



K L E E

Perspektiven für die Este von morgen – Bausteine für die Anpassung an den Klimawandel

KLEE-Verbund (Hrsg.)

Klimaanpassung
Einzugsgebiet Este
www.klee-este.de



Impressum:

KLEE-Verbund (Hrsg.) (2016): Perspektiven für die Este von morgen
– Bausteine für die Anpassung an den Klimawandel, TuTech Verlag, Hamburg.

TuTech Verlag
TuTech Innovation GmbH
Harburger Schloßstr. 6-12
21079 Hamburg



Tel.: +49 40 76626-0
E-Mail: verlag@tutech.de
www.tutechverlag.de

ISBN: 978-3-946094-10-4

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit unter dem Förderkennzeichen 03DAS006 A,D,E gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Herausgeber: KLEE-Verbund | www.klee-este.de

Druck: Lehmann
Offsetdruck GmbH
Gutenbergring 39
22848 Norderstedt

Papier: Circle matt White
100% Altpapier

Layout: TuTech Agentur
Harburger Schloßstr. 6-12
21079 Hamburg
www.tutech.de/agentur

Fotos: Die Urheber der Fotos sind jeweils bei den Abbildungen selbst genannt.

Unser besonderer Dank gilt Marlis und Hans-Joachim Dammann für die Bereitstellung von Fotos aus ihrem Buch „Die Este von der Quelle bis zur Mündung“ und Herrn Martin Elsen (luftbild.fotograf.de) für die Bereitstellung des Coverfotos.

Nachdruck, Vervielfältigung, Speicherung oder Übertragung in elektronische, optische, chemische oder mechanische Datenhaltungs- oder -verwertungssysteme sind – auch auszugsweise – ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung von TuTech Innovation GmbH verboten.

Die Verwertung von Informationen aus dem Bericht
„Perspektiven für die Este von morgen – Bausteine für die Anpassung an den Klimawandel“
zum Zweck der gewerblichen Informationsvermittlung ist nicht zulässig.

Alle Rechte vorbehalten
© 2016 TuTech Innovation GmbH



Perspektiven für die Este von morgen

– Bausteine für die Anpassung an den Klimawandel

KLEE-Verbund (Hrsg.)

Klimaanpassung
Einzugsgebiet Este
www.klee-este.de

Grußwort

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

unter dem gemeinsamen Banner KLEE (Klimaanpassung Einzugsgebiet Este) machten sich die Landkreise Harburg und Stade, die Hansestadt Buxtehude, das Institut für Wasserbau der Technischen Universität Hamburg und die TuTech Innovation GmbH vor drei Jahren auf den Weg, Perspektiven für die Este von morgen zu entwickeln.

Bedingt durch den Klimawandel werden wir an der Este zukünftig noch stärker im Hochwasser- und Gewässerschutz gefordert sein, als das heute schon der Fall ist. Die Klimafolgenforschung lässt erwarten, dass es in den kommenden Jahrzehnten häufiger zu starken Niederschlägen und damit vermehrt auch zu Hochwassersituationen sowie zu einer Zunahme des Sedimenteintrags an der Este und ihren Nebengewässern kommen wird. Diese komplexe Herausforderung werden wir nicht durch isolierte Einzelmaßnahmen meistern können, sondern nur durch nachhaltige und über politische Grenzen hinweg umgesetzte Klimaanpassungsmaßnahmen an der Este.

Die Projektpartner des KLEE-Verbunds einte daher das Ziel, bereits jetzt praxistaugliche Lösungen zu entwickeln, um unser zukünftiges Handeln auf ein wissenschaftlich fundiertes und von möglichst allen Este-Anrainern mitgetragenes Fundament zu stellen. Neben einer Analyse der Auswirkungen des Klimawandels, verschiedenen Pilotmaßnahmen und einem umfangreichen

Mess- und Monitoring-Programm bildete daher eine beispielhafte Öffentlichkeits-, Experten- und Interessenbeteiligung das Herzstück von KLEE. In fünf Lern- und Aktionsallianzen ist es uns gelungen, Anwohner, Landwirte, Verbände, Fachbehörden und Gemeinden mit ins Boot zu holen. In einem dreijährigen Prozess entwickelten alle Beteiligten ein gemeinsames Anpassungskonzept, die nun vorliegenden „Perspektiven für die Este von morgen“.

Die Umsetzung dieser Bausteine für die Anpassung an den Klimawandel in den Este-Gemeinden der Landkreise Harburg und Stade wird sicherlich noch viel Planung, Engagement und Geduld erfordern. Hierfür können wir dank KLEE die gute und vertrauensvolle Zusammenarbeit aller Beteiligten fortsetzen.

Wir danken allen, die das Projekt bei den fünf Partnern im KLEE-Verbund vorangebracht haben. Danken möchten wir selbstverständlich auch dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz Bau und Reaktorsicherheit (vertreten durch den Projektträger Jülich) für die finanzielle Förderung. Unser besonderer Dank gilt jedoch den zahlreichen Bürgerinnen und Bürgern sowie den Vertreterinnen und Vertretern von Fachbehörden, Verbänden und Interessengruppen und der Hollenstedter Estetalschule, ohne deren Engagement, Ortskenntnis und Expertise der Erfolg dieses Projekts nicht möglich gewesen wäre.



Rainer Rempe
Landrat Landkreis Harburg



Michael Roesberg
Landrat Landkreis Stade



Katja Oldenburg-Schmidt
Bürgermeisterin
Hansestadt Buxtehude

Inhalt

Vorwort	1
Kurzfassung	2
1 Einführung in das Projekt KLEE	3
2 Das KLEE-Modellgebiet: Die Este und ihr Einzugsgebiet	5
2.1 Das Einzugsgebiet der Este	6
2.2 Die Este	8
2.3 Akteure im KLEE-Modellgebiet	9
2.4 Aktuelle Hochwasser- und Sedimentproblematik im KLEE-Modellgebiet	10
3 Auswirkungen des Klimawandels auf das KLEE-Modellgebiet	15
3.1 Klimaveränderungen in der Region	16
3.2 Binnenhochwasser	17
3.3 Hohe Tidewasserstände	19
3.4 Kombiniertes Auftreten von Binnenhochwasser und hohen Tidewasserständen	20
3.5 Auswirkungen auf die Sedimentproblematik	22
4 Grundsätzliche Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel für das KLEE-Modellgebiet	25
4.1 Maßnahmen zum Wasser- und Sedimentrückhalt in der Fläche	27
4.2 Stauraumschaffung für den Hochwasserschutz	30
4.3 Wiederherstellung einer naturnahen Morphodynamik im Gewässer	33
5 Beteiligung der Akteure: KLEE Lern- und Aktionsallianzen	35
5.1 Ausgangslage und Ziele	36
5.2 Themen, Teilnehmende und Methoden	36
5.3 Ergebnisse	39
5.4 Interviews mit externen Referenten	42
6 Konzept zur Priorisierung von KLEE-Anpassungsmaßnahmen	45
6.1 Methodik zur Priorisierung	46
6.2 Beurteilung der Maßnahmen aus unterschiedlichen Sichtweisen	47
6.3 Abschätzung der Realisierungschancen von Maßnahmen	47
6.4 Ursachenrelevanz und Zukunftsfähigkeit von Maßnahmen	48
6.5 Untersuchung der Wirksamkeit von Maßnahmen	48

7 Konkrete Klimaanpassungsmaßnahmen für das Modellgebiet: KLEE-Bausteine	51
7.1 Maßnahmen zum Wasser- und Sedimentrückhalt in der Fläche	52
7.1.1 Angepasste ressourcenschonende Landbewirtschaftung	52
7.1.2 Änderung der Landnutzung	55
7.1.3 Sedimentfallen auf landwirtschaftlichen Flächen	58
7.1.4 Reduzierung des Flächenverbrauchs	60
7.1.5 Entsiegelung von befestigten Flächen	63
7.1.6 Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung	66
7.1.7 Einrichten von Gewässerrandstreifen	69
7.2 Stauraumschaffung für den Hochwasserschutz	71
7.2.1 Hochwasserrückhaltebecken im Einzugsgebiet der Oberen Este	71
7.2.2 Gesteuerter Hochwasserrückhalt in der Marsch	75
7.2.3 Anpassung der Schöpfwerkbetriebe	78
7.2.4 Pumpwerk an der Mündung in die Elbe	82
7.3 Wiederherstellung einer naturnahen Morphodynamik	85
7.3.1 Erhöhung der Sohlrauheit im Gewässer	85
7.3.2 Anschluss von Altarmen / Gewässermäandrierung	87
7.4 KLEE-Pilotvorhaben	90
7.4.1 Sandrückhalt am Perlbach im Einklang mit der Landwirtschaft – das KLEE-Pilotvorhaben des Landkreises Harburg	91
7.4.2 Entlastung für die Tideeste – das KLEE-Pilotvorhaben des Landkreises Stade	92
7.4.3 Ein Mäandersandfang als Zwischenlösung – das KLEE-Pilotvorhaben der Hansestadt Buxtehude (Stadtentwässerung)	93
7.5 Einordnung auf Basis des bestehenden Rechts und der Zuständigkeiten	94
8 Zusammenfassung der zentralen Aussagen und Handlungsempfehlungen	97
8.1 Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse	98
8.2 Handlungsempfehlungen für das KLEE-Modellgebiet	101
Quellen- und Literaturverzeichnis	104
Beteiligte Autoren und Institutionen	105

Vorwort

Ausgehend von den wissenschaftlichen Erkenntnissen aus dem KLIMZUG-NORD Verbund zu den Klimawandelfolgen für die Metropolregion Hamburg konnte das Projekt **KLEE (Klimaanpassung Einzugsgebiet Este)** über eine Förderung durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) im Mai 2013 erfolgreich starten. Wesentliches Ziel des Vorhabens KLEE war die Entwicklung eines detaillierten integrierten Anpassungskonzeptes für die Este, das die unterschiedlichen Interessen der Planungsinstanzen und der beteiligten Stakeholder berücksichtigt und den aus dem Klimawandel resultierenden negativen Auswirkungen im gesamten Einzugsgebiet entgegenwirkt.

Die Este hat ein Einzugsgebiet von 365 km², fließt auf ihrem rund 45 km langen Weg überwiegend durch die Landkreise Harburg und Stade und mündet auf Hamburger Gebiet in die Tideelbe. Im annähernd gesamten Verlauf der Este gibt es in unterschiedlichen Ausprägungen Probleme mit zeitweiligem Hochwasser und dem Eintrag von Sedimenten. Die zentrale Frage, wie mit diesen Problemen im Spannungsfeld der vielfältigen Interessen und Nutzungen in Zukunft umzugehen ist und ob einvernehmliche Lösungswege für Handlungsoptionen verbunden mit konkreten Maßnahmen aufgezeigt werden können, ist Gegenstand der umfangreichen Untersuchungen im Vorhaben KLEE.

Das Projekt wurde koordiniert durch die TuTech Innovation GmbH; die inhaltliche Leitung lag beim Landkreis Harburg in der Abteilung Boden/Luft/Wasser, die die Untere Wasserbehörde und die Untere Bodenschutzbehörde repräsentiert. Die fachlichen Arbeiten wurden überwiegend vom Institut für Wasserbau der Technischen Universität Hamburg (TUHH) ausgeführt. Weitere Projektbeteiligte waren der Landkreis Stade (Umweltamt) und die Stadtentwässerung Buxtehude.

Im Rahmen eines kommunikativen Planungsprozesses fand als zentraler Baustein ein intensiver Austausch mit allen interessierten Akteurinnen und Akteuren aus dem Einzugsgebiet der Este statt. Mit dem an der TUHH angewandten Verfahren der Lern- und Aktionsallianzen (LAA) konnten die Schwerpunktthemen in sieben öffentlichen Veranstaltungen erfolgreich behandelt werden. Fünf externe Fachvorträge haben das Beteiligungsverfahren mit wichtigen Impulsen unterstützt. Diese Vorgehensweise hat sich als richtig und zukunftsweisend für weitere komplexe Fragestellungen erwiesen, wie die abschließende Feedback-Umfrage anlässlich der letzten LAA deutlich gezeigt hat. Die vor Ort handelnden Akteure haben die Brisanz des KLEE-Projektes erkannt und verinnerlicht.

Die erzielten Ergebnisse mit konkretem Praxisbezug lassen uns hoffen, dass wir den Auswirkungen des Klimawandels insbesondere mit Bezug zur Hochwasser- und Sedimentproblematik zukünftig wirkungsvoll begegnen können. Der vorliegende Beitrag tritt an mit dem erklärten Ziel, die Forschungsergebnisse für die Praxis verständlich aufzubereiten. Dies ist den Akteuren gelungen, und damit hat das Projekt KLEE die Erwartungen voll erfüllt. Die anwendungsorientierte und fachübergreifende Forschung unter maßgeblicher Einbindung von Praxispartnern hat sich bewährt. Jetzt gilt es, die Bausteine entsprechend in die Praxis umzusetzen.

Als verantwortlicher Moderator des KLEE-Projektes möchte ich an dieser Stelle allen Beteiligten zu den Ergebnissen herzlich gratulieren und würde mich sehr freuen, wenn die dargestellten Maßnahmen zügig umgesetzt werden.

Prof. Dr. Heinrich Reincke
*Honorarprofessor an der Leuphana Universität Lüneburg
und der Hochschule 21 Buxtehude*

Kurzfassung

Das Forschungsvorhaben KLEE (Klimaanpassung Einzugsgebiet Este) befasst sich mit der Anpassung an die zu erwartenden Folgen des Klimawandels im gesamten Flusseinzugsgebiet der Este. Schwerpunktthemen sind die bereits heute bestehenden Herausforderungen hinsichtlich des Hochwasserschutzes und des Sedimentmanagements im KLEE-Modellgebiet.

Die Este, ein in Niedersachsen gelegener Nebenfluss der Elbe, zeichnet sich durch eine deutliche Zweiteilung ihres Einzugsgebiets aus: Von der Quelle bis zur Hansestadt Buxtehude durchfließt die Obere Este die Geest und ist geprägt durch eine teilweise intensive landwirtschaftliche Nutzung, viele kleinere Ortschaften sowie einen relativ hohen Waldanteil. Von Buxtehude bis zur Mündung in die Elbe bei Cranz durchfließt die Untere Este die Marschlandschaft. In diesem Abschnitt ist die Este geprägt vom Tideeinfluss der Elbe und damit einhergehend von einer durchgehenden engen Eindeichung mit historischer Bebauung auf und teilweise sogar vor dem Deich.

Der KLEE-Verbund besteht im Kern aus fünf Projektpartnern: zwei niedersächsischen Landkreisen (Harburg und Stade), einer Stadt (Hansestadt Buxtehude, vertreten durch die Stadtentwässerung Buxtehude), einer Hochschule (Technische Universität Hamburg) sowie einer Technologietransfergesellschaft (TuTech Innovation GmbH). KLEE wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) im Rahmen des Förderprogramms für Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel unterstützt. Die Laufzeit des Vorhabens umfasst den Zeitraum Mai 2013 bis einschließlich Juli 2016.

Wesentliches Ziel des KLEE-Verbundes war die **Entwicklung eines integrierten Anpassungskonzepts** für das KLEE-Modellgebiet. In das vorliegende Konzept gingen die Interessen der Ober- und Unterlieger an der Este ebenso ein wie die unterschiedlichen Belange des Naturschutzes, der Landwirtschaft, des Küsten- und Hochwasserschutzes sowie die Sichtweisen der zuständigen Planungsbehörden. Die kreisgebietsübergreifende Betrachtung auf Einzugsgebietsebene hatte zum Ziel, statt kleinräumiger lokaler Maßnahmen optimale Maßnahmen für das gesamte Einzugsgebiet zu identifizieren, in einem Leitfaden zusammenzufassen und eine dauerhafte Vernetzung der beteiligten Akteure zu etablieren. Im Sinne einer nachhaltigen Klimaanpassung können nur abgestimmte Anpassungsoptionen für das gesamte Einzugsgebiet dauerhafte Erfolge bringen. Hinsichtlich

einer möglichst hohen Realisierungswahrscheinlichkeit potenzieller Anpassungsmaßnahmen wurden dementsprechend alle relevanten Interessenvertreter von Beginn an aktiv in die Ideenfindungs-, Planungs- und Entscheidungsprozesse eingebunden. Der intensive Austausch mit den im KLEE-Modellgebiet maßgeblichen Akteuren erfolgte in Form von Lern- und Aktionsallianzen (LAA). In insgesamt sieben öffentlichen Veranstaltungen wurden die Gesamtzusammenhänge verdeutlicht und die verschiedenen Aspekte zur Klimaanpassung aus der jeweiligen Akteurssicht diskutiert.

Die als grundsätzlich wirksam identifizierten konkreten Anpassungsmaßnahmen, die KLEE-Bausteine, wurden im Rahmen eines eigens entwickelten Priorisierungsverfahrens unter Berücksichtigung weiterer Faktoren wie Akzeptanz, Ursachenrelevanz, Kosten und praktischer Flächenverfügbarkeit bewertet und priorisiert. Wissenschaftliche Untersuchungen zu den Auswirkungen des Klimawandels sowie zur Wirksamkeit potenzieller Anpassungsmaßnahmen unter Betrachtung der vielfältigen und komplexen Wirkungszusammenhänge im gesamten Einzugsgebiet bildeten die Basis hierfür.

Auf dieser Grundlage werden im Ergebnis neben einigen grundsätzlichen Strategien für eine erfolgreiche Anpassung an den Klimawandel folgende konkrete Handlungsempfehlungen für Entscheidungsträger hinsichtlich der Umsetzung struktureller Maßnahmen im KLEE-Modellgebiet ausgesprochen:

- Eine sehr hohe Priorität hinsichtlich der **Hochwasserproblematik** an der Este haben die Erstellung von Hochwasserrückhaltebecken im Einzugsgebiet der Oberen Este sowie die Schaffung von gesteuertem Rückhalteraum in der Marsch.
- Eine sehr hohe Priorität bezüglich der **Sedimentproblematik** in der Este ergibt sich für eine angepasste ressourcenschonende Landbewirtschaftung sowie für eine Erhöhung der Sohlrauheiten in der Este.
- Darüber hinaus wurden für beide Fragestellungen weitere Maßnahmen priorisiert, die prinzipiell positive Effekte zeigen und deren Umsetzung dementsprechend politisch unterstützt werden sollte.

Durch die im Rahmen von KLEE gewonnenen Erkenntnisse und durch die zur Anwendung gekommenen Methoden besitzt das Forschungsvorhaben modellhaften Charakter und ist auf andere Regionen in Deutschland übertragbar.

1 Einführung in das Projekt KLEE



Der Klimawandel wird weitreichende Auswirkungen auch in Norddeutschland haben. Es sind zukünftig höhere mittlere Temperaturen, räumlich und zeitlich veränderte Verteilungen von Niederschlägen sowie räumlich und zeitlich veränderte Windbedingungen zu erwarten. Als Folge hieraus werden sich zukünftig unter anderem auch die Niederschläge und das Abflussregime in den norddeutschen Flüssen verändern. Dies wird teilweise bereits jetzt bestehende Probleme weiter verschärfen. Hier setzt das Projekt KLEE an, in dem Anpassungsoptionen an die Folgen des Klimawandels für die Este – ein im Unterlauf tidebeeinflusster Nebenfluss der Elbe – analysiert und bewertet werden.

Einführung in das Projekt KLEE

Die Untersuchungen im Vorhaben KLEE basieren auf den Ergebnissen des Forschungsverbunds KLIMZUG-NORD. In den Jahren von 2009 bis 2014 untersuchten Wissenschaftler, Behördenvertreter und Unternehmen die Auswirkungen des Klimawandels auf die Metropolregion Hamburg. Gemeinsam entwickelte der Forschungsverbund KLIMZUG-NORD strategische Anpassungsansätze zum Klimawandel. Die Ergebnisse wurden im Kursbuch Klimaanpassung (Abb. 1.1) zusammengefasst. Der Verbund arbeitete in Modellgebieten, in denen exemplarisch die Betroffenheit durch den Klimawandel untersucht wurde. Eines dieser Modellgebiete war das Alte Land unter besonderer Berücksichtigung des Hochwasserschutzes an der Este, einem tidebeeinflussten Nebenfluss der Elbe (Abb. 1.2). Das Institut für Wasserbau der Technischen Universität Hamburg (TUHH) untersuchte mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Este und ihr Einzugsgebiet. Die Bereiche Sedimentmanagement und Hochwasserschutz wurden für die Zukunft als besonders kritisch eingestuft – und zwar für das gesamte Einzugsgebiet. Auf der Basis von Untersuchungen mit numerischen Modellen erfolgte eine erste Einschätzung zu den Auswirkungen des Klimawandels. Konkret wurden die zu erwartenden Veränderungen von extremen Hochwasserabflüssen und der Anstieg des mittleren Meeresspiegels untersucht. KLIMZUG-NORD führte insgesamt zu einem verbesserten Systemverständnis des „Systems Este“ auf dessen Grundlage generelle Anpassungsmaßnahmen entwickelt und deren Wirksamkeit grundsätzlich analysiert wurden.

Das Folgeprojekt KLEE (Klimaanpassung Einzugsgebiet Este), gab allen Beteiligten die Möglichkeit, die Untersuchungen über einen Zeitraum von drei Jahren ab Mai 2013 mit einem höheren Grad an Detailschärfe und mit einer vertieften Beteiligung der Akteure und Anwohner fortzuführen. Mögliche Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel wurden im Detail untersucht und Wirkungsanalysen erstellt. Sie halten nun die aufbereiteten Ergebnisse in den Händen: „Perspektiven für die Este von morgen – Bausteine für die Anpassung an den Klimawandel.“ Die Kapitel eins bis sechs beschreiben die Rahmenbedingungen und erläutern die Methoden und Arbeitsweisen. Zunächst werden in den Kapiteln zwei und drei das Modellgebiet sowie die örtlich zu erwartenden Folgen des Klimawandels beschrieben. Darauf



Abb. 1.1 KLIMZUG-NORD Verbund (Hrsg.), Kursbuch Klimaanpassung

aufbauend werden in Kapitel vier die Anpassungsmaßnahmen selbst, aber auch der Weg zu einem konsensualen Vorgehen aller Akteure in den beiden folgenden Kapiteln fünf und sechs erläutert. Im Kapitel sieben „KLEE-Bausteine“ wird es dann ganz konkret: steckbriefartig werden die untersuchten Anpassungsmaßnahmen für das Einzugsgebiet der Este beschrieben und bewertet. Abschließend werden darauf aufbauend in Kapitel acht die Ergebnisse zusammengefasst und konkrete Handlungsempfehlungen ausgesprochen.

KLEE hat einzugsgebietsorientiert gearbeitet, d.h. das gesamte Einzugsgebiet der Este wurde betrachtet. Hier sind zwei Landkreise und mehrere Städte und Gemeinden direkt oder indirekt betroffen. Die unterschiedlichsten Interessen diverser nichtkommunaler Interessengruppen (Umweltschutzorganisationen, Landwirtschaftsverbände, Fischereiverbände, Bürgerinitiativen, etc.) sowie die unterschiedlichen Sichtweisen auf die Fragestellungen aus verschiedenen Flussabschnitten (Geest, Buxtehude, Marsch) sind eingeflossen. Ermöglicht wurde das Projekt KLEE durch die finanzielle Unterstützung durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) im Rahmen der Initiative „Förderung von Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels“.

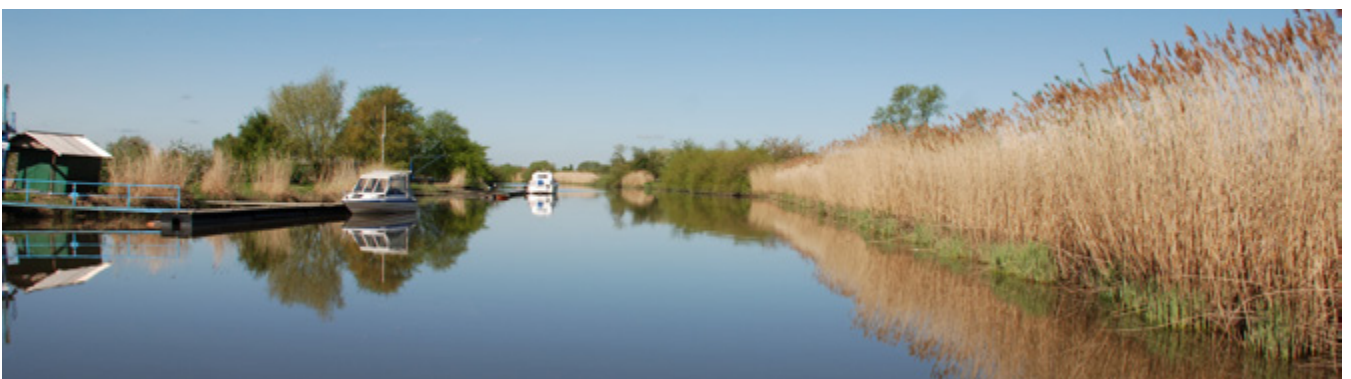


Abb. 1.2: Die Este im Unterlauf (C. Remmersmann)

Das KLEE-Modellgebiet: Die Este und ihr Einzugsgebiet



Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die Este und ihr Einzugsgebiet: das KLEE-Modellgebiet. Das Einzugsgebiet eines Flusses beschreibt allgemein dasjenige Gebiet, aus dem der Fluss durch ober- und unterirdische Zuflüsse als Folge von Niederschlägen sein Wasser bezieht. Es wird begrenzt durch die umliegenden Wasserscheiden.

Kapitel 2.1 beschreibt die geografische Lage, die Größe und die Geländeeigenschaften sowie die vorherrschenden Landnutzungen im KLEE-Modellgebiet. Kapitel 2.2 gibt einen Überblick über wesentliche strukturelle Merkmale der Este innerhalb ihrer verschiedenen Abschnitte. Kapitel 2.3 führt die maßgeblichen Akteure im KLEE-Modellgebiet mit ihren jeweiligen Zuständigkeiten und Interessen auf. In Kapitel 2.4 schließlich werden die bereits heute bestehenden Herausforderungen an der Este hinsichtlich des Hochwasserschutzes und des Sedimentmanagements beschrieben.

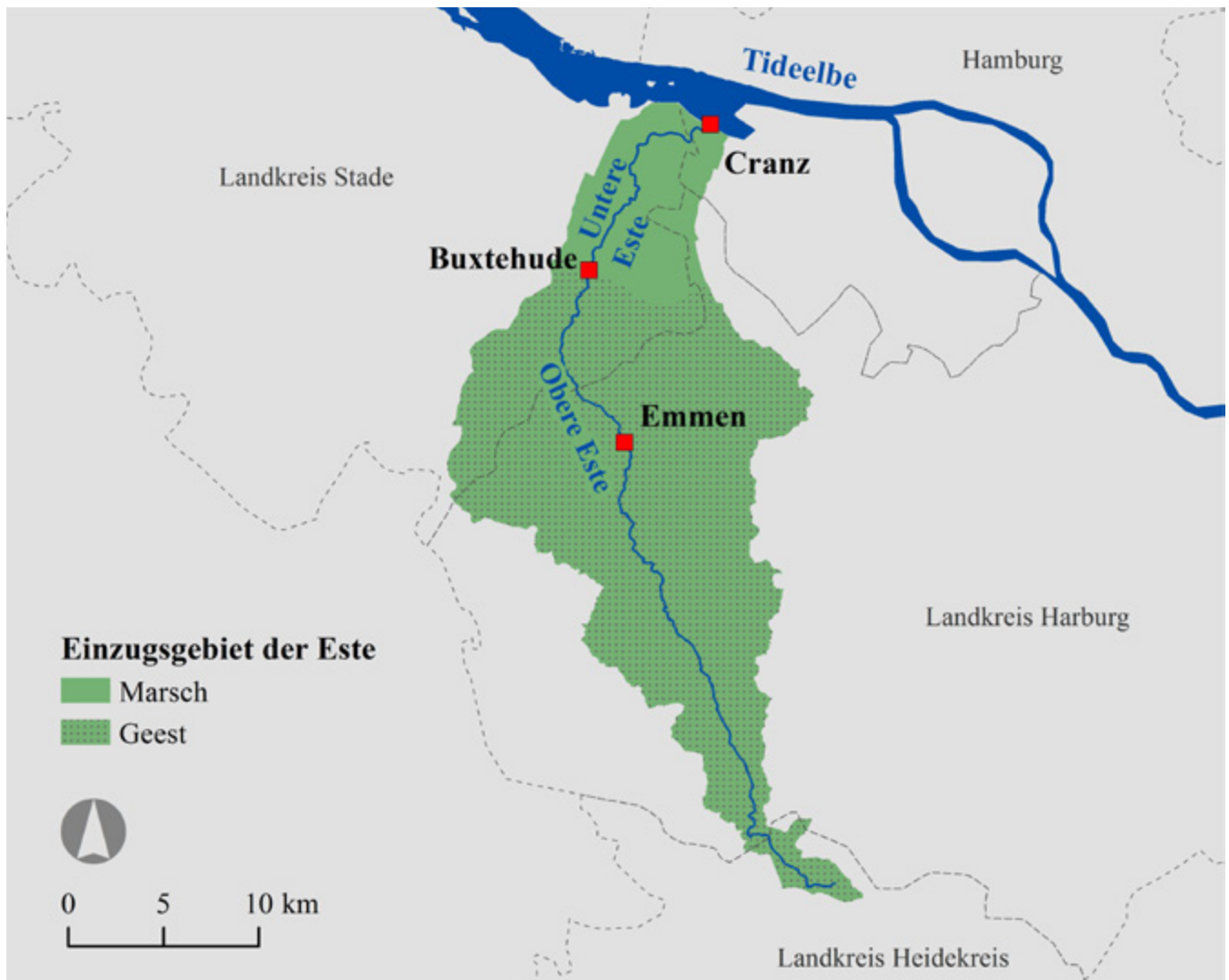


Abb. 2.1: Das Einzugsgebiet der Este

Das Einzugsgebiet der Este liegt in den niedersächsischen Landkreisen Heidekreis, Harburg und Stade. Unmittelbar an der Mündung in die Elbe entwässern auch wenige Quadratkilometer der Freien und Hansestadt Hamburg in die Este. Der größte Teil des Einzugsgebiets verteilt sich auf die Landkreise Harburg und Stade (Abb. 2.1).

Das gesamte Einzugsgebiet umfasst etwa 365 km². Davon sind 300 km² Geestflächen, die unter der Obhut vom Unterhaltungs- und Landschaftspflegeverband Este stehen und 65 km² Marsch mit einem Moorgürtel vor dem Geestrand, die vom Unterhaltungsverband Altes Land vorwiegend künstlich mittels Schöpfwerken entwässert werden. Die Geestbereiche der Este werden im Folgenden auch als Obere Este, die Marschbereiche der Este als Untere Este bezeichnet.

Die Geestflächen setzen sich höhenmäßig deutlich von denen der Marsch ab und liegen mit einer mittleren Geländehöhe von 40 – 100 m über NN (Harburger Berge, Lüneburger Heide) vergleichsweise hoch. Die höchste

Erhebung ist der Wilseder Berg mit 169 m über NN. Der Boden der Geestflächen ist sehr sandig und damit sehr versickerungsfähig; daher befindet sich das Grundwasser teils bis zu 40 m unter Gelände und es gibt zudem nur wenige der Este zufließende Bäche. Die größten Zuflüsse zur Oberen Este sind der Todtglüsender Bach, der Sprötzer Bach, der Dohrener Mühlenbach, der Perlbach, der Rollbach, die Appelbeke, der Staersbach, der Moissburger Bach und die Goldbeck.

Rund 40 % der Geestflächen im Einzugsgebiet sind mit Wald bestanden, rund 50 % werden landwirtschaftlich – überwiegend als Ackerland – genutzt und die Siedlungsflächen machen weniger als 10 % der Fläche aus.

An der Grenze zwischen Geest und Marsch liegt mit etwa 40.000 Einwohnern der größte Ort im Einzugsgebiet, die Hansestadt Buxtehude. Die Stadt wurde auf dem eiszeitlichen Schwemmsandkegel der Este gegründet, da hier Landwege und der schiffbare Teil der Este sich kreuzten und trotz der niedrigen Lage im Urstromtal der Elbe die aufgeschwemmte Anhöhe Schutz vor Überflutungen erhoffen ließ.

Die Marschgebiete des Einzugsgebiets der Este sind durch nacheiszeitliche maritime Sedimentationsprozesse im Urstromtal der Elbe entstanden. Der Boden besteht aus nicht durchsickerbarem Ton, sogenanntem Kleiboden. Zum Geestrand hin ist der Klei teilweise von Mooren überwachsen.

Die Marschgebiete sind sehr fruchtbar, weite Teile der Marsch werden zum Obstanbau genutzt. Ein Teil der Marsch-Einzugsgebiete der Este ist Teil des Alten Landes. Das Alte Land ist heute das größte zusammenhängende Obstanbauggebiet Europas (Abb. 2.2). Der Moorgürtel im Übergang zur Geest wird als Grünland und zum kleinen Teil als Ackerland genutzt. Siedlungen befinden sich nur als langgestreckte Marschhufendörfer entlang der Estedeiche.

Die Geländehöhen in der Marsch sind sehr gering, das Gelände liegt zwischen NN +1,0 m und NN -0,5 m. Zum Schutz vor Hochwasser wurden Deiche entlang der Este und der Elbe gebaut, die über die Jahrhunderte stetig verstärkt wurden. Die Geländehöhen in den eingedeichten Bereichen sind so gering, weil es nach der Kolonisation und Eindeichung vor rund 800 Jahren nicht mehr zu den davor regelmäßigen Überflutungen durch die Elbe kam und sich somit auch keine mitgeführten Schwebstoffe mehr absetzen konnten. Demzufolge wurde der natürliche Anlandungsprozess unterbunden und ein weiteres Anwachsen des Geländes konnte nicht mehr erfolgen. Im Gegensatz dazu wuchsen die Vorländer vor den Este- und Elbedeichen als Folge der Sedimentation von Schwebstoffen weiterhin auf bis zu NN +2,50 m an.

Die Marsch wird fast ausschließlich mit Schöpfwerken künstlich entwässert. Der Binnenwasserstand liegt fast das gesamte Jahr über niedriger als der Tideniedrigwasserstand der Elbe und der Este. 20 m breite gewölbte „Beete“ von vielen hundert Metern Länge entwässern über bis zu 4 m breite Gräben bis zum nächsten Querkanal, dem Wettern (holländisch Watering – also Entwässerung). Diese leiten das Wasser zum Deichsiel, das sich früher von selbst öffnete, wenn der Wasserstand in der Este bei Ebbe niedriger war als der Binnenwasserstand. Vor ca. 100 Jahren waren die Wasserstände der Elbe und der Este so weit angestiegen, dass das natürliche Gefälle nicht mehr für eine genügende Entwässerung ausreichte. Zudem waren die Ansprüche an die Entwässerung durch die Nutzung der anliegenden Flächen stark gestiegen (regelmäßige Überschwemmungen des Binnenlandes als Folge der Niederschläge im Winter und der unzureichenden Entwässerungsleistung der Systeme wurden nicht mehr akzeptiert), sodass die Siele mit Schöpfwerken ausgerüstet wurden. Durch eine Verfüllung eines Teils der Gräben wurde in den 1960er-Jahren viel Binnenstauraum vernichtet¹, sodass anfallendes Wasser heute viel schneller zur Este gelangt. Das heutige Erscheinungsbild der Marsch ist somit vollständig in den letzten 800 Jahren durch die menschliche Nutzung überformt.

Durch die Nutzung im Obstanbau werden im April und Mai zur Obstblütezeit als Schutz vor Frostschäden viele Millionen m³ Wasser zur Beregnung gebraucht. Diese werden aus der Elbe und den Nebenflüssen – unter anderem der Este – zugeleitet und wieder abgeführt.



