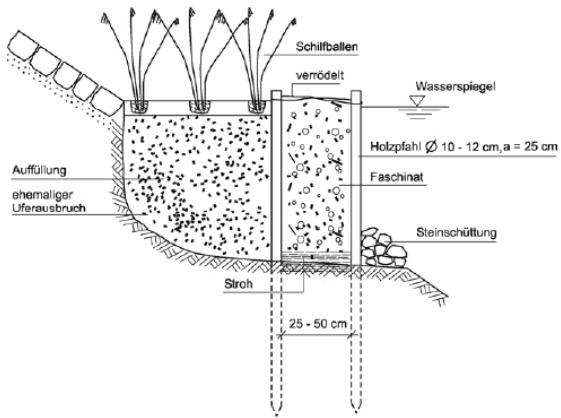


Abbildung 23 Buschlahnung (Nakoinz, 2010)



Abbildung 24 Buschlahnung auf Langeoog (Julius 2016)

Biber

a) Elektrozaun zum Schutz der Felder und Gehölze

Elektrozäune an der Wasserseite von Feldern oder am Ufer halten den Biber von diesen fern (Schwab b, 2014). Die Zäune „sind in verschiedenen Ausführungen verfügbar. Meist werden Drähte oder Netze an kleinen Stangen befestigt und am Stromnetz oder einem Solarmodul angeschlossen“ (Schütz, 2016). Ein Vorteil ist, dass Elektrozäune schon nach kurzer Einsatzzeit effektiv sind, denn der Biber meidet die Bereiche bereits nach einem Stromschlag (Bayrisches Landesamt für Umwelt b, 2009). Nachteilig sind die Diebstahlgefahr und die Stromkosten. Darüber hinaus muss der Bewuchs im Bereich der Drähte ferngehalten werden (Hespeler, 2004). Außerdem lässt sich diese Maßnahme nach Meinung des Verfassers in der unregelmäßigen Vegetation der Flussufer häufig nicht umsetzen. Elektrozäune sind auch für jenen Bereich nutzbar, an welchem ein Biberdamm entfernt wurde. Es wird verhindert, dass der Biber erneut einen Damm zu bauen versucht (Schwab b, 2014).

Im Landkreis Meißen werden u.a. Elektrozäune zum Schutz der Pflanzungen und Hecken von Privatpersonen eingesetzt. Dort wird auch die Aussage von Schwab bestätigt, dass der

Elektrozaun durch den schnellen Lerneffekt des Bibers als kurzfristige Maßnahme ausreicht²². Die Investitionskosten betragen netto 1,16 €/m (Schütz, 2016).

b) Auswahl von Fruchtarten auf landwirtschaftlichen Kulturen

Fraßschäden auf Feldern lassen sich nach Schwab durch den Anbau für Biber uninteressanter Sorten vermindern (Schwab b, 2014). Biber bevorzugen auf Feldern vor allem Mais, Getreide und Rüben (DVWK, 1997).

c) Kanisterketten gegen Biberdämme

In Bayern hat sich eine Kette aus zusammengebundenen Kanistern gegen die Dammbautätigkeit des Bibers bewährt. Die mit einigen Steinen gefüllten Kanister werden mit Schnüren an einer Stange festgebunden, welche oberhalb des Wasserspiegels befestigt wird. Die Kanister hängen dann an der Stange, schwimmen in einer Reihe senkrecht zur Fließrichtung (siehe Abbildung 25) und halten den Biber vom Dammbau ab (Schwab b, 2014). Die entstehenden kleinen Turbulenzen an den Kanistern verursachen Geräusche, die störend auf den Biber wirken, sodass sie in den meisten Fällen vergrämt wurden.²³

Dagegen spricht die nicht naturnahe Erscheinung. Nach Meinung des Verfassers muss häufig Treibgut entfernt werden. Die Stange ist sicher zu fixieren, damit die Gefahr von sich lösenden Kanistern ausgeschlossen ist. Der Einsatz ist auf unschiffbare Gewässer begrenzt.



Abbildung 25 Kanisterkette gegen Biberdämme, modifiziert (Schwab b, 2014)

²² Email Hr. Peters, UNB, LK Meißen, 2016

²³ Email Hr. Schwab, Bibermanager Bayern, 2016

d) Verbaute Böschung mit Grasnarbe

Im Bereich des StALU VP wird an einem scharliegenden Deich an der Uecker aufgrund häufiger Böschungsabbrüche eine neue Art des Verbaus getestet. Auf einer Böschung wurde hierfür eine Steinschüttung aufgetragen. Auf die Steine wurde wiederum ein Flies verlegt. Den Abschluss bildet eine ca. 10 cm dicke Oberbodenschicht mit Grasansaat.

Da diese Böschungssicherung erst im Frühling 2016 gebaut wurde und noch kein Hochwasserereignis aufgetreten ist, sind noch keine Aussagen über die Effektivität möglich. Es ist allerdings zu vermuten, dass die Biber die Oberbodenschicht erneut schädigen, indem sie ihre Grabtätigkeit bis zur Steinschüttung fortsetzen und damit auch das Flies zerstören. In diesem Fall bleibt nur die Steinschüttung intakt.

e) Wildrettungshügel

Um Biberschäden an (rückverlegten) Deichen während eines Hochwassers zu verhindern, hat sich das Anlegen von Wildrettungshügeln im Bereich des StALU WM als geeignet erwiesen. Die ersten Biberhügel wurden im 19. und 20. Jahrhundert angelegt (Jährling, et al., 2012). „Bei einem solchen Hügel handelt es sich um eine künstlich geschaffene Anhöhe oder eine weitere Erhöhung einer natürlichen Erhebung im oder am Gewässer“ (Clauß, 2013). Im Bereich WM wurden einige Strecken eines entwidmeten Sommerdeiches belassen und mit Weidenstecklingen versehen. Zusätzlich sind Kunstbaue installiert.

Während des Elbehochwasser 2013 wurden auf der einen Seite die Wildrettungshügel von Bibern sehr gut angenommen. Durch die vorhandenen Weichhölzer finden sie dort genug Nahrung. Zudem haben sie die Möglichkeit, einen Bau anzulegen, bei dem der Wohnkessel im trockenen verbleibt. Andererseits werden die Kunstbaue bis zum aktuellen Zeitpunkt (Stand: Juni 2013) von den Bibern nicht genutzt, sodass bei zukünftigen Wildrettungshügeln in Westmecklenburg darauf verzichtet wird.

Derzeit befinden sich im Gebiet Gothman – Bandekow zwei neue Wildrettungshügel im Bau. Der Strömung angepasst, werden sie im Vorland der Sude platziert. Das Erdmaterial wird vom Stützkörper eines entwidmeten Sommerdeiches in der Umgebung gewonnen. Es befindet sich bereits im Besitz des Landes Mecklenburg-Vorpommern, wodurch sich die Baukosten für beide Wildrettungshügel auf ca. 55.000 € (netto) (Institut biota 2014) minimieren. Die Planung des Institutes biota sieht außerdem vor, dass ein Abstand von mindestens 25 m zwischen

dem Fuß des Wildrettungshügels und dem Fuß des in der Nähe befindlichen Deiches eingehalten wird (ebd.). Hieraus ergibt sich ein enormer Platzbedarf.

Die Wildrettungshügel Gothman – Bandekow sind von der Oberkante der Böschung der Sude ca. 20 m entfernt. Der Freibord ist wie bei einem Deich mit $f = 1,0$ m nach DIN 19712 vorgegeben. Die Böschungen sind mit einem Verhältnis von 1:2 stark geneigt. Die sich über dem Hochwasser befindliche Oberfläche beträgt ~ 50 m². Das Erdmaterial wird lagenweise eingebaut und verdichtet. Nach ZTV E-StB 09 ist hierbei ein Mindestverdichtungsmaß von $D_{pr} = 97\%$ zu empfehlen. Als Ausgleichsmaßnahme für den baulichen Eingriff in das Schutzgebiet werden 100 Weidenstecklinge je Wildrettungshügel asymmetrisch eingebracht. Dies hat gleichzeitig den Vorteil, dass der Biber während des Hochwasserereignisses den Wildrettungshügel aufgrund der besseren Nahrungssituation einem Deich vorzieht. Außerdem wird eine Grasansaat zur Festigung des Bodenmaterials aufgebracht. Nach der Fertigstellung ist eine Entwicklungspflege von 3 Jahren veranschlagt (Institut biota 2014).

Wildrettungshügel stellen einen Kompromiss zwischen den wasserwirtschaftlichen und den naturschutzfachlichen Interessen dar. Da die Auen häufig als Schutzzonen ausgewiesen sind, ist eine Verträglichkeitsprüfung bzw. eine FFH- und SPA-Vorprüfung durchzuführen, um eine mögliche erhebliche Beeinträchtigung der Erhaltungsziele zu ermitteln. Aufgrund des hohen Flächenverbrauchs dieser Anlage eignet sie sich meist nicht bei eng eingedeichten Fließgewässern, weil in diesem Fall der Durchfluss stark beeinflusst wird (ebd.).



Abbildung 26 Entwidmeter Sommerdeich bei Mahnkenwerder, der heute als Wildrettungshügel dient (Schütz 2016)

Abbildung 27 Wildrettungshügel in der Landschaft in Westmecklenburg (Schütz 2016)

Nutria

Es gibt keine speziellen neuen Mittel oder Bauweisen, die explizit zur Prävention von Schäden dienen, die durch die Nutria verursacht werden. Häufig wirken die bei Bisam- und

Biberschäden angewendeten Maßnahmen ebenfalls gegen Nutria. Nach den Ergebnissen der Umfrage wird als gebräuchliche Gegenmaßnahme für die Nutria überwiegend die Bestandsregulierung anerkannt. Bauliche Maßnahmen kommen nur in Frage, wenn auch Bisam und/oder Biber vorhanden sind. Daher wird an dieser Stelle auf den Abschnitt 5.2 verwiesen.

5.1.3 Zusammenfassung der Sicherungsmethoden

Im Folgenden sind die zuvor erläuterten Sicherungsmethoden tabellarisch zusammengefasst. Zusätzlich sind Investitionskosten und die Wirksamkeit berücksichtigt. Die Kosten sind aus der Umfrage und der Literatur entnommen.

Tabelle 8 Zusammenfassung der Sicherungsmaßnahmen

Maßnahme	Wirksamkeit	Investitionskosten
Naturnahe Gestaltung der Ufer, mit Auenwald	-bisamssicher -Biberaktivität stört nicht mehr -wahrscheinlich auch nutriasicher	sehr individuell
Holz- Pfahlwände & Packfaschinat	-auf mittlere Zeit bisamsicher -keine Erfahrungen mit Biber -keine Erfahrungen mit Nutria	keine Angabe
Fester Verbau (Steinschüttung, Betongittersteine)	-bisamsicher -bibersicher -nutriasicher	42,00 – 50,00 €/m ²
Drahtgeflecht/-gitter (Maschenweite 4 x 4 cm)	-bisamsicher -bibersicher -nutriasicher	31,00 €/m ²
Sicherungsmaßnahmen an Deichen und Dämmen	-bisamsicher -bibersicher -nutriasicher	keine Angabe

Einzäunung wertvoller Kulturen und Anlagen	-nicht bisamsicher -bibersicher -nutriasicher	5,50 – 13,00 €/lfdm
Einzelschutz von Gehölzen	-nicht bisamsicher -bibersicher -nutriasicher	3,86 €/Baum
Bibertäuscher	-für Bisam nicht relevant -Bibersee kann reguliert werden -für Nutria nicht relevant	1.000,00 €/Anlage (sehr individuell)
Graben mit Schotter	-bisamsicher -bibersicher -nutriasicher	keine Angabe
Abspundung zw. Ufer und Erdbauwerk	-bisamsicher -bibersicher -nutriasicher	keine Angabe
Buschlahnung	-bisamsicher -wahrscheinlich nicht bispersicher -wahrscheinlich nicht nutriasicher	20,00 €/lfdm
Elektrozaun	-nicht bisamsicher -bibersicher -wahrscheinlich nutriasicher	1,16 €/lfdm
Kanisterkette gegen Biberdämme	-nicht bisamsicher -wahrscheinlich bipersicher -nicht nutriasicher	keine Angabe

Verbaute Böschung mit Grasnarbe	-bisamsicher -bibersicher -nutriasicher	keine Angabe
Wildrettungshügel	-keine Erfahrungen -bibersicher -keine Erfahrungen	~ 20.000,00 – 30.000,00 €/Hügel (sehr individuell)

5.2 BESTANDSREGULIERUNG

5.2.1 Rechtliches

Bisam, Biber und Nutria werden unterschiedlich im Bestand reguliert. Dieser Unterschied betrifft nicht nur die jeweilige Tierart, sondern auch das jeweilige Bundesland. Keine der drei Nagetierarten ist nach BJagdG eine jagdbare Tierart (BJagdG, 2015).

Der Bisam wird allerdings in einigen Bundesländern bejagt. Somit ist es nach § 4 Abs. 2 BArtschV 2013 „gestattet, Bisams (*Ondatra zibethicus*) mit Fallen, ausgenommen Käfigfallen mit Klappenschleusen (Reusenfallen), zu bekämpfen, soweit dies zum Schutz gefährdeter Objekte, insbesondere zum Hochwasserabfluss oder zum Schutz gegen Hochwasser oder zur Abwehr von land- oder fischerei- oder sonstiger erheblicher gemeinwirtschaftlicher Schäden erforderlich ist. Die Fallen müssen so beschaffen sein und dürfen nur so verwendet werden, dass das unbeabsichtigte Fangen von sonstigen wild lebenden Tieren weitgehend ausgeschlossen ist.“ Für diesen Zweck werden i.d.R. Bisamjäger eingesetzt.

Der Biber ist im Bereich der Europäischen Union nach der FFH-Richtlinie und innerhalb Deutschlands zusätzlich durch das Bundesnaturschutzgesetz streng geschützt. Nach diesem ist es verboten, „wild lebende Tiere der besonders geschützten Arten nachzustellen, sie zu fangen, zu verletzen oder zu töten oder ihre Entwicklungsformen aus der Natur zu entnehmen, zu beschädigen oder zu zerstören“ (Bundesamt für Naturschutz, 2009). Aufgrund der in einigen Bundesländern inzwischen wieder hohen Populationsdichte, wurden in Bayern und in Brandenburg Ausnahmeverordnungen eingeführt. Diese ermöglichen es, in festgelegten Gebieten und zu bestimmten Ereignissen, Eingriffe in den Bestand durchzuführen. Sie werden durch die AAV und die BbgBiberV geregelt.

Der Nutriabestand weitet sich seit einigen Jahren immer stärker aus. Einige Regionen sind wesentlich stärker betroffen als andere, sodass hier unterschiedliche Regelungen gelten. In Niedersachsen z.B. gehört die Nutria zu dem jagdbaren Wild nach Landesjagdgesetz (NJagdG, 2001).

Um einen Überblick zu erhalten, wurde mit Hilfe der Landesjagdgesetze und zusätzlicher Verordnungen eine Tabelle zusammengestellt, die veranschaulicht, wo die drei Nagetierarten gejagt werden dürfen.

Darin bedeuten:

- „X“ = im Landesjagdgesetz als jagdbare Tierart enthalten
- „-“ = im Landesjagdgesetz nicht erwähnt
- „*1“ = Bejagung durch spezielle Jäger
- „*2“ = es gilt eine Ausnahmeregelung

Tabelle 9 Übersicht zur Bejagungsmöglichkeit in den Bundesländern Deutschlands

Bundesland	Bisam	Biber	Nutria
Baden-Württemberg	-	-	-, *1
Bayern	-	-, *2	-
Berlin	-	-	X
Brandenburg	-	-, *2	-
Bremen	-	-	-
Hamburg	-	-	-
Hessen	-	-	X

Mecklenburg-Vorpommern	-	-	-
Niedersachsen	-, * ¹	-	X
Nordrhein-Westfalen	-, * ¹	-	-, * ¹
Rheinland-Pfalz	-	-	-, * ¹
Saarland	-	-	X
Sachsen	-, * ¹	-	X
Sachsen-Anhalt	-	-	X
Schleswig-Holstein	-, * ¹	-	X
Thüringen	-	-	-

5.2.2 Bestandsregulierung des Bisam

Die früher bestehende Bisam-Verordnung vom 20. Mai 1988 ist 1999 außer Kraft getreten. Um Muschelfraß und Schäden in Hochwasserschutzbauwerken durch Bisam zu verhindern, findet in einigen Bundesländern die Bejagung weiterhin unter Einhaltung verschiedener Natur- und Tierschutzgesetze statt (Kreisgruppe Donauwörth e.V., 2005).

Die Bisambekämpfung wird mit Fallen durchgeführt, denn der Einsatz von Schusswaffen und Gift ist nicht zulässig (DVWK, 1997). Dabei wird in Lebend- und Totschlagfallen unterschieden. Die Fallenarten werden im Folgenden kurz vorgestellt.

Köderabzugsfalle

Die Köderabzugsfalle ist eine beköderte Schlagfalle, welche aus Vogelschutzgründen nur auf Zug ausgelöst werden darf. Da der Bisam im Sommer über reichlich Nahrung verfügt, ist diese Fallenart am besten von Oktober bis April geeignet. Das Platzieren der Falle kann auch auf einem Floß erfolgen (DVWK, 1997). In Bereichen, wo auch der Biber vorkommt, darf die Falle nur ohne Köder und möglichst vor dem Bisambau platziert, verwendet werden (ebd.). Als Köder haben sich besonders Pastinaken und Äpfel bewährt (Nordstory, 11.03.2015).

Wechselschlagfalle

Diese Fallenart wird vor dem Bisambau und in Durchlässen unter Wasser aufgestellt. Ein Köder ist nicht notwendig, da sie durch Berührung des Spanndrahtes oder Stiftes ausgelöst wird. Diese Fallenart darf in Gebieten, in denen der Fischotter vorkommt, nicht verwendet werden (DVWK, 1997).

Kastenfalle

Kastenfallen können schwimmend und an Land, vor dem Bau oder an der Böschung aufgestellt werden. Der Einsatz ist nicht in jedem Bundesland erlaubt, sodass eine Absprache mit der zuständigen Naturschutzbehörde erfolgen muss (ebd.).

Kunstbaue / Fangröhren

Diese Fangmethode erfordert eine tägliche Kontrolle. In fangfreien Zeiten sind die Eingänge zu verschließen, weil der Bisam solch eine Anlage nur einmal inspiziert und als ungeeignet für immer verlassen würde. Daher ist diese Fallenart besonders wirksam gegen neu zuwandernde Bisame. Kunstbaue haben einen Fallenkasten von 30 x 30 cm. Die Bodenfläche muss über dem Mittelwasser und der Röhreneingang unter dem Niedrigwasser liegen. Der Durchmesser der Röhre sollte ca. 15 cm betragen (ebd.). Eine Fangröhre hat einen Durchmesser von 25 cm und eine Länge von 60 – 80 cm. Sie ist ausgestattet mit einer unbeköderten Wechselfalle (ebd.). Eine weitere ähnliche Falle besteht aus einem Betonrohr mit einem Durchmesser von 25 – 30 cm, welche parallel zum Ufer unter Wasser installiert wird. Bisame suchen diese als Lösungsplatz auf und werden durch eine innen aufgespannte Wechselfalle erlegt (ebd.).

Um einen Erfolg der Bestandsregulierung erkennen zu können, schlägt Neuhoff (2014) ein langfristiges Monitoring der Bisame vor. In Niedersachsen werden von der Landwirtschafts-

kammer jährlich die Fangzahlen veröffentlicht, sodass eine Entwicklung des Bestandes absehbar ist. Demnach ist ein leichter Rückgang zu erkennen (siehe Abbildung 28).