Abb. 2.2: Obstanbau an der Este (S. Burmester)

1 Die bis zu 4 m breiten und bis zu 2 m tiefen Entwässerungsgräben wurden im Rahmen der Drainagepolderung durch Drainagerohre mit Durchmessern von durchschnittlich nur etwa 10 cm ersetzt und anschließend verfüllt.



Abb. 2.3: Die Este bei Ottensen (S. Burmester)

Entsprechend der landschaftlichen Zerteilung des Einzugsgebietes wird die Este, wie oben bereits erwähnt, unterteilt in die Obere Este in der Geest und die tidebeeinflusste Untere Este in der Marsch. Nach dem Niedersächsischen Wassergesetz (NWG) ist die Untere Este von der Mühle in Buxtehude bis zur Mündung in die Elbe aufgrund ihrer erheblichen Bedeutung für die Wasserwirtschaft ein Gewässer I. Ordnung. In ihrem Oberlauf hat die Este als Gewässer mit überörtlicher Bedeutung den Status eines Gewässers II. Ordnung. Im Unterlauf ist die Este zudem auf rund 13 km Länge eine Bundeswasserstraße, die jedoch kaum noch mit Schiffen befahren wird. Aus der Einordnung als Bundeswasserstraße resultiert, dass der Bund Eigentümer und somit für die Unterhaltung zuständig ist. Die ökologische Durchgängigkeit der Este ist derzeit durch mehrere Querbauwerke sowie mehrere Sohlgleiten und Abstürze stark eingeschränkt.

Die Este entspringt im Naturpark Nordheide, wo auch Seeve, Luhe, Böhme, Wümme und - nicht weit entfernt - die Oste ihren Ursprung haben. Auf den ersten Kilometern trocknet die Este im Sommer regelmäßig aus. Auf der Geest fließt die Este rund 40 km durch ein Kerbtal. Der leicht mäandrierende Lauf wurde in den 1920er-Jahren durch Begradigung um ca. ein Viertel gekürzt. Die Energie des Wassers wurde früher durch mehrere Mühlenstau genutzt.

Die Talhänge sind überwiegend bewaldet. In der Talaue wird nur wenig extensive Grünlandnutzung betrieben. Ab Moisburg bis Buxtehude weitet sich das Tal etwas auf. Neben extensiver Grünlandnutzung findet man hier hauptsächlich Auwälder vor (Abb. 2.3).

Die Este zählt im Quellgebiet zu den sandgeprägten Tieflandbächen, in ihrem Oberlauf zu den kiesgeprägten Tieflandbächen bzw. -flüssen, in ihrem Mittellauf zu den sand- und lehmgeprägten Tieflandflüssen und im tidebeeinflussten Bereich zu den Flüssen der Marschen.² Sie ist von Natur aus sandgeprägt. Aus verschiedenen Gründen, die in Kapitel 2.4 näher erörtert werden, führt die Este zurzeit aber wesentlich mehr Sand mit sich als ursprünglich. Die Obere Este sowie die anderen Gewässer II. Ordnung im Einzugsgebiet, die Zuflüsse der Este sind, werden vom Unterhaltungs- und Landschaftspflegeverband Este unterhalten, dessen Zuständigkeit flussabwärts bis zur Marschtorschleuse in Buxtehude reicht. Im Bereich der Geest ist der gesamte Este-Flusslauf als Flora-Fauna-Habitat-Schutzgebiet ausgewiesen.



Abb. 2.4: Das alte Schöpfwerk in Moorende (S. Burmester)

² Im Rahmen der Bestandsaufnahme zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie wurde von den zuständigen Behörden 2004 eine Gewässertypisierung vorgenommen.

Im Stadtgebiet von Buxtehude wurde die Este in den späten 1950er-Jahren auf 1,5 km Länge ausgebaut und befestigt. Der Wasserstand wird reguliert durch das sogenannte Granini-Wehr und die Marschtorschleuse. Durch das Granini-Wehr wird der Wasserstand im Bereich des oberstrom angrenzenden Mühlenteichs auf rund NN + 4,4 m gesteuert, durch die Marschtorschleuse der Wasserstand zwischen Granini-Wehr und der Schleuse auf rund NN + 2,3 m.

Flussabwärts von Buxtehude ist die Este ein Tidegewässer, das heißt, über die Verbindung mit der Elbe wird die Untere Este maßgeblich beeinflusst vom Tidegeschehen der Nordsee. Das Hinterland wird wie erwähnt durch Deiche geschützt, die das Überschwemmungsgebiet der Este auf rund 100 m bis 200 m eingrenzen. Die Deiche sind teilweise bebaut; abschnittsweise ist selbst vor dem Deich im Überschwemmungsgebiet der Este Bebauung zu finden.

Das mittlere Tidehochwasser (MThw) in Buxtehude beträgt NN + 1,92 m und in Hamburg-Cranz an der Mündung in die Elbe NN + 2,00 m. Das mittlere Tideniedrigwasser (MTnw) beträgt in Buxtehude NN - 0,33 m und in Hamburg-Cranz NN - 1,42 m. Der Tidehub in Buxtehude beträgt dementsprechend rund 2,3 m; der Tidehub in Cranitz beträgt rund 3,4 m. Im Gebiet der Stadt Buxtehude liegt das von Röhrichtsümpfen geprägte Deichvorland niedriger als das mittlere Tidehochwasser. In den anderen tidebeeinflussten Gebieten unterstrom von Buxtehude liegt das Vorland vielfach oberhalb des MThw.

2.3 Akteure im KLEE-Modellgebiet

Eine breite Schicht von Akteuren aus Politik und Verwaltung sowie von Verbänden und Initiativen hat sich am KLEE-Prozess beteiligt. Die Landkreise Stade und Hamburg sowie die Stadt Hamburg haben sich im Rahmen ihrer Zuständigkeiten eingebracht. Als Untere Naturschutzbehörde obliegt ihnen Schutz und Entwicklung der sensiblen Natur der Gewässer und der angrenzenden Feuchtgebiete. Viele an die Este angrenzende Flächen im Tidebereich sowie oberhalb von Buxtehude stehen unter Flora-Fauna-Habitat-Schutz (FFH).

Die Unteren Wasserbehörden sind zuständig für Ausweisung und Anwendung von Überschwemmungsgebietsverordnungen, für Planfeststellung oder Plan genehmigung von Gewässerausbauvorhaben. Zudem sind sie die Aufsichtsbehörde der Unterhaltungsverbände. Alle wasserbaulichen und wasserwirtschaftlichen Maßnahmen müssen mit dem in der Wasserrahmenrichtlinie formulierten Ziel hinsichtlich eines guten ökologi-

Wie in Kapitel 2.1 dem Grunde nach erwähnt, wird der Unteren Este das im landwirtschaftlich genutzten Deichhinterland anfallende Wasser über insgesamt acht Schöpfwerke zugeführt (Abb. 2.4). Die Schöpfwerke werden vom Unterhaltungsverband Altes Land betrieben.

Zum Schutz vor Sturmfluten wurde in den späten 1950er-Jahren ein Sperrwerk nahe der Estemündung gebaut (heute das Innere Estesperwerk). Im Falle hoher Wasserstände in der Elbe wird dieses Sperrwerk geschlossen. Hierdurch wird ein weiteres Ansteigen der Wasserstände in der Este als Folge von Sturmfluten in der Elbe verhindert. Nach der Sturmflut von 1962, die viele Deichbrüche an Este und Elbe verursachte, wurde der Elbdeich vorverlegt und ein neues zusätzliches Sperrwerk wurde erforderlich und gebaut. Heute wird das ältere Innere Estesperwerk vom Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg betrieben und dient laut seiner Betriebsordnung der Abwehr von kleineren Sturmfluten sowie der Schaffung von Stauraum für das Oberwasser der Este und für den Betrieb der Schöpfwerke. Gemäß Betriebsordnung wird es bei einem Wasserstand von NN + 2,20 bis NN + 2,30 m geschlossen. Dies ist ca. 150-mal pro Jahr erforderlich. Das neuere Äußere Sperrwerk wird von der Hamburg Port Authority (HPA) betrieben und bei einem Wasserstand von NN + 2,80 m geschlossen. Zwischen den beiden Sperrwerken befindet sich die Pella Sietas Werft.

schen Zustands bzw. eines guten ökologischen Potenzials vereinbar sein.³

In der Bundesrepublik Deutschland sind Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz Länderaufgaben. Entsprechend führen im Einzugsgebiet der Este die Länder Hamburg und Niedersachsen die Planungen für den Hochwasserschutz und wasserwirtschaftliche Aufgaben sowie die nach Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL) erforderlichen vorläufigen Sicherungen von Überschwemmungsgebieten durch und leiten die Gebietskooperationen nach Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Zudem legen die Länder als gewässerkundliche Landesdienste die Bemessungsgrößen als Grundlage für die wasserwirtschaftlichen und wasserbaulichen Maßnahmen fest. Zuständig sind jeweils die Ministerien (BUE in Hamburg und Umweltministerium in Niedersachsen). Nachgeordnete Behörden sind der Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer (LSBG) Hamburg sowie der

3 Nach Inkrafttreten der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie in 2000 ist es das Ziel, alle Gewässer und somit auch die Este und ihre Zuflüsse in einen guten ökologischen Zustand oder ein gutes ökologisches Potenzial zu überführen.

Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN). Wissenschaftliche Beratung erfolgt durch Universitäten. Das Vorhaben KLEE wurde beispielsweise in Kooperation mit der Technischen Universität Hamburg durchgeführt.

Die Landkreise Harburg und Stade sowie die Hansestadt Buxtehude – Stadtentwässerung unterstützen den Prozess, indem sie das KLEE-Projekt tragen und im Rahmen eines runden Tisches alle Institutionen und Akteure zu diesem Thema zusammengebracht haben. Die Gemeinden sind zuständig für die allgemeine Daseinsvorsorge und damit auch für den Hochwasserschutz und die Durchführung dafür erforderlicher Maßnahmen. Hierbei werden Sie von den Ländern unterstützt. Übergeordnete, flussgebietsbezogene, konzeptionelle Planungen im Hochwasserschutz werden durch das Land wahrgenommen.

Das Wasser- und Schifffahrtsamt (WSA) Hamburg ist als Teil der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes zuständig für den Erhalt der Schifffbarkeit der Unteren Este und auch für den Schutz der Ufer. Auch das Innere Estesperwerk wird vom WSA HH betrieben. Das Äußere Estesperwerk betreibt die Hamburg Port Authority (HPA), die im Bereich Hamburg-Cranz auch Aufgaben der Unteren Wasserbehörde und der Unteren Deichbehörde wahrnimmt.

Die Unterhaltung der gewidmeten Deiche an Este und Elbe in Niedersachsen nimmt der Deichverband der II. Meile des Alten Landes wahr; in Hamburg regelt dies die HPA. Die folgenden Verbände sind für die Unterhaltung der Schöpfwerke und Gewässer II. Ordnung im Einzugsgebiet der Este zuständig:

- Hauptentwässerungsverband der III. Meile Alten Landes (Hamburg)
- Unterhaltungsverband Altes Land (Niedersachsen)
- Unterhaltungs- und Landschaftspflegeverband Este (Niedersachsen)

Die Landwirtschaftskammer (unter anderem mit der Obstbauversuchsanstalt in Jork) und die Landvolkverbände kümmern sich um die Angelegenheiten der Landwirtschaft, die Waldbesitzerverbände und die Landesforst um den Wald. Die Jägerschaft und die Naturschutzverbände wie Angler und Sportfischer, WWF, BUND und NABU achten auf den Schutz der Natur und die Naturverträglichkeit und Nachhaltigkeit der zu ergreifenden Maßnahmen. Die am gesamten Estelauf ansässigen Bürgerinitiativen beteiligen sich im Interesse der betroffenen Bevölkerung an der Diskussion und gestalten die Problemlösungen mit. Einzelpersonen und Pressevertreter runden den Kreis der Beteiligten ab.

2.4 Aktuelle Hochwasser- und Sedimentproblematik im KLEE-Modellgebiet

Bereits heute stellen sich an der Este zahlreiche Herausforderungen im Hinblick auf den Hochwasserschutz und das Sedimentmanagement. Es wird an dieser Stelle betont, dass es sich bei dem Projekt KLEE um ein Forschungsprojekt zur Entwicklung und Bewertung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel handelt. Für die im Folgenden beschriebenen Herausforderungen werden im Rahmen von KLEE daher langfristige Lösungsansätze aufgezeigt, die den durch den Klimawandel bedingt zusätzlich zu erwartenden negativen Folgen entgegenwirken. Unabhängig davon können in weiteren heutigen Planungsprozessen zur Lösung von aktuellen Problemen andere, eher kurzfristige Lösungsansätze betrachtet werden.

Hochwasser

Die aktuelle Hochwassergefährdung an der Este ist in den entsprechenden von den zuständigen Behörden erstellten Hochwassergefahrenkarten öffentlich zugänglich⁴. Das Wasser fließt im Geestbereich, weitgehend

ohne größere Schäden zu erzeugen, ab. Das vom Hochwasser betroffene gesetzlich geschützte Überschwemmungsgebiet, das für ein hundertjährliches Hochwasserereignis HQ₁₀₀⁵ ausgewiesen wurde, ist überwiegend mit Auwald und Grünland bestanden, wodurch insgesamt kein großes Schadenspotenzial an der Oberen Este besteht. Abb. 2.5 zeigt beispielhaft den von den zuständigen Behörden veröffentlichten HQ₁₀₀-Überflutungsbereich der Este von Hollenstedt bis Moisburg. Nur wenige Häuser in Moisburg und Hollenstedt sind von einer Überflutungsgefahr betroffen.

Im Stadtbereich von Buxtehude hingegen würde das HQ₁₀₀-Ereignis, aber auch das Auftreten von langanhaltenden Sturmfluten mit geschlossenem Sperrwerk in Kombination mit einem Hochwasser aus dem Binnenbereich derzeit zu Ausuferungen im Innenstadtbereich mit teils großflächigen Überflutungen führen. Das vorhandene Überschwemmungsgebiet im Stadtgebiet von Buxtehude wurde vorläufig durch das Land Niedersachsen gesichert. Dies führt zu vielen Einschränkungen für die Bautätigkeit und die Daseinsvorsorge. Aufgrund der

4 <https://www.landkreis-stade.de/portal/meldungen/gefahren-und-risikokarten-fuer-hochwasser-an-der-este-sind-im-internet-abrufbar-901001877-20350.html> (Stand: 29.04.2016)

5 Der Wert HQ₁₀₀ bezeichnet den Abfluss (Q), der im statistischen Mittel einmal in 100 Jahren erreicht oder überschritten wird.

bestehenden Hochwasserproblematik betreibt die Hansestadt Buxtehude zurzeit ein Planfeststellungsverfahren zum Bau von Deichen. Ziel dieser Planung ist es, durch Erhöhung des Schutzniveaus entlang der Stadtstrecke der Este die betroffenen Gebiete besser vor Hochwasser zu schützen. Dieses Konzept ist jedoch umstritten, da teilweise negative Auswirkungen erwartet werden. Das favorisierte Konzept der Kritiker der in Buxtehude geplanten Maßnahmen resultiert in einer Lösung, bei der das Niederschlagswasser bereits im Oberlauf der Este zurückgehalten wird und es somit zu einer Reduzierung der bei Hochwasser auftretenden Abflussmengen kommt.

Im Tidebereich der Este ist das Hinterland durch Deiche geschützt. Der maßgebliche, vom NLWKN festgelegte Lastfall in diesem Bereich ist die Kombination aus einer Sturmflut in der Elbe mit einhergehender Schließung des Este-Sperrwerks, einem gleichzeitigen Binnenhochwasser in der Este sowie zusätzlicher Belastung durch die Schöpfwerke, die das Deichhinterland entwässern. Eine detaillierte Beschreibung dieses Lastfalls erfolgt in Kapitel 3. Die festgesetzte Deichhöhe im Tidebereich beträgt 4,00 m ü. NN. Einige Bereiche haben ein Unterbestick bis zu 50 cm. Die Deichkrone liegt jedoch immer noch höher als der maßgebliche Bemessungswasserstand. Eine Deichüberströmung ist daher für den angesetzten Bemessungslastfall nicht zu befürchten.

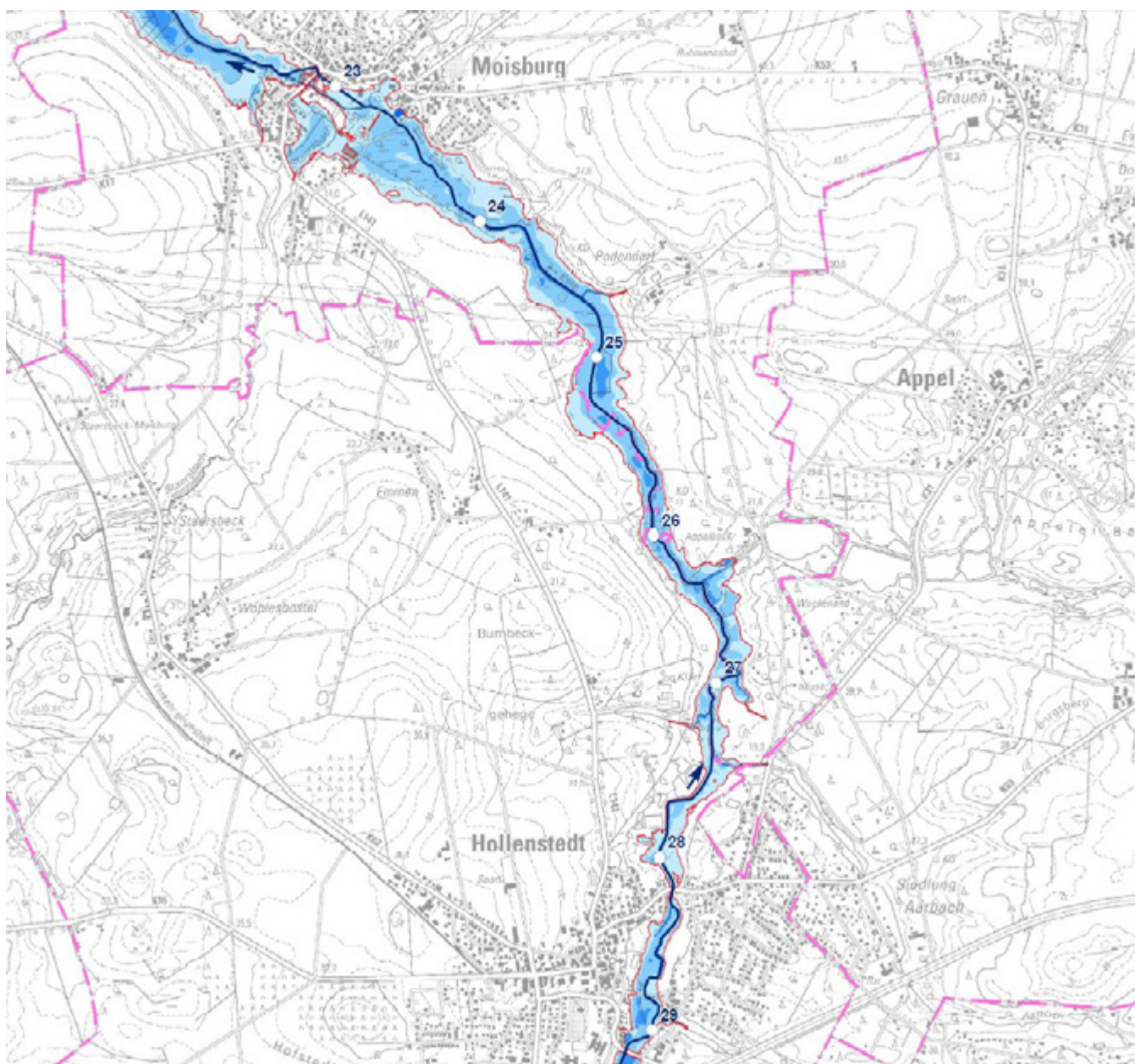


Abb. 2.5: Ausgewiesene HQ₁₀₀-Überflutungsflächen an der Este zwischen Hollenstedt und Moisburg (Auszug aus den vom NLWKN veröffentlichten Gefahren- und Risikokarten für Hochwasser an der Este ; siehe 4).

Sedimentmanagement

Die großen Mengen an Sedimenten, die innerhalb der Este durch Erosions- (Abb. 2.6) und Ablagerungsprozesse (Abb. 2.7) umgelagert werden, beschäftigen den Unterhaltungs- und Landschaftspflegeverband Este seit seiner Gründung in den 1960er-Jahren. Insbesondere im Abschnitt oberhalb von Buxtehude führt die Este vergleichsweise viel Sediment. Hieraus resultieren an verschiedenen Stellen teilweise erhebliche Verlandungstendenzen. Während die hohe Sandfracht im Oberlauf beispielsweise durch die Überdeckung natürlich vorhan-



Abb. 2.6: Böschungserosion an der Este (M. Deckwerth)

dener Kiesbänke wertvolle Laichplätze für Fische zerstört und damit hauptsächlich ein ökologisches Problem darstellt, führt sie im Stadtgebiet von Buxtehude durch die Einengung der Abflussquerschnitte zu Problemen hinsichtlich des Hochwasserabflusses.

Ein Grund für die starken Erosionsprozesse und die somit vergleichsweise hohen Sedimentfrachten sind die zu Beginn des 20. Jahrhunderts durchgeführten Begradigungen des Flusslaufs. Ein Beispiel ist in Abb. 2.8 dargestellt. Hieraus resultiert eine teilweise deutliche Erhöhung der örtlichen Strömungsgeschwindigkeiten in weiten Bereichen der Este. Als Folge der hohen Strömungsgeschwindigkeiten wird mehr Sediment aufgenommen und transportiert.

Ein weiterer Grund für die hohen Sedimentfrachten in der Este liegt in den von Flächen rechts und links der Ufer in die Este eingetragenen vergleichsweise feinen Sedimenten. Diese werden häufig auch als flächenhafte Sedimenteinträge oder flächenhafte Sedimenttransportprozesse bezeichnet. Diese Transporte und die entsprechenden Sedimenteinträge finden vornehmlich auf und von landwirtschaftlich genutzten Flächen im Einzugsgebiet der Este statt (Abb. 2.9). Das bei Starkregenereignissen auf den (landwirtschaftlich genutzten) Flächen mobilisierte Bodenmaterial gelangt je nach vorhandenen erosionsfördernden sowie -hindernden Strukturen früher oder später in die Gewässer.



Abb. 2.7: Sandablagerung an der Este (D. Gumz)

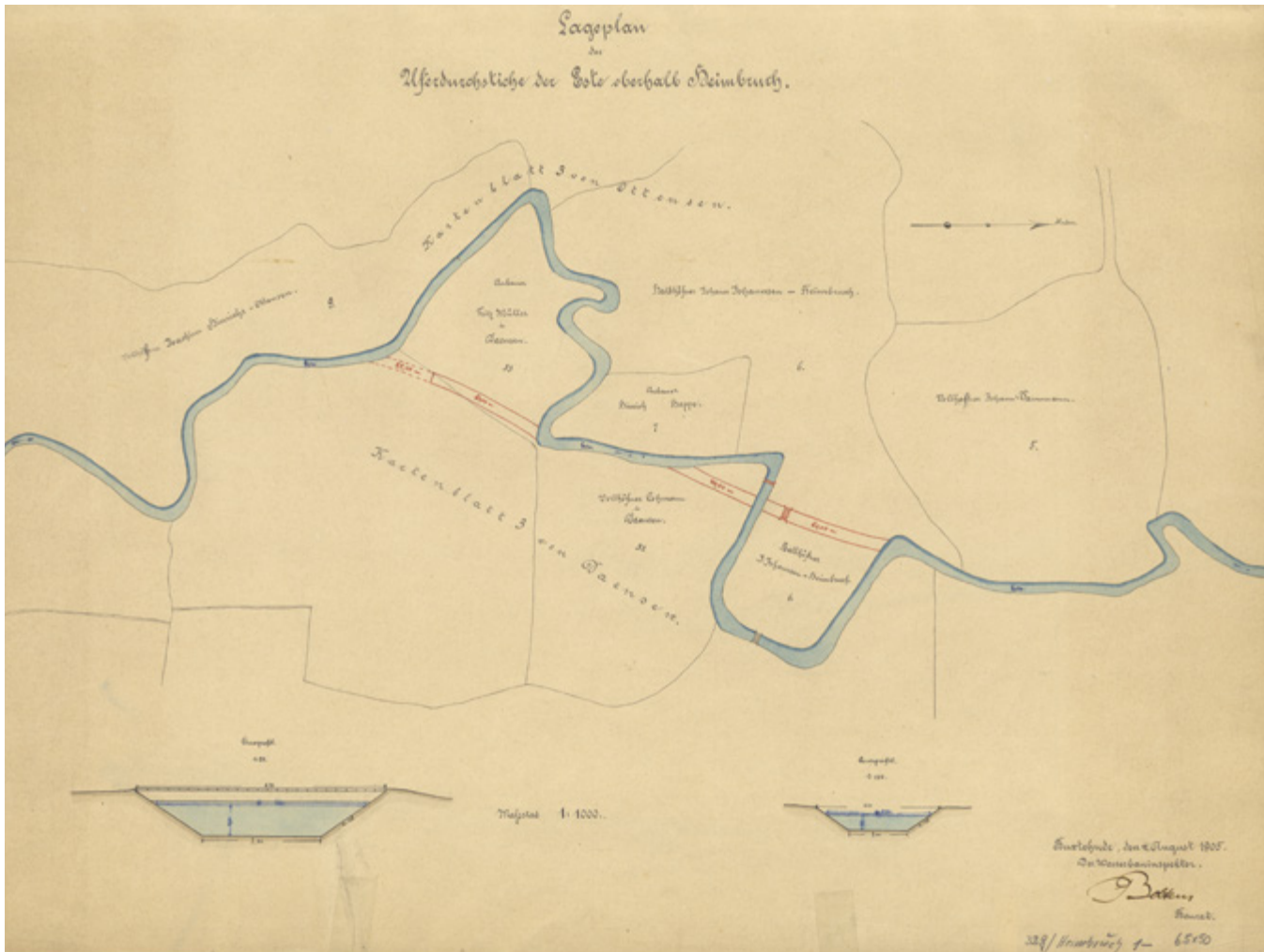


Abb. 2.8: Lageplan der Uferdurchstiche der Este oberhalb Heimbruch (1905) (NLA Stade, Karten Neu Nr. 10074)

Den beschriebenen Verlandungstendenzen wurde und wird von den verschiedentlich Betroffenen und von zuständigen Behörden derzeit lokal und ohne detaillierte Abstimmung im Wesentlichen mit Einzelmaßnahmen (Sandfänge) entgegengewirkt. Hierbei werden die Ursachen dieser unnatürlich hohen Sandfracht im Allgemeinen nicht beseitigt. Das in der Este mitgeführte Sediment enthält neben feinen Schwebstoffen auch vergleichsweise große Mengen Sand. Dieser Sand wird überwiegend in Abschnitten mit geringeren Strömungsgeschwindigkeiten, wie z.B. den künstlich angelegten Sandfängen im Gewässerlauf sowie den Mühlenteichen in Bötersheim, an der Goldbecker Mühle und in Buxtehude, abgelagert. Die Feinsedimente werden zumeist in den Mühlenteichen abgesetzt. Untersuchungen haben ergeben, dass im Zeitraum von 1981 bis 2015 an den verschiedenen Entnahmestellen etwa 160.000 m³ Sediment aus der Oberen Este und ihren Zuflüssen entnommen wurde.



Abb. 2.9: Bodenerosion im Einzugsgebiet der Este (E. Nehlsen)

Der Mühlenteich in Buxtehude verfügt über die größte Aufnahmekapazität und stellt zugleich die letzte Rückhaltungsmöglichkeit für Sedimente oberhalb des innerstädtischen Abschnitts der Este in Buxtehude dar. Dementsprechend lagern sich hier über die Zeit auch erhebliche Mengen an sandigem und feinem Sediment ab. Insbesondere bei höheren Abflüssen, wenn die Wehrtafeln des Granini-Wehrs am Mühlenteich zur Erhöhung des Abflussquerschnittes gezogen werden, gelangen große Sedimentmengen über das Granini-Wehr hinaus in den städtischen Abschnitt der Este. Aufgrund der geringeren Fließgeschwindigkeit in diesem Abschnitt der Este wird ein großer Teil des Sediments wieder abgelagert und engt damit den für den Hochwasserabfluss notwendigen Fließquerschnitt ein. Der nicht abgelagerte Anteil des Sediments wird bis in den Buxtehuder Hafen weitertransportiert, wo die Sedimentfracht wegen der deutlich reduzierten Strömungsgeschwindigkeiten abgelagert wird und dauerhaft verbleibt.

Der Unterhaltungs- und Landschaftspflegeverband Este steuert dieser Problematik entgegen, indem er oberhalb der Bundesstraße B73 einen Sandfang betreibt, der zweimal im Jahr entleert wird. Des Weiteren wurde der Mühlenteich in 2015 vollständig geräumt, um die volle Funktionsfähigkeit wiederherzustellen (Abb. 2.10).

Der Versandung des Buxtehuder Stadthafens und der Verschlickung der gesamten Tide-Este wurde in den vergangenen Jahrzehnten von der Wasser- und Schiffsverkehrsverwaltung des Bundes nicht durch Unterhaltungsbaggerung entgegengewirkt. Aktuell ist eine einmalige Hafenbaggerung in Vorbereitung. Die Versandung der Unteren Este wirkt sich vergleichsweise gering auf die Hochwasserproblematik aus. Hier steht vielmehr die Verschlechterung der Schiffbarkeit im Vordergrund.



Abb. 2.10: Ausbaggerung des Mühlenteichs in Buxtehude im Jahr 2015 (TUHH)



Die bereits heute bestehenden Probleme des Hochwasserschutzes sowie des Sedimenteintrags und -transports (vgl. Kapitel 2.4) werden sich zukünftig durch den Klimawandel verschärfen. Intensivere Niederschläge führen zu höheren Abflüssen im Einzugsgebiet und im Gewässer und zudem zu einem erhöhten Bodenabtrag in der Fläche. Zusammen mit dem Meeresspiegelanstieg beeinflussen veränderte Abflüsse aus dem Binnenland Wasserstände, Strömungsverhältnisse und damit auch den Transport von Sedimenten.

Zukünftig ist zu erwarten, dass sich durch intensivere Niederschläge insbesondere in den Sommermonaten Hochwasser häufen und dass sie höher ausfallen (vgl. Kapitel 3.1). Für die Este oberhalb von Buxtehude bedeutet dies, dass die Auen (von Überflutung betroffene tief liegende Bereiche rechts und links der Este), die teilweise landwirtschaftlich genutzt und stellenweise besiedelt sind, häufiger überflutet werden und dass größere Gebiete von Überschwemmungen bedroht sind. Für den tidebeeinflussten Bereich der Marsch (Este unterhalb von Buxtehude) führen häufiger auftretende Hochwasser in Kombination mit dem steigenden Meeresspiegel ebenfalls zu steigenden Wasserständen und einer größeren Hochwassergefahr. Bedingt durch den Meeresspiegelanstieg, der zu höheren Sturmfluten führt, werden die Sperrwerke zukünftig länger und häufiger geschlossen. In diesen Schließzeiten muss der dann auftretende Este-Abfluss im vorhandenen Stauraum zwischen den Deichen gespeichert werden.

Es ist zu erwarten, dass die intensiveren Niederschläge insbesondere im Oberlauf, in dem für das norddeutsche Tiefland vergleichsweise steile Hänge vorkommen, den Bodenabtrag erhöhen werden. Landwirtschaftlich genutzte Flächen sind durch die phasenweise fehlende Vegetation besonders gefährdet, wertvollen Boden zu verlieren. Ein Großteil des Bodens landet schließlich als Sediment im Gewässer. Die mit höheren Abflüssen einhergehenden höheren Fließgeschwindigkeiten sorgen dafür, dass der Boden stromabwärts transportiert und zudem abschnittsweise zusätzliches Material aus dem Gewässerbett gelöst wird. Dieses Sediment wird stromab transportiert und lagert sich in strömungsberuhigten Bereichen ab. Diese strömungsberuhigten Bereiche – etwa Mühlenteiche – müssen zukünftig häufiger ausgebaggert werden. Zudem überlagern feine Sedimente die ökologisch bedeutsamen Grobsand- und Kiesstrukturen im Gewässer. Insgesamt ist somit zu erwarten, dass sich das Gleichgewicht aus Erosion und Ablagerung von Sedimenten in der Este noch weiter von dem ursprünglichen natürlichen Zustand entfernen wird.

3.1 Klimaveränderungen in der Region

Eine detaillierte Untersuchung der Auswirkungen des Klimawandels für die Metropolregion Hamburg erfolgte im Forschungsvorhaben KLIMZUG-NORD (Rechid et al., 2014). Mithilfe der dynamischen regionalisierten Klimamodelle REMO⁶ und CLM⁷ wurden Klimaprojektionen für die Metropolregion Hamburg erstellt. Dabei wurden die Szenarien A1B, A2 und B1⁸, die sich durch

unterschiedliche Annahmen hinsichtlich der Entwicklung der Emissionen von Treibhausgasen und Aerosolen im 21. Jahrhundert unterscheiden, untersucht. Die Klimaänderungen wurden jeweils zur Mitte (2036 – 2065) sowie zum Ende des 21. Jahrhunderts (2071 – 2100) ausgewertet. Als Referenzzeitraum wird das sogenannte C20-Szenario⁹ herangezogen, welches das Klima der Jahre 1971

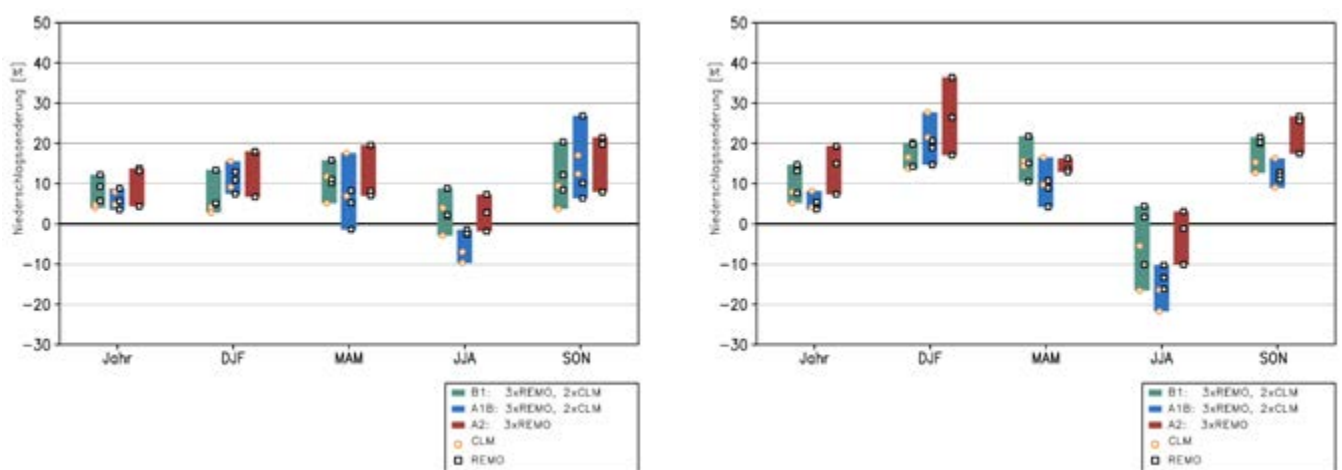


Abb. 3.1: Bandbreiten der jährlichen und saisonalen Niederschlagsänderungen 2036 – 2065 (links) und 2071 – 2100 (rechts) gegenüber 1971 – 2000 pro Emissionsszenario und Werte der einzelnen Simulationen für das Gebietsmittel der Metropolregion Hamburg (Rechid et al., 2014).