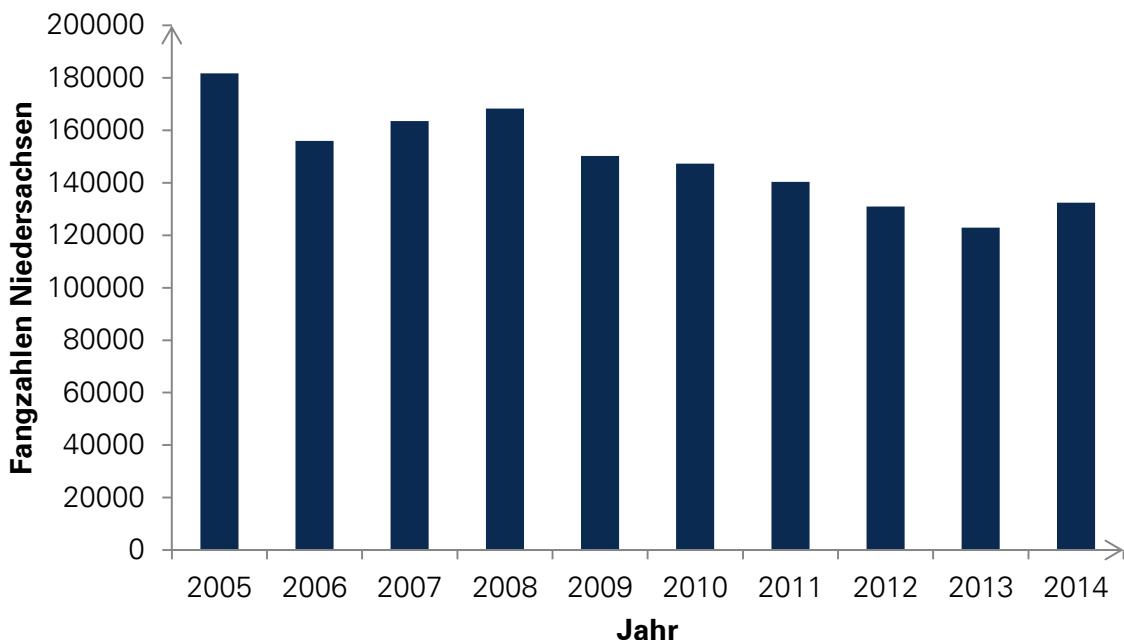


Abbildung 28 Bisamfangzahlen in Niedersachsen (Daten entnommen von Jahresberichten der Landwirtschaftskammer Niedersachsen)

5.2.3 Bestandsregulierung des Bibers

Wie bereits oben beschrieben, ist der Biber eine streng geschützte Tierart nach Bundesnaturschutzgesetz und der FFH-Richtlinie. Dennoch ist bei Problemen mit den Tieren eine Vergrämung oder ein Fang mit anschließender Umsiedlung erfolgt.

Vergrämung

Der Biber kann durch Maßnahmen, die den Lebensraum unangenehm gestalten, vergrämt werden. Dazu werden beispielsweise Duftstoffe, akustische und optische Reize und Vibrationen verwendet (DVWK, 1997). Nach Schwab (2014) sind die Vergrämungsmaßnahmen nur kurzfristig einsetzbar und es besteht die Gefahr eines Gewöhnungseffektes. Darüber hinaus fallen laufende Kosten an. Laut der Umfrage wurde hierzulande noch kein Versuch unternommen, den Biber mit Vergrämungsmaßnahmen zu vertreiben.

Fang und Umsiedlung

Für den Fang und die Umsiedlung ist besonderes im Umgang mit Bibern geschultes Personal notwendig. Darüber hinaus ist es sehr zeitintensiv und teuer. Das Problem wird durch diese

Maßnahme eventuell auf einen anderen Ort verlagert. Außerdem ist eine Neubesiedelung durch einwandernde Biber sehr wahrscheinlich (DVWK, 1997). Im Landkreis Meißen wird ein Abfang abgelehnt, da die Wirksamkeit der Umsiedlung als endgültige Lösung angezweifelt wird, solange hierfür kein begründeter Nachweis vorliegt²⁴. Dieser ist in der Praxis allerdings nur schwer zu erbringen. (ebd.).

Habitatumgestaltung

Durch die Beseitigung von Bäumen und Sträuchern ergänzt durch einen Verbau der Ufer wird der Biber vergrämt. Es handelt sich um einen erheblichen Eingriff in den Naturhaushalt und ist nur mit Ausnahmegenehmigungen umsetzbar. Die Umgestaltung entspricht nicht den Zielen der EG-WRRL (vgl. Kapitel 5.1 Sicherungsmethoden).

Tötung von Bibern

Im Laufe der Zeit und mit der weiter anwachsenden Biberpopulation, gibt es immer häufiger Forderungen, nach einer Lockerung des Schutzstatus. Der Landwirtschaftsminister Mecklenburg-Vorpommerns, Dr. Till Backhaus fordert, den „Biberschutz bundesweit neu [zu] evaluieren, [und] nationale Vorgaben an[zu]passen“ (LU, 2016). Bislang gab es in Mecklenburg-Vorpommern eine Ausnahme während des Elbehochwassers 2013. Bei diesem Ereignis gaben die Biber ihren überfluteten Bau auf und versuchten einen neuen Bau in den Flussdeich zu graben. Um die Standsicherheit des Deiches weiter zu gewährleisten, wurden die Tiere von speziell ausgebildeten Jägern mit Ausnahmegenehmigung erlegt (Stern, 2013).

Eine Lockerung des Schutzstatus ist in Bayern und Brandenburg durch eine jeweilige Verordnung bereits umgesetzt. Nach BbgBiberV (2015) § 1 Absatz 1 dürfen „abweichend von § 44 Absatz 1 Nummer 2 und 3 des Bundesnaturschutzgesetzes [...] bewohnte und unbewohnte Biberbaue und –burgen an

1. Stau- und Hochwasserschutzanlagen wie Stauwehren, Deichen und Dämmen
2. Erkennbar gefährdeten Böschungen von öffentlich gewidmeten Verkehrsanlagen
3. Dämmen von Kläranlagen und erwerbswirtschaftlich genutzten Fischteichanlagen
4. Von den unter Naturschutzbehörden festgelegten Abschnitten von angelegten Be- und Entwässerungsgräben

²⁴ Email Hr. Peters, UNB, LK Meißen, 2016

[...] verfüllt oder beseitigt werden.“ Wenn das Entnehmen und Zerstören der Biberburgen „über einen längeren Zeitraum ohne Erfolg [bleibt], wird abweichend von § 44 Absatz 1 Nummer 1 und 2 des Bundesnaturschutzgesetzes [...] gestattet, den von den Maßnahmen betroffenen Bibern [...] nachzustellen und sie mit Fallen lebend zu fangen“ (BbgBiberV, 2015). Falls das „Fangen der Biber [...] nicht möglich ist, wird [...] gestattet, den betroffenen Bibern [...] nachzustellen und sie mit einer für die Jagd zugelassenen Schusswaffe zu töten“ (ebd.). Es besteht Informationspflicht gegenüber der Unteren Naturschutzbehörde.

Die Artenschutzrechtliche Ausnahmeverordnung aus Bayern ist dem BbgBiberV sehr ähnlich. In anderen Bundesländern fehlen solche Verordnungen, sodass das Erlegen von Bibern, wenn überhaupt, nur unter Ausnahmegenehmigungen bei besonderen Ereignissen (wie dem Elbehochwasser 2013) durchführbar ist.

5.2.4 Bestandsregulierung der Nutria

Die Nutria lässt sich im Vergleich zum Bisam einfacher im Bestand regulieren (DVWK, 1997).

Große doppelfedrige Conibear-Falle / Beköderte Kastenfalle

Die Conibearfalle besteht beispielsweise aus einer Holzkiste mit den Maßen 70 x 30 x 30 cm. Durch einen versetzten Eingang kann kein Kind oder Greifvogel an den Köder gelangen. Mit einer Zange wird die Falle, die sich in der Kiste befindet, gestellt. Das Tier wird schnell durch einen Schlag auf das Genick getötet (Kieferle GmbH, 2016).

Diese Maßnahme wird in einigen Teilen Deutschlands eingesetzt. Nach dem DVWK (1997) ist der Fallenfang „effektiv“. Es geht aus der Umfrage allerdings nicht hervor, ob diese Art der Bejagung sehr erfolgreich ist oder nicht. Darüber hinaus ist diese Fangmethode nicht dort einsetzbar, wo gleichzeitig auch Biber oder Fischotter vorkommen (ebd.).

Bejagung mit Schusswaffe

Die Bejagung mit der Schusswaffe erfolgt mittels Kleinkalibergewehr oder Schrotflinte (DVWK, 1997). Der Abschuss ist am erfolgreichsten im Spätsommer „am Wechsel zu landwirtschaftlichen Kulturen“ (Scheide, 2013). Ausgeführt wird die Bestandsregulierung mit der Schusswaffe von staatlichen Bisamjägern, die über eine Sondergenehmigung verfügen (DVWK, 1997). Dort wo das Tier jedoch im Landesjagdgesetz erscheint, ist wie gewohnt der Jäger verantwortlich. Naturschutzbehörden und Ämter des Hochwasserschutzes in

Deutschland verweisen im Rahmen der Umfrage meistens auf das Landesjagdgesetz und setzen bei der Bekämpfung der Nutria keine weiteren Maßnahmen ein.

Fang mittels Multiple Capture Trap

Ähnlich wie die beköderte Kastenfalle funktioniert auch die Multiple Capture Trap (MCT). Übersetzt kann diese Anlage als Mehreinfangende Falle verstanden werden. Mit dieser Anlage können mehrere Tiere gleichzeitig aufgenommen werden (siehe Abbildung 29). Der Käfig hat Abmessungen von $1,2 \times 1,2 \times 0,9$ m (Witmer, et al., 2008). Der Fang von Nichtzielbewesen kann durch einen entsprechenden Köder, ein Lockstoff aus Fell und Urin der Nutriaweibchen, ausgeschlossen werden. Der Köder zieht sowohl männliche als auch weibliche Nutrias an (Scheide, 2013). Diese Variante des Fallenfanges wurde bislang in Deutschland noch nicht eingesetzt (Ergebnisse der Umfrage 2016).



Abbildung 29 Multiple Capture Trap, durch die Drahtkonstruktion am Eingang der Falle ist es möglich, dass mehrere Tiere gleichzeitig in die Falle gehen können (Witmer et al., 2008)

Fang mit Keschern

Scheide (2013) schlägt als effektive Maßnahme zur Bestandsregulierung der Nutrias das Abfangen mit Keschern vor. Unter guten Bedingungen können so 6 – 8 Tiere pro Stunde gefangen werden. In Bereichen mit stark wuchernder Ufervegetation wird sich diese Methode nicht umsetzen lassen, da der Fang von einem Boot aus empfohlen ist (ebd.).

Verhindern von Zufütterung durch die Bevölkerung

Der Bestand der Nutria wird durch Zufütterungen von Privatpersonen im Winter stabil gehalten und gefördert²⁵ (Weser, 21. November 2009). Das Füttern ist inzwischen zwar schon verboten, wird aber dennoch weiter praktiziert (Neuhoff, 2014). Ein weiteres Problem ist, dass die Tiere dadurch sehr zahm geworden sind und aggressiv nach Nahrung betteln. Dies sei Neuhoff zufolge vor allem für Kinder eine Gefahr. Das Verbot sollte konsequenter durchgesetzt werden, um die Ausbreitung der Nutria nicht noch zusätzlich zu fördern (ebd.).

5.3 BEHEBUNG VON SCHÄDEN AM DEICH

Treten die Schäden (v.a. durch eingebrochene Röhren) von Bisam, Biber und Nutria zu Tage, sind diese schnellstmöglich zu beheben, um den Hochwasserschutz zu gewährleisten. Besonders schnell muss vor allem während eines Hochwasserereignisses gehandelt werden. Eine mögliche Ortung von Erdbauten durch thermografische oder elektrische Messverfahren ist sehr zeit- und kostenaufwendig (Clauß, 2013). Daher wird bei den Deichkontrollen versucht, auf Anzeichen zu achten (z.B. Verfärbungen durch anderes, ausgegrabenes Bodenmaterial im flachen Wasser.) „Ein weiteres Indiz ist ein Luftloch, das vom Biber angelegt wurde. Diese Öffnungen sind allerdings sehr klein und nur schwer zu finden“ (ebd.). Neben der visuellen Prüfung existiert noch die Stocherprobe. Eine Eisenstange wird sorgsam in den Boden getrieben, infolge des Widerstands kann ein Rückschluss auf einen Hohlraum gezogen werden (ebd.). Da die Ortungsmethoden, wie bereits erwähnt, sehr aufwendig und somit kostenintensiv sind, werden Erdbauten meist nicht entdeckt. Deshalb kommt es während des Hochwasserereignisses immer wieder zu Schäden an den Deichböschungen, welche zu beheben sind. In diesem Zusammenhang wird in dieser Arbeit unterschieden in eine temporäre und eine grundsätzliche Schadensbehebung.

5.3.1 Temporäre Schadensbehebung

Mit einer temporären Schadensbehebung ist die Sicherung einer Schadstelle während eines Hochwasserereignisses gemeint. Die Röhre muss aufgebrochen und „der Hohlraum [...] mit Sandsäcken verfüllt und wenn möglich mittels einer Kunststoffbahn abgedeckt“ werden (Clauß, 2013). Auf die Kunststoffbahn werden wiederum Sandsäcke gelegt, um ein Aufschwimmen dieser zu verhindern. Wenn das Befahren des Deiches nicht mehr umsetzbar ist, muss die Schadstelle per Hand ausgebessert werden (ebd.).

²⁵ Email Hr. Peters, UNB, LK Meißen, 2016

5.3.2 Grundsätzliche Schadensbehebung

Nach dem Hochwasserereignis hat eine grundsätzliche Reparatur von einer temporären Schadensbehebung oder einem erst dann auffallenden Schaden zu erfolgen. Die Sandsäcke, die Kunststoffbahn und lockere Materialien sind im Umkreis zunächst gegebenenfalls zu entfernen (Clauß, 2013). Der entstandene Graben ist nach Meinung des Verfassers wie ein Leitungsgraben zu behandeln. Die ZTV E-StB 09 beschreibt, dass „der Baustoff gleichmäßig in Lagen einzubauen und sorgfältig zu verdichten“ ist. Beim Verdichtungsgrad sollte sich am vorhandenen, unversehrten Boden orientiert werden. Falls dies nicht in Erwägung zu ziehen ist, sollte nach ZTV E-StB 09 der verfüllte Bereich einen Verdichtungsgrad von 97 % erreichen. Die Grasnarbe ist anschließend wieder aufzulegen und anzuwalzen bzw. neu zu säen.



Abbildung 30 Temporäre Schadensbehebung "gesicherte Schadstelle,, modifiziert Ziltendorfer Niederung, Foto: Dr. Krüger, LUGV" (Clauß, 2013)



Abbildung 31 Grundsätzliche Schadensbehebung aufgegrabener Biberbau an einem Deich im Bereich des StALU WM (Wappler 2011)

6 WEITERE DEICHSCHÄDIGENDE TIERARTEN

6.1 ALLGEMEIN

Deichbauwerke sind nicht nur durch die Grabaktivität der drei Nagetiere Bisam, Biber und Nutria gefährdet. Auch größere Säugetiere wie beispielsweise das Wildschwein verursachen immense Schäden an der Grasnarbe (Wühlschäden bis max. 0,5 m Tiefe). Da in dieser Diplomarbeit Vorschläge für die Neuauflage des DVWK-Merkblattes 247/1997 getroffen werden sollen, wird in diesem Kapitel auf das Wildschwein zusätzlich eingegangen. Die von den Tieren verursachten Schäden sind deutschlandweit unterschiedlich verteilt. Wildschweinschäden auf Deichen treten beispielsweise im höchsten Maße in Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Sachsen-Anhalt auf (Schütz, 2016). Dagegen treten zum Beispiel gravierende Probleme mit dem Bisam an der Nordseeküste auf. Dort ist es auch das Kaninchen, welches enorme Schäden verursacht. Besonders auf der Insel Norderney im Grohdedeich sind die Tiere anzutreffen. Die Behebungs- beziehungsweise Personalkosten betragen ca. 130.000 € im Jahr.²⁶

In der Tabelle 10 sind die dem StALU WM bislang bekannten deichschädigenden Tierarten (außer Bisam, Biber und Nutria) aufgelistet und die jeweilige Hauptschadensart zugeordnet. Ergänzt ist die Zusammenstellung der Tierarten durch drei Antworten der Umfrage und den genannten Tierarten aus dem DVWK-Merkblatt 226/1993. Nach den Ergebnissen der Recherche und der Umfrage breiten sich Wühlverschäden auf Deichen immer weiter aus, sodass immer höhere Kosten zur Behebung und Prävention entstehen.



Abbildung 32 Hohlraum im Deich - Eingang zu einem Fuchsbau (Wappler 2012)



Abbildung 33 Zerstörte Grasnarbe - Wühlschäden des Wildschweins (Schütz 2015)

²⁶ Email Hr. Janssen, NLWKN-Norden (Insel Norderney), 2016

Tabelle 10 Deichschädigende Tierarten (außer Bisam, Biber und Nutria)

Tierart	Hauptschaden am Deich
Wildschwein	Zerstörung der Grasnarbe
Erdwespen	Hohlräume
Fuchs / Hund	Hohlräume
Krähe	Zerstörung der Grasnarbe
Maulwurf	Hohlräume in Deichabdeckung Zerstörung der Grasnarbe durch Maulwurfügel
Wühlmaus	Hohlräume in Deichabdeckung
Wildkaninchen ²⁷	Hohlräume in Deichabdeckung
Wollhandkrabbe ²⁸	Wühltätigkeit an Deichen
Waschbär ²⁹	Hohlräume in Deichabdeckung
Schermaus*	Hohlräume in Deichabdeckung
Dachs*	Hohlräume in Deichabdeckung
Wanderratte*	Hohlräume in Deichabdeckung
Feldmaus*	Hohlräume in Deichabdeckung

²⁷ Beantworteter Fragebogen Hr. Janssen, NLWKN-Norden (Insel Norderney), 2016

²⁸ Beantworteter Fragebogen Hr. Lange, WSA Bremerhaven, 2016

²⁹ Mdl. Hr. Kaiser, LTV-Sachsen - Betrieb Elbaue/Mulde Untere Weiße Elster, 2016

* aus DVWK-M 226/1993

6.2 DAS WILDSCHWEIN

Während der Umfrage ist sehr deutlich geworden, dass neben den drei Nagetieren inzwischen das Wildschwein als einer der Hauptschädlinge auf Deichen und Dämmen gilt. So sind in Mecklenburg-Vorpommern durch den Biber „nach Angaben der Wasser- und Bodenverbände [...] in den Jahren 2015 und 2016 (bis 29.02.2016) etwa 80.000 € für die Schadensbeseitigung an für den Hochwasserschutz relevanten Anlagen angefallen“ (Landtag M-V, 2016). Zum Vergleich haben im gleichen Bundesland Wildschweine im Zeitraum 2015 bis Ende Februar 2016 Schadensbeseitigungskosten von ~ 124.000 € verursacht. Im Rahmen einer Projektarbeit der TU Dresden untersuchte der Verfasser bereits in Mecklenburg-Vorpommern Wildschweinschäden auf Deichen und mögliche Gegenmaßnahmen. In diesem Abschnitt folgt eine Zusammenfassung dieser zur Vollständigkeit der Wühltierproblematik auf Hochwasserschutzanlagen.

6.2.1 Verbreitung und Erkennungsmerkmale

Das mitteleuropäische Wildschwein (*Sus scrofa scrofa*) ist in Mittel- und Südeuropa weit verteilt. Durch ihre Fähigkeit, sich an neue Umgebungsbedingungen schnell anzupassen, verbreiten sie sich fortwährend und haben derzeit eine sehr hohe Populationsdichte (Hespeler, 2004). In Mecklenburg-Vorpommern liegt der Rekord im Jahre 2008/09 bei ~ 76.000 geschossenen Tieren (LU, 2010).

Wildschweine fallen durch ihren massigen Körper und den dunkelbraunen Borsten schnell auf. Die Rumpflänge schwankt zwischen 1,39 und 1,78 m, die Schulterhöhe kann 0,71 bis 0,9 m erreichen (Briedermann, et al. 2009).

6.2.2 Gefährdungspotential

Wildschweine sind nicht an Gewässer gebunden, halten sich aber wegen der guten Versteckmöglichkeiten im Sommer dort häufig auf. Allerdings sind sie hauptsächlich in Wäldern zu finden. Als nachtaktives Tier verlassen Sie in der Dämmerung ihre Aufenthaltsorte um sich auf Nahrungssuche zu begeben. Hauptnahrungsquelle in Deichen sind Wurzeln verschiedener Pflanzen, Wühlmäuse und hauptsächlich Engerlinge. Für die Nahrung brechen die Wildschweine mit ihrem Rüssel die Grasnarbe auf und zerstören sie (Briedermann, et al. 2009).

Die häufigsten Schäden entstehen an Deichen, welche im unmittelbaren Umfeld eine Versteckmöglichkeit haben. Der Abstand beträgt zumeist maximal 40 m (Schütz, 2016). Als

Verstecke gelten Wiesen, Felder, Wälder und Schilfflächen. Im Zeitraum von 2015 bis Ende Februar 2016 wurden in Mecklenburg-Vorpommern mindestens 18 ha Grasnarbe aufgebrochen. Der häufigste Wühlsschaden ist mit einer Tiefe bis maximal 15 cm aufgetreten (ebd.), allerdings geht aus der Literatur hervor, dass die Tiere durchaus Wühlstellen bis 50 cm verursachen können (Wagner, 2008). Im Gegensatz zu den Nagetieren verursacht das Wildschwein nur Zerstörungen an der Grasnarbe und Deckschicht eines Deiches.

Um die Beeinträchtigung der Deichzuverlässigkeit zu überprüfen, sind verschiedene Berechnungen an einem Beispieldeich durchgeführt worden. Das Ergebnis zeigt, dass durch die schadhafte Grasnarbe vor allem die Erosion der wasserseitigen und landseitigen Deichböschung sehr stark gefördert wird (Schütz, 2016). Dagegen werden Böschungsstandsicherheit und Durchsickerung sehr viel weniger beeinträchtigt als durch die Nagetiere.

6.2.3 Gegenmaßnahmen

Bislang kann von keiner existierenden Maßnahme behauptet werden, dass sie Wildschweinschäden sicher und dauerhaft vermeidet (ebd.). Es wird in der Projektarbeit vorgeschlagen, fachübergreifend zusammenzuarbeiten, d.h. dass Jäger, Förster, Hochwasserschutzbehörden und Wildtierbiologen einen Austausch miteinander weiter fördern, um eine bessere Bestandsregulierung sicherzustellen. Hierzu wird auch empfohlen, das von Dr. Zoller (2015) erarbeitete Bejagungskonzept hinzuzuziehen.

Deiche und Dämme, welche entlang eines Waldes verlaufen, können mit einem modifizierten Stützenzaun nach KWF (2010) geschützt werden. Darüber hinaus kann eine konstruktive Maßnahme, wie beispielsweise ein Verbau, den Deich zuverlässig sichern, jedoch sind diese kostenintensiv und sorgen für eine weitere Flächenversiegelung (Schütz, 2016).

„Schließlich kann durch die Reduzierung der Engerlinge im Oberboden die Nahrungsgrundlage der Wildschweine genommen werden, sodass die Deiche für sie uninteressant sind“ (ebd.). Dies kann mithilfe einer Beweidung mit Schafen erfolgen, die ca. 45 – 70 % aller Engerlinge im Oberboden zerstören (Schwarz, 2011). Mai- und Junikäfer werden während der Eiablage durch eine frisch gemähte Wiese direkt angezogen (Karg, 1985), weshalb sich eine Verschiebung der ersten Mahd auf Anfang Juli zusätzlich sehr positiv auswirken kann.

Eine Reduzierung des Engerlinggehalts im Boden wird sich wahrscheinlich nicht auf das Verhalten von Bisam, Biber und Nutria auswirken.

7 AUSWERTUNG DER UMFRAGE

Für die Neuauflage des DVWK-Merkblattes 247/1997 sind mithilfe einer deutschlandweiten Umfrage die Erfahrungen aus der Praxis im Umgang mit dem Merkblatt und der Problematik mit Bisam, Biber und Nutria ermittelt worden. Von 95 versendeten Fragebögen gingen insgesamt 68 beantwortet in schriftlicher bzw. mündlicher Form beim Verfasser ein. Die Fragen wurden an alle Wasserschifffahrtsämter des Bundes, Hochwasserschutzämter aller Bundesländer und die Unteren Naturschutzbehörden der Bundesländer Sachsen, Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern versendet. Der Biber ist in Sachsen, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Bayern weit verbreitet, sodass in diesen Bundesländern zusätzlich auch eine Befragung der Unteren Naturschutzbehörden stattgefunden hat. In Bayern wurde darauf allerdings verzichtet, da eine relativ aktuelle Veröffentlichung von Schwab (2014) vorliegt, die alle gestellten Fragen beantwortet. In diesem Abschnitt erfolgt schließlich die Auswertung der gewonnenen Informationen.

7.1 BEKANNTHEITSGRAD DES DVWK-MERKBLATTES 247/1997

Wasserwirtschaftliche Probleme mit den drei Nagetierarten sind nicht flächendeckend in Deutschland vorhanden. Anhand der Verbreitungskarten in Kapitel 3 ist ersichtlich, dass die Tiere ungleich verteilt sind. Bei 49 der 68 beantworteten Fragebögen wurde angegeben, dass eine oder mehrere der drei Nagetierarten im jeweiligen Verwaltungsbereich vorzufinden sind. Der Bisam ist dabei am weitesten verbreitet – in der Umfrage ist in 42 Fällen ein Vorkommen bekannt. Im Gegensatz dazu gaben nur 27 der Befragten an, dass sich Nutrias im betroffenen Gebiet eingelebt haben. Der Biber ist ähnlich der Nutria bei 32 von 68 Befragten vorkommend.

Des Weiteren kennen nur 19 Personen/Ämter das Merkblatt. Das bedeutet, dass Merkblatt hat, die Rückmeldungen betreffend, einen Bekanntheitsgrad von 27,9 %. Tatsächlich wird es aber nur von 8 Sachbearbeitern/Behörden auch verwendet. Unter den 19 Kennern des Merkblattes sind nur 4 der Meinung, dass sich das Merkblatt gut bewährt hat. Weitere 4 Personen vertreten die Ansicht, das Merkblatt habe sich teilweise bewehrt. Dabei wird der mäßige Erfolg durch die Bisambejagung hervorgehoben. Auch aus den anderen Fragebögen geht hervor, dass mithilfe der Bisam- bzw. Nutriabejagung keine Lösung des Problems, sondern nur eine Eindämmung erfolgt.

Bei 11 der Befragten ist das Merkblatt zwar bekannt, jedoch wird es nicht verwendet. Der Hauptgrund hierfür ist, dass keine erheblichen Probleme durch die Tiere in dem betreffenden Gebiet verursacht werden.

Abbildung 34 zeigt die aktuelle Verbreitung von Bisamen, Bibern und Nutrias innerhalb Deutschlands. Auf bereits existierende Verbreitungskarten wurden zusätzlich die erhobenen Daten ergänzt.

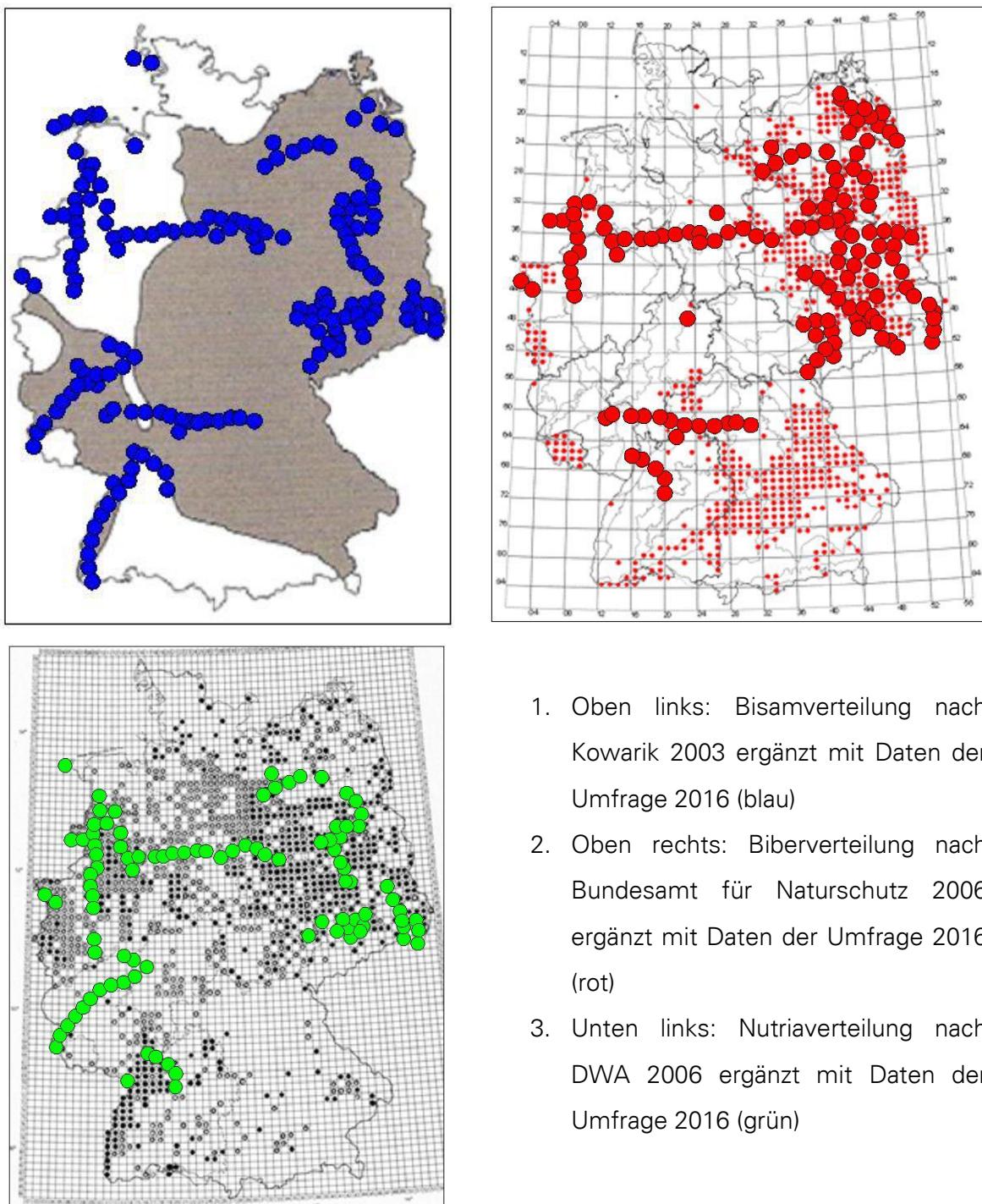


Abbildung 34 Aktualisierte Karte der Verteilung von Bisam, Biber und Nutria

7.2 AUFGETRETENE SCHÄDEN

Im Kapitel 4.1 sind die Auswirkungen von Bisam, Biber und Nutria bereits vorgestellt. Da Wühlertierschäden meist nicht gesondert durch die Behörde aufgenommen und verrechnet werden, ist eine endgültige Zusammenstellung der Schadenskosten nicht möglich. Allerdings können die in der Umfrage angegebenen Kosten addiert und so ein Mindestwert für die Schadenhöhe berechnet werden. Für die Bisame beträgt dieser 528.296,00 € pro Jahr, für die Biber 137.110,00 € pro Jahr und für die Nutria 136.612,00 € pro Jahr. Für das Bundesland Brandenburg existiert dagegen eine Übersicht der Schadenskosten. Daraus geht hervor, dass für das Jahr 2016 mit Ausgaben von 911.560 € für die Prävention und die Beseitigung von Wühlertierschäden allgemein gerechnet wird³⁰. In Tabelle 11 und Abbildung 35 sind die aufgetretenen Schäden nach ihrem Vorkommen aufgelistet. Eine genaue Anzahl konnte den beantworteten Fragebögen nicht entnommen werden. Nachfragen haben ergeben, dass sich eine Auflistung nach der Anzahl nicht umsetzen lässt, weil die Behörden die Schäden, wie oben erwähnt, nicht einzeln aufnehmen. Für die Auswertung wird die Anzahl der befragten Dienststellen gezählt, in welchen bestimmte Schäden von Bisam, Biber und Nutria auftraten. Dabei waren Mehrfachnennungen möglich.

Tabelle 11 Verwaltungsgebiete mit aufgetretenen Schäden von Bisam, Biber und Nutria (absolut)

Schadensart	Gebiete mit Bisamschäden	Gebiete mit Biberschäden	Gebiete mit Nutriaschäden	Summe
1. Damm-/Deicheinbrüche	3	8	2	13
2. Damm-/Deichversagen	0	0	0	0
3. Böschungsabrüche	19	9	6	34

³⁰ Email von Hr. Hoffmann, LfU Brandenburg, 2016

4. Fraßschäden (Schilf, Sträucher, Bäume)	5	23	2	30
5. Fraßschäden auf Feldern in der Nähe des Gewässers	4	8	4	16
6. Sonstige	2	6	0	8
Summe	33	54	14	101

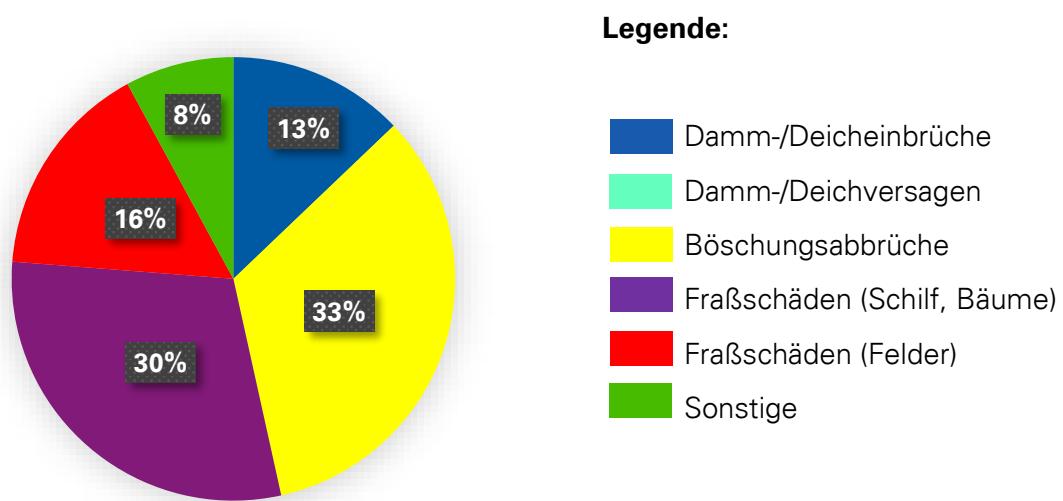


Abbildung 35 Diagramm zum Anteil der aufgetretenen Schäden

Den Umfragedaten zufolge ist kein Damm oder Deich infolge von Wühltätigkeit gebrochen. Dies liegt vermutlich daran, dass der Wühltierbefall als ausschlaggebender Faktor bei einem Damm- oder Deichversagen nur schwer nachweisbar ist. Böschungsabbrüche und Damm-/Deicheinbrüche sind in Bezug auf den Mechanismus sehr ähnlich. Die Bisame, Biber und Nutrias graben Fluchtröhren oder Erdbauten und beeinträchtigen dadurch die Standsicherheit des Deiches. In ihrer Gesamtheit repräsentieren diese den am häufigsten auftretenden Schaden (in 47 von insgesamt 101 Gebieten). Mit 22 Fällen ist der Bisam der Hauptverursacher, dicht gefolgt vom Biber mit 17 Fällen. Die Nutria erreicht 8 und hat damit einen wesentlich geringeren Anteil am Auftritt des Schadens hierzulande. Jedoch befindet

sich die Nutria derzeit in Deutschland immer weiter auf dem Vormarsch, sodass von diesem Tier in Zukunft noch mehr Schaden ausgehen kann.

30 der Befragten beklagen den Verbiss von Bäumen, Sträuchern und Schilf. Dies wird vor allem durch den Biber verursacht (23 der 101 Fälle), der Baumaterialien zusammenträgt und dessen Hauptnahrungsquelle im Winter aus Rinde besteht.

Die Aufteilung der Fraßschäden nach der Art (Schilf, Bäume, Sträucher gegenüber den Feldfrüchten) ist deshalb sinnvoll, um zu erkennen, ob bspw. die Nutria tatsächlich drastische landwirtschaftliche Schäden wie in den USA verursachen. In insgesamt 4 Fällen war die Nutria an Fraßschäden auf dem Feld beteiligt. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass die Nutria bis zum aktuellen Zeitpunkt noch kein Hauptschädling in der Landwirtschaft ist. In Zukunft kann sich der landwirtschaftliche Schaden aber noch steigern, wenn keine weiteren Handlungsschritte gegen die Ausbreitung der Nutria eingeleitet werden. Darüber hinaus ist im Kapitel 4.1 bereits erläutert, dass der Bisam in erheblichem Maße Schilfflächen zerstört. In Deutschland zählt dies ebenfalls mit 5 betroffenen Gebieten nicht zu den hauptsächlichen vom Bisam verursachten Schäden. Der hohe Anteil unter dem Begriff Sonstige mit 8 Fällen ergibt sich beispielsweise durch die vom Biber verursachten Überschwemmungen und das vom Bisam eingetragene Sediment, welches die Entwässerungsanlage der Insel Spiekeroog verstopft.

7.3 EINGESETZTE MAßNAHMEN

In Kapitel 5 Gegenmaßnahmen sind bereits mögliche Gegenmaßnahmen ausführlich erläutert. In diesem Abschnitt erfolgt eine Auswertung der Umfragedaten über die in der Praxis angewandten Maßnahmen. Die Angabe der Befragten, ob in ihrem Verwaltungsbereich bestimmte Maßnahmen eingesetzt werden, sind in Tabelle 12 und Abbildung 36 aufgelistet.

Tabelle 12 Eingesetzte Maßnahmen gegen Schäden durch Bisam, Biber und Nutria (absolut)

Gegenmaßnahme	Gebiete mit Bisam-maßnahmen	Gebiete mit Biber-maßnahmen	Gebiete mit Nutria-maßnahmen	Summe
Bestandsregulierung	15	0	7	22
Gehölzschutz und Einzäunung	0	8	0	8

Wasserstandsregulierung	0	4	0	4
Uferverbau	4	2	4	10
Gitter und Maschengeflechte	1	3	1	5
Sonstige	1	4	1	6
Summe	21	21	13	55

Wie im vorangegangenen Abschnitt ist in den meisten beantworteten Fragebögen die Anzahl der Maßnahmen nicht genau angegeben, weshalb die Auswertung hier in gleicher Weise wie in Abschnitt 7.2 erfolgt.

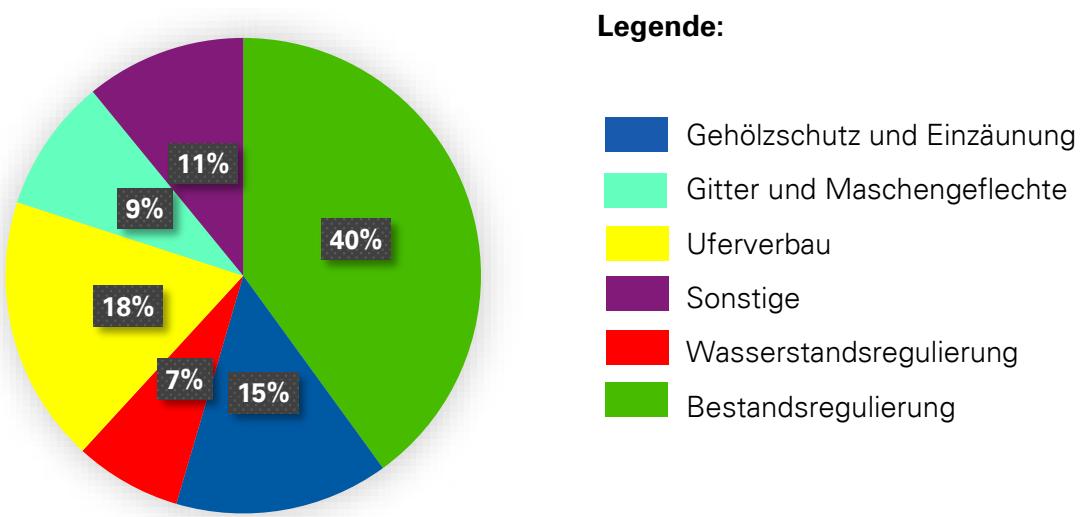


Abbildung 36 Diagramm zum Anteil der eingesetzten Gegenmaßnahmen

Eine Bestandsregulierung erfolgt gegen die Neozoen Bisam und Nutria in hohem Maße. Der Anteil liegt beim Bisam bei 15 und bei der Nutria bei 7 von insgesamt 55 Gebieten mit eingesetzten Gegenmaßnahmen. Da eine Bestandsregulierung gegen den Biber aufgrund seines Schutzstatus nicht bzw. nur in äußersten Ausnahmefällen erfolgt, liegt der Gesamtanteil der Bestandsregulierung nur bei 22 von 55. Werden die Biber aus der

Betrachtung herausgelassen, hat die Bestandsregulierung einen Anteil von 22 der verbleibenden 34 Fälle, Somit wird die oben getroffene Aussage bestätigt, dass die betroffenen Behörden hauptsächlich auf eine Bestandsregulierung der Neozoen setzen.

Die Biber verursachen, wie oben beschrieben, einen hohen Verbiss an Bäumen und Sträuchern. Deshalb werden Gehölze häufig mit einem Gehölzschutz oder einer Einzäunung geschützt. Diese Maßnahme wird bei 8 Behörden eingesetzt.