6 REMO: Regionales Klimamodell auf Grundlage des Europa-Modells des Deutschen Wetterdienstes (DWD).

7 Climate Local Model (CLM): Regionales Klimamodell, basierend auf dem Lokal-Modell des DWD.

8 A1B, A2 und B1: Referenz-Szenarien aus der SRES Emissions-Szenarienfamilie mit unterschiedlichen Annahmen hinsichtlich der globalen demografischen, sozioökonomischen sowie technologischen Entwicklung.

9 C20: Climate of the 20th Century (Klima des 20. Jahrhunderts): eine Abkürzung für Modellsimulationen des historischen Klimas unter Berücksichtigung beobachteter Konzentrationen von Treibhausgasen und Aerosolen in der Atmosphäre (Rechid et al., 2014).

bis 2000 umfasst und welches nach der gleichen Methodik wie bei den Klimäläufen ermittelt wurde.

Aus der Fülle an vorliegenden Ergebnissen hinsichtlich der klimawandelbedingten Änderungen von Temperatur- und Niederschlagswerten werden im Folgenden nur die für KLEE wesentlichen Erkenntnisse zusammengefasst.

Hinsichtlich der Niederschläge ist für die Metropolregion Hamburg mit folgenden Änderungen zu rechnen:

- Es wird mit einem Anstieg des mittleren Jahresniederschlags im Verlauf des 21. Jahrhunderts gerechnet, wobei die stärksten Zunahmen für Herbst und Winter erwartet werden können (Abb. 3.1).
- Fast alle durchgeführten Simulationen lassen zum Ende des 21. Jahrhunderts auf einen Rückgang der mittleren Niederschlagsmengen im Sommer schließen (Abb. 3.1).

- Für den Sommer kommt es trotz der im Mittel abnehmenden Niederschlagsmengen zum Ende des 21. Jahrhunderts zu einer Zunahme der Intensität von Starkniederschlägen (Abb. 3.2).
- Für alle Jahreszeiten wird eine Zunahme der Tage mit Niederschlagshöhen größer als 20 mm projiziert (Abb. 3.2), wobei der größte Zuwachs für den Herbst erwartet wird. Ebenso wird von einer Verstärkung der Niederschlagsintensitäten an Tagen mit starkem Niederschlag ausgegangen.

Auf der Grundlage dieser Ergebnisse werden im Folgenden für das Projekt KLEE die Auswirkungen des Klimawandels auf das KLEE-Modellgebiet anhand von Szenarien mit veränderten klimatologischen Randbedingungen untersucht und mit dem Status quo verglichen.

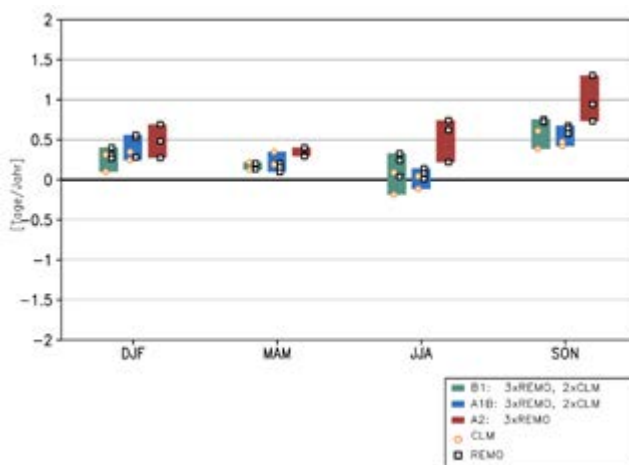
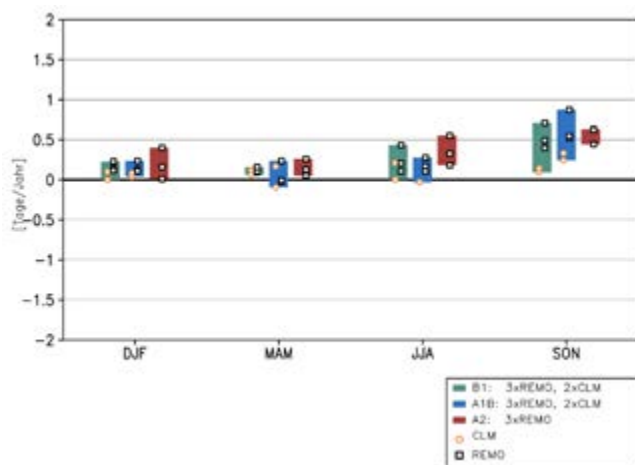


Abb. 3.2: Bandbreiten der simulierten Änderungen der Niederschlagstage ≥ 20 mm pro Jahreszeit für 2036 - 2065 (links) und 2071 - 2100 (rechts) gegenüber 1971 - 2000 für die Szenarien B1, A2 und A1B, dargestellt mit den Werten der einzelnen Simulationen (Rechid et al., 2014).

3.2 Binnenhochwasser

Der Niederschlag über dem Einzugsgebiet ist die Haupteinflussgröße für den Binnenabfluss in der Este. Dementsprechend beeinflussen die klimawandelbedingten Änderungen des Niederschlagsgeschehens signifikant auch die Bildung des Binnenabflusses.

Mithilfe eines N-A-Modells¹⁰ für das Einzugsgebiet der Este wurden im Vorhaben KLEE die Auswirkungen von veränderten Niederschlägen auf den Binnenabfluss

in der Este berechnet. Die Niederschlagswerte, die im Modell zu den aktuell maßgebenden Lastfällen HQ_{10} ¹¹ und HQ_{100} ¹² führen, wurden entsprechend des zu erwartenden Anstiegs des jährlichen Niederschlags für das Ende des 21. Jahrhunderts (Abb. 3.1) pauschal um 15 % erhöht. Mit diesen geänderten Eingangsdaten ergeben sich für die untersuchten Szenarien Zunahmen der Abflüsse in die Este.

10 N-A-Modell: Niederschlag-Abfluss-Modell

11 Der Wert HQ_{10} bezeichnet den Abfluss (Q), der im statistischen Mittel einmal in 10 Jahren erreicht oder überschritten wird.

12 Der Wert HQ_{100} bezeichnet entsprechend den Abfluss, der im statistischen Mittel einmal in 100 Jahren erreicht oder überschritten wird.

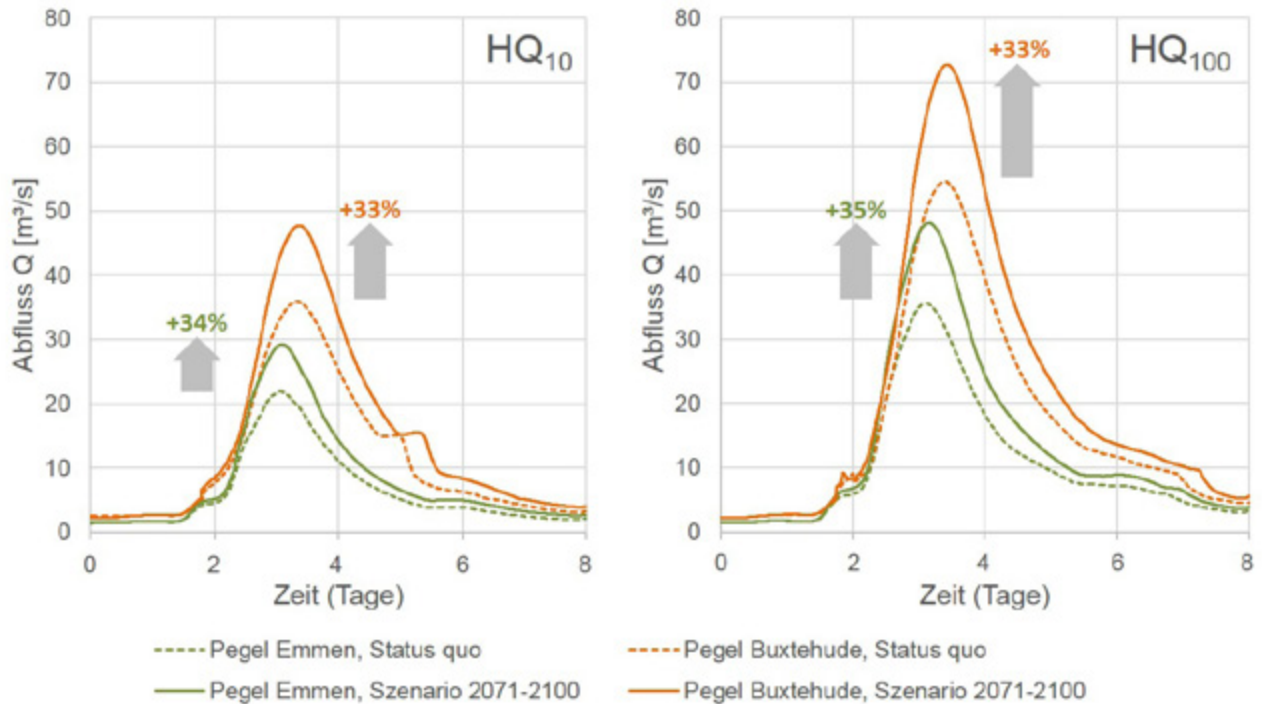


Abb. 3.3: Klimawandelbedingt zu erwartende Änderungen der Hochwasserabflüsse an der Este für die Pegel Emmen (grün) und Buxtehude (rot) für die Lastfälle HQ₁₀ (links) und HQ₁₀₀ (rechts).

Abb. 3.3 zeigt die klimawandelbedingt zu erwartenden Änderungen der Hochwasserabflüsse in der Este für die Pegel Emmen und Buxtehude. Für beide betrachteten Lastfälle (HQ₁₀ und HQ₁₀₀) erhöhen sich die maximalen Abflüsse um etwa ein Drittel.

Eine für viele Beteiligte anschaulichere und bedeutsamere Größe hinsichtlich der Hochwassersituation an der Este stellen die maximalen Scheitelwasserstände dar. Mittels eines zweidimensionalen hydrodynamisch-numerischen Strömungsmodells wurden die klimawandelbedingten Änderungen der Wasserstände für die (eher vom Niederschlagsgeschehen beeinflusste) Obere Este berechnet. Eingangsgröße für die Berechnungen sind die im oben beschriebenen N-A-Modell ermittelten Abflüsse. Abb. 3.4 zeigt die resultierenden Änderungen bezogen auf den Lastfall HQ₁₀₀. Durch eine Erhöhung der Niederschläge um 15 % ergeben sich für diesen Lastfall erhöhte maximale Wasserstände in der Este von 10 cm bis 43 cm.



Abb. 3.4: Klimawandelbedingt zu erwartende Änderungen der maximalen Scheitelwasserstände für ausgewählte Lokationen an der Oberen Este, bezogen auf den Lastfall HQ₁₀₀.

3.3 Hohe Tidewasserstände

Über die Verbindung mit dem Elbe-Ästuar unterliegt die Untere Este dem Tideeinfluss der Nordsee. Das Tidegeschehen der Nordsee wiederum wird maßgeblich durch den mittleren globalen Meeresspiegel bestimmt. Grundsätzlich ist der Meeresspiegel keine Konstante, sondern unterliegt seit jeher Schwankungen und Veränderungen. Laut dem Fünften Sachstandsbericht des Klimarats der Vereinten Nationen (IPCC¹³) ist der mittlere globale Meeresspiegel im Zeitraum 1901 bis 2010 um 19 cm gestiegen und wird im 21. Jahrhundert weiter ansteigen. Aufgrund der zunehmenden Ozeanerwärmung und des zunehmenden Massenverlusts von Gletschern und Eisschilden ist es sehr wahrscheinlich, dass die von 1971 bis 2010 beobachtete Geschwindigkeit des Meeresspiegelanstiegs zukünftig übertroffen wird (IPCC, 2014).

Meeresspiegelanstieg in der Nordsee

Aussagen zum zukünftigen Meeresspiegelanstieg beziehen sich meist auf den Anstieg des globalen mittleren Meeresspiegels. Im regionalen Maßstab wie beispielsweise für den Nordseeraum können verschiedene Effekte zu deutlichen Abweichungen von den mittleren globalen Änderungen führen (Lowe et al., 2009). Der IPCC prognostiziert für den Anstieg des mittleren globalen Meeresspiegels bis zum Ende des 21. Jahrhunderts eine Spanne zwischen 26 cm und 98 cm. Hierfür wurden ver-

schiedene mögliche Szenarien hinsichtlich der Entwicklung des globalen Klimas und der entsprechenden Auswirkungen auf den Meeresspiegelanstieg betrachtet. Der abgeschätzte wahrscheinliche Bereich liegt dem Bericht zufolge in einer Größenordnung von etwa 50 cm bis 60 cm (IPCC, 2014).

Auswirkungen auf das Elbe-Ästuar

Nehlsen (2016) beschreibt die Auswirkungen eines veränderten mittleren Meeresspiegels (MSL) in der Nordsee auf die mittleren Wasserstände im Ästuar der Elbe. Abb. 3.5 zeigt die Auswirkungen unterschiedlicher Szenarien zum Anstieg des MSL auf Tidehochwasser- (Thw) und Tideniedrigwasserstände (Tnw) für die Unterelbe von der Mündung der Ilmenau bis zur Mündung der Oste. Ein Anstieg des MSL in der Nordsee setzt sich nicht unverändert in das Elbe-Ästuar fort. Ab der Estemündung zeigt sich in Richtung stromauf ein stärkerer Anstieg des Thw im Gegensatz zum Tnw, was in der Summe zu einer Zunahme des Tidehubs führt. Für beide untersuchten Szenarien (Anstieg des MSL um 40 cm bzw. um 80 cm) gilt für die Elbe auf Höhe der Estemündung, dass der Anstieg des Thw in etwa dem Anstieg des MSL entspricht. Im Gegensatz dazu fällt der Anstieg des Tnw geringer aus.

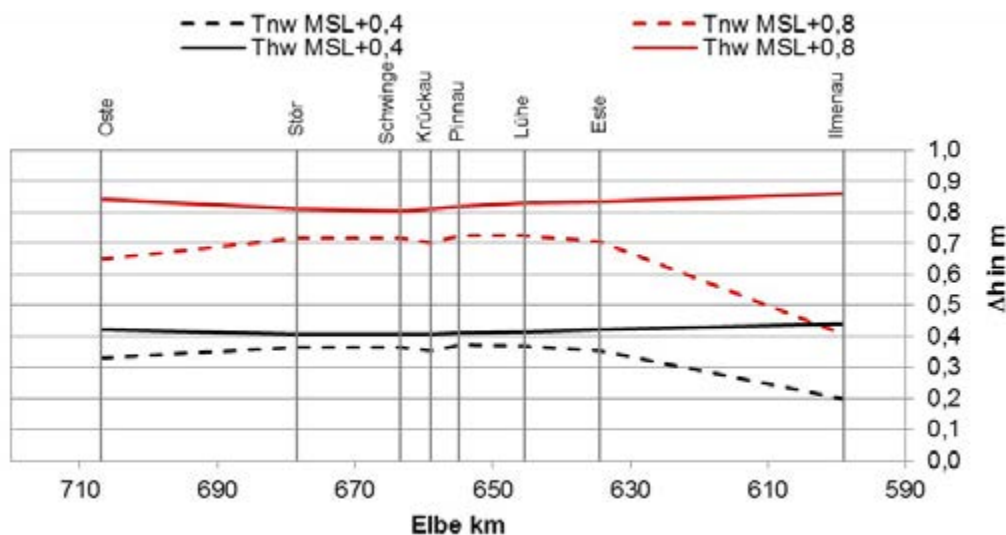


Abb. 3.5: Differenz des mittleren Tidehochwassers (Thw; durchgezogene Linie) und Tideniedrigwassers (Tnw; gestrichelte Linie) zwischen Referenzzustand und Experiment entlang der Fahrrinne der Unterelbe, Oberwasserabfluss QOW = 350 m³/s, unter Annahme verschiedener Szenarien zum Anstieg des mittleren Meeresspiegels (MSL) (Nehlsen 2016; Daten BAW).

13 Der IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ist ein Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen der Vereinten Nationen und wird im Deutschen oft als Weltklimarat bezeichnet. Er gibt in regelmäßig erscheinenden Sachstandsberichten vor allem für politische Entscheidungsträger den Stand der Forschung zum Klimawandel wider.

Auswirkungen auf die Este

Aufgrund des Tideeinflusses auf die Untere Este bis in das Stadtgebiet von Buxtehude ergeben sich durch einen zukünftigen Anstieg des mittleren Meeresspiegels in der Nordsee signifikante Änderungen für Wasserstände in der Este. Unter Beibehaltung der bisherigen Steuerung am Äußeren Este-Sperrwerk erfolgt eine Schließung in der Regel bei einem Wasserstand von 2,6 m über NN. Aktuell beträgt das mittlere Tidehochwasser am Pegel Cranz ca. 2,0 m über NN. Das bedeutet, dass alle Tiden gesperrt werden, die höher als 60 cm über dem mittleren Hochwasser auflaufen.

Zur Ermittlung der Anzahl an Sperrungen pro Jahr in Abhängigkeit vom Schließwasserstand werden gemessene Pegelzeitreihen herangezogen. Für den Pegel Cranz reichen die Aufzeichnungen der Tidehoch- und -niedrigwasserstände bis in das Jahr 1959 zurück. Zur Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels werden diese gemessenen Zeitreihen für verschiedene Szenarien um jeweils einen konstanten Wert angehoben.

Abb. 3.6 stellt dar, wie sich unterschiedliche Szenarien zum Anstieg des MSL bei verschiedenen definierten Schließwasserständen auf die Anzahl von Sperrungen pro Jahr am Äußeren Este-Sperrwerk auswirken. Für den aktuellen Schließwasserstand von 2,60 m über NN ergeben sich aus der zugrunde gelegten unveränderten Zeitreihe etwa 40 Sperrungen pro Jahr, was etwa 6 % aller Tiden entspricht. Bereits ein Anstieg des Meeresspiegels um 25 cm würde diese Zahl mehr als verdoppeln, ein Anstieg um 40 cm mehr als verdreifachen. Wesentlich größere Folgen hätte ein Meeresspiegelanstieg um 80 cm. Mit knapp 400 Schließungen pro Jahr wäre das Sperrwerk dann in mehr als 50 % der Tiden geschlossen. Zudem ist im Diagramm der Einfluss des gewählten Schließwasserstandes am Äußeren Este-Sperrwerk erkenntlich. Eine Senkung des Schließwasserstandes würde unabhängig vom Meeresspiegelanstieg zu einer deutlichen Zunahme der Sperrwerksschließungen führen. Eine Anhebung des Schließwasserstandes hingegen würde für die untersuchten Anstiege des Meeresspiegels eine deutliche Reduzierung der Sperrwerksschließungen bedingen.

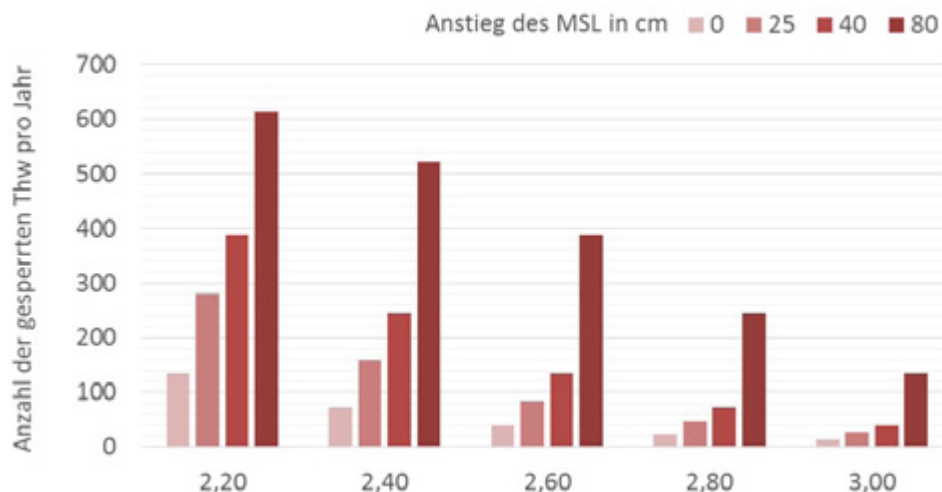


Abb. 3.6: Simulierte Anzahl der durch das Äußere Este-Sperrwerk gesperrten Tidehochwasser (Thw) pro Jahr am Beispiel von Pegelaufzeichnungen des Pegels Cranz (Zeitraum 11/1959 bis 06/2015) unter Annahme verschiedener Schließwasserstände in (m über NN) und Szenarien zum Anstieg des mittleren Meeresspiegels (MSL).

3.4 Kombiniertes Auftreten von Binnenhochwasser und hohen Tidewasserständen

Für den Hochwasserschutz im Bereich der tidebeeinflussten Este sind neben dem Binnenabfluss weitere Faktoren von zentraler Bedeutung. Abb. 3.7 zeigt einen schematischen Längsschnitt durch die Este und verdeutlicht die unterschiedlichen Anforderungen an Hochwasserschutzanlagen in diesem Bereich. Für den Oberlauf, in dem der Einfluss der Tide nicht mehr vorhanden bzw. nur noch marginal ist, ergibt sich der maßgebende Hochwasserstand aus einem 100-jährlichen Hochwasserereignis (HQ₁₀₀). Im Bereich des Buxtehuder Stadtgebiets kommt es zu einem Wechsel des für die Bemessung von Hochwasserschutzanlagen maßgebenden Belastungsfalls, da hier der durch eine Sperrwerks-

schließung verursachte Rückstaubereich beginnt. Hier ergibt sich die maßgebende Belastungssituation durch die Kombination einer sturmflutbedingten Sperrwerksschließung an der Mündung in die Elbe mit einem gleichzeitigen Binnenhochwasser und zusätzlichem Schöpfwerkbetrieb. Die Sperrwerksschließung erstreckt sich Abb. 3.8 zufolge über drei Tiden (sog. Sperrtiden). Die Dauer eines solchen Ereignisses mit drei Tidehoch- (Thw) und zwei Tideniedrigwassern (Tnw) beträgt rund 30 Stunden. Für das gleichzeitig auftretende Binnenhochwasser wird vonseiten der zuständigen Hochwasserschutzbehörden (NLWKN) ein 5-jährliches Hochwasserereignis (HQ₅) vorgegeben. Zusätzlich werden von den insgesamt acht

Schöpfwerken an der Unteren Este in der Summe maximal rund $Q = 13,5 \text{ m}^3/\text{s}$ geschöpft. Dieser Wert ist beim betrachteten Lastfall für den Unterlauf mit 60 % zu berücksichtigen.¹⁴

Das Wiederkehrintervall des gleichzeitigen Auftretens eines 5-jährlichen Binnenhochwassers (HQ₅), eines 60%-Schöpfwerkzuflusses und einer Tidenabfolge entsprechend Abb. 3.8 an der Este wurde von Nehlsen (2016) zu größer als 5.000 Jahre bestimmt und entspricht also einem Wert, der im statistischen Mittel seltener als einmal in 5.000 Jahren erreicht oder überschritten wird. Die Wahrscheinlichkeit des Eintritts des im Rahmen von KLEE herangezogenen Lastfalls für die Untere Este ist wegen der Wahl eines HQ₁₀ gegenüber eines HQ₅ sowie einem Ansetzen der Schöpfwerksleistung mit 100 % gegenüber 60 % nochmals geringer.

Vor dem Hintergrund der vorgenannten Ergebnisse zu den resultierenden Eintrittswahrscheinlichkeiten wird empfohlen, die aus dem derzeit gültigen Bemessungslastfall für den tidebeeinflussten Bereich der Este resultierenden Bemessungswasserstände auf der Grundlage realistischerer Eintrittswahrscheinlichkeiten zu überprüfen. Insgesamt ist derzeit der Bemessungslastfall im Bereich der tidebeeinflussten Este im Vergleich zu anderen

Abschnitten der Este (HQ₁₀₀) auf der sehr sicheren Seite. Das Vorhaben KLEE betrachtet ausschließlich Veränderungen der oben genannten Größen als Folge des Klimawandels und entsprechende Anpassungsmaßnahmen. Diese können natürlich relativ zueinander unabhängig von der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Einzelereignisses entsprechend analysiert und bewertet werden.

In Abb. 3.9 sind die im Vorhaben ermittelten Abflusskurven am Pegel Buxtehude für die Lastfälle HQ₁₀ mit und ohne Einfluss des Klimawandels dargestellt, der entsprechend in Kapitel 3.2 beschrieben wurde. Hervorgehoben sind für beide Kurven diejenigen 30-Stunden-Intervalle (Sperrwerksschließung), die jeweils zu einer maximalen Abflussfülle führen. Zur Ermittlung der gesamten Abflussfülle innerhalb dieses Zeitraums wird neben dem HQ₁₀ von Oberstrom zusätzlich das von den Schöpfwerken zur Entwässerung des Deichhinterlands eingetragene Wasser berücksichtigt. Über die Zeit aufsummiert (integriert) ergibt sich dann die entsprechend zwischen den Deichen im Abschnitt Buxtehude bis zum Sperrwerk an der Mündung zu speichernde Wassermenge. Dieser Wert beträgt für das aktuell gültige HQ₁₀-Ereignis ca. 4,9 Mio. m³ und erhöht sich durch den Einfluss des Klimawandels um ca. 22 % auf dann 6,0 Mio. m³.

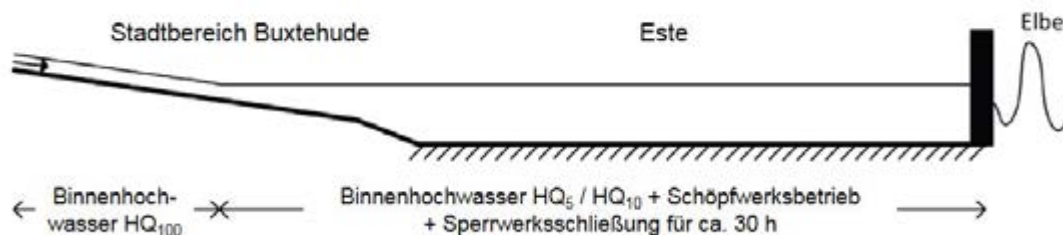


Abb. 3.7: Schematischer Längsschnitt durch die Este mit Bereichen unterschiedlicher Anforderungen an Hochwasserschutzanlagen (verändert nach Nehlsen et al., 2014).

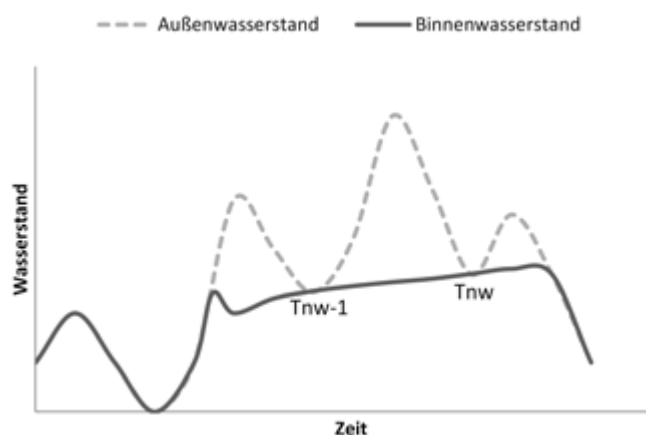


Abb. 3.8: Wasserstände im Fall einer Sperrwerksschließung über 3 Thw und 2 Tnw (Nehlsen et al., 2014).

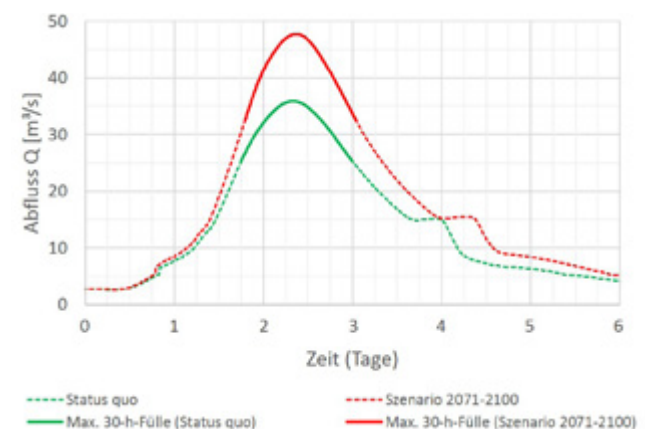


Abb. 3.9: Simulierte HQ₁₀-Abflusskurven am Pegel Buxtehude für den Status quo (grün) und das Szenario 2071-2100 (rot) unter Annahme einer Sperrwerksschließung über einen Zeitraum von 30-Stunden

14 Die hier beschriebenen Angaben zum Bemessungslastfall an der tidebeeinflussten Este wurden durch die zuständigen Hochwasserschutzbehörden (NLWKN) im Jahr 2015 im Zuge der Ausweisung der Überschwemmungsgebiete festgelegt und weichen von den davor gültigen Annahmen ab. Die im Rahmen von KLEE durchgeführten Berechnungen wurden bereits vor dieser Anpassung abgeschlossen und gehen daher abweichend vom aktuell gültigen Lastfall von einem HQ₁₀ im Binnenbereich sowie einer Berücksichtigung der Schöpfwerke zu 100 % aus.

3.5 Auswirkungen auf die Sedimentproblematik

Wie in Kapitel 2 ausführlich beschrieben wurde, ist für die Este hinsichtlich der Sedimentproblematik grundsätzlich zwischen den folgenden beiden Problemstellungen zu unterscheiden: Einerseits kommt es zu flächenhaften Sedimenttransportprozessen im Einzugsgebiet. Diese finden vornehmlich auf landwirtschaftlichen Flächen statt. Andererseits ist der Sedimenthaushalt in der Este nicht im Gleichgewicht¹⁵. Bereits heute sind zahlreiche Erosions- und Ablagerungsstrecken in der Este zu beobachten, was darauf schließen lässt, dass der Sedimenttransport und somit der Sedimenthaushalt im Gewässer gestört und nicht im Gleichgewicht ist. Ein Grund hierfür ist die zu Beginn des 20. Jahrhunderts vielerorts vorgenommene Begradigung des Flusslaufes mit einer einhergehenden Erhöhung der örtlichen Fließgeschwindigkeiten.

Bodenerosion im Einzugsgebiet der Este

Abb. 3.10 zeigt die klimawandelbedingt zu erwartende Zunahme des potenziellen Bodenabtrags für das Einzugsgebiet der Este, aufgliedert in insgesamt 65 Teil-einzugsgebiete (Nehlsen, 2012). Verglichen wurde dabei der Status quo (C20-Szenario) mit dem Klimawandel-Szenario A1B. Die Ermittlung der entsprechenden Größen erfolgte auf der Grundlage der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG), mit deren Hilfe sich der durch Wassererosion verursachte jährliche potenzielle¹⁶ Bodenabtrag einzelner Flächen abschätzen lässt (Schwertmann et al., 1987). In dieses Verfahren gehen mehrere gebiets-spezifische Parameter ein, welche die Bodeneigenschaften, die Topografie, die Bodenbewirtschaftung sowie die Niederschlagsverteilung im Untersuchungsgebiet repräsentieren.

Wegen der bei allen empirisch ermittelten Werten verbleibenden Unsicherheiten bei der Bezifferung einzelner Parameter wird im Ergebnis der Anwendung der ABAG nicht ein fester Wert, sondern eine zu erwartende Spannbreite für die Bodenerosion angegeben. Für den Status quo wurde der zu erwartende potenzielle Bodenabtrag im gesamten Einzugsgebiet der Este in einer Größenordnung von 1.450 Tonnen pro Jahr bei $\pm 43\%$ verortet.

Basierend auf den oben genannten Ergebnissen werden folgende Aussagen hinsichtlich der durch den Klimawandel verursachten zu erwartenden Änderungen getroffen:

- Während für den Bereich der Marsch im Norden des Einzugsgebiets mit keinen merklichen Auswirkungen des Klimawandels auf den potenziellen Bodenabtrag zu rechnen ist, ist für die Geest in Teilbereichen mit einer Zunahme von bis zu 33 % zu rechnen.
- Gemittelt für das Einzugsgebiet der Este wird von einer klimawandelbedingten Erhöhung des (potenziellen) Bodenabtrags um 20 % bis 30 % ausgegangen.

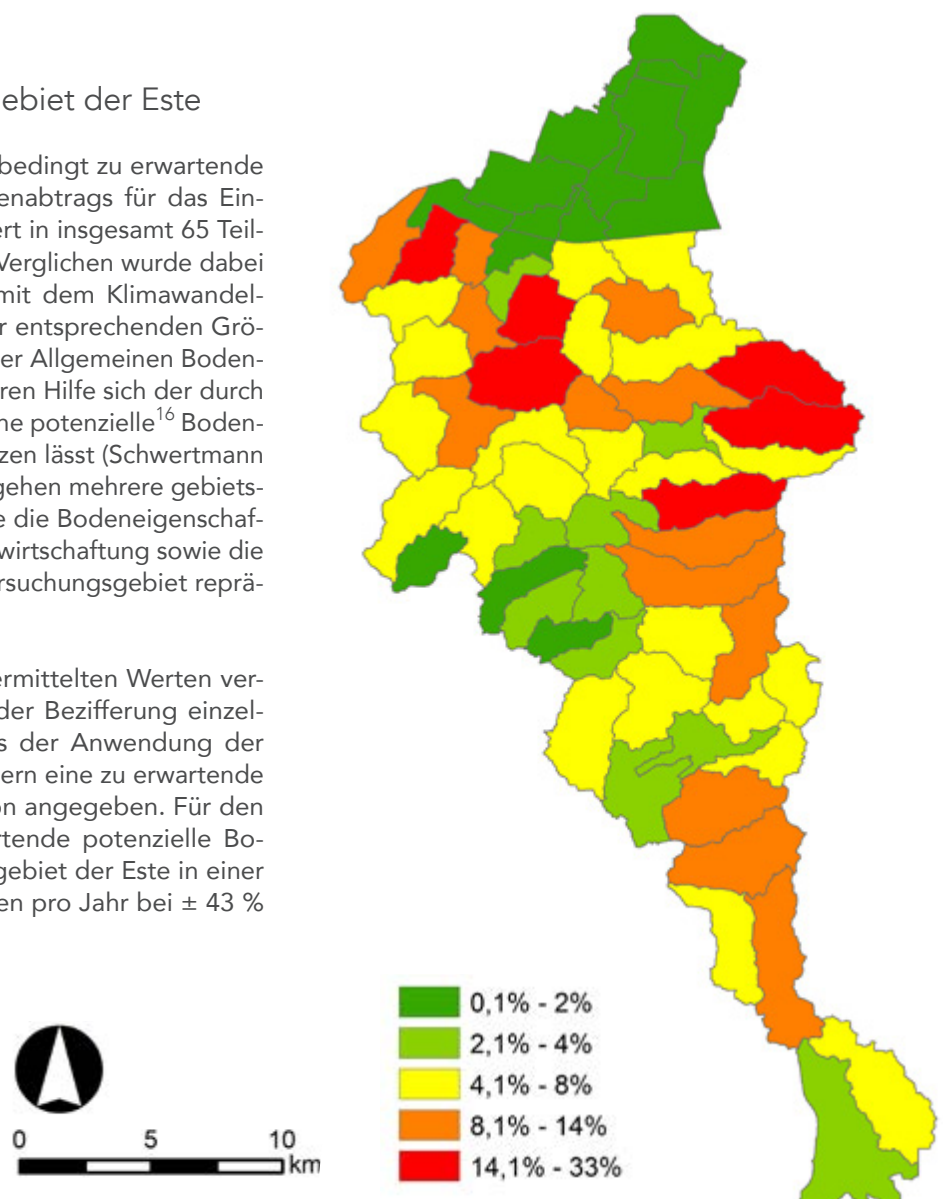


Abb. 3.10: Potenzielle Zunahme des Bodenabtrags im Einzugsgebiet der Este, bedingt durch den Klimawandel (Differenz zwischen Klimawandel-Szenario A1B und aktuellem Status C20) (verändert nach Nehlsen, 2012).