Eine Wasserstandsregulierung betrifft ebenfalls nur den Biber. Durch das Anlegen von Dämmen kommt es zu Überschwemmungen. Ein bereits erläuterter Bibertäuscher stellt dabei einen Kompromiss dar und wurde in 4 der 55 betroffenen Amtsberiche eingesetzt. Wie bereits beschrieben, ist in Anbetracht der Wasserrahmenrichtlinie und der bestehenden Gesetzeslage ein Verbau von Ufern auszuschließen bzw. nur mit einem Ausgleich umsetzbar (Wasserhaushaltsgesetz Abschn. 5 §67 Satz 1). Dennoch wird der Uferverbau als Alternative gesehen, um die Tiere zu vergrämen. Darüber hinaus zählen zur Böschungssicherung auch ingenieurbiologische Maßnahmen wie Buschlahnungen und Faschinen. Der Anteil des Verbaus liegt bei 10 von 55. In 5 der Fälle setzen die Behörden inzwischen auf Gitter und Maschengeflechte. Zu Sonstige zählen in 6 Gebieten die Ablenkfütterung für den Biber und das Fütterungsverbot gegen die Nutria.

7.4 VORSCHLÄGE FÜR WEITERE UNTERSUCHUNGEN

Am Ende des Fragebogens befindet sich ein Feld, in das die Umfrageteilnehmer Anregungen und Hinweise eintragen konnten, welche in dieser Diplomarbeit eventuell mit untersucht werden sollten. In diesem Abschnitt werden einige der Antworten aus dem Feld anonym ausgewertet.

- „Notwendigkeit des Schutzstatus des Bibers hinterfragen“

Der Biber ist nach dem Bundesnaturschutzgesetz und der FFH-Richtlinie streng geschützt und gehört zur heimischen Fauna in Deutschland. Neben den ermittelten Problemen durch Verbiss und Wühlaktivität, bringen Biber auch bereits oben erläuterte wasserwirtschaftliche und ökologische Vorteile. Eine Bestandsobergrenze und eine damit einhergehende Bestandsregulierung ist aus verschiedenen Gründen eher unwirksam:

- es ist zu erwarten, dass sich Biber an den vergrämteten Orten wieder ansiedeln, solange die Lebensbedingungen ausreichend sind (Schwab a, 2014).
- Biber sind nachtaktive Tiere, damit ist die Jagdzeit nachts (ebd.).

- Die Nachsuche bei der Jagd mit der Schusswaffe ist sehr schwierig, außerdem birgt die Jagd mit der Schusswaffe Gefahren, da „Fehlschüsse vom Wasser abprallen und das Hinterland gefährden“ (ebd.). Außerdem wird bei einem Abschuss eines Tieres der Rest der Biberfamilie sehr scheu, sodass sie sich viel seltener zeigen und damit sehr schwer aufzufinden sind (ebd.).
 - Weiter ist am Beispiel des Bisam und der Nutria ersichtlich, dass eine Bestandsregulierung nur begrenzt wirkt.
- **„Warum ist eine Verordnung wie BbgBiberV notwendig, wenn DVWK-M 247/1997 existiert?“**

Die Verordnungen BbgBiberV in Brandenburg und AAV in Bayern geben keine Hinweise auf wasserbauliche Anlagen. Sie bilden einen rechtlichen Rahmen, eine Sondergenehmigung einfacher zu erhalten, um in den Bestand der Tiere einzutreten. Aus den oben genannten Gründen wird dies zu dem Zeitpunkt gestattet, wenn die Biber während eines Hochwasserereignisses den Hochwasserschutz durch das Graben von Röhren in Deiche und Dämme gefährden. Der DVWK bzw. DWA gibt demgegenüber Hinweise zur Gestaltung der Wasserbauwerke zur Vorbeugung solcher Schadensereignisse und vergleicht verschiedene Maßnahmen. Das Merkblatt dient somit als Nachschlagewerk für Behörden und Planer.

- **„Ermittlung der Finanzierungsmöglichkeiten zur Eindämmung der Nutria“**

In vielen Bundesländern unterliegt die Nutria dem Jagdrecht. Die Jäger sind in dem Fall dazu verpflichtet, den Bestand der Tiere zu regulieren. Demnach verbleiben die Kosten meist bei den Jagdausbüngsberechtigten. In einigen Fällen findet eine finanzielle Unterstützung der Jäger durch die Ämter statt, die für den Hochwasserschutz zuständig sind. Es ist demnach zu empfehlen, die Nutria in die Liste der laut BJagdG jagdbaren Tierarten aufzunehmen. Ob die Jäger dies auch leisten können, wird im nächsten Punkt diskutiert.

Durch wasserbauliche Maßnahmen wird die Nutria im Gegensatz zu Bisam und Biber nicht vergrämt (DVWK, 1997).

- **„Wie hoch ist die Motivation zur Nutriajagd der Jagdausbüngenden?“**

Die Verbreitung der meisten Tierarten, welche nach BJagdG jagdbar sind, nimmt zu. Die Dichte von Wildschweinen beispielsweise ist immens angestiegen (Schütz, 2016). Daraus kann gefolgert werden, dass die Jagdausbüngsberechtigten mit der Regulierung des Bestands überlastet sind. Durch die Vorgabe, nun auch Neozoen wie die Nutria zu regulieren,

ist davon auszugehen, dass die Motivation begrenzt ist. Eine Nachfrage bei zwei Jagdausübungsberechtigten aus Niedersachsen und Sachsen hat ergeben, dass die Motivation tatsächlich sehr gering ist. Die Jagd ist mit großem Aufwand verbunden und für die Jäger nicht wirtschaftlich. Es wird dadurch lediglich Schädlingsbekämpfung betrieben³¹.

- „**Warum existiert ein Merkblatt nur gegen diese drei Tierarten? – Es gibt Probleme mit wesentlich mehr Tieren.“**

Das DVWK-Merkblatt 247/1997 entstand im Jahr 1997 und baut auf vorangegangene Merkblätter des Vereins auf. Zu dieser Zeit waren Hochwasserschutzbauwerke hauptsächlich durch den Bisam gefährdet. Nutrias wurden in den neuen Bundesländern nach der Wiedervereinigung in großen Mengen freigelassen. Außerdem ist auch der Biber infolge erfolgreicher Wiederansiedelung wieder vermehrt an Flüssen anzutreffen. Aus diesen Gründen ist das Merkblatt nur mit den drei Tierarten erarbeitet worden (DVWK, 1997). Erst seit den letzten Jahren spielen auch andere Tierarten eine immer größere Rolle. Beispiele hierfür sind in Kapitel 6 gegeben. Die Erarbeitung eines Merkblattes für andere Tierarten sollte somit Gegenstand weiterer Forschung sein.

7.5 KRITISCHE WÜRDIGUNG DES FRAGEBOGENS

Im Laufe des Umfragezeitraumes ergaben sich Kritikpunkte. Diese Anmerkungen sollen in diesem Abschnitt Erwähnung finden, um bei eventuellen künftigen Umfragen zu diesem Thema mehr und aussagekräftigere Daten zu erhalten. Relativ schnell wurde klar, dass für die Beantwortung ein vorgegebener Zeitraum von drei Wochen für die Sachbearbeiter zu kurzfristig ist. Gründe hierfür sind die hohe Auslastung und Verzögerungen in der Zustellung an den richtigen Ansprechpartner durch viele Weiterleitungen. Die Fragebögen an die Wasserschifffahrtsämter des Bundes sind über die Post versendet worden. Das weitere Versenden fand als PDF- und Microsoft Word-Dokument per Mail statt. Dabei stellte sich heraus, dass der für die handschriftliche Beantwortung verfasste Fragebogen Probleme beim digitalen Ausfüllen zeigte. Die Felder zum Setzen der Kreuze konnten nicht ausgefüllt werden. Des Weiteren änderte sich durch das Eintragen von Wörtern in die Felder die Formatierung des Gesamtdokuments.

In einigen Fällen wurde auf Wunsch der Befragten ein Telefoninterview durchgeführt. Für eine erneute künftige Befragung eignet sich eine online erstellte Umfrage besser. Die Befragten

³¹ Mdl. Hr. Uhrner und Hr. Klopfer (Jagdausübungsberechtigte), 2016

erhalten dann weniger Datenmengen, weil keine digitalen Dokumente sondern nur ein Link verschickt wird. Der Fragesteller hat den Vorteil, einheitliche Beantwortungen zu erhalten.

Inhaltlich hätte eine Aufzählung der Gegenmaßnahmen nach DVWK-Merkblatt 247/1997 eventuell eine bessere Auswertung ermöglicht. So wurden für gleiche bzw. ähnliche Maßnahmen oft verschiedene Bezeichnungen verwendet. In einem Fall ist die Beantwortung aufgrund der ausschließlich aus wasserwirtschaftlicher Sicht gestellten Fragen verweigert worden. Die Umfrage wurde aus Sicht des Verfassers auf die wichtigsten 9 Fragen zu diesem Thema komprimiert, um möglichst viele Antworten zu erhalten. Für Informationen zu ökologischen Vor- und Nachteilen durch Bisam, Biber und Nutria existiert eine große Anzahl aktueller Literatur, wie beispielsweise die Publikationen vom Bayrischen Landesamt für Umwelt, sodass darauf in der Umfrage verzichtet wurde.

Es sind 95 Fragebögen herausgegangen und 68 Antworten eingegangen. Die Zahl der zugestellten Fragebögen ist allerdings nicht ganz eindeutig, weil durch die Postannahmestellen der Behörden eine Weiterverbreitung auch an andere zuständige und betroffene Stelle erfolgte. In anderen Fällen beantwortete der Dezernatsleiter die Fragen.

Abschließend soll darauf hingewiesen werden, dass die Umfrage trotz der Kritik einen Großteil der Erfahrungen mit den Nagetieren in Deichen und Dämmen in Deutschland wiedergibt und demnach qualitative Vorschläge für die Aktualisierung des DVWK-Merkblattes 247/1997 ermöglicht.

8 FAZIT

Unter Nutzung der Ergebnisse zur Veränderung der Durchsickerung nach Alshomaree (2014) und zusätzlich der Berechnungsansätze von Taccari (2015) wurde eine weitere Beeinflussung der Standsicherheit von Deichen in dieser Arbeit untersucht. Ein Erdbau in der landseitigen Böschung eines Deiches setzt die Standsicherheit nicht nachweislich herab. Eine Hohlraumerosion findet nach einem Vergleich der Sohlschubspannungen durch das austretende Sickerwasser innerhalb der Röhre statt. Der Erdbau nach Alshomaree (2014) in der wasserseitigen Deichböschung erfährt keine nachgewiesene Hohlraumerosion. Eine Überprüfung der Standsicherheit der Deckschicht des zweiten Deichprofils mit dem Verfahren nach Courtney ergab ein Versagen der Böschung bei schnell absinkendem Wasserstand. Die Erosionstiefe der wasserseitigen Böschung infolge der Grasnarbenzerstörung durch den Biber ist mit 3 cm nach einer beispielhaften Einwirkungsdauer von 9 d berechnet worden. Somit hat die Erosion der Außenböschung in diesem Fall keinen erheblichen Einfluss. Es kann also zusammengefasst werden, dass ein Erdbau in der landseitigen Böschung nach den hier stattgefundenen Berechnungen keine direkte negative Beeinträchtigung der Standsicherheit bewirkt. Allerdings ist eine indirekte Beeinträchtigung durch die Vergrößerung des Hohlraumes innerhalb der Röhre infolge der Erosion zu erwarten. Befindet sich der Erdbau dagegen in der wasserseitigen Böschung, so ist während eines Hochwassereignisses ein Versagen der Böschung durchaus möglich.

Die Recherche dieser Arbeit hat gezeigt, dass die Problematik mit Wühltern auf Deichbauwerken deutschlandweit zunehmend von Interesse ist und schon ansatzweise überprüft wurde. Waren die Nutria zur Zeit der Veröffentlichung des DVWK-Merkblattes 247/1997 in Deutschland noch relativ wenig bekannt und verbreitet, sind sie heute in ihrer Bedrohung für den Hochwasserschutz und der heimischen Flora und Fauna dem Bisam gleichzusetzen. Darüber hinaus wird der Schutzstatus des Bibers immer häufiger in Frage gestellt. Eine Ausnahmeverordnung wie in Bayern und Brandenburg, welche den Biber in Notsituationen zum Abschuss freigibt, ist i.d.R. nicht notwendig. Das Beispiel Mecklenburg-Vorpommern zeigt, dass im Falle der Entstehung eines neuen Biberbaus in einem Deich während eines Hochwassereignisses auch ohne die Ausnahmeverordnung der Abschuss durch einen Bibermanager erfolgen kann. Letztendlich kommt es auf die Vorlage einer Sondergenehmigung an, und zwar unabhängig davon, ob eine Ausnahmeverordnung existiert oder nicht. Außerdem wird es sich den Quellen nach nicht bewähren, den Schutzstatus

herabzusetzen und eine Bestandsobergrenze für Biber einzuführen. Die Jäger sind, wie sich zeigte, bei der Nutriajagd wenig motiviert. Es ist zu erwarten, dass eine mögliche Biberjagd ebenfalls nicht im Interesse der Jagdausübungsberechtigten ist. Darüber hinaus hat Schwab (2014) weitere Gründe dafür gegeben (vgl. Abschnitt 7.4), dass die Biberjagd sich nicht bewähren wird. Nicht zuletzt sorgt der Biber für die Verbesserung der Gewässermorphologie und der Bioszönose im und am Fluss. Aus diesem Grund ist der Schutzstatus weiter beizubehalten.

Bei der Bekämpfung von Bisam und Nutria verlassen sich viele Behörden auf die Bestandsregulierung durch spezielle Bisamjäger und den eigentlichen Jagdausübungsberechtigten. Im Falle des Bisam scheint den Jahresberichten der Landwirtschaftskammer zufolge vor allem in Niedersachsen die Motivation hoch zu sein, weil sich die Bevölkerung der Gefahr für den Hochwasserschutz durch die Tiere bewusst ist (weil z.B. viele Niedersachsen ehrenamtlich als Bisamjäger arbeiten). Die Motivation in der Nutriajagd ist dagegen deutschlandweit erheblich zu erhöhen und das Fütterungsverbot in Sachsen nicht nur härter durchzusetzen, sondern grundsätzlich deutschlandweit in Erwägung zu ziehen. Eventuell können finanzielle Anreize für die Jäger geschaffen werden, um die Schädlingsbekämpfung wirtschaftlich ausführen zu können.

Alle Sicherungsmaßnahmen gegen die Nager haben jeweils ihre Vor- und Nachteile. Um Schäden durch diese Tiere weitestgehend auszuschließen, sollte mindestens ein 20 m breiter Streifen vom Ufer der Mittelwassergrenze bis ins Land geschaffen werden, welcher sich weitestgehend selbst überlassen bleibt und keine anthropogene Nutzung erfährt. Es hat sich gezeigt, dass beispielsweise der Biber soweit im Land keine Aktivität mehr ausübt. Wird der Streifen mit Bäumen bepflanzt, sodass sich ein Auenwald bilden kann, ist auch das Vorkommen von Bisam und Nutria ausgeschlossen. Auch bei der Neuanlage beziehungsweise Rückverlegung von Deichen ist dieser Abstand ebenfalls unbedingt einzuhalten. Zur Ergänzung sollte zusätzlich ein Wildrettungshügel errichtet werden, um auch im Falle eines besonderen Hochwasserereignisses den Deich vor Wühlerterschäden zu schützen. Die Biber nehmen bei einem Hochwasserereignis bevorzugt diesen an und weichen nicht auf die Deiche aus. Der Hügel hat allerdings einen enormen Platzbedarf, da zwischen ihm und dem Deichfuß ein Abstand von mind. 25 m bestehen muss.

Wenn es nicht möglich ist, dem Gewässer mehr Raum zu bieten, weil z.B. eine Ortschaft bis dicht an das Gewässer grenzt oder scharliegende Deiche unbedingt erhalten bleiben müssen, kann ein Deich mit Drahtgeflechten geschützt werden. Der Vorteil ist, dass die Flora sich

wieder problemlos ausbreiten kann. Somit findet keine weitere Flächenversiegelung statt. Die Gitter können auch das Untergraben von Bahn- und Straßendämmen verhindern, indem sie senkrecht zwischen der Straße und dem Fluss eingebaut werden. In der Praxis wird diese Art der Maßnahme immer beliebter. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Gitter gegen alle 3 Nagetierarten wirken, wenn eine Maschenweite von 4 x 4 cm eingehalten wird. Problematisch bleibt insbesondere bei Ufern die Störung während des Einbaus und die Frage nach der Entsorgung am Ende der Nutzungsdauer. Der Schutz vor anderen Wühltieren, wie etwa dem Wildschwein, ist bei einem Gitter noch nicht ausreichend nachgewiesen. In Westmecklenburg ist dies bereits widerlegt.

Wenn es aus hydraulischen Gründen nicht zwingend notwendig ist, ist auf einen festen Verbau der Uferböschungen zu verzichten. Diese Bauweisen bringen vor allem ökologisch nur Nachteile und schwächen durch geringere Rauheiten die Retention.

Abgeraten wird auch von Abspundungen der Ufer und ähnlichen Maßnahmen, welche den Grundwasserspiegel beeinflussen und durch den erheblichen und bleibenden Eingriff in die Gewässerbiologie nicht mehr zeitgemäß sind.

Böschungsabbrüche der Ufer werden mittlerweile in vielen Gebieten Deutschlands toleriert. Diese Praxis ist prinzipiell zweckmäßig, solange durch den Böschungsabbruch keine Bauwerke gefährdet sind. Schließlich wird hiermit die Selbstregulierung der Gewässer gefördert und kann beispielsweise zur Bildung von Sandbänken führen.

Mit Hilfe einer deutschlandweiten Umfrage konnte die Wirksamkeit einiger im Merkblatt vorgeschlagener Maßnahmen bestätigt und darüber hinausgehende Verfahren ausgewertet werden. Der überwiegende Teil der Befragten, welche das Merkblatt nutzen, sehen darin eine weiterhin gut anwendbare Informationsquelle. Wo die Problematik existiert und das Merkblatt bisher unbekannt war, ist ein großes Interesse dafür entstanden. Vor diesem Hintergrund folgen nach Meinung des Verfassers die wichtigsten Hinweise und Bemerkungen für die Aktualisierung des Merkblattes.

- Die im Merkblatt fehlenden Gegenmaßnahmen sind zu ergänzen (Wildrettungshügel, Multiple-Capture-Trap, Buschlahnung, Kanisterkette).
- Die Ergebnisse der Umfrage sollten bei der Neuaufage unbedingt berücksichtigt werden.
- Die Anwendbarkeit einiger im Merkblatt genannter Gegenmaßnahmen ist anhand des heutigen Rechtsstandards zu prüfen.

- Der Bekanntheitsgrad des Merkblattes sollte in jedem Falle vergrößert werden.
- Es existiert weiterer Forschungsbedarf zur Erstellung eines neuen Merkblatts für die weiteren bekannten Deichschädlinge (vgl. Kapitel 6).
- In politischen Diskussionen wird immer wieder von der Einführung der Bestandsobergrenze der Biber gesprochen. Es kann deutlich gemacht werden, dass ein Eingriff in den Bestand des Bibers nicht das Kernproblem löst und auch nicht im Interesse der Jäger ist.

Letztendlich werden sich Behörden, Planer und an Gewässern lebende Menschen weiter auf das Leben mit dem Biber einstellen müssen. Der Biber gehört zu einem ökologisch intakten Fließgewässer in Europa. Infolge des Bibermanagements in vielen Bundesländern existiert bereits eine Sensibilisierung der Bevölkerung. Dies muss weitergeführt und intensiviert werden. Eine verstärkte Öffentlichkeitsarbeit zu diesem Thema erhöht das Verständnis für die Maßnahmen der Fließgewässer im Zuge der Wasserrahmenrichtlinie der EU, welche von einem Teil der Bevölkerung ebenfalls noch nicht unterstützt werden.