15 Nach der Regimentheorie befindet sich ein Fluss im Gleichgewicht, wenn sich ein dynamischer morphodynamischer Gleichgewichtszustand zwischen den hydrodynamischen Größen (Wasserstand, Durchfluss, Fließgeschwindigkeit) und den morphologischen Größen (Sedimenttransport, Erosion und Akkumulation) einstellt.

16 Die real zu erwartende Bodenerosion hängt zudem von der aktuellen Bodenverfügbarkeit im betrachteten Gebiet ab.

Sedimenttransportkapazität in der Este

Zur Beurteilung der klimawandelbedingten Änderungen der Sedimenttransportkapazität in der Este wurden für ausgewählte Lokationen entlang des Flusses die Überschreitungshäufigkeiten der kritischen Fließgeschwindigkeiten ermittelt. Die kritische Fließgeschwindigkeit hängt im Wesentlichen von den Abflussverhältnissen sowie vom anstehenden Boden ab und gibt an, ab welcher Fließgeschwindigkeit in einem bestimmten Gewässerabschnitt das vor Ort vorhandene Sohlmaterial in Bewegung gerät. Der wesentliche Faktor zur Beschreibung der kritischen Fließgeschwindigkeit ist der charakteristische Korngrößendurchmesser des Sohlsubstrats (Zanke, 1982). Für jede Lokation wurden im Rahmen von KLEE Bodenproben aus dem Gewässerbett entnommen und labortechnisch untersucht (Fröhle, 2016).

Die jeweils ortsabhängig ermittelten kritischen Fließgeschwindigkeiten wurden mithilfe des zweidimensionalen

hydrodynamisch-numerischen Modells der Este entsprechenden kritischen Abflüssen zugeordnet. Werden diese überschritten, kann von Erosion im entsprechenden Abschnitt ausgegangen werden. Im Abschnitt Emmen ergibt sich beispielsweise eine kritische Fließgeschwindigkeit von $v_{krit} = 0,31 \text{ m/s}$. Am Pegel Emmen ist dann ein zugehöriger kritischer Abfluss von $Q_{krit} = 2,16 \text{ m}^3/\text{s}$ zu erwarten (Abb. 3.11).

Für jede Lokation wurden aus den mittels des N-A-Modells berechneten mittleren Tagesabflüssen Abflussdauerlinien erstellt. Für die Betrachtung des Status quo diente als Eingangsgröße die Niederschlagsverteilung im Este-Einzugsgebiet für den Zeitraum von Februar 1995 bis Dezember 2014. Eine Gegenüberstellung der simulierten Werte mit den tatsächlich in diesem Zeitraum gemessenen Werten (Abb. 3.12) zeigt eine gute Übereinstimmung.

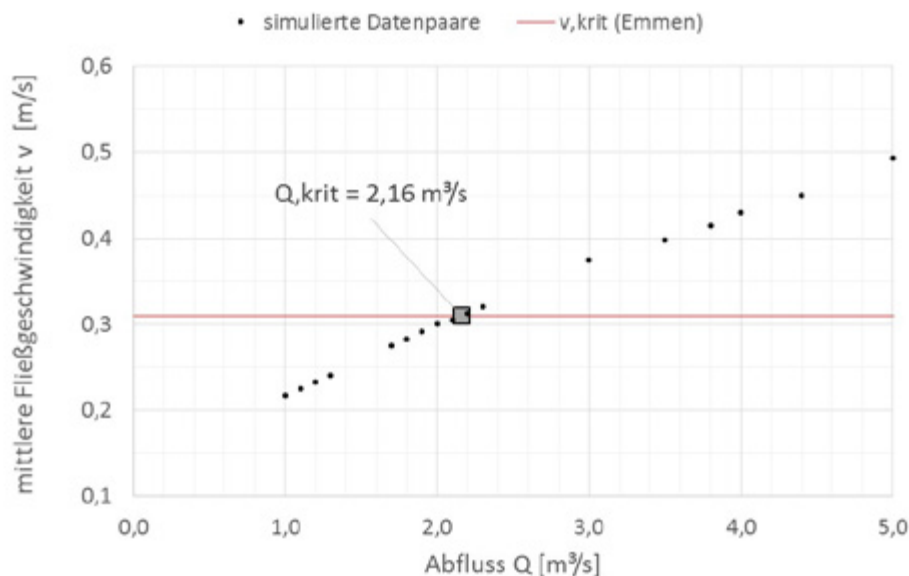


Abb. 3.11: Ermittlung des für den Sedimenttransport kritischen Abflusses Q_{krit} am Este-Pegel Emmen für vorgegebene kritische Fließgeschwindigkeiten; schematische Darstellung für die im Abschnitt Emmen ermittelte kritische Fließgeschwindigkeit von $v_{krit} = 0,31 \text{ m/s}$.

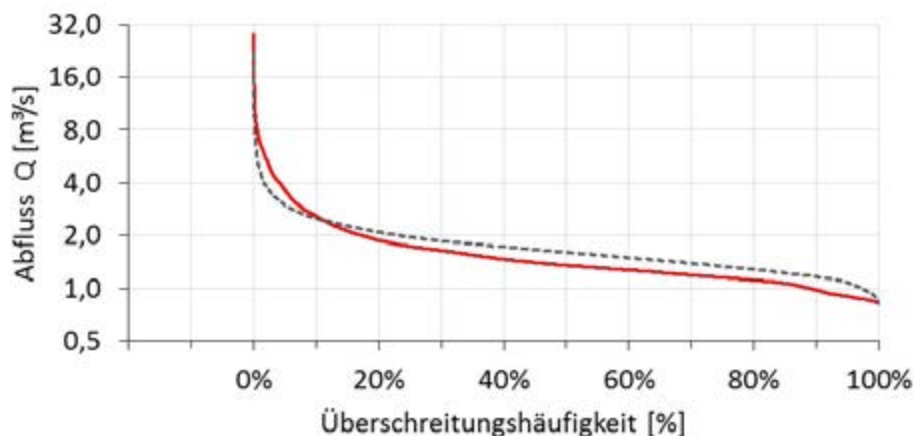


Abb. 3.12: Vergleich von simulierten mit gemessenen Werten für die Abflussdauerlinie am Este-Pegel Emmen (Betrachtungszeitraum jeweils Februar 1995 bis Dezember 2014).

Wie in Abb. 3.1 gezeigt, wird sich das Niederschlagsgeschehen im Einzugsgebiet der Este zum Ende des 21. Jahrhunderts signifikant ändern. Zur Untersuchung der daraus resultierenden Folgen für die Abflüsse in der Este wurden die in das N-A-Modell eingehenden mittleren Tagesniederschläge für den zugrunde gelegten Referenzzeitraum (Februar 1995 bis Dezember 2014) in Abhängigkeit von der Jahreszeit entsprechend Tab. 3.1 angepasst. Für die Betrachtung der durch den Klimawandel hervorgerufenen Auswirkungen ergibt sich aus den entsprechend modifizierten Niederschlagswerten eine veränderte Abflussdauerlinie für jede untersuchte Lokation.

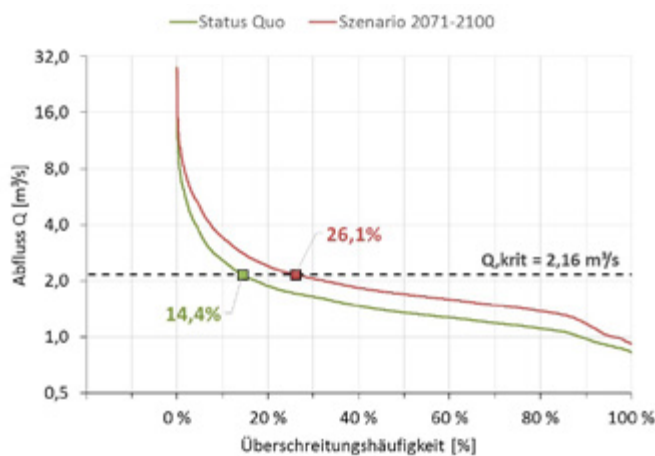


Abb. 3.13: Simulierte klimawandelbedingte Zunahme der Überschreitungshäufigkeit des für den Sedimenttransport kritischen Abflusses Q_{krit} (Tagesmittelwerte) am Este-Pegel Emmen (Referenzzeitraum Februar 1995 bis Dezember 2014).

Durch die gemeinsame Darstellung von kritischem Abfluss und Abflussdauerlinie wird die Überschreitungshäufigkeit der kritischen Fließgeschwindigkeit bestimmt. Abb. 3.13 stellt für den Pegel Emmen die Abflussdauerlinie für den Status quo dar und vergleicht diese mit der Dauerlinie für das den Klimawandel berücksichtigende Szenario. Es zeigt sich eine Zunahme der Überschreitungshäufigkeit des kritischen Abflusses von 14,4 % auf 26,1 %. Anschaulich bedeutet dies: Während im Bereich des Pegels Emmen derzeit an etwa 53 Tagen pro Jahr mit Erosion zu rechnen ist, wird sich dieser Wert durch den Klimawandel auf etwa 95 Tage pro Jahr erhöhen, d.h. fast verdoppeln.

Abb. 3.14 gibt einen Überblick über die zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels auf die Sedimenttransportkapazität in der Este. An allen untersuchten Lokationen ist klimawandelbedingt eine deutliche Zunahme der Tage zu erkennen, an denen der jeweilige kritische Abfluss überschritten wird und es somit zu Erosionsprozessen in der Este kommen kann.

Tab. 3.1: Klimawandelbedingte Anpassung der mittleren Tagesniederschläge für das Este-Einzugsgebiet in Abhängigkeit der Jahreszeit.

Jahreszeit	Niederschlagsänderung [%]
Winter (DJF)	+25 %
Frühling (MAM)	+15 %
Sommer (JJA)	-5 %
Herbst (SON)	+20 %

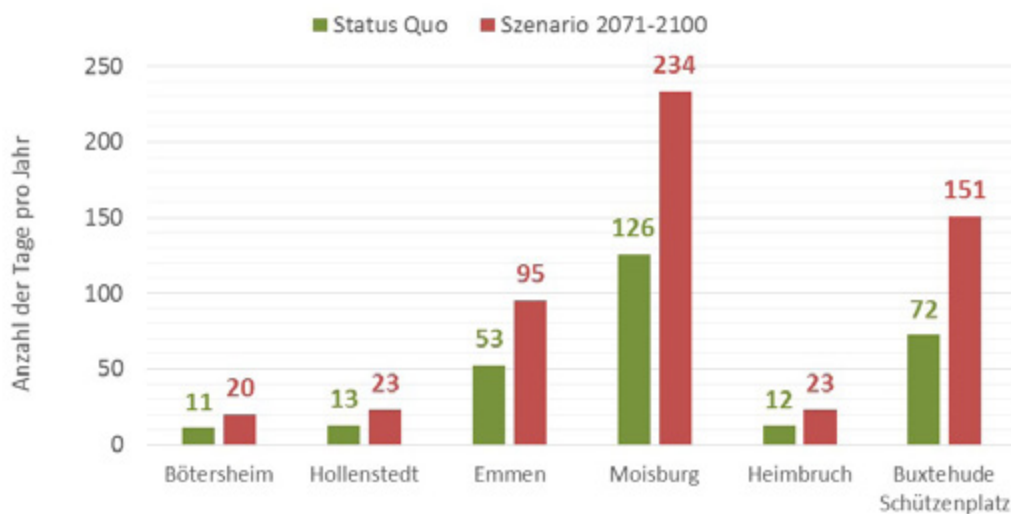


Abb. 3.14: Simulierte klimawandelbedingte Änderungen der Überschreitungshäufigkeit des für den Sedimenttransport maßgeblichen kritischen Abflusses an ausgewählten Lokationen der Este.

Grundsätzliche Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel für das KLEE-Modellgebiet



Im Folgenden werden verschiedene grundsätzliche strukturelle Maßnahmen vorgestellt, die als Lösung für die Anpassung an die Folgen des Klimawandels im KLEE-Modellgebiet in Frage kommen. Den Schwerpunkt bilden hierbei Fragen hinsichtlich der Hochwasser- und Sedimentproblematik an der Este, die in Kapitel 2 dem Grunde nach dargestellt wurden und für die im Kapitel 3 eine detaillierte Beschreibung der zusätzlich durch den Klimawandel zu erwartenden Herausforderungen vorliegt.

Bezüglich der **Hochwasserproblematik** wurden im Forschungsvorhaben KLIMZUG-NORD zwei prinzipielle Maßnahmenkategorien, die sich in ihrer Wirkungsweise deutlich unterscheiden, zur Reduktion von Wasserständen an Nebengewässern der Tideelbe identifiziert und hinsichtlich ihrer grundsätzlichen Wirksamkeit bewertet (Abb. 4.1). Zum einen gibt es Maßnahmen, die den Hochwasserabfluss reduzieren, indem sie dafür sorgen, dass weniger Niederschlagswasser in die Este gelangt. Beispiele hierfür sind eine großflächige Versickerung von Niederschlagswasser oder der Rückhalt von Niederschlagswasser möglichst nah am Entstehungsort des resultierenden Abflusses. Zum anderen wurden Maßnahmen wie die Schaffung von Überlaufpoldern vorgeschlagen, die dem Wasser mehr Raum zur Ausbreitung zur Verfügung stellen, was einem Anstieg der Wasserstände entgegenwirkt (Nehlsen et al., 2014).

Entsprechend der in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Hauptursachen, die zur Entstehung und Verschärfung der **Sedimentproblematik** an der Este beitragen, umfasst die Strategie hier zwei möglichst parallel zu verfolgende Ansätze: Einerseits muss der Sedi-
menteintrag in die Este, verursacht durch flächige Erosion im KLEE-Modellgebiet, reduziert werden. Dies kann beispielsweise durch angepasste ressourcenschonende Methoden der Landbewirtschaftung erfolgen. Zum anderen gilt es, die hohen Sedimenttransportkapazitäten in der Este durch geeignete Maßnahmen zur Verminderung der Strömungsgeschwindigkeiten wie beispielswei-

se durch die Erhöhung der Rauigkeit im Flusslauf oder eine Verlängerung der Fließwege zu vermindern.

Bei der Untersuchung der Wirksamkeit vieler struktureller Maßnahmen ist eine eindeutige Zuordnung entweder zur Hochwasser- oder zur Sedimentproblematik nicht immer möglich. Im Gegenteil ist gerade das Auffinden von Synergieeffekten ein wesentliches Ziel von KLEE. Die KLEE- Anpassungsmaßnahmen werden daher in die folgenden Kategorien unterteilt:

- I. Maßnahmen zum Wasser- und Sedimentrückhalt in der Fläche (Kapitel 4.1)
- II. Stauraumschaffung für den Hochwasserschutz (Kapitel 4.2)
- III. Wiederherstellung einer naturnahen Morphodynamik¹⁷ (Kapitel 4.3)

Kapitel 4.1 stellt Maßnahmen im Einzugsgebiet der Este mit Potenzial zum Rückhalt von Wasser und Sediment in der Fläche vor. Der Fokus liegt neben landwirtschaftlich genutzten sowie Siedlungsflächen auf den an das Gewässer angrenzenden Auenflächen. Kapitel 4.2 beleuchtet Möglichkeiten der Stauraumschaffung in der Marsch ebenso wie im Einzugsgebiet der Oberen Este. Kapitel 4.3 stellt schließlich Maßnahmen zur Wiederherstellung einer naturnahen Morphodynamik in der Este vor.

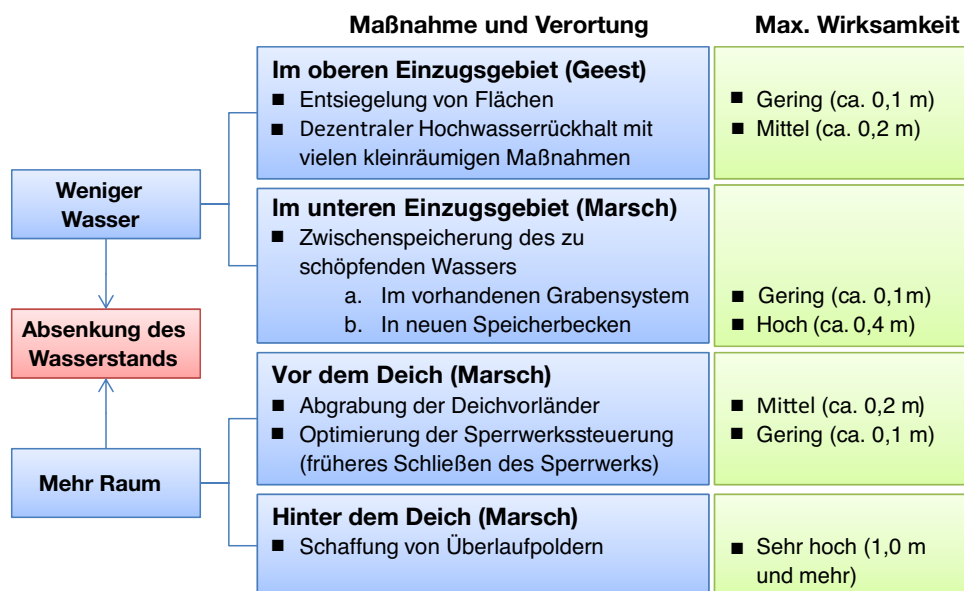


Abb. 4.1: Anpassungsmaßnahmen zur Reduktion von Hochwasserständen an Nebengewässern der Tideelbe und deren Wirksamkeit (Nehlsen 2014).

¹⁷ Die Morphodynamik eines Gewässers beschreibt die zeitliche Veränderung der Gestalt eines Fließgewässers. Die beiden wichtigsten Einflussgrößen sind der Schwebstoff- und Geschiebetransport. Während Schwebstoffe im Gewässer schwebend transportiert werden, bewegt sich Geschiebe an der Gewässer-
sohle.

4.1 Maßnahmen zum Wasser- und Sedimentrückhalt in der Fläche

Maßnahmen mit dem Ziel, Wasser und Sediment in der Fläche, also im gesamten Flusseinzugsgebiet, zurückzuhalten, lassen sich nach der jeweiligen Flächenart unterscheiden. Besiedelte Flächen führen vor allem durch den hohen Grad an Flächenversiegelung zu einem schnelleren Abfließen des Niederschlags und in der Folge zu einer Erhöhung von Abflussspitzen in den Kanalsystemen sowie im Gewässer. Durch Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung können hier abflussmindernde Effekte erzielt werden. Landwirtschaftliche Flächen tragen ebenfalls zur Hochwasserbildung bei, zudem werden von landwirtschaftlichen Flächen zum Teil erhebliche Sedimenteinträge in die Gewässer verursacht. Durch angepasste ressourcenschonende Methoden der Landbewirtschaftung könnten somit positive Wirkungen sowohl für die Sedimentproblematik als auch für die Hochwasserproblematik erzielt werden. Neben diesen offensichtlich an der Abflussbildung und der Sedimentproblematik beteiligten Flächengruppen stellen Gewässerauen in ihrer Funktion als Bindeglied zwischen den Flüssen und den angrenzenden Flächen eine weitere Kategorie von Flächen dar, auf denen geeignete Maßnahmen zur Erreichung der für KLEE definierten Ziele hinsichtlich der Hochwasser- und Sedimentproblematik umgesetzt werden können.

Angepasste ressourcenschonende Landbewirtschaftung

Grundvoraussetzung für die landwirtschaftliche bzw. ackerbauliche Nutzung von Flächen ist neben dem Vorhandensein einer ausreichenden nährstoffreichen Humusschicht die Wasserhaltefähigkeit der Böden. Es stehen prinzipiell eine Vielzahl an Möglichkeiten zur Verfügung, um Wasser und Sedimente auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen zurückzuhalten (DWA-M 550, 2015):

- I. Konservierende Bodenbearbeitung und Direktsaat
- II. Lockerungsmaßnahmen auf Ackerböden
- III. Änderung der Landnutzung
- IV. Begrünung von Tiefenlinien
- V. Feldunterteilung sowie Rand- und Saumstrukturen
- VI. Sedimentfallen

Im Gegensatz zur konventionellen Bodenbearbeitung werden bei der **konservierenden Bodenbearbeitung** nicht wendende Bodenbearbeitungsgeräte wie Grubber oder Scheibeneggen verwendet, wodurch der Ackerboden in seinem Aufbau weitestgehend belassen wird. Ernterückstände (Mulch) wie Stroh verbleiben dabei entweder unbehandelt auf den Feldern, oder sie werden flach in den Boden eingearbeitet (Abb. 4.2 und Abb. 4.3). Bei der **Direktsaat** erfolgt die Aussaat der Folgefrucht mithilfe von speziellen Sämaschinen ohne jegliche Bodenbearbeitung. Diese Direktsaatflächen zeichnen



Abb. 4.2: Mulchsaat beim Maisanbau (R. Brandhuber)



Abb. 4.3: Mulchsaat beim Maisanbau, Detail (R. Brandhuber)

sich daher durch eine ganzjährige dichte Bedeckung aus Pflanzenresten aus. Durch eine konservierende Bodenbearbeitung kann durch eine Erhöhung der Wasserinfiltration in den Boden der oberflächige Wasserabfluss reduziert werden, was zu einer Verminderung von Hochwasserabflüssen führen kann. Bodenerosionsprozesse können durch dieses Verfahren wirksam reduziert werden.

Infiltrationshemmende Bodenverdichtungen können gegebenenfalls durch den Einsatz einer **Tiefenlockerung** beseitigt werden. Durch eine dadurch erzielte verbesserte Versickerung des Niederschlagswassers kann durch einen reduzierten Oberflächenabfluss auch die Bodenerosion verringert werden.

Durch eine **Änderung der Landnutzung**, beispielsweise durch die Umwandlung von Ackerland zu Grünland bzw. durch Aufforstung dieser Fläche werden grundsätzlich mindernde Effekte hinsichtlich des Oberflächenabflusses erwartet. Gründe hierfür sind zum einen eine erhöhte Versickerungsrate, zum anderen eine stärkere Verdunstung von Wasser auf diesen Flächen und durch die Vegetationsoberfläche. Aufgrund einer ganzjährig durchgehend vorhandenen Bodenbedeckung werden die Flächen mit geänderter Nutzung zudem besser vor Bodenerosion geschützt.

Vor allem auf stärker geneigten Flächen sind Hangmulden besonders gefährdet vor Bodenerosionsprozessen. Der Oberflächenabfluss der umliegenden Flächen sammelt sich in diesen Tiefenlinien und führt zu starker Tiefenerosion bis hin zum Grabenreißen. Die **Begrünung von reliefbedingten Abflussmulden** stellt eine wirksame Maßnahme hinsichtlich des Hochwasser- und Erosionsschutzes auf landwirtschaftlich genutzten Flächen dar.

Bei einer **Feldunterteilung**, das heißt der Gliederung eines Feldes in mehrere Schläge, kann durch den Anbau unterschiedlicher Fruchtarten vermieden werden, dass sich der gesamte Hang in einem einheitlichen abfluss- und erosionsbegünstigenden Bodenzustand befindet. Quer zur Hangrichtung verlaufende Rand- und Saumstrukturen können als einjährige Gras- und Getreidestreifen, oder aber dauerhaft als Hecken und Sträucher angelegt werden und dienen als zusätzliche Barrieren für den Wasser- und Sedimentrückhalt.

Sedimentfallen am unteren Ende von geneigten landwirtschaftlichen Flächen verhindern, dass auf den Flächen erodierte Sedimente schlussendlich bis in die Gewässer gelangen. Der an Nährstoffen reiche Boden kann ortsnahe gesammelt und auf die von Erosion betroffenen Flächen rückgeführt werden.

Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung

Zu den Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung (DRWB) zählen Maßnahmen zur vollständigen oder zumindest teilweisen Abkopplung der abflusswirksamen Flächen vom Kanalnetz (KLIMZUG-NORD Verbund, 2014). Durch ihre guten adaptiven Eigenschaften sowie die modulare Struktur wurden sie als generell geeignete Maßnahme zur Abminderung der klimawandelbedingt zu erwartenden Herausforderungen im Bereich der Regenwasserbewirtschaftung identifiziert. Demgegenüber stellen vor dem Hintergrund hoher Bandbreiten der Auswirkungen des Klimawandels zentrale Entwässerungskanäle und Speicherbauwerke ein oftmals zu starres und wenig flexibles System dar, um den Folgen des Klimawandels begegnen zu können.

Primäres Ziel von Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung ist die Dämpfung von Zuflussspitzen und die Verringerung der Zuflussmengen zu Kanal- und Entwässerungssystemen.

Prinzipiell lassen sich dezentrale Maßnahmen in Siedlungsgebieten in folgende Kategorien einteilen (DWA-M 550, 2015):

- I. Dezentrale naturnahe Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen
- II. Maßnahmen, die Bestandteile der konventionellen Entwässerung sind
- III. Maßnahmen, die eine geringe Retentionswirkung aufweisen, aber zur Reduzierung der Abflussspitzen in der Kanalisation beitragen und damit auch eine positive Wirkung bei der Entstehung kleiner Hochwasserereignisse aufweisen können.

Zu den **dezentralen naturnahen Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen** gehören die Flächen-, Mulden- und Beckenversickerung sowie Mulden-Rigolen-Systeme. Bei der Flächenversickerung wird das Niederschlagswasser auf eine versickerungsfähige Oberfläche geleitet, ohne dass es zu einem Aufstau bzw. einer Zwischenspeicherung des Wassers kommt. Bei der Muldenversickerung wird dieses Prinzip durch eine zusätzliche Zwischenspeicherung des anfallenden Niederschlagswassers in den Versickerungsmulden erweitert. Bei der Beckenversickerung erweitert sich das zur Verfügung stehende Volumen zur Zwischenspeicherung des Niederschlags. Zur weiteren Erhöhung des Speichervolumens können unterirdisch Rigolen zum Einsatz kommen. Durch entsprechende Kombination dieser Systeme kommen oftmals Mulden-Rigolen-Systeme zum Einsatz (KLIMZUG-NORD Verbund, 2014).

Unter den **Bestandteilen der konventionellen Entwässerung** ist in erster Linie der Rückhalt von Niederschlagswasser in einem Regenrückhaltebecken zu erwähnen. Regenrückhaltebecken sind zentrale technische Speicherbauwerke innerhalb oder am Ende eines Kanalnetzsystems und kommen primär zur Sicherstellung der Siedlungsentwässerung sowie des Gewässerschutzes zum Einsatz. Dadurch unterscheiden sie sich prinzipiell von Hochwasserrückhaltebecken, deren Hauptzweck der Schutz hochwassergefährdeter Gebiete ist.

Zu den **Maßnahmen, die eine geringe Retentionswirkung aufweisen**, aber zur Reduzierung der Abflussspitzen in der Kanalisation beitragen und damit auch eine positive Wirkung bei der Entstehung kleiner Hochwasserereignisse aufweisen können, zählen die Entsiegelung von Flächen, Gründächer, Regenwassernutzung sowie ganz allgemein die Vermeidung weiterer Flächeninanspruchnahmen (Nehlsen et al., 2014). Entsiegelungsmaßnahmen können beispielsweise durch die Verwendung wasserdurchlässiger Materialien umgesetzt werden. Durch einen erhöhten Versickerungsanteil können der Oberflächenabfluss reduziert und in der Folge Abflussspitzen innerhalb des Entwässerungssystems gedämpft werden. Eng verbunden mit diesem Punkt ist die Vermeidung weiterer Flächeninanspruchnahmen und die

damit einhergehende Bodenversiegelung. Gründächer können potenziell zur Verminderung und Verzögerung von durch Niederschlag hervorgerufenen Abflüssen führen. Das Regenwasser wird in einem ein- oder mehrschichtigen, mit Moosen, Gräsern, Stauden, Sträuchern oder Gehölzen bewachsenen Dachaufbau vorübergehend gespeichert. Ein Teil des Regenwassers verdunstet anschließend und überschüssiges Wasser fließt zeitverzögert ab (Nehlsen et al., 2014). Während Gründächer in der Jahresbilanz einen merklichen Beitrag zur Abflussreduzierung leisten können, ist der zu erwartende Effekt bei seltenen und außergewöhnlichen Starkregenereignissen gering (KLIMZUG-NORD Verbund, 2014). Grundsätzlich kann auch die Regenwassernutzung durch die temporäre Speicherung von Niederschlagswasser einen positiven Effekt auf Zuflussspitzen und -mengen in Entwässerungssystemen erzielen.

Aufgrund einer begrenzten Verfügbarkeit von Flächen im privaten Raum zur Realisierung von Anpassungsmaßnahmen werden zusätzliche Flächen im öffentlichen Raum benötigt, um die bei Starkregenereignissen auftretenden Wassermengen zu kontrollieren (Nehlsen et al., 2014). Zu diesem Zweck können öffentliche Flächen wie Straßen, Parkplätze, Grünanlagen sowie Spiel- und Sportplätze herangezogen werden. Auf diesen multifunktional gestalteten Flächen kann das bei Starkregen anfallende Überschusswasser temporär unter Berücksichtigung entsprechender Sicherheitsaspekte für einige Stunden zwischengespeichert werden, bevor die Flächen wieder für ihre reguläre Nutzung bereitstehen. Abb. 4.4 gibt einen Überblick über verschiedene Elemente der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung unter Berücksichtigung der Nutzung verschiedener multifunktionaler Flächen im öffentlichen Raum.

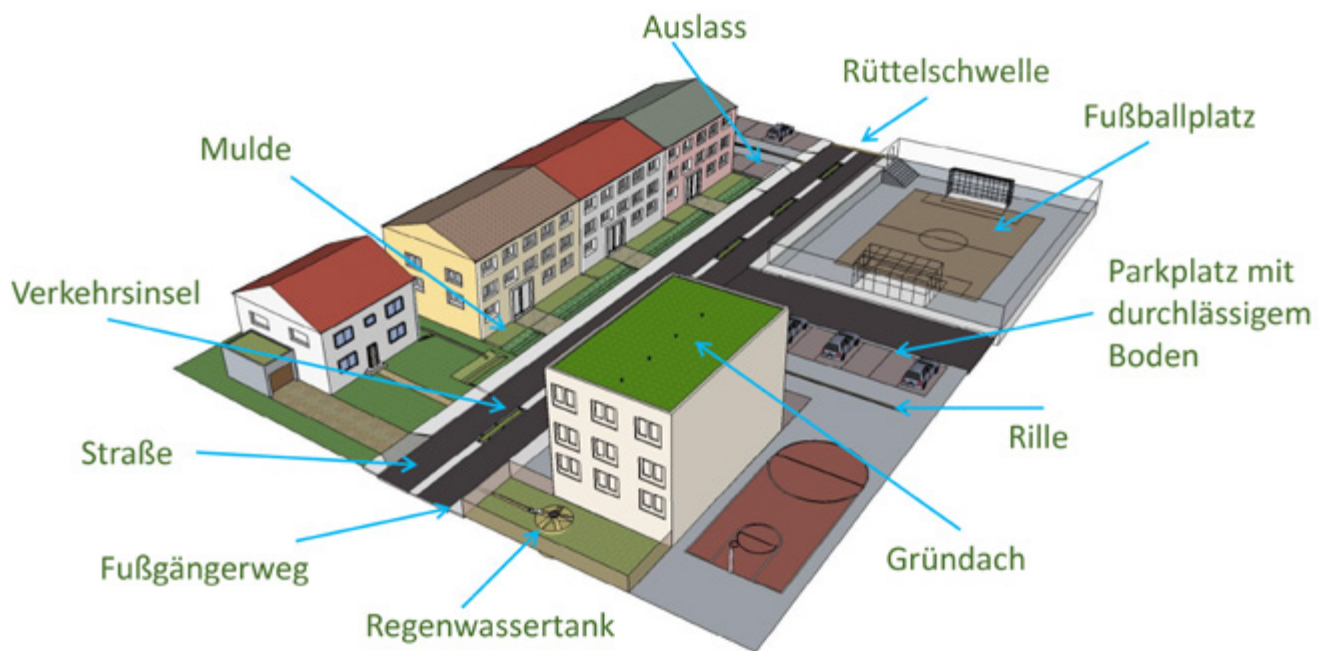


Abb. 4.4: Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung (Palmaricciotti et al., 2012)

Maßnahmen in der Aue

Auen sind Niederungen entlang eines Fließgewässers und als solche von den wechselnden Hoch- und Niedrigwasserständen geprägt. Diese an das Gewässer angrenzenden Flächen, die einer natürlichen Auendynamik unterliegen, können eine positive Wirkung auf den Hochwasserabfluss haben, indem sie durch Überflutung zum einen Wasser zurückhalten und zum anderen den Abfluss verzögern. Intakte Auen wirken als Puffer zwischen erosionsgefährdeten Flächen und dem Gewässer und können damit den Sedimenteintrag in die Gewässer verringern.

(DWA-M 550, 2015) zeigt verschiedene dezentrale Maßnahmen in der Aue auf, die in erster Linie den Zielen der EU-Wasserrahmenrichtlinie dienen, die zudem Boden-erosion entgegenwirken und zumindest bei Hochwasserereignissen mit geringer Jährlichkeit eine hydraulische Wirkung zeigen können:

- I. Nutzungsänderungen
- II. Gewässerrandstreifen
- III. Reaktivierung und Verbesserung der Auen
- IV. Änderung des Höhenniveaus der Auenfläche

Nutzungsänderungen in der Aue können auf vielfältige Weise geschehen (Patt et al., 2011). Entsprechend ihrer natürlichen Nutzungseignung können Auen als Grünland bewirtschaftet werden. Die ganzjährige Bodenbedeckung bietet einen wirksamen Schutz des Bodens vor Erosion. Ähnliche Effekte ergeben sich bei einer Nutzung als Auwald. Durch das Auflassen, d.h. die Still-

legung von Entwässerungsgräben und Dränagen, wird zwar die Nutzbarkeit der Auenflächen reduziert, andererseits können sich durch einen reduzierten Direktabfluss positive Aspekte hinsichtlich der Hochwasser- und Sedimentproblematik ergeben.

Gewässerrandstreifen sind gewässerbegleitende Landstreifen mit Gehölz- und / oder Gräser-Kräuter-Vegetation, die nicht oder nur extensiv unterhalten werden. Sie wirken als Puffer zwischen dem Gewässer und den angrenzenden, oft intensiv genutzten landwirtschaftlichen Flächen. Je nach Ausbildung können Gewässerrandstreifen eine Barriere für Stoffeinträge aus den umliegenden Flächen in die Gewässer darstellen. Idealerweise werden Gewässerrandstreifen ohne Unterbrechung an beiden Ufern des Fließgewässers angelegt. Die Breite variiert unter anderem in Abhängigkeit der Bedeutung des jeweiligen Gewässers in einem Bereich von 2,5 m bei kleineren landwirtschaftlichen Vorflutern bis zu etwa 10 m für größere Gewässer (Lange & Lecher, 1993).

Die Rückverlegung bestehender Hochwasserschutzdeiche und -Dämme sowie das Abtragen von Uferbereichen sind Maßnahmen zur Reaktivierung der Aue, indem sie ein früheres Ausufer von Hochwasser auf die Auenflächen fördern. Bei der Este ist es ein Problem, dass sich der Fluss infolge der Erosion immer weiter eingegraben hat. Da die Uferhöhen unverändert geblieben sind, kommt es nicht mehr so häufig zu Ausuferungen. Durch Änderung des Höhenniveaus, beispielsweise durch das Anlegen von Mulden und Rinnen, lassen sich naturnahe Auenverhältnisse wiederherstellen oder nachbilden. Auf den entsprechenden Flächen kann Hochwasser zwischengespeichert und für eine begrenzte Dauer zurückgehalten werden.