LITERATURVERZEICHNIS

- (AAV, 2008)** – Bayrische Staatsregierung: „Verordnung über die Zulassung von Ausnahmen von den Schutzzvorschriften für besonders geschützte Tier- und Pflanzenarten“ (Artenschutzrechtliche Ausnahmeverordnung – AAV), 2008.
- (Alshomaree, 2014)** – Alshomaree, R.: „Untersuchungen zum Einfluss von Makrohohlräumen auf die Durchsickerung von Flussdeichen“, Projektarbeit TU Dresden (nicht veröffentlicht), Dresden, 2014.
- (Arndt, 2015)** – Arndt, M.: „Sicherung von Ufern, Dämmen und Deichen gegen Schäden durch Nage- und Wühltiere“, In: Georessources Zeitschrift, Heft 1|2014, 2014.
- (Bayrisches Landesamt für Umwelt a, 2009)** – Bayrisches Landesamt für Umwelt: „Artenvielfalt im Biberrevier“, Augsburg, 2009.
- (Bayrisches Landesamt für Umwelt b, 2009)** – Bayrisches Landesamt für Umwelt: „Das bayrische Bibermanagement – Konflikte vermeiden – Konflikte lösen“, Augsburg, 2009.
- (Bayrisches Landesamt für Umwelt, 2014)** – Bayrisches Landesamt für Umwelt: „Biber – Baumeister der Wildnis“, Augsburg, 2014.
- (BbgBiberV, 2015)** – Landesamt für Umwelt Brandenburg: „Verordnung über die Zulassung von Ausnahmen von den Schutzzvorschriften für den Biber [Castor fiber]“ (Brandenburgische Biberverordnung – BbgBiberV), 2015.
- (Bezzazi, et al., 2010)** – Bezzazi, M.; Khamlchi, A.; Vera, M. P.; Rubio, M. D. C.; Olegario, C. L.: „A simplified analytical modeling of the hole erosion test“, In: Science Publications: „American J. of Engineering and Applied Sciences 3“, 2010.
- (Biela, 2008)** – Biela, C.: Die Nutria (Myocastor coypus Molina 1782) in Deutschland – Ökologische Ursachen und Folgen der Ausbreitung einer invasiven Art, Diplomarbeit TU München, München, 2008.
- (biota, 2014)** – biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH: „Genehmigungsplanung – Errichtung zweier Wildrettungshügel im Sudevorland bei Mahnkenwerder“ (nicht veröffentlicht), Bützow, 2014.
- (Biozid-Portal, o.J.)** – Biozid-Portal: <http://www.biozid.info/deutsch/schaedlingsratgeber/alle-organismen/bisam/detail/> (letzter Zugriff: 03.06.2016).

- (Böhmer, et al., 2001)** – Böhmer, H. J.; Heger, T.; Trepl, L.: „Fallstudien zu gebietsfremden Arten in Deutschland“, Berlin, 2001.
- (Bollrich, 2013)** – „Bollrich, G.: „Technische Hydromechanik 1“, 2013.
- (Brandl, o.J.)** – Brandl, H.: „Hochwasserschutzdämme“, Vorlesungsfolien TU Wien.
- (Briedermann, et al. 2009)** – Briedermann, L.; Stöcker, B.: „Schwarzwild“, Stuttgart, 2009.
- (Bundesamt für Naturschutz, 2006)** – Bundesamt für Naturschutz: „Biber – Castor fiber – Verbreitung des Bibers inklusive Hinweise auf Schwerpunkt vorkommen“, http://www.ffh-anhang4.bfn.de/fileadmin/AN4/documents/mammalia/Castor_fiber_Verbr.pdf (online, letzter Zugriff: 30.05.2016), 2006.
- (Bundesamt für Naturschutz, 2009)** – Bundesamt für Naturschutz: „Gesetz zur Neuregelung des Rechts des Naturschutzes der Landschaftspflege“, 2009.
- (BJagdG, 2015)** – Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz: „Bundesjagdgesetz“, 2015.
- (BArtschV, 2005)** – Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz: „Verordnung zum Schutz wild lebender Tier- und Pflanzenarten“ (Bundesartenschutzverordnung – BAartschV), 2005.
- (Clauß, 2013)** – Clauß, U.: Hochwasserbedingte Wechselwirkungen zwischen Bibern und Flussdeichen“, Diplomarbeit TU Dresden (nicht veröffentlicht), Dresden, 2013.
- (DAISIE, 2008)** – Deliverin Aliens Invasive Species Inventories for Europe: “Ondatra zibethicus”, http://www.europe-aliens.org/pdf/Ondatra_zibethicus.pdf (online, letzter Zugriff 30.05.2016), 2008.
- (Deutscher Wetterdienst, o.J.)** – Deutscher Wetterdienst: „Beaufort-Skala See“, <http://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=100310&lv3=536590> (online, letzter Zugriff: 27.06.2016), 1806.
- (Djoshkin, et al., 1972)** – Djoshkin, W. W.; Safanow, W. G.: “Die Biber der alten und neuen Welt”, Wittenberg, 1972.
- (DVWK, 1993)** – DVWK: „DVWK-M 226/1993 – Landschaftsökologische Gesichtspunkte bei Flussdeichen“, Bonn, 1993.

(DVWK, 1997) – DVWK: „DVWK-M 247/1997 – Bisam, Biber, Nutria – Erkennungsmerkmale und Lebensweisen – Gestaltung und Sicherung gefährdeter Ufer, Deiche und Dämme“, Bonn, 1997.

(DWA, 2011) – DWA: „DWA-M 507-1 – Deiche an Fließgewässern – Teil 1: Planung, Bau und Betrieb“, Hennef, 2011.

(DWA, 2016) – DWA: „DWA-M 608-1 – Bisam, Biber, Nutria – Teil 1: Erkennungsmerkmale und Lebensweisen“ (Gelbdruck), Hennef, 2016.

(EG, 2000) – Europäische Gemeinschaft: „Richtlinie 2000/60/EG des europäischen Parlamentes und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpoltik“ (Wasserrahmenrichtlinie), 2000.

(EG, 1992) – Europäische Gemeinschaft: „Richtlinie 92/43/EWG des Rates zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen“ (Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie), 1992.

(Flügel GmbH, o.J.) – Flügel Gmbh: <https://www.fluegel-gmbh.de/de/pflanzenschutz/fegegeschutz/drahthosen/?products=1> (online, letzter Zugriff 14.07.2016).

(FGSV, 2009) – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe „Erd- und Grundbau“: „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau“ (ZTV E-StB 09), Köln, 2009.

(Fritz, 2015) – Fritz, H.: „Nutriabejagung in Niedersachsen“, 2015.

(GGU 2015) – Gesellschaft für Grundbau und Umwelt: „Berechnungen von Grundwasserströmungen mit Finiten Elementen in dreidimensionalen Systemen – GGU-3D-SSFlow“, Braunschweig, 2015.

(Haselsteiner, 2007) – Haselsteiner, R.: „Hochwasserschutzdeiche an Fließgewässern und ihre Durchsickerung“, München, 2007.

(Haselsteiner, et al., 2004) – Haselsteiner, R.; Strobl, T.: „Zum Einfluss von Bewuchs und Hohlräumen auf die Durchsickerung von Deichbauten“, In: Beiträge zum Symposium vom 16. – 19. Juni 2004: „Lebensraum Fluss – Hochwasserschutz, Wasserkraft, Ökologie“, Bd. 2, Berichtsheft Nr. 101, Wallgau, 2004.

(Herle, 2011) – Herle, I.: „Bodenmechanik und Grundbau – Standsicherheit von Böschungen“, Vorlesungsskript TU Dresden (nicht veröffentlicht), Dresden, 2011.

(Hespeler, 2004) – Hespeler, B.: „Schwarzwild heute / Lebensweise, Schadensbegrenzung, Ansprechend, Jagdarten, Wildbretverwertung“, München, Wien, Zürich, 2004.

(Hubo, et al. 2007) – Hubo C.; Jümpertz, E.; Krott, M.; Nockemann, L.; Steinmann, A.; Bräuer, I.: „Grundlagen für die Entwicklung einer nationalen Strategie gegen invasive gebietsfremde Arten“, Bonn-Bad Godesberg, 2007.

(Jährling, et al. 2012) – Jähring, K.-H.; Schuhmacher, A.; Ibe, P.: „Informationen zu Biber- und Wildrettungshügeln in den rezenten Flussauen“, Dessau, 2012.

(Karg, 1985) – Karg, W.: „Engerlinge“, Markleeberg, 1985.

(Kieferle GmbH, 2016) – Kieferle GmbH: „Conibear-Totschlagfalle“, <http://kieferle.com/jagdbedarf/totschlagfallen/mittlere-tiere/00078.php> (online, letzter Zugriff: 16.06.2016), 2016.

(Kowarik, 2003) – Kowarik, I.: „Biologische Invasionen: Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa“, Stuttgart, 2003.

(Kowarik, 2010) – Kowarik, I.: „Biologische Invasionen: Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa“ (2. Aufl.), Stuttgart, 2010.

(Kreisgruppe Donauwörth e.V., 2005) – Kreisgruppe Donauwörth: „Jagd, Hege und Naturschutz“, Donauwörth, 2005.

(Kroes, et al. 2015) – Kroes, D. E.; Bason, C. W.: „Sediment-trapping by Beaver Ponds in Streams of the Mid-Atlantic Piedmont and Coastal Plain, USA“, In Southeastern Naturalist, 2015.

(KWF, 2010) – Kuratorium für Walddarstellung und Forsttechnik e.V.: „Schutzmaßnahmen gegen Wildschäden im Wald“, Groß-Umstadt, 2010.

(NJagdG, 2001) – Land Niedersachsen: „Niedersächsisches Jagdgesetz“, 2001.

(Landwirtschaftskammer Niedersachsen, 2008) – Landwirtschaftskammer Niedersachsen: „Jahresbericht 2008 über das Auftreten und die Bekämpfung des Bisams in Niedersachsen“, Oldenburg, 2008.

(Landwirtschaftskammer Niedersachsen, 2014) – Landwirtschaftskammer

Niedersachsen: „Jahresbericht 2014 über das Auftreten und die Bekämpfung des Bisams in Niedersachsen“, Oldenburg, 2014.

(Landtag M-V, 2016) – Landtag M-V: „Kleine Anfrage der Abgeordneten Beate Schlupp,

Fraktion CDU“, Drucksacke 6/5166, 2016.

(Louisana – wildlive & fisheries, 2007) – Louisiana – wildlive & fisheries:

<http://www.nutria.com/piclib/51.jpg> (online, letzter Zugriff: 19.07.2016), 2007.

(LU, 2010) – Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern: „17. Jagdbericht für Mecklenburg-Vorpommern Jagdjahr 2008/09“, Schwerin, 2010.

(Lubinski, 2009) – Lubinski, F.: “Der Bisam (*Ondatra zibethicus*, L. 1766) – eine invasive Art ohne nennenswerte Auswirkungen auf Ökosysteme in Europa?”, Bachelor-Thesis TU München, München, 2009.

(LU, 2016) – Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern: <http://www.regierung-mv.de/Landesregierung/lm/Aktuell/?id=114271&processor=processor.sa.pressemittelung> (online, letzter Zugriff: 03.06.2016), 2016.

(Maccaferri, 2015) – Maccaferri: „Der Einsatz von Biberschutznetzen“, 2015.

(Meßlinger, 2006) – Meßlinger, U.: „Monitoring von Biberrevieren in Westmittelfranken“, Flachslanden, 2006.

(Meßlinger, 2014) – Meßlinger, U.: „Monitoring von Bibergebieten in Westmittelfranken“, Flachslanden, 2014.

(NABU, o.J.) – Naturschutzbund: <https://www.nabu.de/tiere-und-pflanzen/aktionen-und-projekte/vogel-des-jahres/2005-uhu/wissen.html> (online, letzter Zugriff: 03.06.2016).

(Nakoinz, 2010) – Nakoinz, H.: „Wasserstraßen – Schifffahrt – Umwelt, Handbuch für den Beruf Wasserbauerin/Wasserbauer“, Koblenz, 2010.

(Neubert, et. Al 2007) – Neubert, F.; Wachlin, V.: „Steckbriefe der in M-V vorkommenden Arten der Anhänge II und IV der FFH-Richtlinie“, 2007.

(Neuhoff, 2014) – Neuhoff, D.: „Die aktuelle Verbreitung, mögliche Auswirkungen sowie Management der Neozoen Bisamratte (*Ondatra zibethicus*) und Nutria (*Myocastor*

coypus) in Deutschland mit internationalem Einblick“, Bachelorarbeit TU Dresden, Dresden, 2014.

(Nordstory, 2015) – NDR: „Die Nordstory - Die Küstenschützer“, 11.03.2015.

(Pharmazeutische Zeitung, 2002) – Mediengruppe Deutscher Apotheker GmbH: „Tulamärie – Hasenpest gefährdet auch Menschen“, http://www.pharmazeutische-zeitung.de/index.php?id=medizin3_26_2002 (online, letzter Zugriff 02.08.2016), Ausgabe 26/2002, 2002

(Remy, o.J.) – Remy, D.: „Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleituntersuchung (1999-2003) zum E+E Projekt „Renaturierung der Hase-Aue – Folgen für die Strukturkomplexität und die Besiedlung durch Flora und Fauna“, Osnabrück.

(Reinhard, et al. 2003) – Reinhard, F.; Herle, M.; Bastiansen, F.; Streit, B.: „Ökonomische Folgen der Ausbreitung von Neobiota“, Berlin, 2003.

(Richwien, et al. 2006) – Richwien, W.; Pohl, C.: „Die Bemessung der Außenböschung von Seedeichen unter Ansatz des festigkeitssteigernden Einflusses der Grasnarbe“ In: Hermann, R. A.; Jensen, J.: „Sicherung von Dämmen, Deichen und Stauanlagen – Handbuch für Theorie und Praxis“, Siegen, 2006

(Riekschnitz, 2011) – Riekschnitz, K.: „Habitatseignungsanalyse für den Fischotter (Lutra lutra) im Stever-Heubach-Gebiet als Grundlage für Biotopentwicklungsmaßnahmen“, http://www.hs-owl.de/fb9/fileadmin/archiv/FB9/Landschaftsoekologie/bilder_2/Poster_Bachelorarbeit_Riekschnitz.pdf (online, letzter Zugriff: 03.06.2016), Höxter, 2011.

(Scheide, 2013) – Scheide, D.: „Die Nutria in Deutschland: Ökologie, Verbreitung, Schäden und Management im internationalen Vergleich“, Hamburg, 2013).

(Schlüter, et al. 2008) – Schlüter, J.; Schwab, G.; Zahner, V.: „Lebensraumgestalter mit Konfliktpotential – Ein Biber kann vieles positiv in der Landschaft verändern. Aber er wird nicht überall akzeptiert.“, In: LWF aktuell 66/2008, Freising, 2008.

(Schütz, 2016) – Schütz, M.: „Untersuchungen zur Beeinflussung der Deichzuverlässigkeit infolge von Wildschweinaktivität und Erarbeitung von Gegenmaßnahmen“, Projektarbeit TU Dresden (nicht veröffentlicht), Dresden, 2016.

(Schwab, o.J.) – Schwab, G.: „Baumschutz gegen Biberverbiss“, Neuburg-Schrobenhausen.

(Schwab a, 2014) – Schwab, G.: „Behauptungen: Biberprobleme müssen durch Einführung einer Jagdzeit gelöst werden“, www.bibermanagement.de (online, letzter Zugriff: 19.07.2016), 2014.

(Schwab b, 2014) – Schwab, G.: „Handbuch für den Biberberater“, Mariaposching, 2014.

(Schweriner Volkszeitung, 31.03.2016) – Schweriner Volkszeitung: „Kann ein Rohr den Biber täuschen?“, 31.03.2016.

(Schwarz, 2011) – Schwarz, A.: „Merkblatt: Mai- und Junikäfer“, Salez, 2011.

(Stamm, 2013) – Stamm, J.; Stoebenau, S.: „Skript für die Vorlesung Gewässerentwicklung“, Vorlesungsskript TU Dresden (nicht veröffentlicht), Dresden, 2013.

(Stamm a, 2014) – Stamm, J.; Zimmermann, R.: „Skript für die Vorlesung Flussbau“, Vorlesungsskript TU Dresden (nicht veröffentlicht), Dresden, 2014.

(Stamm b, 2014) – Stamm, J.; Gierra, T.: „Skript für die Vorlesung Stauanlagen“, Vorlesungsskript TU Dresden (nicht veröffentlicht), Dresden, 2014.

(Stern, 2013) – Pleul, P.: „Angst vor Deichzerstörungen – Hochwasserregionen geben Biber zum Abschuss frei“, <http://stern.de/panorama/weltgeschehen/angst-vor-deichzerstoe rungen-hochwasser-regionen-geben-biber-zum-abschuss-frei-3044780.html> (online, letzter Zugriff: 13.06.2016), 2013.

(Südtiroler Jagdportal, o.J.) – Südtiroler Jagdportal: <http://www.jagd.it/niederwild/fuchs> (online, letzter Zugriff: 03.06.2016).

(Taccari, 2015) – Taccari, M. L.: “Study upon the possible influence of animal burrows on the failure of the levee of San Matteo along the Secchia river”, Master-Thesis TU Delft, Delft, 2015.

(Van der Steen, 2015) – Van der Steen: „Nutriasisymposium Niedersachsen und Nord-Ost Niederlande“, Meppen, 2015.

(Wahl, 2010) – Wahl, T. L.: “A comparison of the Hole Erosion Test and Jet Erosion Test”, In: Joint Federal Interagency Conference on Sedimentation and Hydrologic Modeling, Denver, 2010.

(Wagner, 2008) – Wagner, S.: "Analyse von Schäden durch Wildschweine (*Sus scrofa* L.) im urbanen Lebensraum am Beispiel der Stadt Pirmasens", Diplomarbeit, Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg, 2008.

(Wan, et al. 2004) – Wan, C. F.; Fell, R.: "Investigation of Rate of Erosion of Soils in Embankment Dams", In: Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering, 2004.

(Weser, 2009) – Weser, K.: "Park-Verbot für Nutria in Branitz", In: Lausitzer Rundschau, 21.11.2009.

(witasek Pflanzenschutz GmbH, 2016) – witasek Pflanzenschutz GmbH: „Klassischer Pflanzenschutz“, Feldkirchen, 2016.

(Witmer, et al. 2008) – Witmer, G. W.; Burke, P. W.; Jojola, S.; Nolte, D.L.: „A live trap model and field trial of a nutria (Rodentia) multiple capture trap”, In: de Gruyter, W.: “Mammalia 72”, Berlin – New York, 2008.

(Zoller, 2015) – Zoller, H.: "Studie zum Deichschutz vor Wildschweinschäden – Pilotprojekt zur Wildschweinvergrämung auf dem Ringdeich Markgrafenheide", (nicht veröffentlicht), Rostock, 2015.

Berechnung der Größen zur Erstellung der Sickerlinie

a) Gegebene Werte schadloser Deich:

$s =$	12 m	$k, f =$	0,00000044 m/s
$b =$	33 m		
$w =$	3 m		
$h =$	4 m		
$\alpha =$	18,43 °		
$d =$	24,6 m		

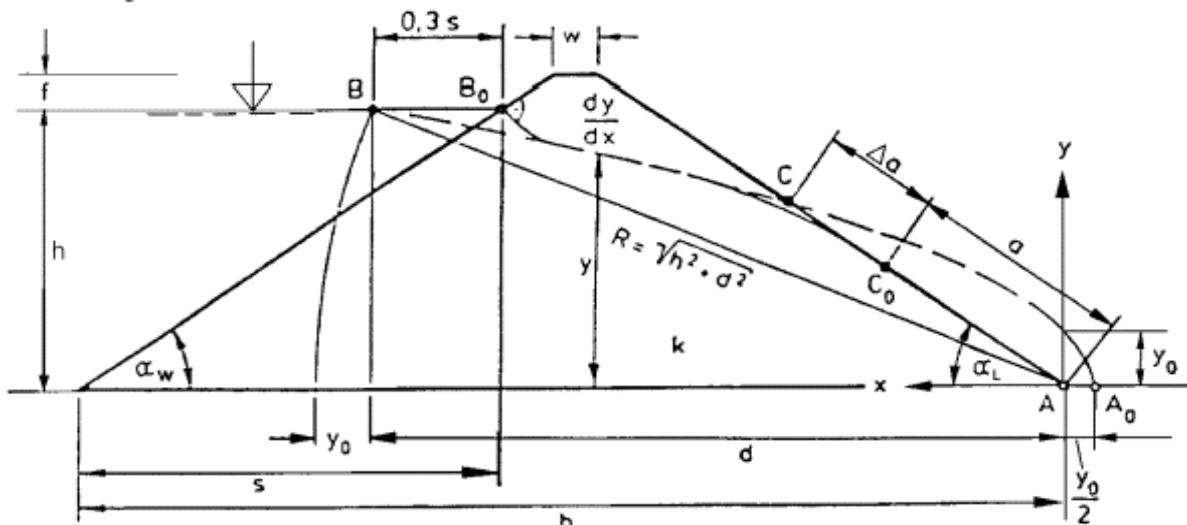


Abbildung 1: Variablen für die Erstellung der Sickerlinie nach Casagrande (Stamm et al., 2014)

$$y_0 = \sqrt{h^2 + d^2} - d = 0,32 \text{ m}$$

$$x = \frac{y^2 - y_0^2}{2y_0}$$

x	y
-0,16	0,00
0,23	0,50
1,39	1,00
3,32	1,50
6,03	2,00
9,51	2,50
13,77	3,00
18,80	3,50
24,60	4,00

In die Parabelgleichung wurden die gewählten Y-Werte eingegeben und zugehörige X-Werte berechnet. Anschließend wurde der Austritt der Sickerlinie noch korrigiert.

$$\Delta a + a = \frac{y_0}{1 - \cos \alpha_L} = 6,30 \text{ m}$$

$$\Delta a = \frac{y_0}{1 - \cos \alpha} \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{\alpha}{360^\circ} \right) = 2,83 \text{ m}$$

$$a = 3,47 \text{ m}$$

$$q = k \cdot \frac{dy}{dx} y = k \cdot y_0 = 1,42156E-07 \text{ m}^3/\text{sm} \quad (\text{spezifischer Ausfluss})$$

$$h, a = 1,09 \text{ m} \quad (\text{Austrittshöhe})$$

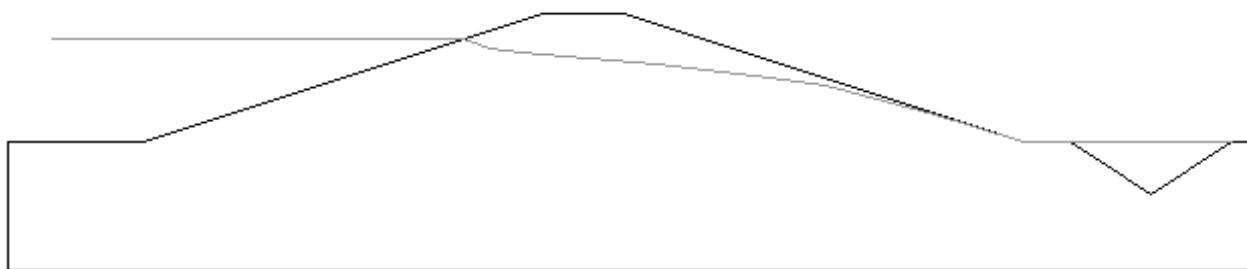


Abbildung 2: Sickerlinienverlauf im gewählten schadlosen Deich

b) Gegebene Werte Deich mit landseitigem Erdbau:

s	12 m
b	29,83 m
w	3 m
h	4 m
alpha	18,43 °
d	21,43 m

Die Berechnung erfolgt analog zum schadlosen Deich. Der Sickerweg verkürzt sich infolge des Erdbaus.

$$y_0 = \sqrt{h^2 + d^2} - d \quad 0,37 \text{ m}$$

$$x = \frac{y^2 - y_0^2}{2y_0}$$

x	y
-0,19	0,00
0,15	0,50
1,17	1,00
2,85	1,50
5,22	2,00
8,26	2,50
11,97	3,00
16,36	3,50
21,43	4,00

$$\Delta a + a = \frac{y_0}{1 - \cos \alpha_l} = 7,22 \text{ m}$$

$$\Delta a = \frac{y_0}{1 - \cos \alpha} \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{\alpha}{360^\circ} \right) = 3,24 \text{ m}$$

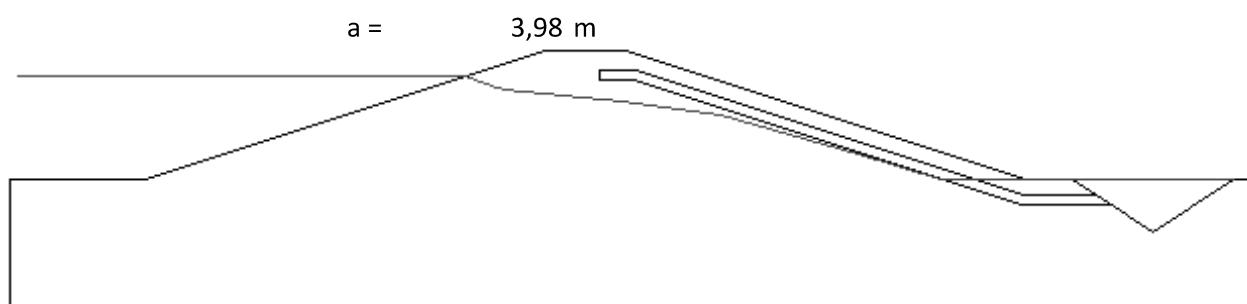


Abbildung 3: Sickerlinienverlauf im gewählten Deich mit landseitigem Erdbau

$$q = k \cdot \frac{dy}{dx} y = k \cdot y_0 = 1,62849E-07 \text{ m}^3/\text{sm} \quad (\text{spezifischer Ausfluss})$$
$$h, a = 1,02 \text{ m} \quad (\text{Austrittshöhe})$$

Beeinträchtigung der Böschungsstandsicherheit

a) Erdbau in der wasserseitigen Deichböschung

Berechnung der Standsicherheit der Deckschicht nach Courtney

Fall 1: Deich mit Deckschicht nach Absenk eines Hochwasserereignisses

Annahmen, gegebene Werte:

- bei den stabilisierenden Kräften wird mit der Dichte vor dem Absenken gerechnet
- bei den abtreibenden Kräften wird mit der Dichte nach dem Absenken gerechnet
- Annahme instationäre Strömung (Polygonzug 1) aus Beispiel Alshomaree (2014)
- Berechnung ist räumlich für einen 1 m langen Deichprofil
- Flächen A_i sind mittels CAD-Programm ausgemessen
- Bodenkennwerte:

Dichtung

c =	25,00 kN/m ²
cu =	10,00 kN/m ²
$\varphi = 20^\circ$	= 20,00 °
$\gamma =$	20,00 kN/m ³
$\gamma' =$	9,00 kN/m ³
$\gamma_w =$	10,00 kN/m ³
b =	1,00 m
$\beta = 18,345^\circ$	= 18,34 °
$l_1 =$	3,16 m
$l_2 =$	3,18 m
$l_{u2} =$	3,18 m
n =	0,10

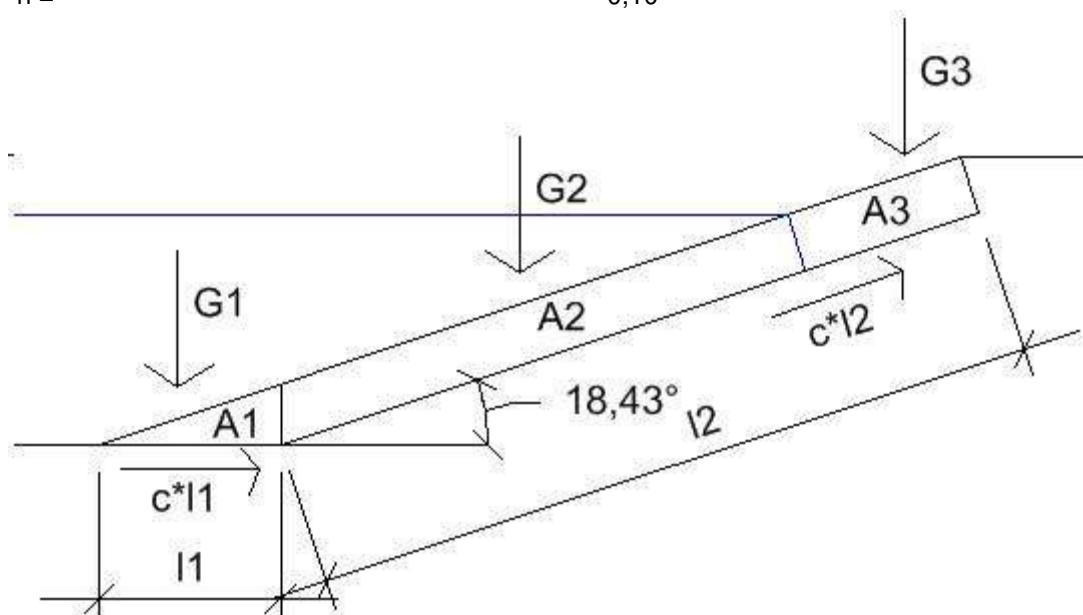


Abbildung 4: schadlose Deckschicht - Übersicht der Flächen und Kräfte

Anhang A: Berechnungen zum Einfluss der Erdbauten auf die Deichsicherheit

23.08.16

Flächen

A1 =	1,67 m ²
A2 =	9,48 m ²
A3 =	3,17 m ²

Stabilisierende Kräfte

GS1 = A1*b*γ'	=	15,03 kN
GS2 = A2*b*γ'	=	85,32 kN
GS3 = A3*b*γ'	=	28,53 kN

$$GS = (GS2+GS3)*(COS(β))^2*TAN(φ) = 37,34 \text{ kN}$$

Abtreibende Kräfte

GA1 = A1*b*γ	=	33,40 kN
GA2 = A2*b*γ	=	189,60 kN
GA3 = A3*b*γ	=	63,40 kN

$$GA = (GA2+GA3)*SIN(β)*COS(β) = 75,56 \text{ kN}$$

Kohäsion

C1 = c*I1*b	=	79,00 kN
C2 = cu*I2*COS(β)*b	=	30,18 kN
Cu2 = cu*Iu2*COS(β)*b	=	30,18 kN

$$\eta = \frac{(GS + GS1 * \tan(\phi) + C1 + C2)}{GA} = 2,01$$

2,01 > 1,4 Böschung standsicher.

Fall 2: Deich mit Deckschicht und Erdbau nach Absenk eines Hochwasserereignisses

Annahmen, gegebene Werte:

- bei den stabilisierenden Kräften wird mit der Dichte vor dem Absenken gerechnet
- bei den abtreibenden Kräften wird mit der Dichte nach dem Absenken gerechnet
- Annahme instationäre Strömung (Polygonzug 1) aus Beispiel Alshomaree (2014)
- Berechnung ist räumlich für ein 1 m langes Deichprofil
- Flächen bzw. Volumen mit einem h in der Variablenbezeichnung beschreiben den Hohlraum des Erdbaus
- der Hohlraum ist quadratisch mit einer Kantenlänge von 0,4 m
- Bodenkennwerte:

Dichtung		
c =		25,00 kN/m ²
cu =		0,00 kN/m ²
φ = 20 °	=	20,00 °
γ =		20,00 kN/m ³
γ' =		9,00 kN/m ³
γw =		10,00 kN/m ³
b =		1,00 m
β = 18,345 °	=	18,34 °
I1 =		3,16 m
I2 =		3,18 m
Iu2 =		3,18 m
n =		0,10

Anhang A: Berechnungen zum Einfluss der Erdbauten auf die Deichsicherheit

23.08.16

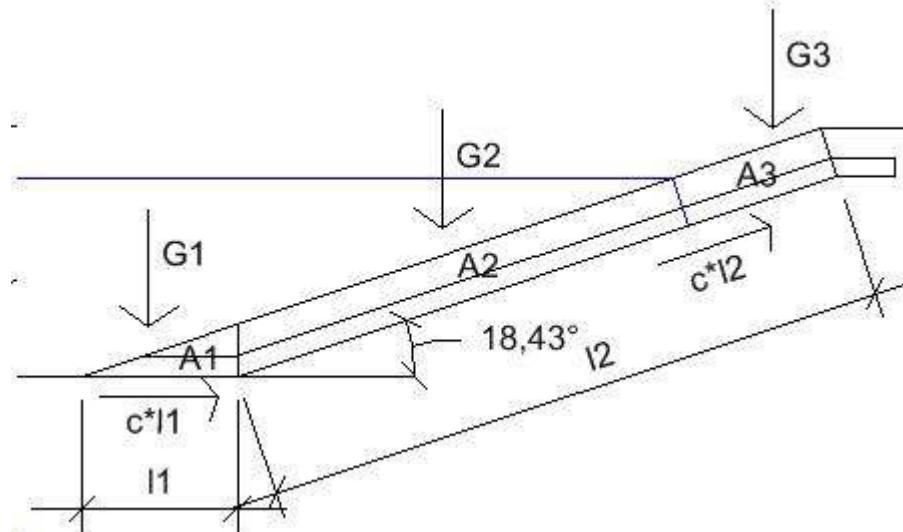


Abbildung 5: unterhöhlte Deckschicht - Übersicht der Flächen

Flächen

A1 =	1,67 m ²
Ah1 =	1,02 m ²
A2 =	9,48 m ²
Ah2 =	3,83 m ²
A3 =	3,17 m ²
Ah3 =	1,27 m ²

Stabilisierende Kräfte

$$\begin{aligned} GS1 &= (A1 \cdot b \cdot Ah1 \cdot (b-0,6)) \cdot \gamma &= 11,36 \text{ kN} \\ GS2 &= (A2 \cdot b \cdot Ah2 \cdot (b-0,6)) \cdot \gamma &= 71,53 \text{ kN} \\ GS3 &= (A3 \cdot b \cdot Ah3 \cdot (b-0,6)) \cdot \gamma &= 23,96 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$GS = (GS2 + GS3) \cdot (\cos(\beta))^2 \cdot \tan(\phi) = 31,31 \text{ kN}$$

Abtreibende Kräfte

$$\begin{aligned} GA1 &= (A1 \cdot b \cdot Ah1 \cdot (b-0,6)) \cdot \gamma &= 25,24 \text{ kN} \\ GA2 &= (A2 \cdot b \cdot Ah2 \cdot (b-0,6)) \cdot \gamma &= 158,96 \text{ kN} \\ GA3 &= (A3 \cdot b \cdot Ah3 \cdot (b-0,6)) \cdot \gamma &= 53,24 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$GA = (GA2 + GA3) \cdot \sin(\beta) \cdot \cos(\beta) = 63,38 \text{ kN}$$

Kohäsion

$$\begin{aligned} C1 &= c \cdot I1 \cdot (b-0,6) &= 31,60 \text{ kN} \\ C2 &= cu \cdot I2 \cdot \cos(\beta) \cdot b &= 0,00 \text{ kN} \\ Cu2 &= cu \cdot Iu2 \cdot \cos(\beta) \cdot b &= 0,00 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{(GS + GS1 \cdot \tan(\phi) + C1 + C2)}{GA} = 1,06$$

1,06 < 1,4 Böschung nicht standsicher.

b) Erdbau in der landseitigen Deichböschung

Böschungsstandsicherheit mit dem Verfahren nach Fellenius

Fall 1: Homogener Deich ohne Erdbau an landseitiger Böschung ohne Durchsickerung

Annahmen, gegebene Werte:

- Berechnung ist räumlich für einen 1 m langes Deichprofil
- Flächen A_i und Winkel ϑ_i sind mittels CAD-Programm ausgemessen
- Bodenkennwerte:

$c =$	$35,00 \text{ kN/m}^2$
$c_u =$	$0,00 \text{ kN/m}^2$
$\varphi =$	20°
$=$	$20,00^\circ$
$\gamma =$	$28,00 \text{ kN/m}^3$
$\gamma' =$	$15,00 \text{ kN/m}^3$
$\gamma_w =$	$10,00 \text{ kN/m}^3$
$b =$	$1,00 \text{ m}$

- Gleitkreis 1

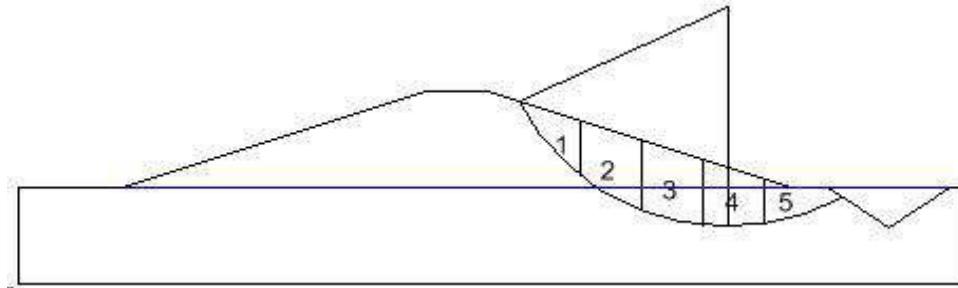


Abbildung 6: Gleitkreis des homogenen Deichprofils

Einwirkung E

Lamelle 1

Flächen

$A_{11} =$	$4,89 \text{ m}^2$
$A'_{12} =$	$0,00 \text{ m}^2$
$\vartheta_1 =$	52°
$=$	$52,00^\circ$

Gewichtskraft

$G_{11} =$	$A_{11} \cdot b \cdot \gamma$	$=$	$136,92 \text{ kN}$
$G'_{12} =$	$A'_{12} \cdot b \cdot \gamma'$	$=$	$0,00 \text{ kN}$

Lamelle 2

Flächen

$A_{21} =$	$8,63 \text{ m}^2$
$A'_{22} =$	$1,26 \text{ m}^2$
$\vartheta_2 =$	$27,5^\circ$
$=$	$27,50^\circ$

Anhang A: Berechnungen zum Einfluss der Erdbauten auf die Deichsicherheit
 23.08.16

Gewichtskraft

$$\begin{aligned} G_{21} &= A_{21} \cdot b \cdot \gamma & = & 241,64 \text{ kN} \\ G'_{22} &= A'_{22} \cdot b \cdot \gamma' & = & 18,90 \text{ kN} \end{aligned}$$

Lamelle 3

Fläche

$$\begin{aligned} A_{31} &= & 5,89 \text{ m}^2 \\ A'_{32} &= & 4,61 \text{ m}^2 \\ \vartheta_3 &= 13,65^\circ & = & 13,65^\circ \end{aligned}$$

Gewichtskraft

$$\begin{aligned} G_{31} &= A_{31} \cdot b \cdot \gamma & = & 164,92 \text{ kN} \\ G'_{32} &= A'_{32} \cdot b \cdot \gamma' & = & 69,15 \text{ kN} \end{aligned}$$

Lamelle 4

Fläche

$$\begin{aligned} A_{41} &= & 2,88 \text{ m}^2 \\ A'_{42} &= & 5,73 \text{ m}^2 \\ \vartheta_4 &= 0^\circ & = & 0,00^\circ \end{aligned}$$

Gewichtskraft

$$\begin{aligned} G_{41} &= A_{41} \cdot b \cdot \gamma & = & 80,64 \text{ kN} \\ G'_{42} &= A'_{42} \cdot b \cdot \gamma' & = & 85,95 \text{ kN} \end{aligned}$$

Lamelle 5

Fläche

$$\begin{aligned} A'_{51} &= & 5,08 \text{ m}^2 \\ \vartheta_5 &= 13,65^\circ & = & 13,65^\circ \end{aligned}$$

Gewichtskraft

$$G'_{51} = A'_{51} \cdot b \cdot \gamma' = 76,20 \text{ kN}$$

Wasserlast

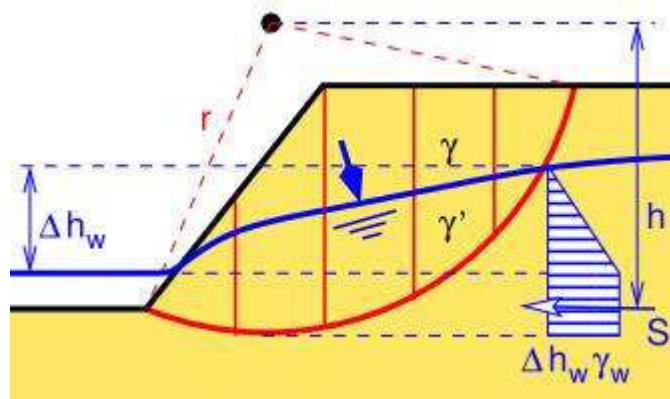


Abbildung 7 Grafik zur Wirkung der Wasserdruckkraft S (Herle 2011)

Anhang A: Berechnungen zum Einfluss der Erdbauten auf die Deichsicherheit

23.08.16

$$\begin{array}{lll} \Delta h_w = & & 0,00 \text{ m} \\ h_w2 = & & 0,00 \text{ m} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} S1 = & 0,5 * b * \gamma_w * \Delta h_w^2 & = 0,00 \text{ kN} \\ S2 = & \Delta h_w * b * \gamma_w * h_w2 & = 0,00 \text{ kN} \end{array}$$

Hebelarme

$$\begin{array}{lll} r = & & 11,37 \text{ m} \\ h1 = & 0,66 * \Delta h_w + 6,74 & = 6,74 \text{ m} \\ h2 = & \Delta h_w + 6,74 + 0,5 * h_w2 & = 6,74 \text{ m} \end{array}$$

Treibende Momente

$$\begin{array}{lll} M_{e1} = & r * (G11 + G'12) * \sin(\vartheta_1) & = 1226,76 \text{ kNm} \\ M_{e2} = & r * (G21 + G'22) * \sin(\vartheta_2) & = 1367,86 \text{ kNm} \\ M_{e3} = & r * (G31 + G'32) * \sin(\vartheta_3) & = 628,06 \text{ kNm} \\ M_{e4} = & r * (G41 + G'42) * \sin(\vartheta_4) & = 0,00 \text{ kNm} \\ M_{e5} = & r * (-1) * G'51 * \sin(\vartheta_5) & = -204,46 \text{ kNm} \\ M_s = & S1 * h1 + S2 * h2 & = 0,00 \text{ kNm} \end{array}$$

$$E = M_{e1} + M_{e2} + M_{e3} + M_{e4} + M_{e5} + M_s = 3018,22 \text{ kNm}$$

Widerstand W

Kohäsion über Länge Lc bei Lamelle 1, sonst cu = 0 kN/m²

Länge der Einwirkung

$$\begin{array}{lll} L_c = & & 5,90 \text{ m} \\ C1 = & c * L_c / \cos(\vartheta_1) * b & = 335,41 \text{ kN} \end{array}$$

Haltende Momente

$$\begin{array}{lll} M_{w1} = & r * (G11 + G'12) * \cos(\vartheta_1) * \tan(\varphi) & = 348,85 \text{ kNm} \\ M_{w2} = & r * (G21 + G'22) * \cos(\vartheta_2) * \tan(\varphi) & = 956,38 \text{ kNm} \\ M_{w3} = & r * (G31 + G'32) * \cos(\vartheta_3) * \tan(\varphi) & = 941,30 \text{ kNm} \\ M_{w4} = & r * (G41 + G'42) * \cos(\vartheta_4) * \tan(\varphi) & = 689,41 \text{ kNm} \\ M_{w5} = & r * (-1) * G'51 * \cos(\vartheta_5) * \tan(\varphi) & = -306,43 \text{ kNm} \\ M_c = & r * C1 & = 3813,61 \text{ kNm} \end{array}$$

$$W = M_{w1} + M_{w2} + M_{w3} + M_{w4} + M_{w5} + M_c = 6443,12 \text{ kNm}$$

$$\mu = \frac{E}{W} = 0,47$$

Nachweis 0,47 < 1: Böschung standsicher.