4.2 Stauraumschaffung für den Hochwasserschutz

Die Niederschlagsmengen, die schlussendlich zu Überflutungen an der Este führen, lassen sich nicht beeinflussen. Eine effektive Methode zur Minimierung der Folgen dieser Niederschlagsereignisse ist es, an geeigneter Stelle genügend Stauraum zu schaffen, sodass die Wasserstände in der Este definierte Niveaus nicht überschreiten. Dieser Stauraum ist sowohl im Einzugsgebiet der Oberen Este als auch in der Marsch denkbar. Im oberen Einzugsgebiet kann das benötigte Stauvolumen durch die Errichtung von einem oder mehreren Hochwasserrückhaltebecken sichergestellt werden. Im tidebeeinflussten Bereich der Este bieten sich mehrere Möglichkeiten an. Zum einen kann zusätzlicher Stauraum im Deichhinterland entstehen, entweder durch angelegte Polder, in denen das Wasser gezielt gespeichert wird oder aber durch die Anpassung der Schöpfwerkbetriebe in Form einer reduzierten Förderleistung im Hochwasserfall. Zum anderen ist es prinzipiell denkbar, durch die Errichtung eines Pumpwerks an der Estemündung mehr

Stauraum innerhalb der Este zur Verfügung zu stellen, indem das Wasser bei geschlossenem Sperwerk in die Elbe gepumpt wird.

Hochwasserrückhaltebecken im Einzugsgebiet der Oberen Este

Eine merkliche Reduzierung von Hochwasserabflussscheiteln in der Este kann durch die Realisierung eines oder mehrerer kombinierter Hochwasserrückhaltebecken erzielt werden. Die Funktion eines Hochwasserrückhaltebeckens besteht darin, einen Teil des Hochwasserabflusses zeitweise zurückzuhalten und damit die Abflussspitze im Gewässerlauf unterstrom des Beckens zu reduzieren. Hochwasserrückhaltebecken werden nach ihrer Größe, ihrer Lage zum Gewässer, nach Betriebsarten sowie nach vorgesehenen Einstauzeiten unterschieden.

In Abhängigkeit ihres Stauraums und der Höhe ihres Absperrbauwerks werden Hochwasserrückhaltebecken in vier Größenklassen entsprechend Tab. 4.1 eingeteilt.

Tab.4.1: Klassifizierung von Hochwasserrückhaltebecken nach DIN 19700-12

Größenklasse	Gesamtstauraum in m ³	Höhe des Absperrbauwerks (m) über dem tiefsten Punkt der Gründungssohle
Sehr kleine Becken	bis 50.000 m ³	bis 4 m
Kleine Becken	bis 100.000 m ³	bis 6 m
Mittlere Becken	bis 1.000.000 m ³	bis 15 m
Große Becken	ab 1.000.000 m ³	ab 15 m

Bezüglich der Lage zum Gewässer werden Hochwasserrückhaltebecken im Hauptschluss und im Nebenschluss unterschieden. Becken im Hauptschluss werden vom Gewässer unmittelbar durchflossen, während sich Becken im Nebenschluss neben dem Gewässer befinden und mittels geeigneter Zulauf- und Auslassbauwerke gefüllt und entleert werden müssen.

Je nach Betriebsart werden nichtsteuerbare, automatisch gesteuerte sowie voll gesteuerte Hochwasserrückhaltebecken unterschieden. Bei den nichtsteuerbaren Becken handelt es sich zumeist um kleine Becken mit einem unveränderbaren Betriebsauslass im Absperrbauwerk. Hochwasserrückhaltebecken mittlerer Größe werden häufig als automatisch gesteuerte Becken mit entsprechend gesteuertem Betriebsauslass ausgeführt. Bei voll gesteuerten Becken mit großem Rückhaltevolumen wird der aktuelle Betrieb den jeweiligen hydrologischen Bedingungen im Einzugsgebiet unter Berücksichtigung aktueller Abflussvorhersagen angepasst (Lecher et al., 2015).

Hinsichtlich der vorgesehenen Einstauzeiten unterscheidet man Trockenbecken und Becken mit Dauerstau. Trockenbecken werden nur im Hochwasserfall eingestaut, während der natürliche Charakter des Fließgewässers in der restlichen Zeit weitestgehend erhalten bleibt. Becken mit Dauerstau hingegen führen zu einer permanenten Änderung der betroffenen Flächen.

Gesteuerter Hochwasserrückhalt in der Marsch

Die größte Gefahr durch Hochwasser für den Unterlauf der Este besteht beim zeitgleichen Auftreten einer Sturmflut in der Elbe und einer aus dem Oberlauf der Este ankommenden Binnenhochwasserwelle. Bei hohen Elbe-Wasserständen wird das Este-Sperrwerk geschlossen, um die dahinter liegenden Gebiete vor der Sturmflut zu schützen. Dadurch kann aber auch kein Wasser

in die Elbe abgegeben werden, sodass als Stauraum für den Binnenhochwasserabfluss sowie den Zufluss aus den Schöpfwerken lediglich der Bereich der Unteren Este zwischen den Deichen zur Verfügung steht. Zur Entschärfung dieser Situation wurde eine Stauraumerweiterung im Bereich der Marsch in Form eines Überlaufpolders zur gezielten Notentlastung als zielführend identifiziert. Überlaufpolder haben gegenüber einem vollständig ans Tidegeschehen angeschlossenen Polder den Vorteil, dass der verfügbare Stauraum erst bei Beginn des Überlaufs in Anspruch genommen wird und dementsprechend effizienter genutzt wird. Zur Schaffung des Polders wird die neu ausgewählte Fläche durch eine zweite Deichlinie eingedeicht. Die erste Deichlinie wird abschnittsweise als Überlaufdeich ausgeführt, die ab einem definierten Wasserstand schadlos überströmt wird (Nehlsen et al., 2014).

Besonderes Augenmerk liegt auf der Nutzung von Synergien in Form von multifunktionalem Speicherraum für Wasser mit positiven Effekten sowohl für den Hochwasserschutz als auch den Obstanbau im Alten Land sowie den Naturschutz (Abb. 4.5). Während der Sommermonate, in denen zukünftig mit einer Knappheit von geeignetem Beregnungswasser für die Landwirtschaft zu rechnen ist, kann Wasser zur Beregnung gespeichert werden. Während der Sturmflutsaison in den Wintermonaten dienen die entleerten Becken als Überlaufpolder für den Hochwasserschutz. Übersteigt der Wasserstand in der Este einen kritischen Wert, wird Wasser in die Speicherbecken abgeschlagen, wodurch der Wasserstand in der Este nahezu konstant gehalten werden kann. Eine Optimierung des Systems kann durch die Einrichtung eines Vorhersagesystems erfolgen, welches den Zufluss aus Entwässerung und die Sturmflutvorhersagen für die Tideelbe bzw. die aktuelle Lage der Brackwasserzone berücksichtigt. Weitere Synergieeffekte hat das System zum Naturschutz. Durch einen kaskadenförmigen Aufbau können einzelne Segmente des Speicherbeckens unterschiedlich genutzt werden. Die äußeren Segmente könnten auf diese Weise für die Tide geöffnet werden, sofern sie nicht benötigt bzw. genutzt werden. Durch die

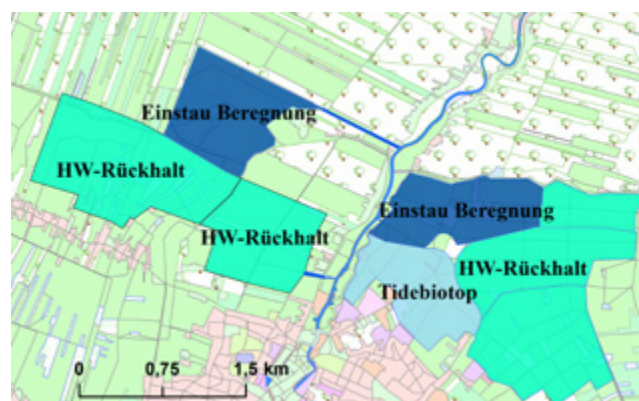


Abb. 4.5: Nutzung von Synergien in Form von multifunktionalen Anpassungsmaßnahmen am Beispiel des Alten Landes (E. Nehlsen, 2014).

entstehenden Tidebiotope würde ein standorttypischer, ökologisch wertvoller Lebensraum geschaffen. Gleichzeitig würde sich das neue Tidevolumen positiv auf die Tideverhältnisse in der Elbe auswirken (KLIMZUG-NORD Verbund, 2014).

Anpassung der Schöpfwerkbetriebe

Mehrere Schöpfwerke entlang der Unteren Este stellen die Entwässerung des Deichhinterlandes in der Marsch sicher (Abb. 4.6). Diese Schöpfwerke pumpen ab einem bestimmten Wasserstand mit jeweils maximaler Leistung Wasser aus dem Deichhinterland in die Este, unabhängig vom aktuellen Wasserstand bzw. der aktuellen Hochwassergefahr an der Este. Beim Zusammentreffen eines sturmflutbedingten Schließens des Este-Sperrwerks mit einem Binnenhochwasser aus dem Einzugsgebiet der Oberen Este kommt es zu einer Verschärfung der Hochwassergefahr entlang der Este, hervorgerufen durch den Zufluss aus den Schöpfwerken. Durch eine angepasste Betriebssteuerung der einzelnen Schöpfwerke in Abhängigkeit der Hochwassergefahrenssituation an der Este kann die Abflussfülle in der Este reduziert werden. Für die einzelnen Anlagen müssen dafür vertretbare maximale Wasserstände im Deichhinterland definiert werden. Eine weitere Möglichkeit zur Reduzierung der Abflussfülle in der Este wäre es, einzelne Marschgebiete direkt in die Tideelbe, und nicht wie bisher über den Umweg der Este, zu entwässern (vgl. Kapitel 7.4.2).



Abb. 4.6: Schöpfwerk in der Estemarsch (H. Neumann).

Pumpwerk an der Mündung in die Elbe

Eine weitere Möglichkeit, um den Wasserstand in der Este trotz geschlossenen Sperrwerks einen maximalen Wert nicht überschreiten zu lassen, wäre die Errichtung eines zentralen Pumpwerks im Bereich des Äußeren Este-Sperrwerks (Abb. 4.7). Dieses könnte bei entsprechender Dimensionierung Wasser aus der Este in die Elbe pumpen und somit wesentlich zur Entschärfung der Hochwassersituation in der Tideeste beitragen.



Abb. 4.7: Este-Sperrwerk in Cranz, Blick von der Este auf die Elbe (KLEE-Verbund)

4.3 Wiederherstellung einer naturnahen Morphodynamik im Gewässer

Wesentliches Ziel der im Folgenden betrachteten Maßnahmen ist die Reduzierung der Erosionsprozesse innerhalb der Este. Positive Auswirkungen auf Hochwasserstände sind durch die Maßnahmen nicht zu erwarten. Wie in Kapitel 3 gezeigt, kommt es in der Este vielerorts bereits bei niedrigen und mittleren Abflüssen zu Erosionsprozessen durch eine Überschreitung der für die jeweiligen Gewässerabschnitte kritischen Fließgeschwindigkeiten. Zur Verbesserung dieses Missstandes sind prinzipiell zwei Herangehensweisen denkbar:

I. Erhöhung der Sohlrauheit im Gewässer

II. Reduzierung der Fließgeschwindigkeiten im Gewässer

Durch die Erhöhung der Sohlrauheit im Gewässer kann der Grenzwert für die kritische Fließgeschwindigkeit in einzelnen Gewässerabschnitten erhöht werden, was bedeutet, dass diese Bereiche weniger anfällig gegenüber Erosionsprozessen sind. Die Sohlrauheit kann neben dem Einbringen von Totholz an geeigneten Stellen im Gewässer beispielsweise durch das Einbringen von Kies bzw. gewässertypischen Substraten erhöht werden (Abb. 4.8). Diese Materialien werden durch die im Gewässer vorhandene Strömung weniger schnell in Bewegung gesetzt als feinkörniger Sand. Eine weitere Möglichkeit zur Erhöhung der Rauigkeit ist es, die Gewässerunterhaltung auf ein Minimum zu reduzieren und Grundräumungen zukünftig zu unterlassen, wodurch eine eigendynamische Gewässerentwicklung ermöglicht wird. Um dem über-

mäßigen Aufwuchs von Wasserpflanzen in diesem Fall entgegenzuwirken, sind zusätzliche Maßnahmen, wie beispielsweise die Anpflanzung von Ufergehölzen zur Beschattung des Gewässers, umzusetzen.

Prinzipiell mögliche Ansatzpunkte zur Reduzierung der Fließgeschwindigkeiten im Flusslauf sind die Verringerung des Längsgefälles, die Entwicklung eines naturnahen variierenden Querprofils und die Schaffung abwechslungsreicher Lauf-, Sohlen- und Uferstrukturen sowie das Anlegen von Sandfängen.

Der Wiederanschluss von Altgewässern an einen Fluss führt zu einer Verlängerung des Fließweges, wodurch das Gefälle lokal reduziert wird. Auf dem verlängerten Fließweg wird der Strömung zusätzlich Energie in Form von Rauheitsverlusten entzogen. Darüber hinaus wird der Strömung durch die gekrümmte Linienführung, die u.a. Turbulenzen und Sekundärströmungen hervorruft, weitere Energie entzogen. Bei der Betrachtung von Luftbildaufnahmen und Liegenschaftskarten lassen zahlreiche Altgewässer im Oberlauf der Este den ursprünglichen Verlauf des Flusses erkennen (Abb. 4.9). Es ist davon auszugehen, dass die Altarme über die Jahre in Teilen verlandet sind und die Sohlhöhen deutlich oberhalb des jetzigen Gewässerbettes der Este liegen.

Der Wiederanschluss von Altgewässern bietet gegenüber einer Neuanlage von Mäandern den Vorteil, dass die ursprüngliche Linienführung, die an die geologi-



Abb. 4.8: Einbringen von Kies in den Mühlenbach zur Erhöhung der Rauigkeit des Gewässerbettes (W. Mielke)

schen Gegebenheiten angepasst ist, noch erhalten ist. Dementsprechend ist der Wiederanschluss von Altgewässern als naturähnlicher zu bewerten als die komplette Neuanlage. Ein weiterer Vorteil ist, dass die offizielle Einteilung der Flurstücke oftmals noch dem alten Verlauf der Este entspricht, was einen reduzierten bürokratischen Aufwand im Rahmen der Planung erwarten lässt.

„Sandfänge sind lokale Gerinneaufweitungen und -vertiefungen. Die dadurch verursachte Verringerung der Fließgeschwindigkeit führt zur Ablagerung mitgeführter Schwebstoffe und Sedimente.“ (DWA-M 610, 2010). Zur Sicherstellung der Funktionsfähigkeit eines Sandfanges müssen die darin abgelagerten Sedimente regelmäßig geleert werden. Generell unterscheidet man Sandfänge im Hauptschluss und im Nebenschluss. Während

bei Sandfängen im Hauptschluss die Gewässeraufweitung im Gewässerhauptstrang vorgenommen wird, wird beim Sandfang im Nebenschluss ein vom Hauptgewässerstrang abzweigendes Gerinne genutzt. Durch diese Bauart kann beim Sandfang im Nebenschluss die Gewässerdurchgängigkeit für im Gewässer lebende Tiere sichergestellt werden. Neben den beiden beschriebenen grundsätzlichen Sandfangtypen gibt es entsprechend der jeweiligen Bauart einige spezielle Sandfangtypen, wie den Gleithangsandfang, den Mäandersandfang oder den Sacksandfang. „Durch die Anlage und Bewirtschaftung von Sandfängen wird nichts an den Ursachen für die erhöhte Sedimentverlagerung geändert. Sandfänge sind jedoch als Übergangslösung bis zu einer anzustrebenden Umgestaltung des Gewässers und der Änderung der Nutzungen in der Umgebung geeignet.“ (ebd.)

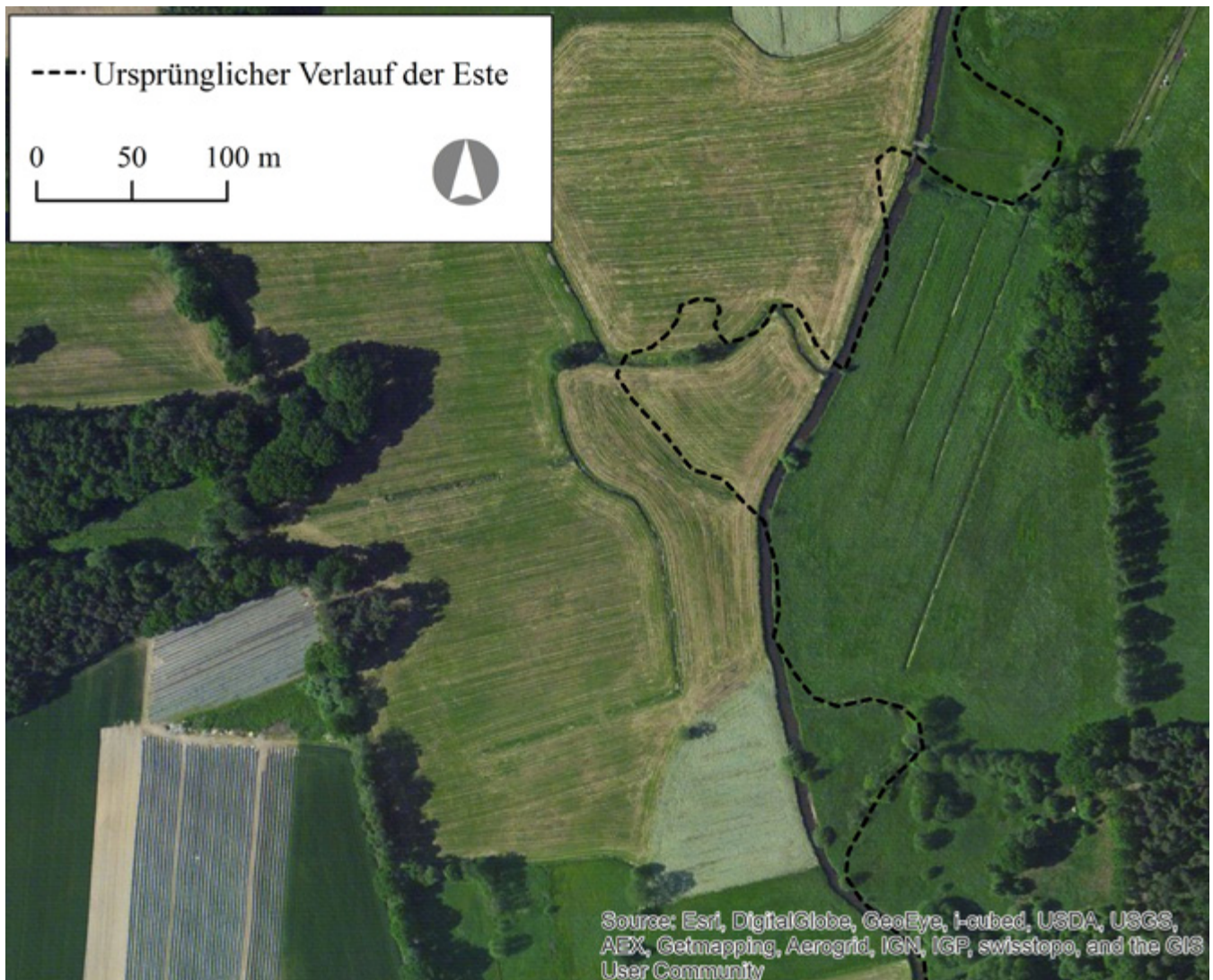


Abb. 4.9: Aktuelles Luftbild mit Darstellung des ursprünglichen mäandrierenden Verlaufs der Este auf Höhe von Heimbruch



Der intensive Austausch mit möglichst vielen Akteurinnen und Akteuren im Einzugsgebiet der Este war bereits in der Planungsphase des Projekts KLEE ein zentraler Baustein. In der Umsetzung wurde das an der Technischen Universität Hamburg (TUHH) bereits erprobte Verfahren der Lern- und Aktionsallianzen (LAA) gewählt. Bei diesem Beteiligungsformat werden Lösungen für konkrete Probleme gemeinsam erarbeitet. Es lässt sich in fünf Phasen unterteilen: zunächst dient die Bewusstseinsbildung der gemeinsamen Zieldefinition. Anschließend erfolgt im Rahmen des Aufbaus von Kapazitäten der Austausch von Wissen und unterschiedlichen Sichtweisen. In der dritten Phase werden Maßnahmen zur Erreichung der Ziele entwickelt und untersucht. Nach der Bewertung der Effektivität von möglichen Maßnahmen werden in der abschließenden Phase Lösungsvorschläge zusammengefasst und in ein Gesamtkonzept integriert. Wissen vermitteln, vom oftmals weit verstreuten Wissen der handelnden Akteure profitieren und Maßnahmen aufgrund von Messungen und Simulationen möglichst objektiv analysieren und bewerten - dies ist die Vorgehensweise in Lern- und Aktionsallianzen, wie sie von der TUHH durchgeführt werden. Der Prozess wird von einem externen Moderator geleitet.

5.1 Ausgangslage und Ziele

Für das Einzugsgebiet der Este erwies es sich im Rahmen von KLEE als Vorteil, dass bereits im vorangegangenen Forschungsprojekt KLIMZUG-NORD ein ähnlich gelagerter Beteiligungsprozess mit vielen Akteuren aus der Region durchgeführt worden war.¹⁸ Die darin aufgezeigten möglichen Anpassungsmaßnahmen an die Auswirkungen des Klimawandels an Nebengewässern der Tideelbe bildeten die Basis für die weitergehenden Untersuchungen an der Este.

Die Ziele des Beteiligungsverfahrens wurden von Beginn an transparent und deutlich kommuniziert. Die Projektverantwortlichen wollten vom Wissen der zahlreichen Interessenvertreter und Anwohner profitieren sowie deren Sichtweisen kennen und verstehen lernen. Sachlich miteinander reden, Verständnis für gegensätzliche Positio-

nen schaffen, um mögliche Kompromisse vorzubereiten – dies war die Basis des Umgangs miteinander. Am Ende sollte über die Versachlichung der Diskussion eine dauerhafte Vernetzung etabliert werden, die die konkrete Umsetzung von Maßnahmen vorbereiten und erleichtern soll. Im Prozess selbst war es ausdrücklich auch erlaubt, etablierte Denkweisen infrage zu stellen. Von Beginn an wurden weder gewagte Versprechungen getätigt noch unrealistische Erwartungen gefördert. Die Projektverantwortlichen haben stets betont, dass ihr Blick in die Zukunft gerichtet ist und dass sie sich im Rahmen des Klimaanpassungsprojektes KLEE nicht aktiv an Diskussionen zum aktuellen Hochwasserschutz (mit zum Teil sehr hitzigen Debatten) beteiligen. Dieses Herangehen war sehr hilfreich, um sachlich und zielgerichtet zu diskutieren.

5.2 Themen, Teilnehmende und Methoden

Tabelle 5.1 gibt einen Überblick über die durchgeführten Lern- und Aktionsallianzen sowie Auftakt- und Abschlussveranstaltungen im Rahmen von KLEE. Die Themen orientierten sich an dem geplanten Projektverlauf und wurden durch die Projektleitung vorgegeben. In dieser Hinsicht war die Mitsprachemöglichkeit der Teilnehmenden eingeschränkt. Allerdings wurde auch keine andere Themensetzung eingefordert und die Teilnehmenden konnten die Schwerpunktsetzung im Rahmen der Diskussionen und Workshops durch ihre Beiträge beeinflussen und somit die Veranstaltung aktiv mitgestalten (Abb. 5.1). Die Zahl der Teilnehmenden bewegte sich durchgängig in einer Größenordnung von 50 Personen.

Etliche Personen haben an fast allen Veranstaltungen teilgenommen. Der Kreis der Teilnehmenden war dabei jedoch nicht als „geschlossen“ zu bezeichnen. Immer wieder kamen neue Interessentinnen und Interessenten hinzu oder aber Verbände oder Institutionen wurden abwechselnd von unterschiedlichen Personen repräsentiert. Ein kontinuierlicher roter Faden und Gang der Diskussion unter Rückbezug auf vorangegangene Veranstaltungen kann eindeutig festgestellt werden, ebenso wie ein großes Vertrauen in die wissenschaftlichen Arbeiten der TUHH. Insgesamt kommt hierdurch auch ein gleichbleibend hohes Interesse der Teilnehmenden an der KLEE-Initiative zum Ausdruck.



Abb. 5.1: LAA 1, Szene aus einem Workshop (B. Frosdorfer)

Tab. 5.1 Überblick über öffentliche Veranstaltungen im Rahmen von KLEE

Datum	Art	Thema	Ort	Anzahl Teilnehmer	Anmerkungen
22.10.2013	Auftaktveranstaltung	Projektvorstellung und Diskussion	Estetalschule Hollenstedt	75	Vortragsveranstaltung mit ausführlichen Frage- und Diskussionsrunden.
31.03.2014	Lern- und Aktionsallianz (LAA) 1	Einführung und Workshop zur Erarbeitung konkreter Maßnahmenvorschläge	Estetalschule Hollenstedt	51	Zweiteilung: zunächst Vorträge, dann Workshop.
15.05.2014	LAA 2	Maßnahmen zum Wasser- und Sedimentrückhalt in der Fläche für das Einzugsgebiet der Este	Estetalschule Hollenstedt	53	Dreiteilige Veranstaltung: Vor-Ort-Termin Pegelmessstation Emmen, Vorträge (mit externen Referenten), dann Workshop.
24.11.2014	LAA 3	Maßnahmen am Gewässer	Estetalschule Hollenstedt	50	Zweiteilung: zunächst Vorträge (mit externen Referenten), dann Workshop
11.06.2015	LAA 4	Potenzielle Anpassungsmaßnahmen und Vorstellung von Berechnungsergebnissen	Stadtwerke Buxtehude	51	Zweiteilung: Zunächst Vor-Ort-Termin am Mühlenteich Buxtehude, dann Vortragsveranstaltung mit ausführlichen Frage- und Diskussionsrunden (mit externer Referentin).
25.01.2016	LAA 5	Vorstellung von Pilotmaßnahmen und des vorläufigen Maßnahmenkatalogs	Estetalschule Hollenstedt	59	Vortragsveranstaltung mit ausführlichen Frage- und Diskussionsrunden.
22.06.2016	Abschlussveranstaltung	Vorstellung der KLEE-Bausteine	Estetalschule Hollenstedt	noch nicht bekannt	Vortragsveranstaltung mit ausführlichen Frage- und Diskussionsrunden.

Tab. 5.2 Übersicht über externe Vorträge im Rahmen der KLEE Lern- und Aktionsallianzen (LAA)

	Referent und Institution	Thema
LAA 2	Ulrich Peper, Landwirtschaftskammer Niedersachsen (LWK)	Beurteilung der Maßnahmen zum Wasser- und Sedimentrückhalt in der Fläche aus Sicht der Land- und Forstwirtschaft
LAA 2	Dr. Karsten Klopp, LWK, Obstbauversuchsanstalt Jork	Aspekte aus Sicht der Obstbau- und Landwirtschaft im Alten Land
LAA 3	Ulrich Ostermann, Gebietskooperation Ilmenau-Seeve-Este	Anpassung an den Klimawandel: Maßnahmen am Gewässer. Wesentliche Aspekte aus Sicht der Unterhaltungs- und Landschaftspflegeverbände
LAA 3	Henry Holst, Arbeitskreis Naturschutz in der Samtgemeinde Tostedt e.V.	Ehrenamtlicher Naturschutz an der Este und ihren Nebengewässern
LAA 4	Wiebke Schoenberg, WWF Deutschland	Hochwasserschutz und Naturschutz: Synergien und Konflikte
LAA 5	Inken Laude, Grontmij	Machbarkeitsuntersuchung zur Neuordnung des Wassermanagements im tidebeeinflussten Einzugsbereich der Este

Die Teilnehmenden der Lern- und Aktionsallianzen können den folgenden Bereichen zugeordnet werden:

Politik und Verwaltung: Landkreis Harburg mit Fachbehörden, Landkreis Stade mit Fachbehörden, Stadt Buxtehude mit Fachausschüssen, Stadtentwässerung Buxtehude, Stadt Hamburg (Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt), Gemeindevertreter (von acht unterschiedlichen Gemeinden), Samtgemeinde Hollenstedt, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz NLWKN, Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg (WSA), politische Parteien (SPD, CDU, FDP, DIE GRÜNEN).

Vereine, Verbände, Initiativen und sonstige: Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Obstbauversuchsanstalt Jork, Bauernverband, Landvolk und einzelne Landwirte, BUND, NABU, Arbeitskreis Naturschutz, Angler und Sportfischerverband, Angler- und Naturschutzgemeinschaft, Verein Fliegenfischer- und Naturschutzgemeinschaft Nordniedersachsen e.V., Deichverband der II. Meile des Alten Landes, Hauptentwässerungsverband der III. Meile des Alten Landes, Gebietskooperationen der betroffenen Gewässer zweiter Ordnung, Wasser- und Bodenverbände, Wasserverbandstag Hamburg, Jägerverband, Heimat- und Verkehrsverein Estetal e.V., Wanderfreunde, Unterhaltungs- und Landschaftspflegeverband (ULV) Este, Bürgerinitiative (BI) Este, Interessengemeinschaft (IG) Este, Bürgerinitiative pro Hochwasserschutz Buxtehude, Arbeitskreis Cranz, Bürgervertretung Neuenfelde-Francop-Cranz, Einzelpersonen und Pressevertreter.

Die meisten Vereine, Verbände und Initiativen haben kontinuierlich teilgenommen, wurden jedoch in einigen Fällen durch unterschiedliche Personen vertreten. 32 Personen waren bei mindestens vier der fünf Lern- und Aktionsallianzen dabei. Die politischen Parteien zeigten ein reges Interesse und waren beständig, aber durch

häufig wechselnde Personen anwesend. Das Alter der Teilnehmenden wurde nicht erfasst, dennoch ist die Aussage möglich, dass Jugendliche gar nicht und „Jung-Erwachsene“ kaum vertreten waren. Eindeutig in der Mehrheit war die Altersgruppe „40+“ und weit über die Hälfte war männlichen Geschlechts.

Die Lern- und Aktionsallianzen waren unabhängig von der jeweiligen Fragestellung durchgängig ähnlich aufgebaut. Es waren immer Abendveranstaltungen mit einer zumeist gleichwertigen Zweiteilung: zunächst mit einem Block Informationsvermittlung und Vorträgen zu Methoden, Untersuchungen oder Messungen sowie Vorträgen von externen Experten mit jeweils ausreichend Zeit für Nachfragen und Diskussionen.

Abhängig vom Thema der jeweiligen LAA wurde dieser erste Block nach Möglichkeit durch einen Ortstermin an der Este ergänzt (Abb. 5.2). Der zweite Teil war dann zumeist interaktiv gestaltet. In kleinen Arbeitsgruppen wurden in Workshops Themen erarbeitet und Standpunkte festgehalten. Mit den schriftlich fixierten Ergebnissen wurde nach den Veranstaltungen weiter gearbeitet. So wurden z.B. die von Teilnehmenden vorgeschlagenen über 100 Einzelmaßnahmen direkt an der Este sowie in ihrem Einzugsgebiet auf Karten visualisiert (Abb. 5.3), die vorgeschlagenen Maßnahmen in Gruppen zusammengefasst und ausführlich analysiert. Im Nachgang konnten Teilnehmende auch Kommentare, Maßnahmevorschläge etc. an die TUHH-Mitarbeiter senden. Davon wurde immer wieder Gebrauch gemacht, nach einer LAA wurden z.B. 30 weitere Vorschläge eingereicht. Das gewählte Veranstaltungsformat hat sich als angemessen und geeignet für die mehrheitlich vertretene Altersgruppe erwiesen. Die regelmäßige Berichterstattung in den lokalen Print- und Online-Medien im Nachgang zu den Veranstaltungen belegen das hohe Interesse an der Thematik in der Region.



Abb. 5.2: LAA 2, Ortstermin „Messungen in der Natur“ am Pegel Emmen (B. Frosdorfer)

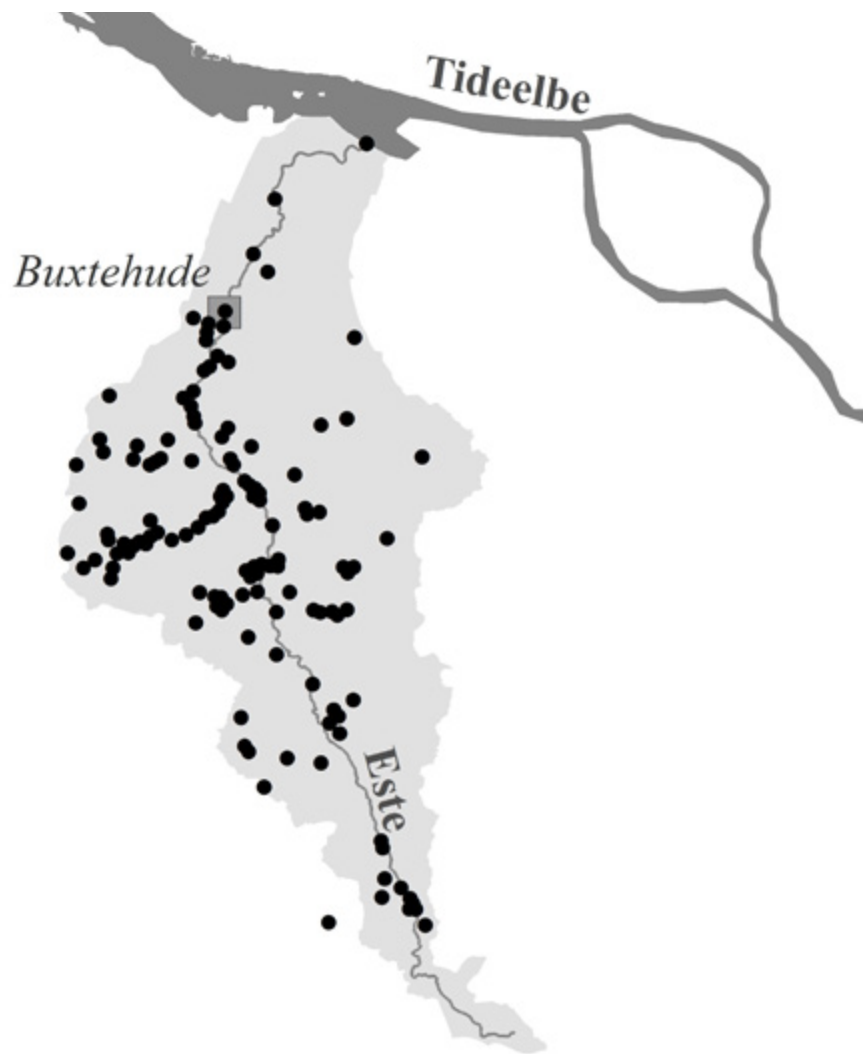


Abb. 5.3: Räumliche Darstellung der von den Teilnehmern der 1. und 2. LAA geäußerten Maßnahmenvorschläge für das Einzugsgebiet der Este.

5.3 Ergebnisse

Im Rahmen der 5. LAA vom 25. Januar 2016 wurde den Teilnehmenden der Veranstaltung ein vorläufiger Maßnahmenkatalog, basierend auf dem in Kapitel 6 beschriebenen Priorisierungsverfahren, präsentiert. In das für die Priorisierung verwendete Verfahren gingen die Beiträge der Teilnehmenden während der davor durchgeführten Lern- und Aktionsallianzen wesentlich mit ein. Die an die Präsentation anschließende Diskussion ergab eine sehr hohe Zustimmung zum vorgestellten vorläufigen Maßnahmenkatalog. Beim jetzt vorliegenden Ergebnis des Projektes KLEE kann also zu Recht von einem gemeinsam erarbeiteten Maßnahmenkatalog gesprochen werden.

Am Ende der 5. LAA vom 25. Januar 2016 wurden alle Teilnehmenden gebeten, einen Feedback-Bogen auszufüllen, der sich auf den gesamten Prozess der Lern- und Aktionsallianzen bezog. Die Rücklaufquote war mit über 82,6% sehr hoch (59 Teilnehmende abzgl. 13 KLEE-Projektverantwortliche und Referenten: 38 von 46 Teilneh-

menden haben den Bogen ausgefüllt) und die Beurteilung fiel insgesamt sehr positiv aus (siehe Tab. 5.3). Die Zahlen in den Smiley-Spalten geben das Auszählungsergebnis der gesetzten Kreuze an.

In allen vier Kategorien (Organisation, Inhalte, Beteiligung und Gesamturteil) befinden sich die Rückmeldungen stets im positiven oder sehr positiven Bereich. Mehr als 90% der Rückmeldungen zum Gesamturteil besagen, dass die jeweiligen persönlichen Erwartungen an die Lern- und Aktionsallianzen erfüllt wurden. Die Teilnehmenden bestätigen zu 90%, dass sie ihre Anregungen und Fragen gut einbringen konnten und dass diese stets ernst genommen und entsprechend berücksichtigt wurden. Ergänzend konnten die Teilnehmenden in einem freien Textfeld am Ende positive und negative Rückmeldung zum Prozess der KLEE Lern- und Aktionsallianzen geben. Alle Detailergebnisse sind Tab. 5.3 zu entnehmen.

Tab. 5.3 Auswertung des Feedbacks zu den Lern- und Aktionsallianzen (LAA)

**I. Organisation**

Bewerbung der Veranstaltungen und Anmeldeverfahren	17	13	3	0
Veranstaltungsorte und Bewirtung	31	7	0	0
Uhrzeiten und Zeitrahmen	27	10	1	0
bereitgestellte Unterlagen und Informationsmaterial	6	23	7	0

II. Inhalte

Moderation der Veranstaltungen	21	15	1	0
Die Inhalte waren stets fundiert	21	13	4	0
Die Inhalte wurden stets verständlich präsentiert	20	15	3	0
Das Ziel des gesamten Prozesses mit den Lern- und Aktionsallianzen war mir stets klar	17	14	5	0

III. Beteiligung

Die Inhalte haben mein Interesse geweckt und ich werde das Thema voraussichtlich weiter aktiv verfolgen.	23	11	2	0
Ich konnte mich mit meinen Anregungen und Fragen gut einbringen.	11	19	3	0
Meine Anregungen und Fragen wurden stets ernst genommen und entsprechend berücksichtigt.	13	16	3	0
Ich habe den Eindruck, dass alle unterschiedlichen Interessenvertreter sich angemessen einbringen konnten.	17	16	2	1

IV. Gesamturteil

Meine Erwartungen an die Lern- und Aktionsallianzen wurden erfüllt.	23	20	3	0
Die Anteile von Informationsvermittlung und Einbringung eigener Interessen waren angemessen.	13	18	4	0

Antworten auf die Fragen: Was hat Ihnen gefehlt? Was sollten wir besser machen?

- Mikrophon einsetzen, besonders bei leise sprechenden Rednern und Teilnehmern
- Whiteboard zu niedrig, teilweise zu wenig Kontrast
- weniger Erläuterung der Methoden der Berechnung; Wertung ist wissenschaftlich zwar angemessen, für die Zielgruppe weniger relevant
- wenn möglich, allgemeinverständliche und umfassende Darstellung der Ergebnisse, eventuell anhand von exemplarischen Beispielen.
- Die Wichtung der Beiträge in den AGs lief teilweise nach dem Prinzip, wer am lautesten schreit, hat die meisten Beiträge an der Wand, was später so aussieht, als wenn viele Personen diese Meinung vertreten.
- wissenschaftliche, technische Grundlagen
- mehr Zeit für Diskussionen in kleinen Gruppen
- wenig praxisorientiert, finanziell zu unkonkret
- alles weitere zur Umsetzung
- Überprüfung Schöpfwerke, hohe Kosten
- bessere Unterlagen, bessere Verteilung
- weniger Themen!
- sehr gut!
- leider immer ein bisschen unter Zeitdruck
- schnelles Hochladen der Unterlagen auf die KLEE-Webseite
- ansonsten: SUPER-Projekt: Musterprojekt für Niedersachsen!
- ansonsten bewundernswertes Engagement der Vortragenden! Danke.

Aus den Erfahrungen während der KLEE-Projektlaufzeit und aus den erhaltenen Rückmeldungen lassen sich einige übertragbare, allgemeingültige Empfehlungen für derartige Beteiligungsprozesse formulieren:

- **Transparenz:** Die Ziele, Themen und Beteiligungsoptionen am gesamten Prozess müssen rechtzeitig und eindeutig kommuniziert werden.
- **Methodik:** Zur Erreichung der zu Beginn definierten Ziele werden nachvollziehbare und transparente Methoden angewandt. Im Rahmen der Lern- und Aktionsallianzen bieten fünf aufeinander aufbauende Phasen (Bewusstseinsbildung – Aufbau von Kapazitäten – Maßnahmenentwicklung zur Erreichung der Ziele – Bewertung der Effektivität von Maßnahmen – Zusammenfassung der Lösungsvorschläge in einem Gesamtkonzept) einen roten Faden über die gesamte Projektlaufzeit.
- **Art der Kommunikation:** Mit allen Beiträgen und Ergebnissen verantwortungsvoll umgehen. Vertrauensbildung durch Empathie und verbindliche Kommunikation. Ein/e anerkannte/r Moderator/in strukturiert den Prozess und sorgt für eine angemessene Gesprächskultur.

- **Formate:** Ein mehrteiliger, durchgängig ähnlicher Aufbau der einzelnen Lern- und Aktionsallianzen verbindet die Vermittlung von Expertenwissen (im Rahmen von Fachvorträgen) mit der Möglichkeit der Partizipation an der Entscheidungsfindung durch die Teilnehmenden (zumeist interaktive Workshops in kleinen Arbeitsgruppen). In Abhängigkeit des jeweiligen Themas werden die Lern- und Aktionsallianzen durch einen Ortstermin ergänzt. Günstig gewählte Abendtermine in angemessener Länge mit eingeplanter Zeit zum persönlichen Austausch stellen sicher, dass alle Interessierten an den Veranstaltungen teilnehmen können.
- **Wissensvermittlung:** Eine verständliche und anschauliche Vermittlung der notwendigen Zusammenhänge und Hintergrundinformationen ist die Grundlage für das Treffen von gemeinsamen Entscheidungen.
- **Inter- und Transdisziplinarität:** Der direkte Austausch mit unabhängigen Experten aus unterschiedlichen Fachrichtungen veranschaulicht die Komplexität der Problemstellungen. Durch die Einbindung der praxisrelevanten Akteure ist eine Umsetzung vergleichsweise realistisch.

Aus dem KLEE-Beteiligungsprozess lässt sich zusammenfassend lernen, dass bei vorhandener Betroffenheit in der Region und unter Berücksichtigung der aufgelisteten Empfehlungen die Miteinbeziehung von Akteuren zur aktiven Auseinandersetzung mit dem Thema Klimaanpassung sehr gut gelingen kann und sich aus dieser Beteiligung wertvolle Beiträge bei der Erarbeitung von Lösungsansätzen ergeben.

5.4 Interviews mit externen Referenten

1. Welche Bedeutung hat das Thema Klimawandel und Fließgewässer für Ihre tägliche Arbeit?

Die prognostizierten Extremwetterereignisse verstärken für die heimischen Fließgewässer im Wesentlichen zwei gravierende Problembereiche:

- Verstärkte Bodenerosion verschärft so die Fracht an Feinsanden, Nähr- und Schadstoffen. Der Sand überdeckt das natürliche kiesig-grobsandige Bodensubstrat und zerstört wertvolle Kleinstlebensräume im Lückensystem der Gewässersohle. Die Wasserqualität sinkt durch steigende Einträge von Düngemitteln und Pestiziden.
- Verlängerte Trockenphasen reduzieren die Wasserführung, welches speziell in den ökologisch sehr bedeutsamen Oberläufen und Quellbereichen zu einer Veränderungen oder Vernichtung dieser Lebensräume führt.

2. Welches sind aus Ihrer Sicht die wichtigsten Punkte, um die klimawandelbedingt zu erwartenden zukünftigen Hochwasser- und Sedimentprobleme im Este-Einzugsgebiet in den Griff zu bekommen?

Hier greifen im Wesentlichen drei Aspekte: Bodenbewirtschaftung, Flächenversiegelung und Gewässerunterhaltung. Wir brauchen einen Umbau der intensiven, industriell ausgerichteten Landwirtschaft hin zu umweltverträglicheren und extensiveren Bewirtschaftungsmethoden. Flächenversiegelungen müssen reduziert, deren Auswirkungen neu bewertet und somit durch umfassendere Maßnahmen kompensiert werden. Die immer noch oft praktizierte harte Gewässerunterhaltung muss an die bestehenden Rechtsnormen angepasst und den Bächen und ihren Auen mehr Raum gegeben werden.

3. Hat sich nach Ihrer Wahrnehmung die Gesprächsbereitschaft der vielen unterschiedlichen Interessensvertreter an der Este und das Verständnis füreinander während der KLEE-Projektlaufzeit verändert?

Das KLEE-Projekt bot allen eine Möglichkeit, das Ausmaß der zukünftigen Herausforderungen und die bestehenden Interessenkonflikte zu erkennen und in kontroversen Diskussionen einander darzustellen. Für wirklich nachhaltige und konstruktive Einstellungsveränderungen war die Zeit jedoch zu kurz.



Henry Holst

Erster Vorsitzender Arbeitskreis Naturschutz
in der Samtgemeinde Tostedt e.V.

4. In welchen Bereichen liegen nach Ihrer Meinung die schwierigsten und komplexesten Interessen- und Nutzungskonflikte?

Der gravierendste Konfliktbereich besteht sicherlich in den unterschiedlichen Denk- und Handlungsweisen bei Naturschutz und konventioneller Landwirtschaft. Die heutigen technischen Errungenschaften ermöglichen die industriell orientierte Produktion von landwirtschaftlichen Produkten zu Niedrigstpreisen. Der Preis hierfür wird jedoch an anderer Stelle gezahlt: Wertvolle Lebensräume werden vernichtet und die Biosphäre mit Giftstoffen angereichert. Indem wir lernen, Fließgewässer als Lebensadern zu begreifen und nicht lediglich als Abflusskanäle, ändern wir auch den Umgang mit diesen wertvollen Landschafts- und Naturelementen. Dies könnte wesentlich dazu beitragen, vom Menschen gemachte Probleme wie Hochwasser, Bodenerosion und Sedimenttransport zu reduzieren.

5. Was möchten Sie den KLEE-Projektpartnern mit auf den Weg geben?

Der Klimawandel ist ein unbestrittenes Symbol für die tiefgreifenden, globalen Eingriffe durch den Menschen. Er wird unsere Welt radikal verändern. Um das Schlimmste zu verhindern, müssen wir unsere Einstellungen und Handlungen ebenso drastisch verändern, sonst bleiben wir die Statisten, die diesen Prozess nur ohnmächtig mit verfolgen. Erfolgreiches Handeln beginnt immer im Kleinen und am besten gemeinsam.

1. Welche Bedeutung hat das Thema Klimawandel und Fließgewässer für Ihre tägliche Arbeit?

Der Klimawandel hat für die tägliche Arbeit eine große Bedeutung. Unser Verband befasst sich sowohl mit der Gewässerunterhaltung und -entwicklung als auch mit dem Wassermanagement für die landwirtschaftliche Feldberegnung. Deshalb versuchen wir seit etwa 10 Jahren den Spagat zwischen den Wasserentnahmen für die Beregnung und den verschiedenen Einflüssen auf den Wasserhaushalt im Grundwasser und in den Fließgewässern zu meistern.

Gerade weil sich bei den Basisabflüssen der kleinen Gewässer die Einflüsse der Grundwasserentnahmen und der klimawandelbedingt veränderten Grundwasserneubildung überlagern, haben wir frühzeitig Konzepte für eine Anpassung der Wasserentnahmen, die Nutzung von neuen Wasserressourcen oder einen Ausgleich von Wassermengen entwickelt, die teilweise auch schon umgesetzt werden.

2. Welches sind aus Ihrer Sicht die wichtigsten Punkte, um die klimawandelbedingt zu erwartenden zukünftigen Hochwasser- und Sedimentprobleme im Este-Einzugsgebiet in den Griff zu bekommen?

Im Grunde geht es um zwei völlig unterschiedliche Aspekte. Auf der einen Seite wird es häufiger Hochwasser- und Starkregenereignisse geben, die zurückgehalten oder sicher im Gewässer abgeführt werden müssen. Dabei muss auch der Sedimenteintrag durch Einschwemmungen aus Oberflächenabflüssen entscheidend verringert werden.

Daneben wird aber auch die Verringerung der Schleppkraft durch den Rückgang der Mittel- und Niedrigwasserabflüsse Maßnahmen erfordern, die verhindern, dass durch vermehrte Sedimentablagerungen das Lückensystem der Gewässersohle verstopft.

Da ein Wasserrückhalt in der Fläche nicht immer möglich ist, werden für den Hochwasserabfluss oft größere Gewässerquerschnitte erforderlich oder es müssen häufigere Überflutungen akzeptiert werden. Im Gegensatz dazu müssen die bei Niedrigwasserabfluss relevanten Querschnitte verkleinert werden, um für den Sedimenttransport ausreichend große Fließgeschwindigkeiten und Schleppkräfte sicherzustellen.



Ulrich Ostermann

Geschäftsführer des Kreisverbandes der Wasser- und Bodenverbände Uelzen

3. Hat sich nach Ihrer Wahrnehmung die Gesprächsbereitschaft der vielen unterschiedlichen Interessensvertreter an der Este und das Verständnis füreinander während der KLEE-Projektlaufzeit verändert?

Ja, das gegenseitige Verständnis für die jeweiligen Aufgaben und Positionen der verschiedenen Akteure hat sich durch den Austausch untereinander deutlich verbessert. Die Ressentiments sind weitgehend abgebaut und niemand ist gezwungen, immer wieder zu erklären, was er aus welchen Gründen macht oder machen muss.

4. In welchen Bereichen liegen nach Ihrer Meinung die schwierigsten und komplexesten Interessen- und Nutzungskonflikte?

Die größten Konflikte liegen in den Bereichen Hochwasserschutz und Flächenverfügbarkeit. Durch die veränderte Ertragsstruktur in der Landwirtschaft werden inzwischen selbst teilweise vernässte Grenzertragsstandorte genutzt. Damit haben sich die Preise für Acker- und Grünland deutlich erhöht. Dieses Problem betrifft sowohl Maßnahmen der Gewässerentwicklung als auch des Hochwasserschutzes, wenn es überhaupt noch möglich ist, landwirtschaftliche Flächen zu erwerben.

5. Was möchten Sie den KLEE-Projektpartnern mit auf den Weg geben?

Wichtig ist, dass auch nach Abschluss des KLEE-Projektes die verschiedenen Akteure (Kommunen, Landwirtschaft, Naturschutz, Verbände usw.) im Gespräch bleiben. Dazu sind nicht unbedingt regelmäßige Treffen erforderlich. Vor allem kann dies über gemeinsame Projekte mit von Fall zu Fall unterschiedlichen Projektpartnern gelingen. Dazu bedarf es aber eines „Motors“ vor Ort, der von allen anerkannt ist und auch die Fäden zusammenhält.

1. Welche Bedeutung hat das Thema Klimawandel und Fließgewässer für Ihre tägliche Arbeit?

Die Entwicklung des Klimawandels ist für die Landwirtschaft grundsätzlich von existentiellern Belang. Alle Hochwasserereignisse der zurückliegenden Jahre betrafen auch Acker- und Grünländereien entlang der hiesigen Haupt- und Nebenflüsse. Insofern sind die damit verbundenen Auswirkungen jederzeit präsent. So wie verschiedene Faktoren den Klimawandel verursachen, sind auch unterschiedliche Ansätze erforderlich, um die Auswirkungen in einem beherrschbaren Rahmen zu halten. Wir unterstützen dabei gerade den lokalen Ansatz des KLEE-Projektes.

2. Welches sind aus Ihrer Sicht die wichtigsten Punkte, um die klimawandelbedingt zu erwartenden zukünftigen Hochwasser- und Sedimentprobleme im Este-Einzugsgebiet in den Griff zu bekommen?

Aus den Gesprächen und Veranstaltungen ist deutlich geworden, dass die Einzelmaßnahmen gut miteinander verknüpft werden müssen, damit die Projektziele erreicht werden. Aus landwirtschaftlicher Sicht seien nochmals die produktionsintegrierten Maßnahmen wie der Zwischenfruchtanbau oder die Mulchsaat als Beitrag genannt.

3. Hat sich nach Ihrer Wahrnehmung die Gesprächsbereitschaft der vielen unterschiedlichen Interessensvertreter an der Este und das Verständnis füreinander während der KLEE-Projektlaufzeit verändert?

Im Verlauf des Projektes hat sich das Verständnis für die Zusammenhänge bei allen Teilnehmern deutlich verbessert. Die Orientierung an Sachthemen half auch, Brücken zwischen den Menschen zu bauen. Dies ist eine sehr positive Entwicklung, die bei der möglichen Umsetzung der weiteren Schritte sehr helfen wird.



Ulrich Peper

Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Bezirksstelle Uelzen
Leiter Fachgruppe 1
-Bildung Beratung Tierproduktion-

4. In welchen Bereichen liegen nach Ihrer Meinung die schwierigsten und komplexesten Interessen- und Nutzungskonflikte?

Der Druck auf die Beanspruchung und den Verbrauch von landwirtschaftlichen Nutzflächen durch Dritte ist im Landkreis Harburg insgesamt groß. Es wird wenig Bereitschaft geben, weitere Nutzflächen (besonders Acker) für Maßnahmen zur Verfügung zu stellen

5. Was möchten Sie den KLEE-Projektpartnern mit auf den Weg geben?

Um nachhaltige Akzeptanz zu erreichen, sollte der durch das Projekt begonnene Dialog auch im Rahmen der Umsetzung beibehalten werden. In diesem Zusammenhang halten wir auch die Analyse des Nutzens jeder Maßnahme für sehr sinnvoll.



Ein wesentliches Ziel des Forschungsvorhabens KLEE ist die Entwicklung eines detaillierten integrierten Anpassungskonzepts für die Este, das Maßnahmen aufzeigt, die den negativen Auswirkungen des Klimawandels entgegenwirken. Im Hinblick auf eine möglichst hohe Realisierungswahrscheinlichkeit der KLEE-Anpassungsmaßnahmen werden neben der reinen Wirksamkeit weitere Faktoren wie Akzeptanz, Ursachenrelevanz, Kosten, praktische Flächenverfügbarkeit, Dauer der Umsetzung als Grundlage für die Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen gegeneinander herangezogen. Nur durch die Berücksichtigung sowohl der unterschiedlichen Planungsinstanzen als auch der Interessen sämtlicher beteiligter Akteure kann eine hohe Akzeptanz für einzelne Maßnahmen erreicht werden.

6.1 Methodik zur Priorisierung

Im Rahmen des Vorhabens KLEE wird als Grundlage für die spätere Umsetzung eine Priorisierung der analysierten und bewerteten Maßnahmen untereinander vorgenommen. Abb. 6.1 gibt einen Überblick über die dazu erarbeitete Methodik zur Bewertung und Priorisierung von Anpassungsmaßnahmen. Neben der Wirksamkeit gehen die Beurteilung aus unterschiedlichen Sichtweisen, die Realisierungschancen sowie die Zukunftsfähigkeit und Ursachenrelevanz in das Priorisierungsverfahren mit ein. Für alle untersuchten Anpassungsmaßnahmen wird jeder dieser Faktoren mit einer Punktzahl auf einer Skala von -2 bis +2 bewertet. Das Zustandekommen der einzelnen Faktoren wird in den folgenden Kapiteln im Detail beschrieben.

Es erfolgt eine getrennte Priorisierung hinsichtlich der Hochwasser- und der Sedimentproblematik. Grund hierfür ist die Tatsache, dass fast alle untersuchten Maßnahmen unterschiedliche Wirkungen bezüglich dieser beiden Fragestellungen aufweisen. Zudem gibt es keine Maßnahme, die sich eindeutig positiv sowohl auf die Hochwasser- als auch auf die Sedimentproblematik auswirkt. Bei einer gemittelten Priorisierung würde eine Maßnahme mit hoher Wirksamkeit hinsichtlich der Sedimentproblematik, aber keiner Wirkung hinsichtlich der Hochwasserproblematik in der Summe lediglich ein mittleres Ergebnis erzielen. Mit dem gewählten Verfahren hingegen wird sichergestellt, dass für die jeweiligen Problemstellungen auch die bestmöglichen Lösungen mit einer hohen bis sehr hohen Priorität eingestuft werden können.

Das entscheidende Kriterium bei der Bewertung und Priorisierung einer Maßnahme ist die Wirksamkeit hinsichtlich der als Folge des Klimawandels verschärften

Hochwasser- bzw. Sedimentproblematik. Daher geht dieser Wert mit einem Wichtungsfaktor von 40 % in das Berechnungsverfahren ein. Die verbleibenden drei Kriterien werden zu gleichen Teilen mit je 20 % gewichtet.

Als Resultat werden für jede KLEE-Anpassungsmaßnahme zwei Werte berechnet:

- P_H : Priorisierung bzgl. der Hochwasserproblematik
- P_S : Priorisierung bzgl. der Sedimentproblematik

Die resultierenden Werte liegen durch das beschriebene Berechnungsverfahren in einem Bereich von -2 bis +2. In Abhängigkeit der errechneten Werte werden den Maßnahmen unterschiedliche Prioritäten entsprechend des in Abb. 6.2 dargestellten Schlüssels zugeordnet. Da Maßnahmen mit einer hohen Wirksamkeit bezüglich der Hochwasserproblematik wesentlich komplexer umzusetzen sind als Maßnahmen, die hinsichtlich der Sedimentproblematik positiv wirken, erzielen sie tendenziell schlechtere Werte bei der Beurteilung aus unterschiedlichen Sichtweisen sowie bei der Abschätzung der Realisierungschancen. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, unterscheiden sich die Grenzwerte der Priorisierung für die beiden Fragestellungen leicht von einander.

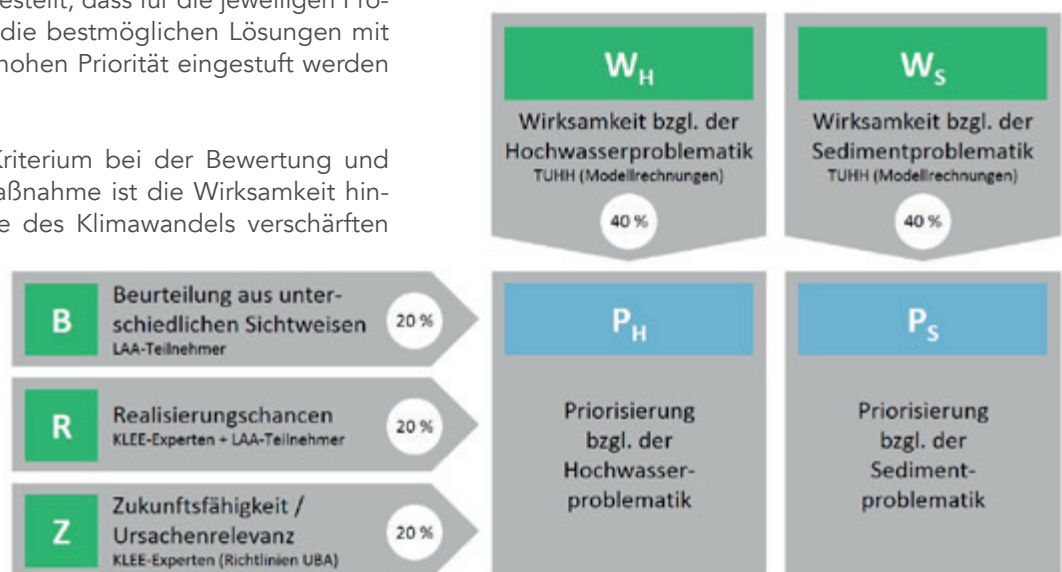


Abb. 6.1: Methodik zur Priorisierung der KLEE-Anpassungsmaßnahmen

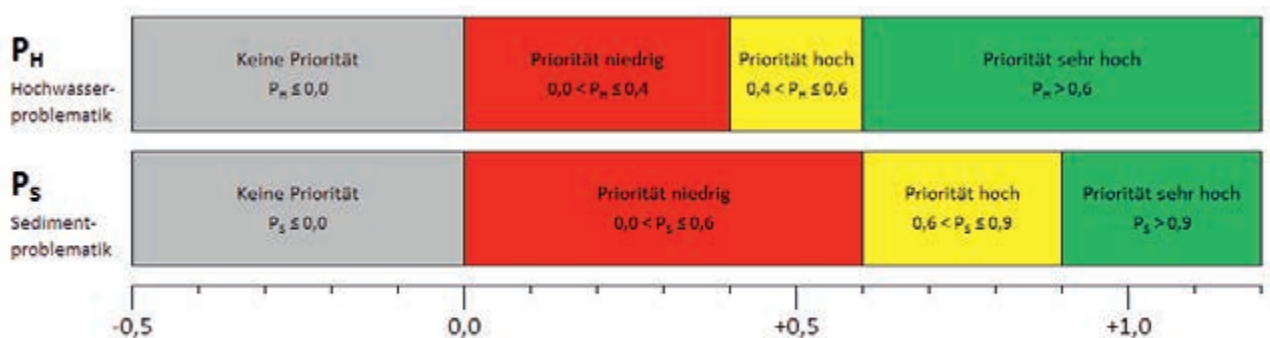


Abb. 6.2: Grenzwerte für die Priorisierung von KLEE-Anpassungsmaßnahmen

Eine ausklappbare Legende am Ende des vorliegenden Bandes fasst die wesentlichen Aspekte des in diesem Kapitel beschriebenen Priorisierungsverfahrens anschau-

lich zusammen. Dem Leser wird damit das Nachvollziehen der im folgenden Kapitel 7 vorgenommenen Priorisierung der KLEE-Bausteine erleichtert.

6.2 Beurteilung der Maßnahmen aus unterschiedlichen Sichtweisen

Die Vielzahl an Akteuren im KLEE-Modellgebiet und ihre jeweiligen Hauptanliegen wurden in Kapitel 2 bereits identifiziert und im Detail beschrieben. Diese Akteure wurden zu vier Akteursgruppen mit größtenteils gemeinsamen Interessen zusammengefasst:

- Land- und Forstwirtschaft
- Naturschutz / Fischerei
- Este-Anwohner im Oberlauf
- Este-Anwohner im Unterlauf

Es sei darauf hingewiesen, dass es zwischen den einzelnen Akteursgruppen zum Teil stark auseinandergehende Meinungen hinsichtlich der verschiedenen Lösungsansätze für die Anpassung an die Folgen des Klimawandels im KLEE-Modellgebiet gibt.

In den Workshops der Lern- und Aktionsallianzen 2 und 3 war es Aufgabe der Teilnehmer, Vor- und Nachteile verschiedener Anpassungsmaßnahmen aus den jeweiligen Sichtweisen zu diskutieren und zu analysieren. Alle Teilnehmer waren dadurch gezwungen, ihre gewohnte Sichtweise aufzugeben und auch andere Standpunkte einzunehmen. Für viele Teilnehmer war dies ein wichtiger Impuls, um insgesamt mehr Verständnis für die Ziele anderer Interessengruppen zu entwickeln.

Die Auswertung ergab für jede Maßnahme eine Pro- und Kontra-Liste, untergliedert in die jeweiligen Akteursgruppen. Im Ergebnis wird jede Anpassungsmaßnahme aus vier unterschiedlichen Sichtweisen entsprechend Tab. 6.1 mit Punkten bewertet. Abschließend ermittelt sich der Faktor zur Beurteilung der Anpassungsmaßnahme aus unterschiedlichen Sichtweisen (Faktor B) als Mittelwert der vier Einzelbewertungen. Der Wert ergibt sich ausschließlich aus dem Votum der Workshop-Teilnehmer – eine Ergänzung objektiv möglicherweise fehlender Argumente durch die KLEE-Experten wurde nicht vorgenommen.

Tab. 6.1: Beurteilung der KLEE-Anpassungsmaßnahmen aus unterschiedlichen Sichtweisen

Beschreibung	Punktzahl
Beurteilung negativ	-2
Beurteilung überwiegend negativ	-1
Beurteilung sowohl positiv als auch negativ bzw. keine Auswirkungen zu erwarten	0
Beurteilung überwiegend positiv	+1
Beurteilung positiv	+2

6.3 Abschätzung der Realisierungschancen von Maßnahmen

Ein wesentliches Kriterium für die Priorisierung der KLEE-Anpassungsmaßnahmen ist die Beantwortung der Frage, wie realistisch die Umsetzung einer Maßnahme tatsächlich ist bzw. eingeschätzt wird. Die Abschätzung der zu erwartenden Realisierungschancen erfolgte durch die KLEE-Experten. Basis hierfür sind die während der Lern- und Aktionsallianzen 2 und 3 formulierten Anmerkungen der Workshop-Teilnehmer zu diesem Kriterium. Wesentlichen Einfluss auf die Realisierungschancen von Anpassungsmaßnahmen haben

- die zu erwartenden Kosten,
- die benötigte Dauer bis zur Maßnahmenumsetzung sowie
- die praktische Flächenverfügbarkeit.

In die Abschätzung der zu erwartenden Kosten gehen Investitionskosten, mögliche Kosten für den Flächenerwerb, zu erwartende laufende Kosten sowie eventuelle

spätere Entschädigungszahlungen ein. Investitionskosten wären in unterschiedlicher Höhe für alle Maßnahmen fällig. Laufende Kosten bzw. Betriebskosten hingegen wären nur bei ausgewählten Maßnahmen anzusetzen, beispielsweise Stromkosten bei der Errichtung eines Pumpwerks am Este-Sperrwerk. Am Beispiel eines als Trockenbecken konzipierten Hochwasserrückhaltebeckens wird der Unterschied zwischen tatsächlichem Flächenerwerb und Entschädigungszahlungen verdeutlicht: Die Fläche für ein geeignetes Absperrbauwerk (z.B. Hochwasserdamm) ist meist nicht oder nur noch sehr eingeschränkt nutzbar und muss daher häufig gekauft werden. Das eigentliche Einstaubcken Oberstrom des Absperrbauwerkes wird – je nach Betriebsweise – lediglich bei starken Hochwasserereignissen eingestaut und kann in der Mehrzahl der Jahre ohne Einschränkung bewirtschaftet werden. Hier sind lediglich Entschädigungsvereinbarungen für den Fall eines Einstaus zu treffen.

Die benötigte Dauer bis zur Umsetzung von Maßnahmen beschreibt den zu erwartenden Zeithorizont bis zur tatsächlichen Realisierung (Planung, Genehmigungsverfahren, Umsetzung) unter der Voraussetzung, dass Fragen hinsichtlich Kosten und Flächen bereits geklärt sind.

Die praktische Flächenverfügbarkeit beschreibt die zu erwartende Perspektive, dass die für die Maßnahmenumsetzung benötigten Flächen auch tatsächlich zur Verfügung stehen. Beispielsweise dürfte die Bereitschaft zur Anwendung konservierender Bodenbearbeitungsmethoden auf landwirtschaftlich genutzten Flächen wesentlich größer sein als die Bereitschaft zur Nutzungsänderung von Ackerflächen zu Grünland oder Waldflächen.

Tab. 5.2 gibt eine Übersicht über die zu vergebenden Punktzahlen für die drei beschriebenen Bewertungskriterien.

Der Mittelwert hieraus ergibt den Faktor R zur Abschätzung der Realisierungschancen.

Tab. 6.2: Abschätzung der Realisierungschancen von KLEE-Anpassungsmaßnahmen

Kriterium	Punktzahl				
	-2	-1	0	+1	+2
Zu erwartende Kosten	Eher hoch			Eher gering	
Benötigte Dauer bis zur Umsetzung	Langfristig			Kurzfristig	
Praktische Flächenverfügbarkeit	Eher gering			Eher hoch	

6.4 Ursachenrelevanz und Zukunftsfähigkeit von Maßnahmen

KLEE hat zum Ziel, langfristig angelegte und nachhaltig wirkende Lösungen zu entwickeln, um den negativen Auswirkungen des Klimawandels zu begegnen. Es sollen somit nicht die Symptome behandelt werden, sondern die Ursachen der Probleme werden in den Fokus gerückt. In Anlehnung an Kriterien für gute Klimaanpassungsmaßnahmen des Umweltbundesamts (Umweltbundesamt, 2013) entwickelten die KLEE-Experten folgende Definition für die Bewertung der Ursachenrelevanz und Zukunftsfähigkeit von Anpassungsmaßnahmen:

Eine Maßnahme im KLEE-Modellgebiet gilt im Rahmen dieses Bewertungsschemas als zukunftsfähig, wenn sie

- an den Ursachen der jeweils betrachteten Probleme – hier: Hochwasser- bzw. Sedimentproblematik – ansetzt,
- unter verschiedenen denkbaren Klimaszenarien positiv im Sinne der jeweiligen Fragestellung wirkt und

- neben der Anpassung an den Klimawandel zudem weitere positive Effekte auf Umwelt und / oder Gesellschaft hat und mit verhältnismäßig geringen Kosten zukünftig modifiziert werden kann.

Dementsprechend gelten Maßnahmen, die lediglich die aus dem Klimawandel resultierenden Folgen beheben, nach dieser Definition als nicht zukunftsfähig. Hinsichtlich des beschriebenen Kriteriums erfolgt die Bewertung der Anpassungsmaßnahmen nach Tab. 6.3.

Tab. 6.3: Beurteilung der Ursachenrelevanz / Zukunftsfähigkeit von KLEE-Anpassungsmaßnahmen

Punktzahl				
-2	-1	0	+1	+2
Definition trifft gar nicht zu			Definition trifft voll zu	

6.5 Untersuchung der Wirksamkeit von Maßnahmen

Entscheidend für eine transparente und nachvollziehbare Priorisierung ist ein hoher Grad an Vergleichbarkeit zwischen den untersuchten Anpassungsmaßnahmen. Die Bewertung der Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen erfolgt daher exemplarisch für neun Lokationen entlang des Flusslaufes der Este (Abb. 6.3): sechs Lokationen an der Oberen Este (Bötersheim, Hollenstedt, Emmen, Moissburg, Heimbruch und Buxtehude Schützenplatz) sowie drei Lokationen im tidebeeinflussten Bereich der Unteren Este (Buxtehude Hafen, Jork-Moorende und Cranz).

Die Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen wird getrennt für die Hochwasser- und Sedimentproblematik betrachtet. Tab. 6.4 erläutert Symbolik und Punktzugabe für die unterschiedlichen Wirksamkeiten von Maßnahmen. Die mittlere Wirksamkeit einer Anpassungsmaßnahme errechnet sich als Mittelwert aus den neun Einzelbewertungen an den oben genannten neun Lokationen entlang der Este.

An dieser Stelle sei auf die Auswahlmöglichkeit „nicht maßgebend“ in Tab. 6.4 hingewiesen. Grund hierfür ist

die Tatsache, dass strukturelle Maßnahmen im Unterlauf der Este keinen Einfluss auf die Bedingungen an der Oberen Este haben. Würde man an allen Lokationen am Oberlauf das Kriterium „Keine Wirksamkeit“ mit null Punkten vergeben, so wäre der Wert für die mittlere Wirksamkeit dieser Maßnahme relativ gering, obwohl für den Unterlauf der Este möglicherweise eine sehr hohe Wirksamkeit vorläge. Wurde also an einzelnen Lokationen das Kriterium „nicht maßgebend“ vergeben, so wird diese Lokation nicht bei der Berechnung der mittleren Wirksamkeit der Anpassungsmaßnahme berücksichtigt.