Anhang A: Berechnungen zum Einfluss der Erdbauten auf die Deichsicherheit

23.08.16

Fall 2: Homogener Deich mit Erdbau an landseitiger Böschung ohne Durchsickerung

Annahmen, gegebene Werte:

- Berechnung ist räumlich für einen 1 m langes Deichprofil
- Flächen A_i und Winkel ϑ_i sind mittels CAD-Programm ausgemessen
- Flächen bzw. Volumen mit einem h in der Variablenbezeichnung beschreiben den Hohlraum des Erdbaus
- der Hohlraum ist quadratisch mit einer Kantenlänge von 0,4 m
- Bodenkennwerte:

$C =$	$35,00 \text{ kN/m}^2$
$C_U =$	$0,00 \text{ kN/m}^2$
$\varphi =$	20°
$=$	$20,00^\circ$
$\gamma =$	$28,00 \text{ kN/m}^3$
$\gamma' =$	$15,00 \text{ kN/m}^3$
$\gamma_W =$	$10,00 \text{ kN/m}^3$
$b =$	$1,00 \text{ m}$

- Gleitkreis 1

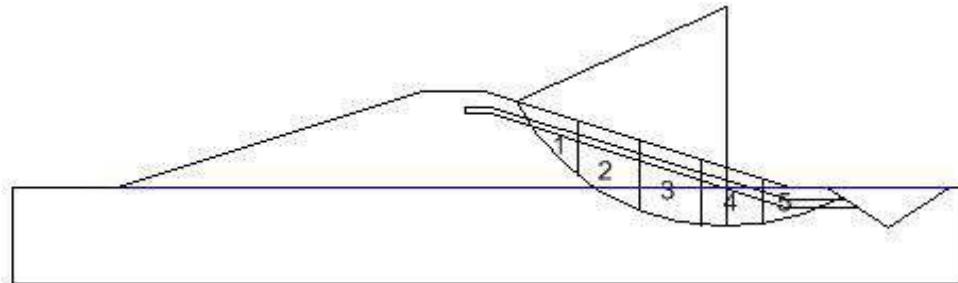


Abbildung 8: Gleitkreis des homogenen Deichprofils mit Erdbau

Einwirkung E

Lamelle 1

Flächen

$A_{11} =$	$3,82 \text{ m}^2$
$A'_{12} =$	$0,00 \text{ m}^2$
$A_{h12} =$	$1,03 \text{ m}^2$
$A'_{h12} =$	$0,00 \text{ m}^2$
$\vartheta_1 =$	52°
$=$	$52,00^\circ$

Volumen

$$\begin{aligned} V_{11} &= A_{11} \cdot b + A_{h12} \cdot (b - 0,4) &= & 4,44 \text{ m}^3 \\ V'_{12} &= A'_{12} \cdot b + A'_{h12} \cdot (b - 0,4) &= & 0,00 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Gewichtskraft

$$\begin{aligned} G_{11} &= V_{11} \cdot \gamma &= & 124,32 \text{ kN} \\ G'_{12} &= V'_{12} \cdot \gamma &= & 0,00 \text{ kN} \end{aligned}$$

Anhang A: Berechnungen zum Einfluss der Erdbauten auf die Deichsicherheit
23.08.16

Lamelle 2

Flächen

A21 =	7,37 m ²
A'22 =	1,26 m ²
Ah21 =	1,27 m ²
Ah'22 =	0,00 m ²
ϑ2 = 27,5 °	= 27,50 °

Volumen

V21 = A21*b+Ah21*(b-0,4)	= 8,13 m ³
V'22 = A'22*b+Ah'22*(b-0,4)	= 1,26 m ³

Gewichtskraft

G21 = V21*γ	= 227,64 kN
G'22 = V'22*γ'	= 18,90 kN

Lamelle 3

Fläche

A31 =	4,62 m ²
A'32 =	4,61 m ²
Ah31 =	1,27 m ²
Ah'32 =	0,00 m ²
ϑ3 = 13,65 °	= 13,65 °

Volumen

V31 = A31*b+Ah31*(b-0,4)	= 5,38 m ³
V'32 = A'32*b+Ah'32*(b-0,4)	= 4,61 m ³

Gewichtskraft

G31 = V31*γ	= 150,64 kN
G'32 = V'32*γ'	= 69,15 kN

Lamelle 4

Fläche

A41 =	2,15 m ²
A'42 =	5,17 m ²
Ah41 =	0,78 m ²
Ah'42 =	0,49 m ²
ϑ4 = 0 °	= 0,00 °

Volumen

V41 = A41*b	= 2,15 m ³
V'42 = A'42*b+Ah'42*(b-0,4)	= 5,46 m ³

Gewichtskraft

G41 = V41*γ	= 60,20 kN
G'42 = V'42*γ'	= 81,90 kN

Anhang A: Berechnungen zum Einfluss der Erdbauten auf die Deichsicherheit
23.08.16

Lamelle 5

Fläche

$$\begin{aligned} A'51 &= & 3,33 \text{ m}^2 \\ Ah'51 &= & 1,35 \text{ m}^2 \\ \vartheta 5 &= 13,65^\circ & = & 13,65^\circ \end{aligned}$$

Volumen

$$V'51 = A'51 * b + Ah'51 * (b - 0,4) = 4,14 \text{ m}^3$$

Gewichtskraft

$$G'51 = V'51 * \gamma = 62,10 \text{ kN}$$

Wasserlast

$$\begin{aligned} \Delta h_w &= & 0,00 \text{ m} \\ h_w2 &= & 0,00 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S1 &= 0,5 * b * \gamma w * \Delta h_w^2 & = & 0,00 \text{ kN} \\ S2 &= \Delta h_w * b * \gamma w * h_w2 & = & 0,00 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hebelarme

$$\begin{aligned} r &= & 11,37 \text{ m} \\ h1 &= 0,66 * \Delta h_w + 6,28 & = & 6,28 \text{ m} \\ h2 &= \Delta h_w + 0,5 * h_w2 + 6,28 & = & 6,28 \text{ m} \end{aligned}$$

Treibende Momente

$$\begin{aligned} Me1 &= r * (G11 + G'12) * \sin(\vartheta 1) & = & 1113,87 \text{ kNm} \\ Me2 &= r * (G21 + G'22) * \sin(\vartheta 2) & = & 1294,36 \text{ kNm} \\ Me3 &= r * (G31 + G'32) * \sin(\vartheta 3) & = & 589,74 \text{ kNm} \\ Me4 &= r * (G41 + G'42) * \sin(\vartheta 4) & = & 0,00 \text{ kNm} \\ Me5 &= r * (-1) * G'51 * \sin(\vartheta 5) & = & -166,63 \text{ kNm} \\ Ms &= S1 * h1 + S2 * h2 & = & 0,00 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$E = Me1 + Me2 + Me3 + Me4 + Me5 + Ms = 2831,34 \text{ kNm}$$

Widerstand W

Kohäsion über Länge Lc bei Lamelle 1, sonst cu = 0 kN/m²

Länge der Einwirkung

$$\begin{aligned} Lc &= & 5,90 \text{ m} \\ C1 &= c * Lc / \cos(\vartheta 1) * b & = & 335,41 \text{ kN} \end{aligned}$$

Haltende Momente

$$\begin{aligned} Mw1 &= r * (G11 + G'12) * \cos(\vartheta 1) * \tan(\varphi) & = & 316,74 \text{ kNm} \\ Mw2 &= r * (G21 + G'22) * \cos(\vartheta 2) * \tan(\varphi) & = & 904,99 \text{ kNm} \\ Mw3 &= r * (G31 + G'32) * \cos(\vartheta 3) * \tan(\varphi) & = & 883,88 \text{ kNm} \\ Mw4 &= r * (G41 + G'42) * \cos(\vartheta 4) * \tan(\varphi) & = & 588,06 \text{ kNm} \\ Mw5 &= r * (-1) * G'51 * \cos(\vartheta 5) * \tan(\varphi) & = & -249,73 \text{ kNm} \\ Mc &= r * C1 & = & 3813,61 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$W = Mw1 + Mw2 + Mw3 + Mw4 + Mw5 + Mc = 6257,55 \text{ kNm}$$

Anhang A: Berechnungen zum Einfluss der Erdbauten auf die Deichsicherheit
23.08.16

$$\mu = \frac{E}{W} = 0,45$$

Nachweis 0,45 < 1: Böschung standsicher.

Fall 3: Homogener Deich ohne Erdbau an landseitiger Böschung bei vollständiger Durchsickerung

Annahmen, gegebene Werte:

- Berechnung ist räumlich für einen 1 m langes Deichprofil
- Flächen A_i und Winkel ϑ_i sind mittels CAD-Programm ausgemessen
- Bodenkennwerte:

$C =$	35,00 kN/m ²
$C_u =$	0,00 kN/m ²
$\varphi = 20^\circ$	= 20,00 °
$\gamma =$	28,00 kN/m ³
$\gamma' =$	15,00 kN/m ³
$\gamma_w =$	10,00 kN/m ³
$b =$	1,00 m

- Gleitkreis 1

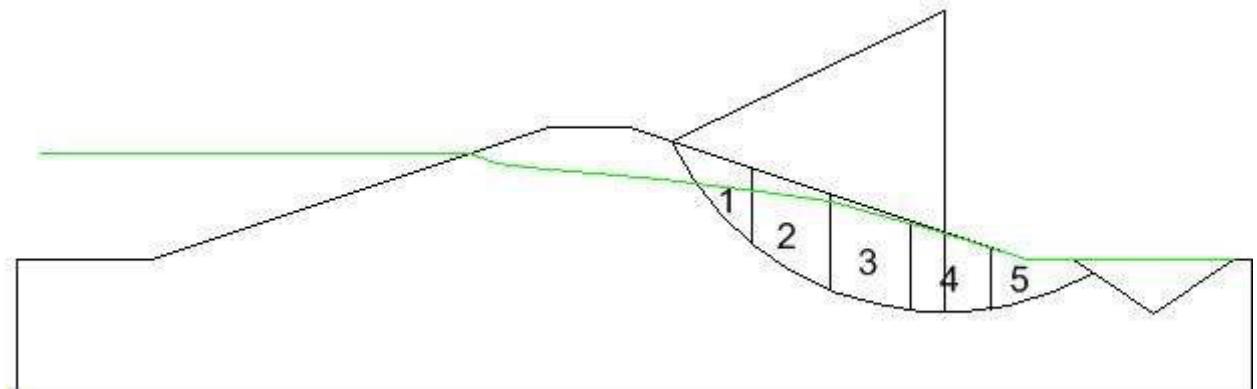


Abbildung 9: Gleitkreis des homogenen Deiches bei vollständiger Durchsickerung

Einwirkung E

Lamelle 1

Flächen

$$\begin{aligned} A_{11} &= 2,86 \text{ m}^2 \\ A'_{12} &= 2,04 \text{ m}^2 \\ \vartheta_1 &= 52^\circ = 52,00^\circ \end{aligned}$$

Gewichtskraft

$$\begin{aligned} G_{11} &= A_{11} \cdot b \cdot \gamma = 80,08 \text{ kN} \\ G'_{12} &= A'_{12} \cdot b \cdot \gamma' = 30,60 \text{ kN} \end{aligned}$$

Anhang A: Berechnungen zum Einfluss der Erdbauten auf die Deichsicherheit
23.08.16

Lamelle 2

Flächen

$$\begin{aligned} A_{21} &= & 1,67 \text{ m}^2 \\ A'_{22} &= & 8,03 \text{ m}^2 \\ \vartheta_2 &= 27,5^\circ & = & 27,50^\circ \end{aligned}$$

Gewichtskraft

$$\begin{aligned} G_{21} &= A_{21} * b * \gamma & = & 46,76 \text{ kN} \\ G'_{22} &= A'_{22} * b * \gamma' & = & 120,45 \text{ kN} \end{aligned}$$

Lamelle 3

Fläche

$$\begin{aligned} A_{31} &= & 0,52 \text{ m}^2 \\ A'_{32} &= & 9,98 \text{ m}^2 \\ \vartheta_3 &= 13,65^\circ & = & 13,65^\circ \end{aligned}$$

Gewichtskraft

$$\begin{aligned} G_{31} &= A_{31} * b * \gamma & = & 14,56 \text{ kN} \\ G'_{32} &= A'_{32} * b * \gamma' & = & 149,70 \text{ kN} \end{aligned}$$

Lamelle 4

Fläche

$$\begin{aligned} A'_{41} &= & 8,68 \text{ m}^2 \\ \vartheta_4 &= 0^\circ & = & 0,00^\circ \end{aligned}$$

Gewichtskraft

$$G'_{41} = A'_{41} * b * \gamma = 130,20 \text{ kN}$$

Lamelle 5

Fläche

$$\begin{aligned} A'_{51} &= & 5,08 \text{ m}^2 \\ \vartheta_5 &= 13,65^\circ & = & 13,65^\circ \end{aligned}$$

Gewichtskraft

$$G'_{51} = A'_{51} * b * \gamma' = 76,20 \text{ kN}$$

Wasserlast

$$\begin{aligned} \Delta h_w &= & 2,84 \text{ m} \\ h_w 2 &= & 1,95 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_1 &= 0,5 * b * \gamma_w * \Delta h_w^2 & = & 40,33 \text{ kN} \\ S_2 &= \Delta h_w * b * \gamma_w * h_w 2 & = & 55,38 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hebelarme

$$\begin{aligned} r &= & 11,37 \text{ m} \\ h_1 &= r - h_w 2 - (0,66 * \Delta h_w) & = & 7,55 \text{ m} \\ h_2 &= r - (0,5 * h_w 2) & = & 10,40 \text{ m} \end{aligned}$$

Anhang A: Berechnungen zum Einfluss der Erdbauten auf die Deichsicherheit

23.08.16

Treibende Momente

$$\begin{aligned}
 Me1 &= r*(G11+G'12)*SIN(\vartheta1) &= 991,66 \text{ kNm} \\
 Me2 &= r*(G21+G'22)*SIN(\vartheta2) &= 877,87 \text{ kNm} \\
 Me3 &= r*(G31+G'32)*SIN(\vartheta3) &= 440,74 \text{ kNm} \\
 Me4 &= r*G'41*SIN(\vartheta4) &= 0,00 \text{ kNm} \\
 Me5 &= r*(-1)*G'51*SIN(\vartheta5) &= -204,46 \text{ kNm} \\
 Ms &= S1*h1+S2*h2 &= 880,44 \text{ kNm} \\
 E &= Me1+Me2+Me3+Me4+Me5+Ms &= 2986,25 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Widerstand W

Kohäsion über Länge Lc bei Lamelle 1, sonst cu = 0 kN/m²

Länge der Einwirkung

$$\begin{aligned}
 Lc &= & 1,89 \text{ m} \\
 C1 &= c*Lc/COS(\vartheta1)*b &= 107,45 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Haltende Momente

$$\begin{aligned}
 Mw1 &= r*(G11+G'12)*COS(\vartheta1)*TAN(\varphi) &= 281,99 \text{ kNm} \\
 Mw2 &= r*(G21+G'22)*COS(\vartheta2)*TAN(\varphi) &= 613,79 \text{ kNm} \\
 Mw3 &= r*(G31+G'32)*COS(\vartheta3)*TAN(\varphi) &= 660,56 \text{ kNm} \\
 Mw4 &= r*G'41*COS(\vartheta4)*TAN(\varphi) &= 538,81 \text{ kNm} \\
 Mw5 &= r*(-1)*G'51*COS(\vartheta5)*TAN(\varphi) &= -306,43 \text{ kNm} \\
 Mc &= r*C1 &= 1221,71 \text{ kNm} \\
 W &= Mw1+Mw2+Mw3+Mw4+Mw5+Mc &= 3010,43 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\mu = \frac{E}{W} = 0,99$$

Nachweis 0,99 < 1: Böschung standsicher.