Abb. 6.3: Überblick über ausgewählte Lokationen entlang der Este zur exemplarischen Untersuchung der Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen

Die quantitative Wirksamkeit einer Anpassungsmaßnahme definiert sich dadurch, in welchem Maß die zu erwartenden negativen Folgen des Klimawandels durch die jeweilige Maßnahme abgemindert werden. Am Beispiel von maximalen Scheitelwasserständen für den Oberlauf der Este soll dies veranschaulicht werden (Abb. 6.4). Der maximale Scheitelwasserstand an einer bestimmten Lokation beim aktuell maßgebenden Bemessungsereignis (für den Oberlauf der Este: HQ₁₀₀) ist gestrichelt dargestellt. Klimawandelbedingt wird es zu einem Anstieg dieses Wasserstands kommen (durchgezogene Linie). Diese Änderung entspricht per Definition 100 % der Auswirkungen des Klimawandels. Mit geeigneten Anpassungsmaßnahmen wird der Wasserstand, der sich beim gewählten Lastfall einstellt, beeinflusst. Im Vergleich zwischen ermitteltem Wasserstand mit und ohne Maßnahme erfolgt eine Zuordnung zu einer der in Tab. 6.4 aufgelisteten Kategorien. Bei einer Abweichung von maximal 3 % bzw. 1 cm mit und ohne Maßnahme wird vor dem Hintergrund der begrenzten Rechengenauigkeit von einer Unwirksamkeit der Maßnahme bezüglich der Wasserstandsabminderung ausgegangen. Werden die Folgen des Klimawandels um bis zu 20 % reduziert, so hat die Maßnahme eine geringe bis mittlere Wirksamkeit. Maßnahmen mit einer hohen bis sehr hohen Wirksamkeit weisen per Definition eine in diesem Fall abmindernde Wirkung auf den Scheitelwasserstand von mehr als 20 % auf. Verschlechtert sich die Situation durch die untersuchte Maßnahme hingegen, so wird das Kriterium „Negative Auswirkung“ vergeben.

Tab. 6.4: Bewertung der Wirksamkeit von KLEE-Anpassungsmaßnahmen, unterteilt in Hochwasser- und Sedimentproblematik

Beschreibung	Punktzahl	Hochwasserproblematik: Faktor W_H	Sedimentproblematik: Faktor W_S
Nicht maßgebend	/	○	○
Negative Auswirkung	-2	⊗	⊗
Keine Wirksamkeit	0	●	●
Geringe bis mittlere Wirksamkeit	+1	●	●
Hohe bis sehr hohe Wirksamkeit	+2	●	●

Im Sinne einer möglichst guten Vergleichbarkeit der Anpassungsmaßnahmen werden für jede gewählte Lokation immer die gleichen Parameter zur Beurteilung der Wirksamkeit untersucht (Abb. 6.5). Im Hinblick auf die Hochwasserproblematik werden die Obere Este und die tidebeeinflusste Untere Este unterschieden. Während für die Obere Este die maximalen HQ₁₀₀-Scheitelwasser-

stände betrachtet werden, sind für die Untere Este die Abflussfüllen maßgebend, die sich beim kombinierten Auftreten eines HQ₁₀ und der Schließung des Sperrwerks über die Dauer von drei Tiden (Dauer: 30 Stunden) bei gleichzeitigem Schöpfwerkbetrieb ergeben. Die Sedimentproblematik wird unterteilt in Fragestellungen des Sedimenttransports in der Este sowie Sedimenteintrag aus Flächen.

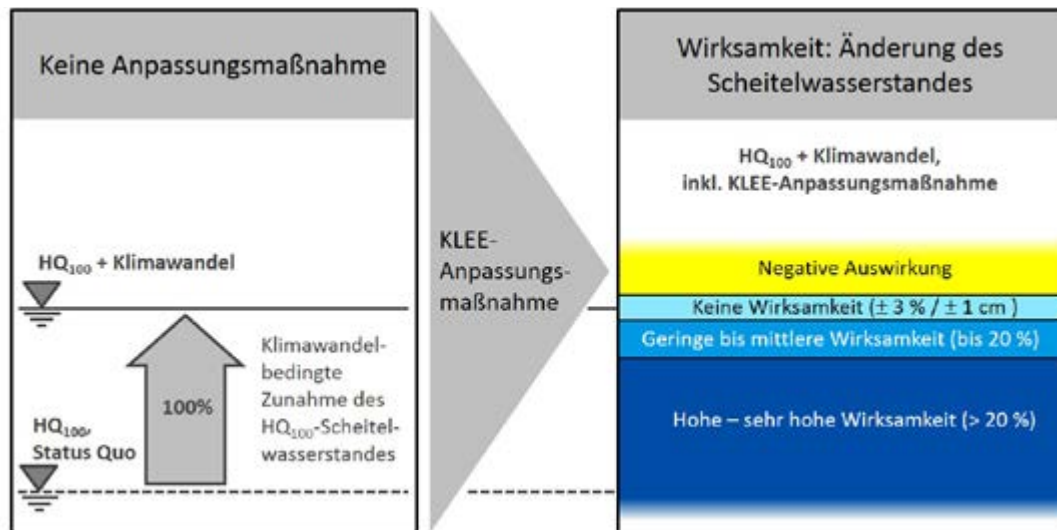


Abb. 6.4: Definition der Wirksamkeit von KLEE-Anpassungsmaßnahmen am Beispiel von maximalen Scheitelwasserständen für die Obere Este



Abb. 6.5: Konzept zur Untersuchung der Wirksamkeit von KLEE-Anpassungsmaßnahmen

Konkrete Klimaanpassungsmaßnahmen für das Modellgebiet: KLEE-Bausteine

In diesem Kapitel werden konkrete Anpassungsoptionen an den Klimawandel für das Einzugsgebiet der Este vorgestellt. Diese KLEE-Bausteine wurden unter maßgeblicher Beteiligung aller relevanten Akteure im KLEE-Modellgebiet (Kapitel 5) entwickelt. Entsprechend der in Kapitel 4 vorgenommenen Einteilung werden die KLEE-Bausteine in folgende Kategorien zusammengefasst:

- Maßnahmen zum Wasser- und Sedimentrückhalt in der Fläche (Kapitel 7.1)
- Stauraumschaffung für den Hochwasserschutz (Kapitel 7.2)
- Wiederherstellung einer naturnahen Morphodynamik (Kapitel 7.3)

Anhand des in Kapitel 6 erläuterten Priorisierungsverfahrens werden die im Einzelnen untersuchten Anpassungsmaßnahmen mit Blick auf die beiden zentralen in KLEE behandelten Fragestellungen (Hochwasser- und Sedimentproblematik) priorisiert. Für jeden KLEE-Baustein erfolgt zunächst eine kurze Beschreibung der untersuchten Anpassungsmaßnahme. Auf dieser Grundlage werden für jede Maßnahme die Faktoren des Priorisierungsverfahrens dargestellt (Beurteilung aus unterschiedlichen Sichtweisen; Abschätzung der Realisierungschancen; Beurteilung der Ursachenrelevanz / Zukunftsfähigkeit; Bewertung der Wirksamkeit). Erläuternde Kommentare zur letztlich vorgenommenen Priorisierung ergänzen die Darstellung.

Eine ausklappbare Legende am Ende des vorliegenden Bandes fasst die wesentlichen Aspekte des in Kapitel 6 beschriebenen Priorisierungsverfahrens anschaulich zusammen und erleichtert dem Leser das Nachvollziehen der Priorisierung der KLEE-Bausteine.

Wie Anpassung an den Klimawandel im Einzugsgebiet der Este konkret aussehen kann, zeigen die Projektpartner beispielhaft anhand von bereits initiierten KLEE-Pilotvorhaben in Kapitel 7.4. Schließlich liefert Kapitel 7.5 eine Einordnung der untersuchten Klimaanpassungsmaßnahmen auf Basis des bestehenden Rechts und der behördlichen bzw. politischen Zuständigkeiten.

7.1 Maßnahmen zum Wasser- und Sedimentrückhalt in der Fläche

Maßnahmen mit dem Ziel, Wasser und Sediment in der Fläche, also im gesamten Flusseinzugsgebiet, zurückzuhalten, lassen sich nach der jeweiligen Flächenart unterscheiden. Zur Erreichung der für KLEE definierten Ziele hinsichtlich einer erfolgreichen Anpassung an die Fol-

gen des Klimawandels werden in diesem Kapitel Anpassungsmaßnahmen auf landwirtschaftlichen Flächen, in Siedlungsgebieten sowie in den Gewässerauen, die das Bindeglied zwischen den Flüssen und den angrenzenden Flächen bilden, untersucht.

7.1.1 Angepasste ressourcenschonende Landbewirtschaftung

Beschreibung der Maßnahme

Wie in Kap. 3.5 erläutert wurde, ist auf landwirtschaftlichen Flächen im Einzugsgebiet der Este mit einer klimawandelbedingten Zunahme des potenziellen Bodenabtrags in einer Größenordnung von 20 % bis 30 % zu rechnen. Während für den Bereich der Unteren Este in der Marsch keine merklichen Auswirkungen erwartet werden, ist für das Einzugsgebiet der Oberen Este in der Geest mit Zunahmen von stellenweise über 30 % auszugehen. Wie in Kap. 2 beschrieben wurde, werden rund 50 % der Geestflächen des KLEE-Modellgebiets landwirtschaftlich genutzt (überwiegend als Ackerland). Abb. 7.1.1 zeigt die entsprechenden Ackerflächen im Einzugsgebiet der Oberen Este.

Eine Möglichkeit, die von landwirtschaftlichen Flächen ausgehende Hochwasserbildung sowie den zum Teil erheblichen Sedimenteintrag in Gewässer zu reduzieren, ist die Anwendung von angepassten, ressourcenschonenden Methoden der Landbewirtschaftung. Potenziale für das KLEE-Modellgebiet werden am Beispiel der konservierenden Bodenbearbeitung dargestellt. Im Gegensatz zur konventionellen Bodenbearbeitung werden bei dieser erosionshemmenden Art der Bodenbewirtschaftung nicht wendende Bodenbearbeitungsgeräte wie Grubber oder Scheibeneggen verwendet, wodurch der Ackerboden in seinem Aufbau weitestgehend belassen wird. Ernterückstände (Mulch) wie Stroh verbleiben dabei entweder unbehandelt auf den Feldern, oder sie werden flach in den Boden eingearbeitet.

Untersuchungen mithilfe der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung¹⁹ haben gezeigt, dass durch den Einsatz des Mulchsaatverfahrens fast im gesamten Einzugsgebiet der Oberen Este eine deutliche Reduktion des potenziellen Bodenabtrags trotz Klimafolgen erreicht werden kann (Nehlsen 2012).

Beurteilung aus unterschiedlichen Sichtweisen

Die Beurteilung dieser Maßnahme erfolgte durch die Teilnehmer der 2. Lern- und Aktionsallianz vom 15.05.2014 (Tab. 7.1.1). Aus Sichtweise der Land- und Forstwirtschaft führten hier sowohl positive als auch negative Aspekte zu einer neutralen Bewertung²⁰. Aufgrund der zu erwartenden Reduzierung der Sedimenteinträge in die Gewässer wurde die Maßnahmen aus Sichtweise des Naturschutzes und der Fischerei positiv bewertet. Während für die Este-Anwohner im Oberlauf von den Teilnehmern keine Auswirkungen durch die Maßnahme erwartet wurden, fiel die Bewertung aus Sichtweise der Este-Anwohner im Unterlauf positiv aus.

Abschätzung der Realisierungschancen

Auf Grundlage der Anmerkungen durch die Teilnehmer der 2. Lern- und Aktionsallianz vom 15.05.2014 wurde die Abschätzung der Realisierungschancen für diese Maßnahme durch die KLEE-Experten vorgenommen (Tab. 7.1.2). Bezüglich der Kosten sind einerseits Inves-

Tab. 7.1.1: Beurteilung der Maßnahme „Angepasste Landbewirtschaftung, z.B. Zwischenfruchtanbau / Mulchsaat“ aus unterschiedlichen Sichtweisen durch die Teilnehmer der 2. LAA vom 15.05.2014

Beurteilung aus Sichtweise...				Faktor B (Mittelwert)
... der Land- und Forstwirtschaft	... des Naturschutzes / der Fischerei	... der Este-Anwohner im Oberlauf	... der Este-Anwohner im Unterlauf	
0	+2	0	+2	+1,00

19 Mithilfe der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG) lässt sich der durch Wassererosion verursachte jährliche potenzielle Bodenabtrag einzelner Flächen abschätzen. Die real zu erwartende Bodenerosion hängt zudem von der tatsächlichen Bodenverfügbarkeit im betrachteten Gebiet ab.

20 Auf vielen landwirtschaftlichen Flächen würden ressourcenschonende Verfahren wie der Anbau von Zwischenfrüchten bzw. das Mulchsaatverfahren bereits praktiziert, so ein Beitrag während der 2. LAA.

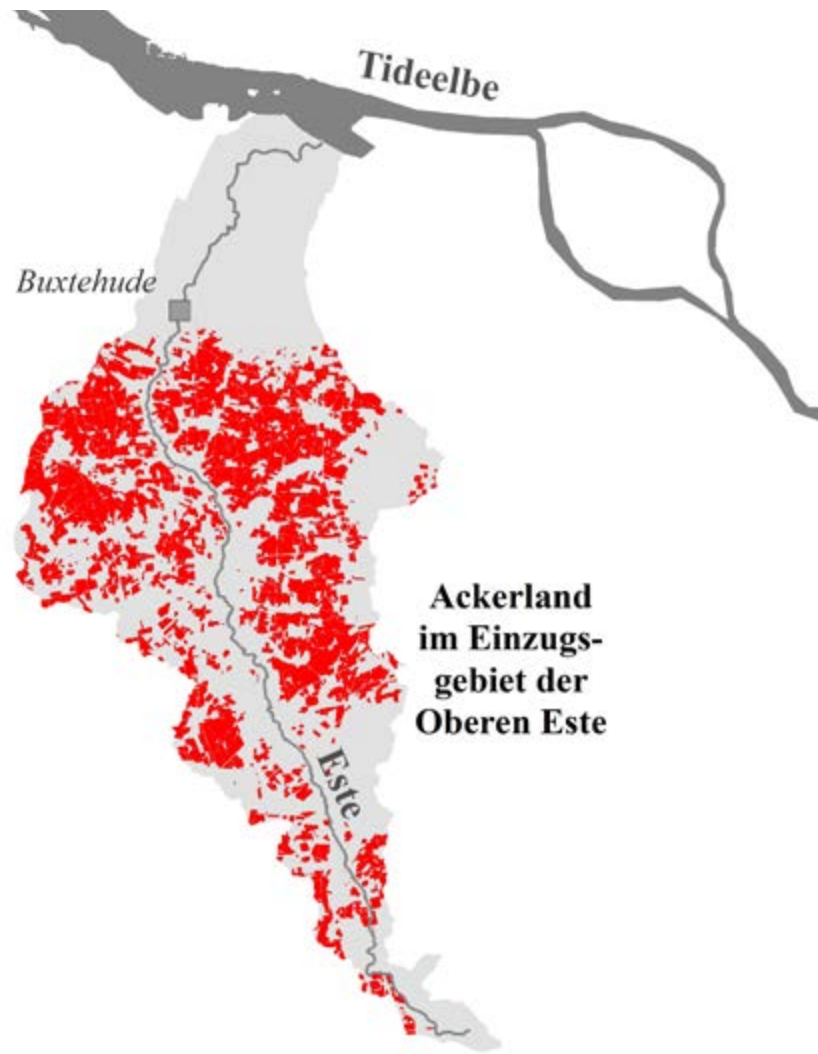


Abb.7.1.1: Potenzielle Flächen im Einzugsgebiet der Oberen Este zur Anwendung von angepassten, ressourcenschonenden Methoden der Landwirtschaft

titionskosten für neue landwirtschaftliche Maschinen sowie mögliche Mindererträge zu berücksichtigen. Andererseits ist die Anschaffung neuer Geräte früher oder später ohnehin nötig und kann hinsichtlich der Anpassung an den Klimawandel abgestimmt werden. Die zu erwartenden Kosten für diese Maßnahme bewegen sich daher im mittleren Bereich. Eine Umstellung der Bewirtschaftungsmethoden ist im Vergleich zu anderen Anpassungsmaßnahmen eher kurzfristig umsetzbar. Die praktische Flächenverfügbarkeit wurde insgesamt betrachtet eher als gering eingestuft.

Beurteilung der Ursachenrelevanz / Zukunftsfähigkeit

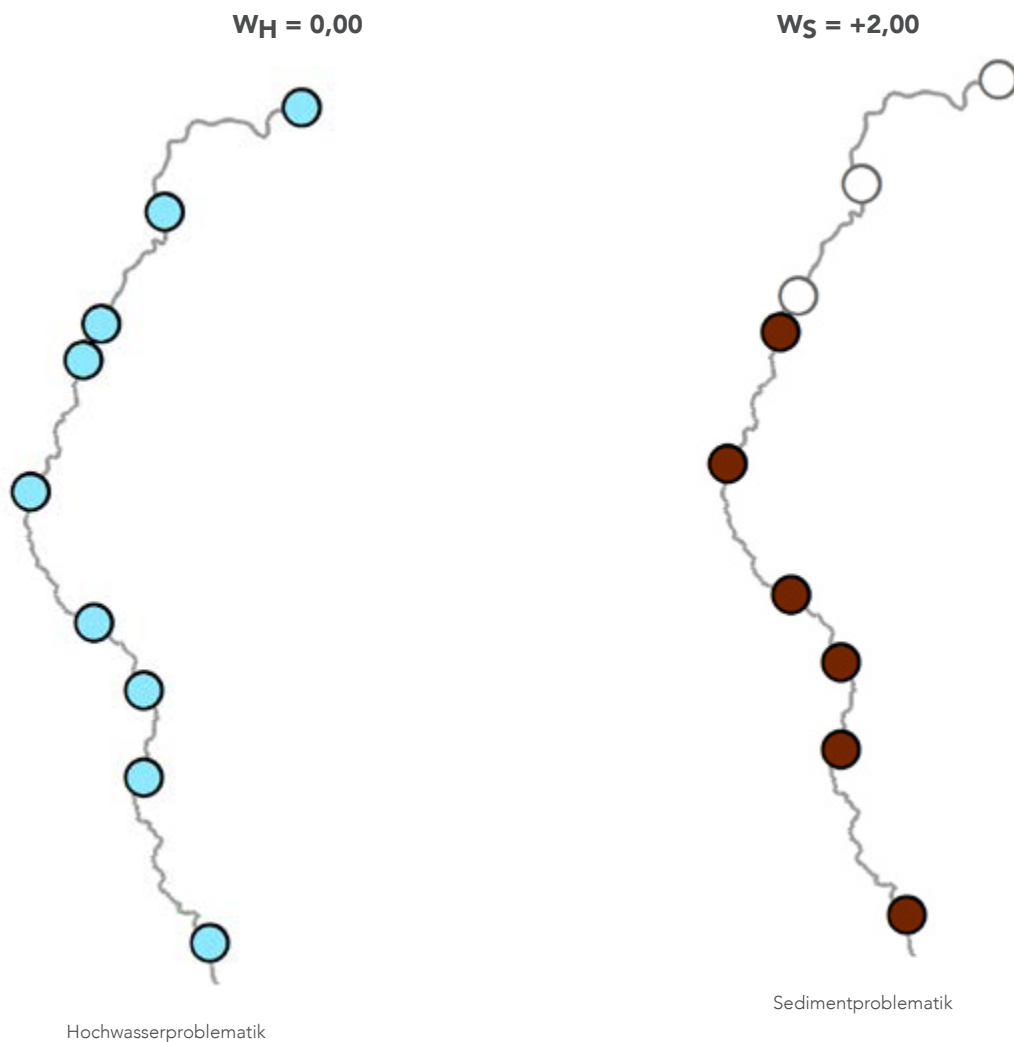
Eine Umsetzung dieser Maßnahme stellt die langfristige landwirtschaftliche bzw. ackerbauliche Nutzbarkeit der entsprechenden Flächen sicher, indem der für die Nutzung essenzielle Boden auf den Flächen zurückgehalten wird. Den Ursachen der Sedimentproblematik in der Este wird damit bereits am Ort der Entstehung entgegengewirkt. Für den Faktor Z wurde ein Wert von +2 gewählt.

Faktor Z: +2,00

Tab. 7.1.2: Abschätzung der Realisierungschancen der Maßnahme „Angepasste Landwirtschaft, z.B. Zwischenfruchtanbau / Mulchsaat“ durch die KLEE-Experten (Grundlage: Anmerkungen der Teilnehmer der 2. LAA vom 15.05.2014)

Zu erwartende Kosten	Benötigte Dauer bis zur Umsetzung	Praktische Flächenverfügbarkeit	Faktor R (Mittelwert)
0	+1	-1	0,00

Bewertung der Wirksamkeit



Priorisierung der Maßnahme

Hochwasserproblematik	$P_H = 0,00$; Keine Priorität
Sedimentproblematik	$P_S = +1,40$; Priorität sehr hoch

Erläuternde Kommentare

- Hinsichtlich der im Rahmen von KLEE untersuchten Hochwasserproblematik ist durch eine angepasste Landwirtschaft keine Wirksamkeit bei den angesetzten maßgeblichen Hochwasser-Lastfällen zu erwarten. Für Hochwasserereignisse geringeren Ausmaßes sind hingegen durchaus positive Effekte durch die beschriebene Maßnahme denkbar.
- Neben der Anwendung des Mulchsaatverfahrens können entsprechende positive Effekte im Hinblick auf eine Verminderung der Bodenerosion auch durch andere Möglichkeiten der konservierenden Bodenbearbeitung erzielt werden. Beispielsweise erfolgt bei der Direktsaat die Aussaat der Folgefrucht mithilfe von speziellen Sämaschinen ohne jegliche Bodenbearbeitung. Diese Flächen zeichnen sich entsprechend durch eine ganzjährige dichte Bodenbedeckung aus Pflanzenresten aus (DWA-M 550, 2015). Jeweils optimale Lösungen für einzelne Flächen müssen in Abhängigkeit der Gegebenheiten vor Ort zusammen mit den betroffenen Landwirten sowie der Landwirtschaftskammer gefunden werden.

7.1.2 Änderung der Landnutzung

Beschreibung der Maßnahme

Durch eine Änderung der Landnutzung sind prinzipiell mindernde Effekte auf den Oberflächenabfluss sowie auf die Bodenerosion auf landwirtschaftlichen Flächen zu erwarten (Kapitel 4). Für das KLEE-Modellgebiet wurde die grundsätzliche Wirksamkeit einer Änderung der Landnutzung hinsichtlich der Hochwasser- und Sedimentproblematik an der Este anhand von folgenden beiden Varianten untersucht:

- Variante A: Änderung von Ackerflächen zu Grünlandflächen
- Variante B: Änderung von Grünlandflächen zu Waldflächen

Die entsprechenden Flächen sind in Abb. 7.1.2 dargestellt. Im Niederschlag-Abfluss-Modell der Este werden die geänderten Landnutzungsarten durch eine Anpassung der vegetationsspezifischen Bodennutzungsparameter verteilt über den Jahresgang²¹ abgebildet (Abb. 7.1.3). Die folgenden Faktoren sind hierbei von entscheidender Bedeutung für die Entstehung von Abflussprozessen im Einzugsgebiet der Este:

- Der Anbaufaktor berücksichtigt unterschiedliche Eigenschaften der über das Jahr veränderlichen Vegetationsdecke.
- Die Wurzeltiefe hängt von der Art der Vegetation ab und hat Einfluss auf das Rückhaltevermögen von Wasser im Boden.
- Der maximale Interzeptionsspeichereinhalt beschreibt das Rückhaltevermögen von Niederschlagswasser auf der Pflanzenoberfläche.

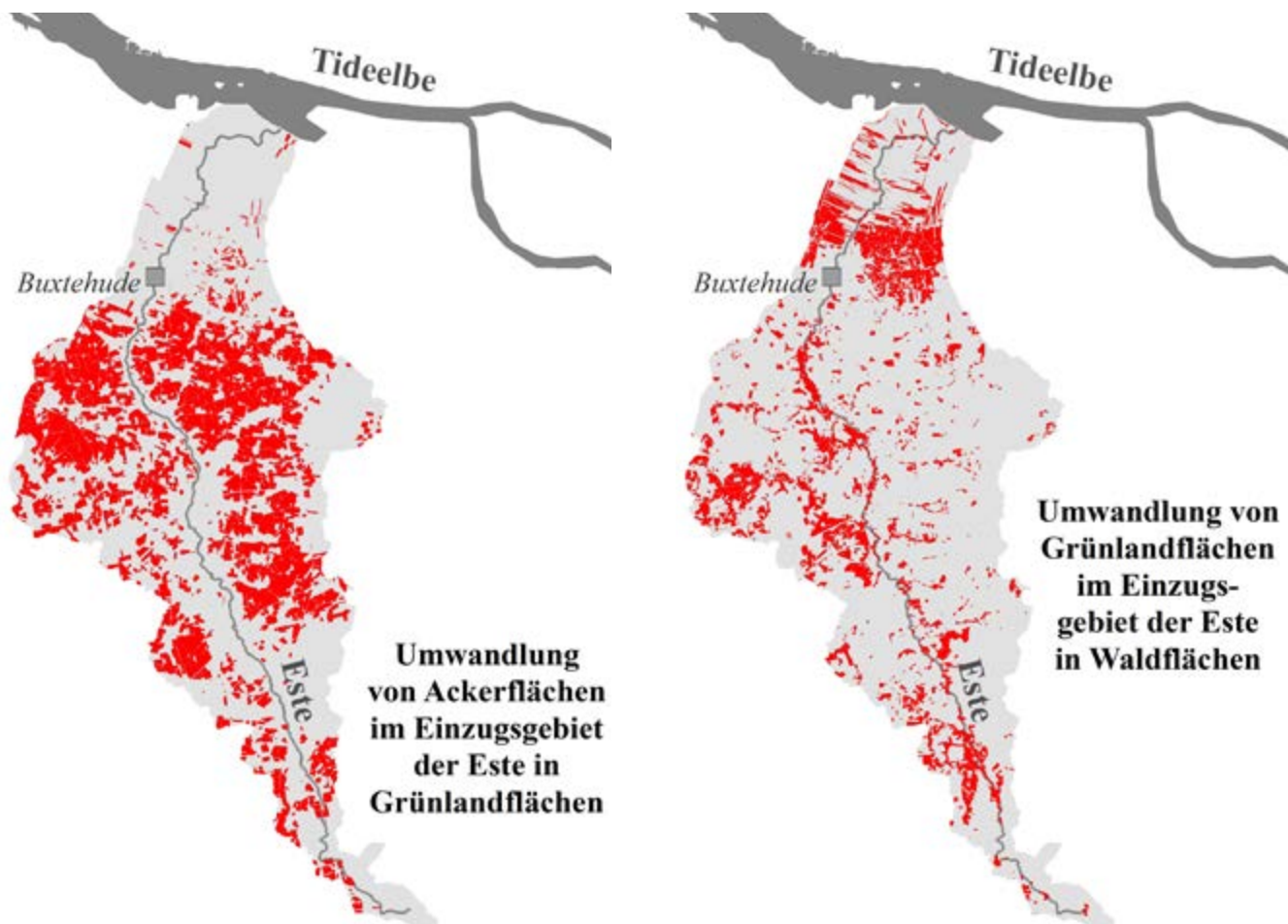


Abb. 7.1.2: Untersuchte Varianten zur Änderung der Landnutzung im KLEE-Modellgebiet: Umwandlung von Ackerflächen in Grünlandflächen (Variante A; links), Umwandlung von Grünlandflächen in Waldflächen (Variante B; rechts)

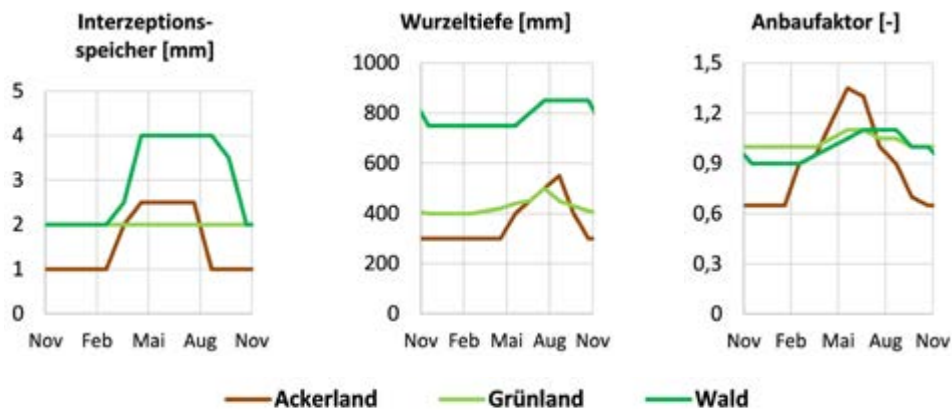


Abb. 7.1.3: Gewählte vegetationsspezifische Bodenparameter verteilt über den Jahresgang für unterschiedliche Landnutzungsarten im KLEE-Modellgebiet

Beurteilung aus unterschiedlichen Sichtweisen

Die Beurteilung dieser Maßnahme erfolgte durch die Teilnehmer der 2. Lern- und Aktionsallianz vom 15.05.2014 (Tab. 7.1.3). Eine hohe allgemeine Flächenkonkurrenz sowie die konkrete Befürchtung von Ertrags-einbußen durch den Verlust von landwirtschaftlichen Nutzflächen führten zu einer eindeutig negativen Bewertung dieser Maßnahme aus Sichtweise der Land- und Forstwirtschaft. Aus Sichtweise des Naturschutzes und der Fischerei ergäbe sich durch die Maßnahme hingegen eine Reihe von positiven Auswirkungen (Rückgewinnung von Lebensräumen, Erhöhung der Artenvielfalt). Ebenso aus Sichtweise der Este-Anwohner im Ober- und Unterlauf wurde die Maßnahme positiv bewertet.

Abschätzung der Realisierungschancen

Auf Grundlage der Anmerkungen durch die Teilnehmer der 2. Lern- und Aktionsallianz vom 15.05.2014 wurde die Abschätzung der Realisierungschancen für diese Maßnahme durch die KLEE-Experten vorgenommen (Tab. 7.1.4). Entschädigungszahlungen, welche die zu erwartenden Vertragseinbußen ausgleichen müssten, führen zu eher hohen Kosten für diese Maßnahme. Im Gegensatz zu anderen Anpassungsmaßnahmen kann eine Änderung der Landnutzung eher kurzfristig umgesetzt werden. Die praktische Flächenverfügbarkeit für diese Maßnahme wurde als sehr gering eingestuft.

Beurteilung der Ursachenrelevanz / Zukunftsfähigkeit

Eine Umsetzung dieser Maßnahme setzt an den Ursachen der Sedimentproblematik in der Este an, indem Bodenerosionsprozesse bereits am Ort des Entstehens reduziert werden. Für den Faktor Z wurde ein Wert von +2 gewählt.

Faktor Z: +2,00

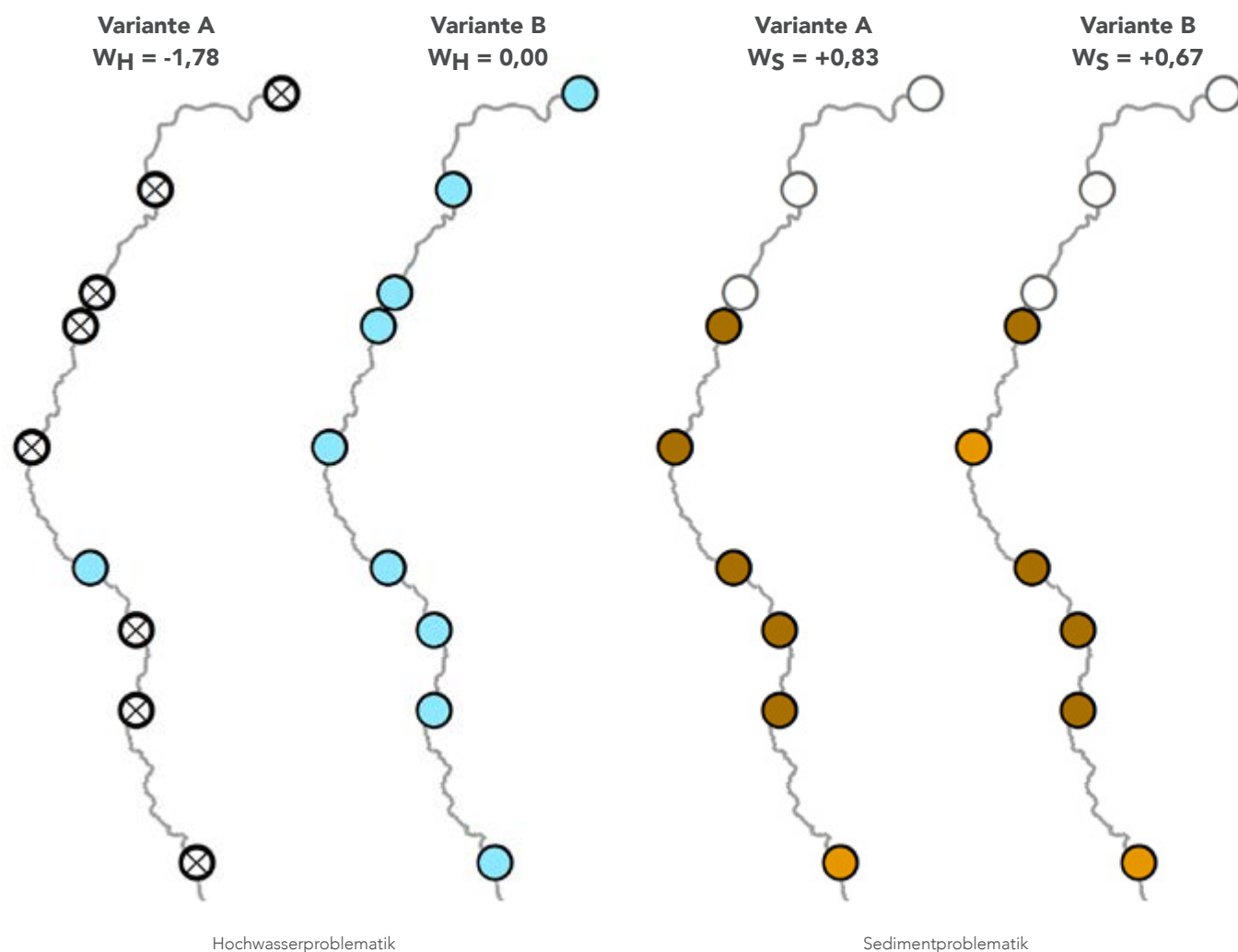
Tab. 7.1.3: Beurteilung der Maßnahme „Änderung der Landnutzung“ aus unterschiedlichen Sichtweisen durch die Teilnehmer der 2. LAA vom 15.05.2014

Beurteilung aus Sichtweise...				Faktor B (Mittelwert)
... der Land- und Forstwirtschaft	... des Naturschutzes / der Fischerei	... der Este-Anwohner im Oberlauf	... der Este-Anwohner im Unterlauf	
-2	+2	+2	+2	+1,00

Tab. 7.1.4: Abschätzung der Realisierungschancen der Maßnahme „Änderung der Landnutzung“ durch die KLEE-Experten (Grundlage: Anmerkungen der Teilnehmer der 2. LAA vom 15.05.2014)

Zu erwartende Kosten	Benötigte Dauer bis zur Umsetzung	Praktische Flächenverfügbarkeit	Faktor R (Mittelwert)
-1	+1	-2	-0,67

Bewertung der Wirksamkeit



Änderung der Landnutzung

Priorisierung der Maßnahme

Hochwasserproblematik	$P_H = 0,00$; Keine Priorität
Sedimentproblematik	$P_S = +0,73$ bis $+0,80$; Priorität hoch

Erläuternde Kommentare

- Ziel der durchgeführten Variantenuntersuchung war der Nachweis der generellen Wirksamkeit einer Änderung der Landnutzung im KLEE-Modellgebiet hinsichtlich der Sedimentproblematik in der Este. Mit den durchgeführten Untersuchungen konnte die grundsätzliche Wirksamkeit für das KLEE-Modellgebiet nachgewiesen werden. Den Verfassern ist bewusst, dass aufgrund der vorherrschenden Flächenkonkurrenz eine Änderung der Landnutzung in der Realität nicht flächendeckend, sondern nur auf einzelnen dafür geeigneten Flächen umgesetzt wird.
- Hinsichtlich der im Rahmen von KLEE untersuchten Hochwasserproblematik ist durch eine Änderung der Landnutzung keine positive Wirksamkeit bei den angesetzten maßgeblichen Hochwasser-Lastfällen zu erwarten. Für Hochwasserereignisse geringeren Ausmaßes sind hingegen durchaus positive Effekte durch die beschriebene Maßnahme denkbar.