Fall 4: Homogener Deich mit Erdbau an landseitiger Böschung bei vollständiger Durchsickerung

Annahmen, gegebene Werte:

- Berechnung ist räumlich für einen 1 m langen Deichprofil
- Flächen Ai und Winkel ϑ_i sind mittels CAD-Programm ausgemessen
- Flächen bzw. Volumen mit einem h in der Variablenbezeichnung beschreiben den Hohlraum des Erdbaus
- der Hohlraum ist quadratisch mit einer Kantenlänge von 0,4 m
- Bodenkennwerte:

$$\begin{aligned}
 c &= & 35,00 \text{ kN/m}^2 \\
 cu &= & 0,00 \text{ kN/m}^2 \\
 \varphi &= 20^\circ &= 20,00^\circ \\
 \gamma &= & 28,00 \text{ kN/m}^3 \\
 \gamma' &= & 15,00 \text{ kN/m}^3 \\
 \gamma_w &= & 10,00 \text{ kN/m}^3 \\
 b &= & 1,00 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Anhang A: Berechnungen zum Einfluss der Erdbauten auf die Deichsicherheit

23.08.16

- Gleitkreis 1

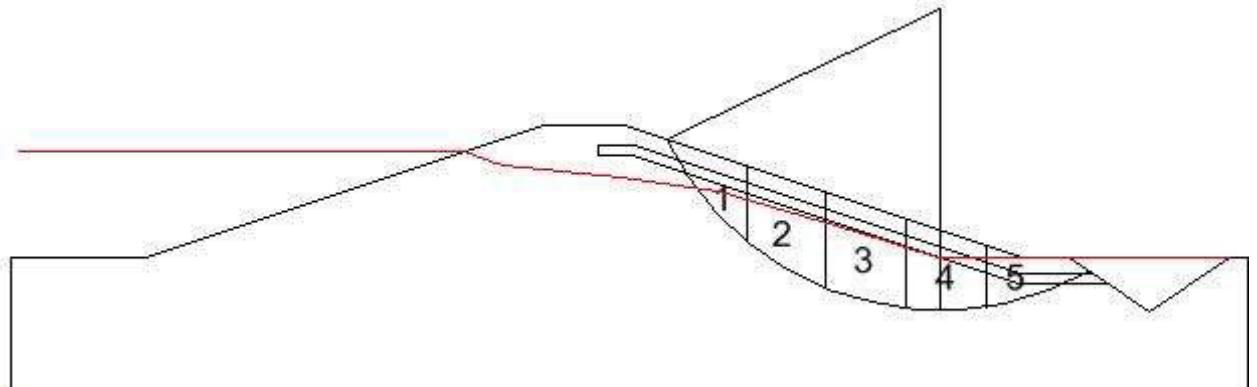


Abbildung 10 Gleitkreis des homogenen Deichprofils mit Erdbau bei vollständiger Durchsickerung

Einwirkung E

Lamelle 1

Flächen

$$\begin{aligned} A_{11} &= & 2,40 \text{ m}^2 \\ A'_{12} &= & 1,56 \text{ m}^2 \\ Ah_{12} &= & 1,03 \text{ m}^2 \\ \vartheta_1 &= 52^\circ & = & 52,00^\circ \end{aligned}$$

Volumen

$$\begin{aligned} V_{11} &= A_{11} \cdot b + Ah_{12} \cdot (b - 0,4) & = & 3,02 \text{ m}^3 \\ V'_{12} &= A'_{12} \cdot b + Ah_{12} \cdot (b - 0,4) & = & 2,18 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Gewichtskraft

$$\begin{aligned} G_{11} &= V_{11} \cdot \gamma & = & 84,56 \text{ kN} \\ G'_{12} &= V'_{12} \cdot \gamma & = & 32,70 \text{ kN} \end{aligned}$$

Lamelle 2

Flächen

$$\begin{aligned} A_{21} &= & 2,31 \text{ m}^2 \\ A'_{22} &= & 6,13 \text{ m}^2 \\ Ah_{21} &= & 1,27 \text{ m}^2 \\ Ah'_{22} &= & 0,00 \text{ m}^2 \\ \vartheta_2 &= 27,5^\circ & = & 27,50^\circ \end{aligned}$$

Volumen

$$\begin{aligned} V_{21} &= A_{21} \cdot b + Ah_{21} \cdot (b - 0,4) & = & 3,07 \text{ m}^3 \\ V'_{22} &= A'_{22} \cdot b + Ah'_{22} \cdot (b - 0,4) & = & 6,13 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Gewichtskraft

$$\begin{aligned} G_{21} &= V_{21} \cdot \gamma & = & 85,96 \text{ kN} \\ G'_{22} &= V'_{22} \cdot \gamma & = & 91,95 \text{ kN} \end{aligned}$$

Anhang A: Berechnungen zum Einfluss der Erdbauten auf die Deichsicherheit
23.08.16

Lamelle 3

Fläche

A31 =	2,00 m ²
A'32 =	7,37 m ²
Ah31 =	1,27 m ²
Ah'32 =	0,00 m ²
ϑ3 = 13,65 °	= 13,65 °

Volumen

V31 = A31*b+Ah31*(b-0,4)	= 2,76 m ³
V'32 = A'32*b+Ah'32*(b-0,4)	= 7,37 m ³

Gewichtskraft

G31 = V31*γ	= 77,28 kN
G'32 = V'32*γ'	= 110,55 kN

Lamelle 4

Fläche

A41 =	1,86 m ²
A'42 =	5,44 m ²
Ah42 =	0,78 m ²
Ah'42 =	0,49 m ²
ϑ4 = 0 °	= 0,00 °

Volumen

V41 = A41*b	= 1,86 m ³
V'42 = A'42*b+Ah'42*(b-0,4)	= 5,73 m ³

Gewichtskraft

G41 = V41*γ	= 52,08 kN
G'42 = V'42*γ'	= 85,95 kN

Lamelle 5

Fläche

A'51 =	5,18 m ²
Ah'51 =	1,35 m ²
ϑ5 = 13,65 °	= 13,65 °

Volumen

V'51 = A'51*b+Ah'51*(b-0,4)	= 5,99 m ³
-----------------------------	-----------------------

Gewichtskraft

G'51 = V'51*γ'	= 89,85 kN
----------------	------------

Wasserlast

Δhw =	2,61 m
hw2 =	1,95 m

S1 = 0,5*b*γw*Δhw^2	= 34,06 kN
S2 = Δhw*b*γw*hw2	= 50,90 kN

Anhang A: Berechnungen zum Einfluss der Erdbauten auf die Deichsicherheit

23.08.16

Hebelarme

$$\begin{aligned} r &= & 11,37 \text{ m} \\ h_1 &= r - hw_2 - (0,66 * \Delta hw) & = & 7,70 \text{ m} \\ h_2 &= r - 0,5 * hw_2 & = & 10,40 \text{ m} \end{aligned}$$

Treibende Momente

$$\begin{aligned} Me_1 &= r * (G_{11} + G'_{12}) * \sin(\vartheta_1) & = & 1050,61 \text{ kNm} \\ Me_2 &= r * (G_{21} + G'_{22}) * \sin(\vartheta_2) & = & 934,04 \text{ kNm} \\ Me_3 &= r * (G_{31} + G'_{32}) * \sin(\vartheta_3) & = & 503,99 \text{ kNm} \\ Me_4 &= r * (G_{41} + G'_{42}) * \sin(\vartheta_4) & = & 0,00 \text{ kNm} \\ Me_5 &= r * (-1) * G'_{51} * \sin(\vartheta_5) & = & -241,09 \text{ kNm} \\ Ms &= S_1 * h_1 + S_2 * h_2 & = & 791,62 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$E = Me_1 + Me_2 + Me_3 + Me_4 + Me_5 + Ms = 3039,17 \text{ kNm}$$

Widerstand W

Kohäsion über Länge Lc bei Lamelle 1, sonst cu = 0 kN/m²

Länge der Einwirkung

$$\begin{aligned} Lc &= & 2,17 \text{ m} \\ C_1 &= c * (Lc / \cos(\vartheta_1)) * b - 0,4 * 0,4 & = & 117,76 \text{ kN} \end{aligned}$$

Haltende Momente

$$\begin{aligned} Mw_1 &= r * (G_{11} + G'_{12}) * \cos(\vartheta_1) * \tan(\varphi) & = & 298,76 \text{ kNm} \\ Mw_2 &= r * (G_{21} + G'_{22}) * \cos(\vartheta_2) * \tan(\varphi) & = & 653,06 \text{ kNm} \\ Mw_3 &= r * (G_{31} + G'_{32}) * \cos(\vartheta_3) * \tan(\varphi) & = & 755,35 \text{ kNm} \\ Mw_4 &= r * (G_{41} + G'_{42}) * \cos(\vartheta_4) * \tan(\varphi) & = & 571,22 \text{ kNm} \\ Mw_5 &= r * (-1) * G'_{51} * \cos(\vartheta_5) * \tan(\varphi) & = & -361,33 \text{ kNm} \\ Mc &= r * C_1 & = & 1338,93 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$W = Mw_1 + Mw_2 + Mw_3 + Mw_4 + Mw_5 + Mc = 3255,99 \text{ kNm}$$

$$\mu = \frac{E}{W} = 0,93$$

Nachweis 0,93 < 1: Böschung standsicher.

Erosion innerhalb der Erdbauröhre

Fall 1: Erdbau an der wasserseitigen Böschung

Gegebene und angenommene Werte:

$l_{HET} =$	3,8
$R_0 =$	0,2 m
$L =$	15,0 m
$\rho_D =$	2800,0 kg/m³
$\Delta P =$	0,0 N/m²
$\tau_{krit} =$	12,0 N/m²

Die kritische Schubspannung folgt aus Bollrich (2013) für "festgelagerten Lehm, Ton bzw. Schlamm". Der Druckunterschied ergibt sich zu 0. Das liegt daran, dass der Wasserstand in der Röhre mit dem Wasserstand außerhalb durch den Eingang des Erdbaus direkt verbunden ist und demzufolge mit steigt und sinkt. Für die Berechnung ist zunächst die Umrechnung von C_{er} zu l_{HET} notwendig.

$$C_{er} = 10^{-l_{HET}} = 0,000158 \text{ s/m}$$

Die Erosion beginnt, wenn $\Delta P \geq 2 * L * \tau_{krit} / R_0$ ist. Da $\Delta P = 0$ und der nachfolgende Wert > 0 ist, wird für den Fall des Erdbaus an der wasserseitigen Böschung keine Erosion einsetzen.

$$2 * L * \tau_{krit} / R_0 = 1800,0$$

Im nächsten Schritt werden die Absenkgeschwindigkeit des Hochwasserereignisses mit der kritischen Geschwindigkeit des Deichmaterials verglichen.

$$v_{sunk} = 0,000005 \text{ m/s}$$

Für lockeren Schlamm bzw. Ton gilt nach Bollrich (2013) eine kritische Geschwindigkeit von:

$$v_{krit} = 0,1 - 1,0 \text{ m/s}$$

$v_{sunk} \ll v_{krit}$, somit wird auch nach diesem Ansatz keine Erosion in der Röhre stattfinden.

Fall 2: Erdbau an der landseitigen Böschung

Gegebene und angenommene Werte:

$l_{HET} =$	3,8
$R_0 =$	0,2 m
$L =$	15,0 m
$\rho_D =$	2800,0 kg/m³
$\Delta P =$	0,0 N/m²
$\tau_{krit} =$	12,0 N/m²

Die kritische Schubspannung folgt aus Bollrich (2013) für "festgelagerten Lehm, Ton bzw. Schlamm". Der Druckunterschied ergibt sich zu 0. Das liegt daran, dass die Röhre nicht ganz mit Wasser gefüllt sein wird und somit kein Druckabfluss erfolgt.

Anhang A: Berechnungen zum Einfluss der Erdbauten auf die Deichsicherheit

23.08.16

$$c_{er} = 10^{-l_{HET}} = 0,000158 \text{ s/m}$$

Die Erosion beginnt, wenn $\Delta P \geq 2 * L * \tau_{krit} / R_0$ ist. Da $\Delta P = 0$ und der nachfolgende Wert > 0 ist, wird analog Fall 2 für den Fall des Erdbaus an der wasserseitigen Böschung nach diesem Ansatz keine Erosion einsetzen.

$$2 * L * \tau_{krit} / R_0 = 1800,0$$

Mit einem Vergleich der einwirkenden und der kritischen Schubspannung des Deichmaterials.

Die einwirkende Schubspannung (Formel aus Stamm et al., 2014) wird mit einer angenommenen Fließtiefe = 1 cm des austretenden Sickerwassers nachfolgend berechnet:

ρ _w =	1000,00 kg/m ³
g =	9,81 m/s ²
h =	0,01 m
l =	0,33

Das Gefälle l ergibt sich aus der Neigung der landseitigen Böschung, denn der Erdbau verläuft in diesem Beispiel parallel zu dieser.

$$\tau_{einw} = \rho_w * g * h * l^{0,5} = 56,35 \text{ N/m}^2$$

Nach Bollrich (2013) ist die kritische Schubspannung für festgelagerten Lehm, Ton und Schlamm gleich:

$$\tau_{krit} = 12,00 \text{ N/m}^2$$

$56,35 \text{ N/m}^2 > 12 \text{ N/m}^2$, es findet Erosion in der Röhre statt.

Wird die Formel für die einwirkende Schubspannung umgestellt nach der Wassertiefe und die kritische Schubspannung anstelle der einwirkenden eingesetzt, lässt sich die Wassertiefe, bei der die Erosion beginnt, berechnen.

$$h_{Beginn} = \frac{\tau_{krit}}{\rho_w * g * \sqrt{l}} = 0,002 \text{ m}$$

Aus dieser Berechnung geht hervor, dass eine Erosion bei einer Wassertiefe des in der Röhre austretenden Wasser ab ca. 2 mm beginnt.

Anhang A: Berechnungen zum Einfluss der Erdbauten auf die Deichsicherheit
23.08.16

Erosion der wasserseitigen Deichböschung

Fall 1: Geschädigte Grasnarbe der wasserseitigen Deichböschung

Gegebene und angenommene Werte:

Wasserstand während des Hochwasserereignisses

$$h_w = 4,0 \text{ m}$$

Gefälle des Fließgewässers

$$l_0 = 0,0005 \text{ m}$$

Wichte des Wassers

$$\gamma_w = 10000,0 \text{ N/m}^2$$

Nach der Beaufort-Skala See wird eine signifikante Wellenhöhe angenommen von:

$$H_s = 0,1 \text{ m}$$

Dicke der Deckschicht

$$d_E = 1,0 \text{ m}$$

Einwirkungsdauer des Hochwasserereignisses (9 d)

$$t_E = 777600,0 \text{ s}$$

Die Qualität der Grasnarbe C_E [$1/(m^*s)$] wird nach Seijffert und Verheij (1998) angenommen zu

Schlechte Qualität:

$$C_{E,\text{schlecht}} = 0,00000350$$

Die Erosion im Zeitraum t_E beträgt nach Seijffert und Verheij (1998)

$$H_s^2 * C_{E,\text{schlecht}} * t_E = 0,03 \text{ m}$$

Nach einer Einwirkung von 9 Tagen beträgt die Erosionstiefe 3 cm.

Fall 2: Schadlose Grasnarbe der wasserseitigen Deichböschung

Gegebene und angenommene Werte:

Wasserstand während des Hochwasserereignisses

$$h_w = 4,0 \text{ m}$$

Gefälle des Fließgewässers

$$l_0 = 0,0005 \text{ m}$$

Wichte des Wassers

$$\gamma_w = 10000,0 \text{ N/m}^2$$

Nach der Beaufort-Skala See wird eine signifikante Wellenhöhe angenommen von:

$$H_s = 0,1 \text{ m}$$

Anhang A: Berechnungen zum Einfluss der Erdbauten auf die Deichsicherheit

23.08.16

Dicke der Deckschicht

$$d_E = 1,0 \text{ m}$$

Einwirkungsdauer des Hochwasserereignisses (9 d)

$$t_E = 777600,0 \text{ s}$$

Die Qualität der Grasnarbe C_E [1/(m*s)] wird nach Seijffert und Verheij (1998) angenommen zu

Gute Qualität:

$$C_{E,gut} = 0,00000050$$

Die Erosion im Zeitraum t_E beträgt nach Seijffert und Verheij (1998)

$$H_s^2 * C_{E,gut} * t_E = 0,00 \text{ m}$$

Nach einer Einwirkung von 9 Tagen beträgt die Erosionstiefe 0 cm (keine Erosion).

Anhang B: Muster eines Fragebogens der durchgeführten Umfrage

Absender:
Maik Schütz
Semlowerstraße 17
18439 Stralsund

Stralsund, 11.05.2016

Umfrage zum Aktualisierungsbedarf des DVWK-Merkblattes 247/1997 im Rahmen einer Diplomarbeit der TU Dresden

Sehr geehrte Damen und Herren,

infolge von häufig auftretenden Schäden an Hochwasserschutzbauwerken durch Biber, Nutria und Bisam ist im Jahre 1997 vom damaligen Deutschen Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK) ein Merkblatt verfasst worden, welches Empfehlungen für Gestaltungsmöglichkeiten an z.B. Deichen und Dämmen gibt. Dieses DVWK-Merkblatt 247/1997 soll nun aktualisiert und überarbeitet werden.

Im Rahmen meiner Diplomarbeit im Bauingenieurwesen am Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik der Technischen Universität Dresden untersuche ich u.a. den Bedarf und Rahmen der Überarbeitung des Merkblattes sowie den aktuellen Stand möglicher Gegenmaßnahmen. Weiter sollen in Vergangenheit aufgetretene Probleme und die Beeinträchtigung der Deichzuverlässigkeit analysiert werden. Dazu führe ich an allen deutschen Behörden im Bereich des Hochwasserschutzes eine Umfrage durch. Diese umfasst **9 Fragen**. Die Ergebnisse werden von mir ausgewertet und in meiner Arbeit diskutiert.

Durch Ihre Teilnahme an der Umfrage sorgen Sie dafür, dass ich für die Bearbeitung meiner Diplomarbeit die notwendige Datengrundlage habe und die Erfahrungen aus der Praxis in die Neuauflage des Merkblattes mit einfließen können. Dafür möchte ich mich für Ihre Hilfe und Zeit im Voraus sehr bedanken.

Gern stelle ich Ihnen nach Fertigstellung meine Diplomarbeit als PDF-Datei zur Verfügung.

Damit ich die Ergebnisse in einem angemessenen Zeitraum auswerten kann, möchte ich Sie darum bitten, mir diesen Fragebogen innerhalb von **3 Wochen**, bis zum **03.06.2016** ausgefüllt zurückzuschicken (dies kann gern auch per Mail erfolgen). Falls Sie den Zeitraum nicht einhalten können, bitte ich Sie dies mir mitzuteilen.

Für eventuelle Rückfragen stehe ich Ihnen gern zur Verfügung.

Tel: 0176/63379213, Mail: Maik.Schuetz@mailbox.tu-dresden.de

Vielen Dank für Ihre Antwort.

Mit freundlichen Grüßen

Maik Schütz

Anhang B: Muster eines Fragebogens der durchgeführten Umfrage

Bitte kreuzen Sie Zutreffendes an und füllen Sie ggf. die Lücken aus:

1. Ist Ihnen das DVWK-Merkblatt 247/1997 zu Biber, Bisam und Nutria bekannt?

Ja Nein

2. Gibt es in dem Bereich, in dem Sie zuständig sind, eines der folgenden Tiere und wenn ja, wo? (Falls alle drei Antwortmöglichkeiten verneint werden, können Sie den Fragebogen nach Frage 2 beenden.)

Ja Nein Gewässer (oder ungefährer Ort)

Biber _____

Nutria _____

Bisam _____

Anhang B: Muster eines Fragebogens der durchgeführten Umfrage

**3. Wenn es infolge der Wühltätigkeit dieser Tiere zu Schäden an Deichbauwerken kam,
ergänzen Sie bitte die folgende Tabelle.**

Schadensart	Ja/ Nein	Tierart	Ort (oder Deichbezeichnung)	Schadens- zeitraum	Gesamtkosten Zur Behebung [€]
Damm- /Deicheinbrüche					
Damm- /Deichversagen					
Böschungsabbrüche					
Fraßschäden (Schilf, Sträucher, Bäume) in der Vegetation					
Fraßschäden auf Feldern in der Nähe des Gewässers					
Sonstige:					

4. Verwenden Sie das DVWK-Merkblatt 247/1997?

Ja, setzen Sie die Befragung bitte mit Frage 6 fort

Nein, setzen Sie die Befragung bitte mit Frage 5 fort
(Frage 6 überspringen)

5. Falls Sie das DVWK-Merkblatt 247/1997 nicht verwenden, welche Maßnahmen haben Sie zur Vorbeugung der von den Tieren verursachenden Schäden angewandt? Bitte kennzeichnen Sie hinter der Maßnahme (a) für erfolgreich angewandte Maßnahme, (b) für wenig erfolgreich angewandte Maßnahme und (c) für erfolglose Maßnahme. Geben Sie bitte auch die ungefähren Gesamtkosten (netto) in €/Jahr für die jeweilige Maßnahme an.

Gegen Biber:

Maßnahme	Gesamtkosten [€/Jahr]

Gegen Nutria:

Maßnahme	Gesamtkosten [€/Jahr]

Gegen Bisam:

Maßnahme	Gesamtkosten [€/Jahr]

6. Falls Sie das DVWK-Merkblatt 247/1997 verwenden, welche der dort aufgeführten Maßnahmen haben Sie zur Vorbeugung der Schäden angewandt. Bitte kennzeichnen Sie hinter der Maßnahme (a) für erfolgreich angewandte Maßnahme, (b) für wenig erfolgreich angewandte Maßnahme und (c) für erfolglose Maßnahme. Geben Sie bitte auch die ungefähren Gesamtkosten (netto) in €/Jahr für die jeweilige Maßnahme an.

Gegen Biber:

Maßnahme	Gesamtkosten [€/Jahr]

Gegen Nutria:

Maßnahme	Gesamtkosten [€/Jahr]

Gegen Bisam:

Maßnahme	Gesamtkosten [€/Jahr]

7. Ist Ihrer Meinung nach das DVWK-Merkblatt 247/1997 als Empfehlung zur Vermeidung von Schäden an Hochwasserschutzbauwerken durch Biber, Bisam und Nutria noch zeitgemäß?

Ja, die Empfehlungen haben sich bewährt

Nein, die Empfehlungen haben sich nicht bewährt

Die Empfehlungen haben sich teilweise bewährt

Das Merkblatt ist nicht bekannt

8. Haben Sie Änderungsvorschläge zum Merkblatt, welche in meiner Diplomarbeit untersucht und eventuell in das aktualisierte Merkblatt mit aufgenommen werden sollten?

9. Haben sie in Zusammenhang mit Biber-, Nutria- und Bisamschäden an Hochwasserschutzbauwerken weitere Vorschläge für Maßnahmen, welche in meiner Diplomarbeit untersucht werden sollten?

Vielen Dank für Ihre Teilnahme.

Mit freundlichen Grüßen

Maik Schütz