7.1.3 Sedimentfallen auf landwirtschaftlichen Flächen

Beschreibung der Maßnahme

Wie in Kapitel 3.5 erläutert wurde, ist auf landwirtschaftlichen Flächen im Einzugsgebiet der Este mit einer klimawandelbedingten Zunahme des potenziellen Bodenabtrags in einer Größenordnung von 20 % bis 30 % zu rechnen. Während für den Bereich der Unteren Este in der Marsch keine merklichen Auswirkungen erwartet werden, ist für das Einzugsgebiet der Oberen Este in der Geest mit Zunahmen von stellenweise über 30 % auszugehen. Wie in Kapitel 2 beschrieben wurde, werden rund 50 % der Geestflächen des KLEE-Modellgebiets landwirtschaftlich genutzt (überwiegend als Ackerland). Abb. 7.1.4 zeigt die entsprechenden Ackerflächen im Einzugsgebiet der Oberen Este.

Sedimentfallen am unteren Ende von geeigneten landwirtschaftlichen Flächen im Einzugsgebiet der Oberen Este können verhindern, dass auf den Flächen erodierte Sedimente schlussendlich bis in die Gewässer gelangen. Der nährstoffreiche Boden kann mit geringem Aufwand ortsnahe gesammelt und auf die von Erosion betroffenen Flächen rückgeführt werden. Bei ausreichender Dimensionierung sowie regelmäßiger Leerung der Sedimentfallen ist somit eine deutliche Reduzierung des Sedimenteintrags in die Este möglich.

Beurteilung aus unterschiedlichen Sichtweisen

Die Beurteilung dieser Maßnahme erfolgte durch die Teilnehmer der 2. Lern- und Aktionsallianz vom 15.05.2014 (Tab. 7.1.5). Aus Sichtweise der Land- und Forstwirtschaft stellt diese Maßnahme eine kostengünstige und einfach umzusetzende Möglichkeit zum Rückhalt des Bodens auf den landwirtschaftlichen Flächen dar. Trotz des benötigten Flächenbedarfs und möglicher Nutzungseinschränkungen wurde die Maßnahme daher positiv bewertet. Aufgrund einer zu erwartenden Reduzierung des Sedimenteintrags in die Gewässer erfolgte aus Sichtweise des Naturschutzes und der Fischerei eine po-

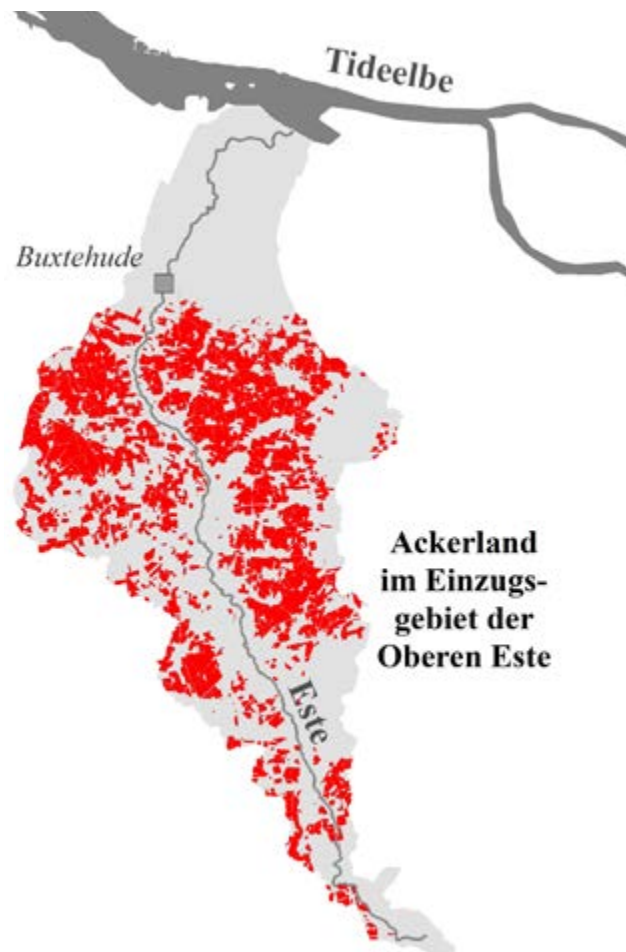


Abb. 7.1.4: Potenzielle Flächen im Einzugsgebiet der Oberen Este zur Errichtung von Sedimentfallen

sitive Bewertung. Für die Este-Anwohner im Ober- und Unterlauf sind durch die Maßnahme keine nennenswerten Auswirkungen zu erwarten, weshalb es hier zu einer neutralen Beurteilung durch die Teilnehmer kam.

Tab. 7.1.5: Beurteilung der Maßnahme „Sedimentfallen unterhalb von landwirtschaftlichen Flächen“ aus unterschiedlichen Sichtweisen durch die Teilnehmer der 2. LAA vom 15.05.2014

Beurteilung aus Sichtweise...				Faktor B (Mittelwert)
... der Land- und Forstwirtschaft	... des Naturschutzes / der Fischerei	... der Este-Anwohner im Oberlauf	... der Este-Anwohner im Unterlauf	
+1	+2	0	0	+0,75

Tab. 7.1.6: Abschätzung der Realisierungschancen der Maßnahme „Sedimentfallen unterhalb von landwirtschaftlichen Flächen“ durch die KLEE-Experten (Grundlage: Anmerkungen der Teilnehmer der 2. LAA vom 15.05.2014)

Zu erwartende Kosten	Benötigte Dauer bis zur Umsetzung	Praktische Flächenverfügbarkeit	Faktor R (Mittelwert)
+1	+2	0	+1,00

Abschätzung der Realisierungschancen

Auf Grundlage der Anmerkungen durch die Teilnehmer der 2. Lern- und Aktionsallianz vom 15.05.2014 wurde die Abschätzung der Realisierungschancen für diese Maßnahme durch die KLEE-Experten vorgenommen (Tab. 7.1.6). Die Kosten dieser technisch einfach umzusetzenden Maßnahme wurden als eher gering eingestuft, die benötigte Dauer bis zur Umsetzung entsprechend als kurzfristig. Der Wert für die praktische Flächenverfügbarkeit wurde im mittleren Bereich angenommen.

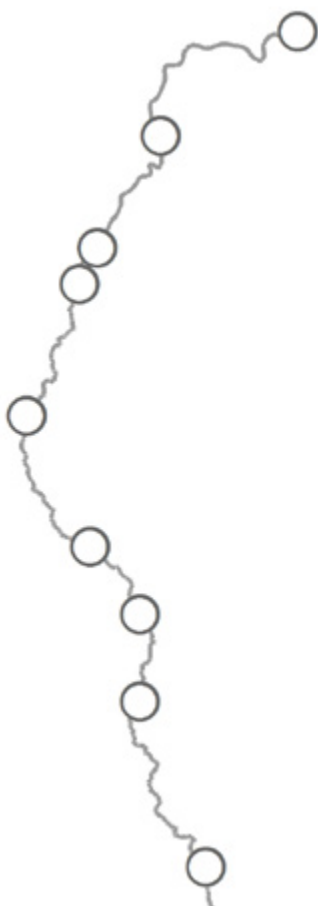
Beurteilung der Ursachenrelevanz / Zukunftsfähigkeit

Durch die Umsetzung dieser Maßnahme kann verhindert werden, dass auf den landwirtschaftlichen Flächen bereits erodiertes Material weitertransportiert wird und schließlich in die Gewässer gelangt. Besser wäre es jedoch, durch geeignete Maßnahmen zu verhindern, dass Bodenerosion auf den landwirtschaftlichen Flächen überhaupt eintritt. Insgesamt betrachtet wird das erodierte Material allerdings sehr nahe am Ort der Erosionsprozesse zurückgehalten, weshalb für den Faktor Z ein Wert von +1 gewählt wurde.

Faktor Z: +1,00

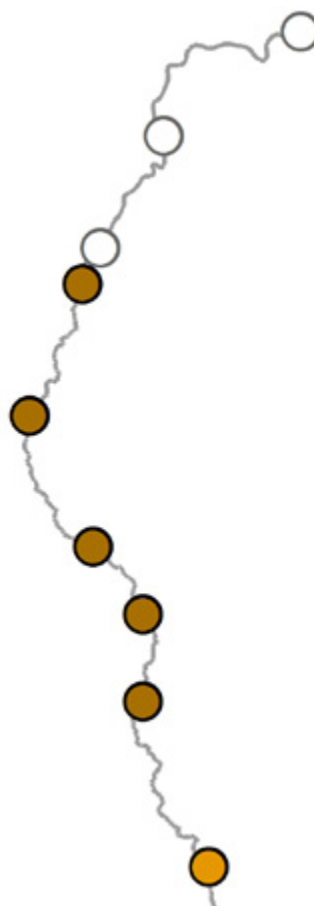
Bewertung der Wirksamkeit

W_H = nicht maßgebend



Hochwasserproblematik

W_S = +0,83



Sedimentproblematik

Priorisierung der Maßnahme

Hochwasserproblematik	$P_H = 0,00$; Keine Priorität
Sedimentproblematik	$P_S = +0,88$; Priorität hoch

Erläuternde Kommentare

- Hinsichtlich der im Rahmen von KLEE untersuchten Hochwasserproblematik ist durch die Errichtung von Sedimentfallen auf landwirtschaftlichen Flächen keine Wirksamkeit bei den angesetzten maßgeblichen Hochwasser-Lastfällen zu erwarten. Für Hochwasserereignisse geringeren Ausmaßes sind hingegen durchaus positive Effekte durch die beschriebene Maßnahme denkbar.

7.1.4 Reduzierung des Flächenverbrauchs

Beschreibung der Maßnahme

Die Vermeidung weiterer Flächeninanspruchnahmen und damit einhergehender Bodenversiegelungen stellt eine prinzipielle Möglichkeit zur Anpassung an die zu erwartenden Folgen des Klimawandels dar (Kapitel 4). Aktuell beträgt der Anteil an versiegelten Flächen im Este-Einzugsgebiet etwa 15,5 %. Deutschlandweit betrug der Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsflächen für das Jahr 2013 etwa 51 Hektar pro Tag²². Bezogen auf das Einzugsgebiet der Este bedeutet dies einen jährlichen Anstieg von 19 Hektar.

Im Rahmen von KLEE wurden die Auswirkungen einer bis zum Jahr 2050 gleichbleibenden Flächenversiegelung von 19 Hektar pro Jahr für das Este-Einzugsgebiet untersucht. Der Anteil an versiegelten Flächen im KLEE-Modellgebiet würde dementsprechend von aktuell 15,5 % um 2 % (bzw. um 721 Hektar) auf dann 17,5 % zunehmen. Diese zusätzlich versiegelte Fläche wurde anteilig auf die 25 Gemeinden / Städte entsprechend des jeweiligen Anteils an der derzeitigen Versiegelung im Este-Einzugsgebiet aufgeteilt (Tab. 7.1.7). Basierend auf diesen anteiligen Werten wurden im Niederschlags-Abfluss-Modell des Este-Einzugsgebiets für jede Kommune Flächen mit entsprechender Größe ausgewählt, die aktuell nicht versiegelt sind und im untersuchten Szenario bis zum Jahr 2050 versiegelt werden (Abb. 7.1.5).

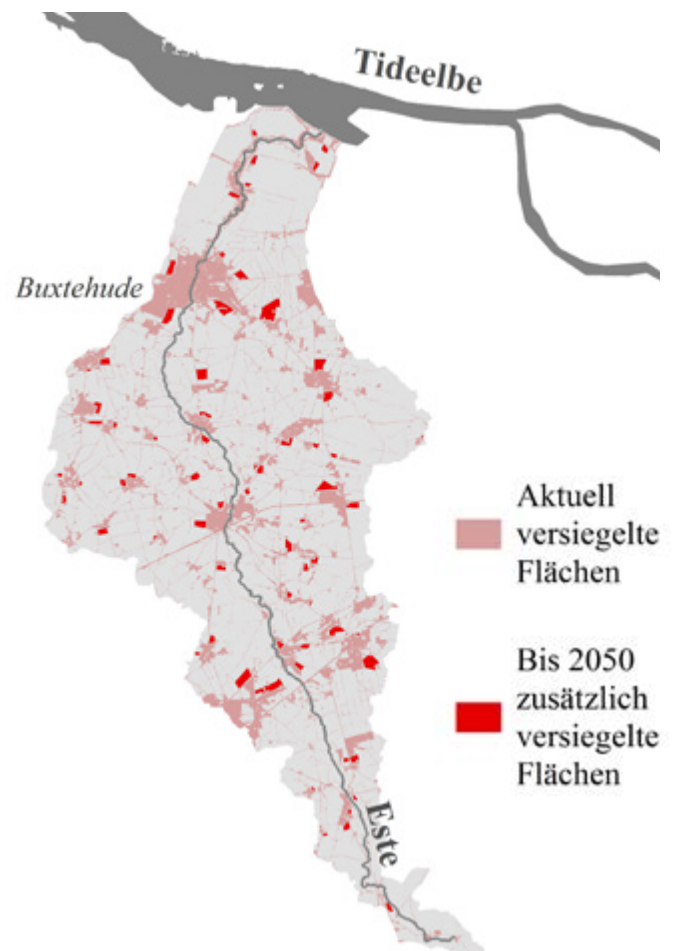


Abb. 7.1.5: Darstellung der versiegelten Flächen im KLEE-Modellgebiet (Aktueller Stand sowie untersuchtes Szenario für das Jahr 2050)

22 Bereinigter Wert (ohne Erholungs- und Friedhofflächen); Quelle: Statistisches Bundesamt 2014

Tab. 7.1.7: Untersuchtes Szenario hinsichtlich einer Zunahme der Flächenversiegelung für das KLEE-Modellgebiet bis zum Jahr 2050, aufgeteilt auf die einzelnen Kommunen innerhalb des Modellgebiets

Kommune		Anteil an derzeitiger gesamter Versiegelung im Einzugsgebiet der Este [%]	Bis zum Jahr 2050 zusätzlich versiegelte Fläche [Hektar]
Apensen	Gemeinde	2 %	15
Appel	Gemeinde	4 %	32
Beckdorf	Gemeinde	4 %	27
Buchholz in der Nordheide	Stadt	7 %	52
Buxtehude	Stadt	23 %	165
Dohren	Gemeinde	2 %	13
Drestedt	Gemeinde	1 %	9
Halvesbostel	Gemeinde	2 %	11
Hamburg	Stadt	2 %	18
Handeloh	Gemeinde	2 %	16
Heidenau	Gemeinde	0 %	1
Hollenstedt	Gemeinde	6 %	44
Jork	Gemeinde	4 %	30
Kakenstorf	Gemeinde	3 %	24
Moisburg	Gemeinde	3 %	19
Neu Wulmstorf	Gemeinde	12 %	87
Otter	Gemeinde	0 %	2
Regesbostel	Gemeinde	3 %	21
Rosengarten	Gemeinde	0 %	3
Sauensiek	Gemeinde	2 %	13
Schneverdingen	Stadt	1 %	8
Tostedt	Gemeinde	9 %	61
Undeloh	Gemeinde	0 %	0
Welle	Gemeinde	3 %	20
Wenzendorf	Gemeinde	4 %	32
Summe:		100 %	721 Hektar

Reduzierung des Flächenverbrauchs

Beurteilung aus unterschiedlichen Sichtweisen

Die Beurteilung dieser Maßnahme erfolgte durch die Teilnehmer der 2. Lern- und Aktionsallianz vom 15.05.2014 (Tab. 7.1.8). Aus Sichtweise der Land- und

Forstwirtschaft wurde diese Maßnahme positiv bewertet, ebenso aus Sichtweise des Naturschutzes und der Fischerei. Aus Sichtweise der Este-Anwohner im Ober- und Unterlauf hingegen handelt es sich laut Einschätzung der Teilnehmer um eine unbeliebte und damit negativ bewertete Maßnahme.

Tab. 7.1.8: Beurteilung der Maßnahme „Reduzierung des Flächenverbrauchs“ aus unterschiedlichen Sichtweisen durch die Teilnehmer der 2. LAA vom 15.05.2014

Beurteilung aus Sichtweise...				Faktor B (Mittelwert)
... der Land- und Forstwirtschaft	... des Naturschutzes / der Fischerei	... der Este-Anwohner im Oberlauf	... der Este-Anwohner im Unterlauf	
+2	+2	-2	-2	0,00

Abschätzung der Realisierungschancen

Auf Grundlage der Anmerkungen durch die Teilnehmer der 2. Lern- und Aktionsallianz vom 15.05.2014 wurde die Abschätzung der Realisierungschancen für diese Maßnahme durch die KLEE-Experten vorgenommen (Tab. 7.1.9). Durch eine Reduzierung des Flächenverbrauchs fallen keine konkreten zusätzlichen Kosten an, weshalb die zu erwartenden Kosten als gering eingestuft wurden. Die praktische Flächenverfügbarkeit für diese Maßnahme wurde als sehr gering eingestuft.

Beurteilung der Ursachenrelevanz / Zukunftsfähigkeit

Die Vermeidung weiterer Flächeninanspruchnahmen trägt prinzipiell dazu bei, den vom Menschen verursachten Anteil an den in KLEE thematisierten Hochwasser- und Sedimentproblematiken nicht weiter zu erhöhen. Für den Faktor Z wurde dementsprechend ein Wert von +2 gewählt.

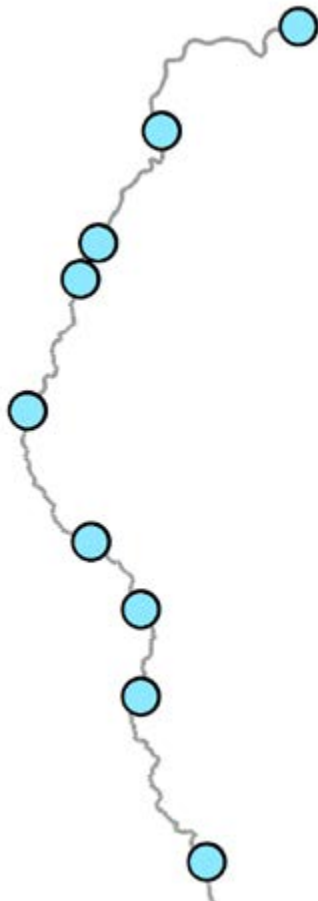
Faktor Z: +2,00

Tab. 7.1.9: Abschätzung der Realisierungschancen der Maßnahme „Reduzierung des Flächenverbrauchs“ durch die KLEE-Experten (Grundlage: Anmerkungen der Teilnehmer der 2. LAA vom 15.05.2014)

Zu erwartende Kosten	Benötigte Dauer bis zur Umsetzung	Praktische Flächenverfügbarkeit	Faktor R (Mittelwert)
+2	/	-2	0,00

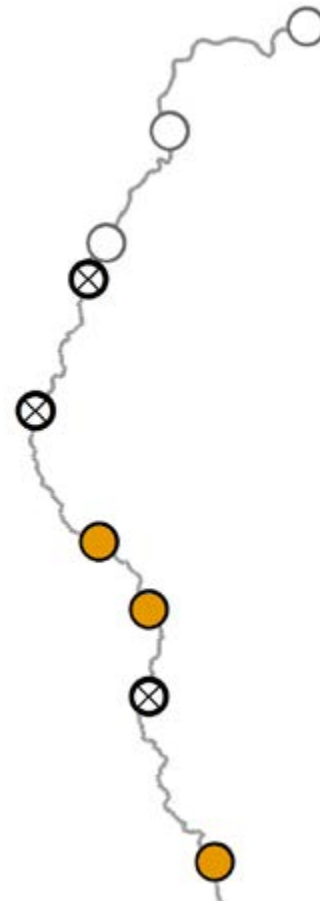
Bewertung der Wirksamkeit

$W_H = 0,00$



Hochwasserproblematik

$W_S = -1,00$



Sedimentproblematik

Priorisierung der Maßnahme

Hochwasserproblematik	$P_H = 0,00$; Keine Priorität
Sedimentproblematik	$P_S = 0,00$; Keine Priorität

Erläuternde Kommentare

- Bezüglich der in KLEE gesetzten Ziele für eine erfolgreiche Anpassung an die Folgen des Klimawandels sind durch eine Reduzierung des Flächenverbrauchs keine positiven Auswirkungen auf die Hochwasser- und Sedimentproblematik zu erwarten. Aus diesem Grund ergibt sich auch keine Priorität für diese Maßnahme. Bei Hochwasserereignissen geringeren Ausmaßes, als sie im Rahmen des KLEE-Priorisierungsverfahrens betrachtet wurden, sind aber durchaus positive Effekte durch eine Reduzierung des Flächenverbrauchs denkbar.

7.1.5 Entsiegelung von befestigten Flächen

Beschreibung der Maßnahme

Durch eine Erhöhung des Versickerungsanteils können Entsiegelungsmaßnahmen den Oberflächenabfluss auf versiegelten Flächen reduzieren (Kapitel 4) und damit einen Beitrag zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels hinsichtlich der Hochwasser- und Sedimentproblematik im Einzugsgebiet der Este leisten. Eine Teilentsiegelung von Flächen unter Aufrechterhaltung der Nutzbarkeit kann beispielsweise durch das Verwenden wasserdurchlässiger Bodenbeläge (z.B. Rasengittersteine) erreicht werden.

Im Rahmen von KLEE wurde die Entsiegelung der Flächen mit folgenden Nutzungsarten untersucht:

- Freiflächen um Gebäude
- Wege
- Plätze

Abb. 7.1.6 zeigt eine Übersicht über die entsprechenden Flächen im KLEE-Modellgebiet. Die gewählten Freiflächen um Gebäude beziehen sich dabei auf verschiedene Nutzungsarten²³. Wege und Plätze wurden bei der Auswahl der Flächen ebenfalls berücksichtigt, während Straßen in die Auswahl der zu entsiegelnden Flächen nicht eingehen.

Im Niederschlag-Abfluss-Modell der Este wird jeder einzelnen Teilfläche innerhalb des Einzugsgebiets in Abhängigkeit der jeweiligen Nutzungsart ein zugehöriger Versiegelungsgrad zugeordnet. In einer Variantenuntersuchung wurden die Versiegelungsgrade der oben genannten Flächen pauschal um 10 %, um 25 % sowie um 50 % reduziert. Im weiteren Verlauf sind lediglich die Er-

gebnisse für eine Entsiegelung um 25 % dargestellt, da dies als ein realistisch erreichbarer Wert für diese Maßnahme angesehen wird.

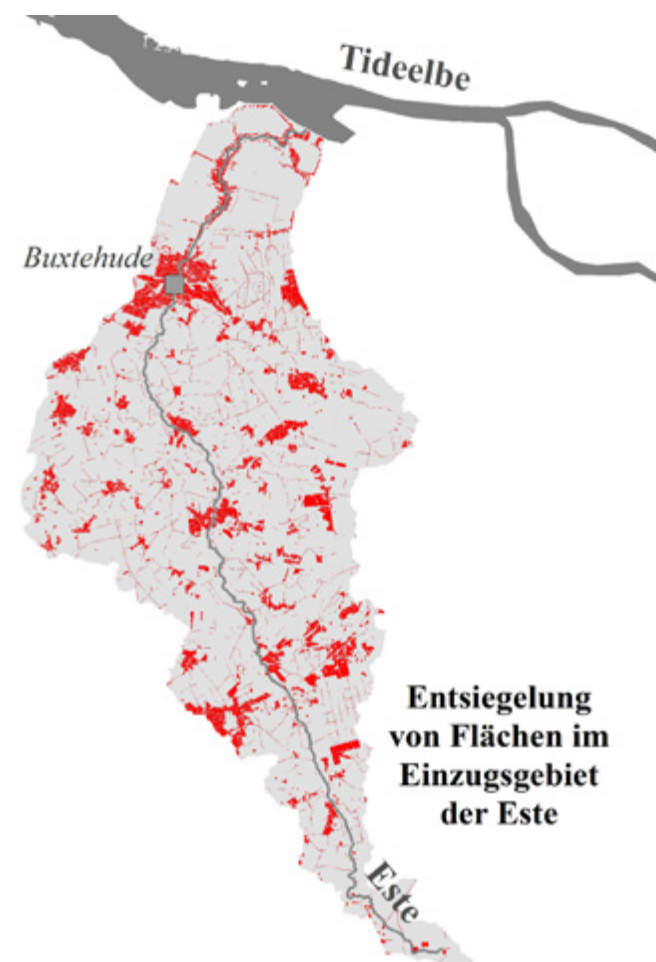


Abb. 7.1.6: Untersuchtes Szenario zur Entsiegelung von Flächen im KLEE-Modellgebiet

23 Öffentliche Zwecke, Wohnen, Gewerbe und Industrie, Handel und Dienstleistungen, Land- und Forstwirtschaft, Ver- und Entsorgungsanlagen, Verkehrsanlagen sowie Erholung.

Beurteilung aus unterschiedlichen Sichtweisen

Die Beurteilung dieser Maßnahme erfolgte durch die Teilnehmer der 2. Lern- und Aktionsallianz vom 15.05.2014 (Tab. 7.1.10). Aus Sichtweise der Land- und Forstwirtschaft wurde diese Maßnahme positiv bewertet, ebenso aus Sichtweise des Naturschutzes und der Fischerei. Aufgrund von Argumenten sowohl für als auch gegen die Maßnahme fiel die Beurteilung aus Sichtweise der Este-Anwohner im Ober- und Unterlauf neutral aus.

Beurteilung der Ursachenrelevanz / Zukunftsfähigkeit

Die Entsiegelung von befestigten Flächen setzt an den Ursachen der Hochwasser- und Sedimentproblematik im KLEE-Modellgebiet an, indem mehr Niederschlagswasser dezentral zurückgehalten wird und damit nicht zum Abfluss beiträgt. Für den Faktor Z wurde dementsprechend ein Wert von +2 gewählt. .

Faktor Z: +2,00

Abschätzung der Realisierungschancen

Auf Grundlage der Anmerkungen durch die Teilnehmer der 2. Lern- und Aktionsallianz vom 15.05.2014 wurde die Abschätzung der Realisierungschancen für diese Maßnahme durch die KLEE-Experten vorgenommen (Tab. 7.1.11). Die Kosten für diese Maßnahme wurden im mittleren Bereich angenommen unter der Voraussetzung, dass entsprechende Flächen erst nach und nach bei ohnehin auftretendem Sanierungsbedarf angepasst werden. Dementsprechend wurde die Dauer bis zur Umsetzung als nur langfristig möglich eingestuft. Aufgrund sehr vieler versiegelter Einzelflächen, die sich zu einem Großteil in privatem Besitz befinden, wurde die praktische Flächenverfügbarkeit als eher gering eingestuft.

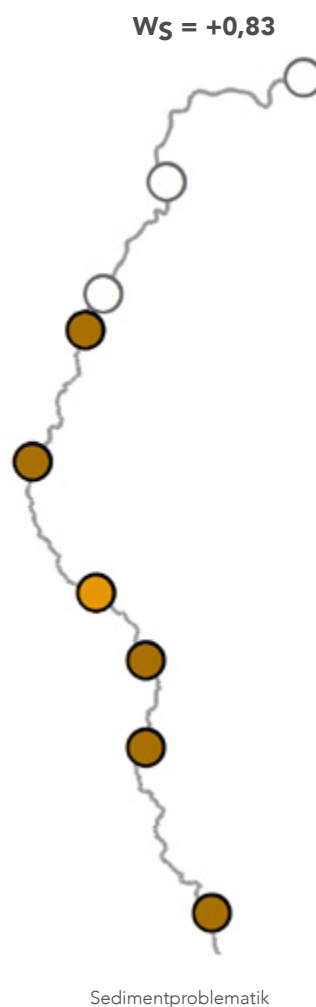
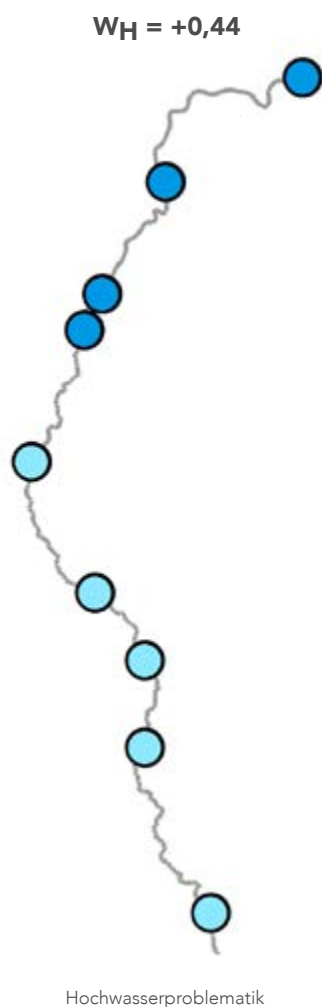
Tab. 7.1.10: Beurteilung der Maßnahme „Entsiegelung von befestigten Flächen“ aus unterschiedlichen Sichtweisen durch die Teilnehmer der 2. LAA vom 15.05.2014

Beurteilung aus Sichtweise...				Faktor B (Mittelwert)
... der Land- und Forstwirtschaft	... des Naturschutzes / der Fischerei	... der Este-Anwohner im Oberlauf	... der Este-Anwohner im Unterlauf	
+2	+2	0	0	+1,00

Tab. 7.1.11: Abschätzung der Realisierungschancen der Maßnahme „Entsiegelung von befestigten Flächen“ durch die KLEE-Experten (Grundlage: Anmerkungen der Teilnehmer der 2. LAA vom 15.05.2014)

Zu erwartende Kosten	Benötigte Dauer bis zur Umsetzung	Praktische Flächenverfügbarkeit	Faktor R (Mittelwert)
0	-2	-1	-1,00

Bewertung der Wirksamkeit



Priorisierung der Maßnahme

Hochwasserproblematik	$P_H = +0,58$; Priorität hoch
Sedimentproblematik	$P_S = +0,73$; Priorität hoch

Erläuternde Kommentare

Keine

7.1.6 Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung

Beschreibung der Maßnahme

Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung haben die vollständige oder zumindest teilweise Abkopplung der abflusswirksamen Flächen vom Kanalnetz (Kapitel 4) zum Ziel. Wie in Kapitel 4 ausführlich erläutert wurde, gibt es eine Reihe von unterschiedlichen Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung, beispielsweise Mulden- und Rigolensysteme, Regenwassertanks oder Gründächer. Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung kommen in besiedelten Gebieten zum Einsatz. Um unterschiedliche Siedlungsdichten verteilt über das KLEE-Modellgebiet möglichst gut berücksichtigen zu können, eignet sich die Betrachtung von Gründächern besonders gut, da hier eine flächenscharfe Berücksichtigung aller vorhandenen Gebäude im Este-Einzugsgebiet innerhalb des Niederschlags-Abfluss-Modells erfolgen kann. Abb. 7.1.7 gibt einen Überblick über sämtliche Gebäude innerhalb des KLEE-Modellgebietes. Zur besseren Veranschaulichung der flächenscharfen Berücksichtigung zeigt Abb. 7.1.8 zusätzlich einen Detailausschnitt aus dem Este-Einzugsgebiet am Beispiel der Ortschaft Hollenstedt.

Zum Nachweis der grundsätzlichen Wirksamkeit von Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung wurde im Rahmen von KLEE ein fiktives Szenario betrachtet, bei dem alle Gebäude im Einzugsgebiet der Este mit Gründächern ausgestattet werden. In einer Variantenuntersuchung wurden dabei Gründächer mit unterschiedlichen Substratschichtdicken der Speicherschicht sowie unterschiedlichen Aufbauten der Drainageschicht betrachtet. Im Folgenden werden die Ergebnisse für eine Variante mit einem realistischen, innovativen Dachaufbau²⁴ dargestellt.

Beurteilung aus unterschiedlichen Sichtweisen

Die Beurteilung dieser Maßnahme erfolgte durch die Teilnehmer der 2. Lern- und Aktionsallianz vom 15.05.2014 (Tab. 7.1.12). Aus Sichtweise der Land- und Forstwirtschaft wurden keine nennenswerten Auswirkungen durch diese Maßnahme angeführt. Aus Sichtweise

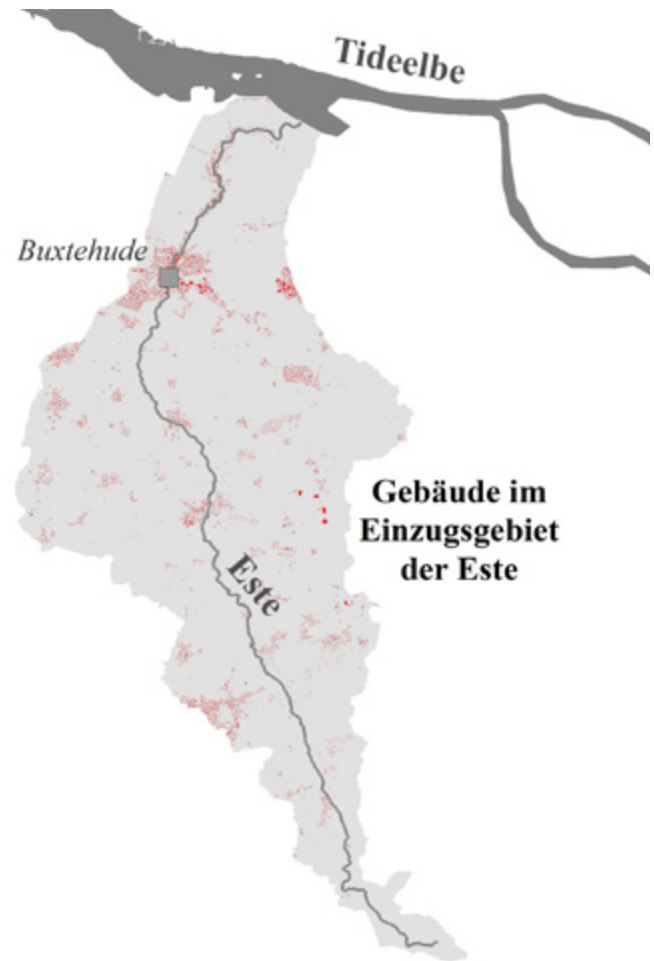


Abb. 7.1.7: Gebäude im KLEE-Modellgebiet (Übersicht)

des Naturschutzes und der Fischerei wurde die Maßnahme wegen eines zu erwartenden vermehrten Wasser- und Stoffrückhaltes positiv bewertet. Aufgrund zu erwartender positiver Auswirkungen auf die Hochwasserproblematik wurde die Maßnahme aus Sichtweise der Este-Anwohner im Ober- und Unterlauf ebenfalls positiv beurteilt.

Tab. 7.1.12: Beurteilung der Maßnahme „Dezentrale Maßnahmen in bebauten Gebieten“ aus unterschiedlichen Sichtweisen durch die Teilnehmer der 2. LAA vom 15.05.2014

Beurteilung aus Sichtweise...				Faktor B (Mittelwert)
... der Land- und Forstwirtschaft	... des Naturschutzes / der Fischerei	... der Este-Anwohner im Oberlauf	... der Este-Anwohner im Unterlauf	
0	+2	+2	+2	+1,50

24 8 cm Substrat-Schichtdicke und Verwendung von Mäanderplatten zur Verlängerung der Fließstrecke innerhalb der Drainage-Schicht des Gründaches

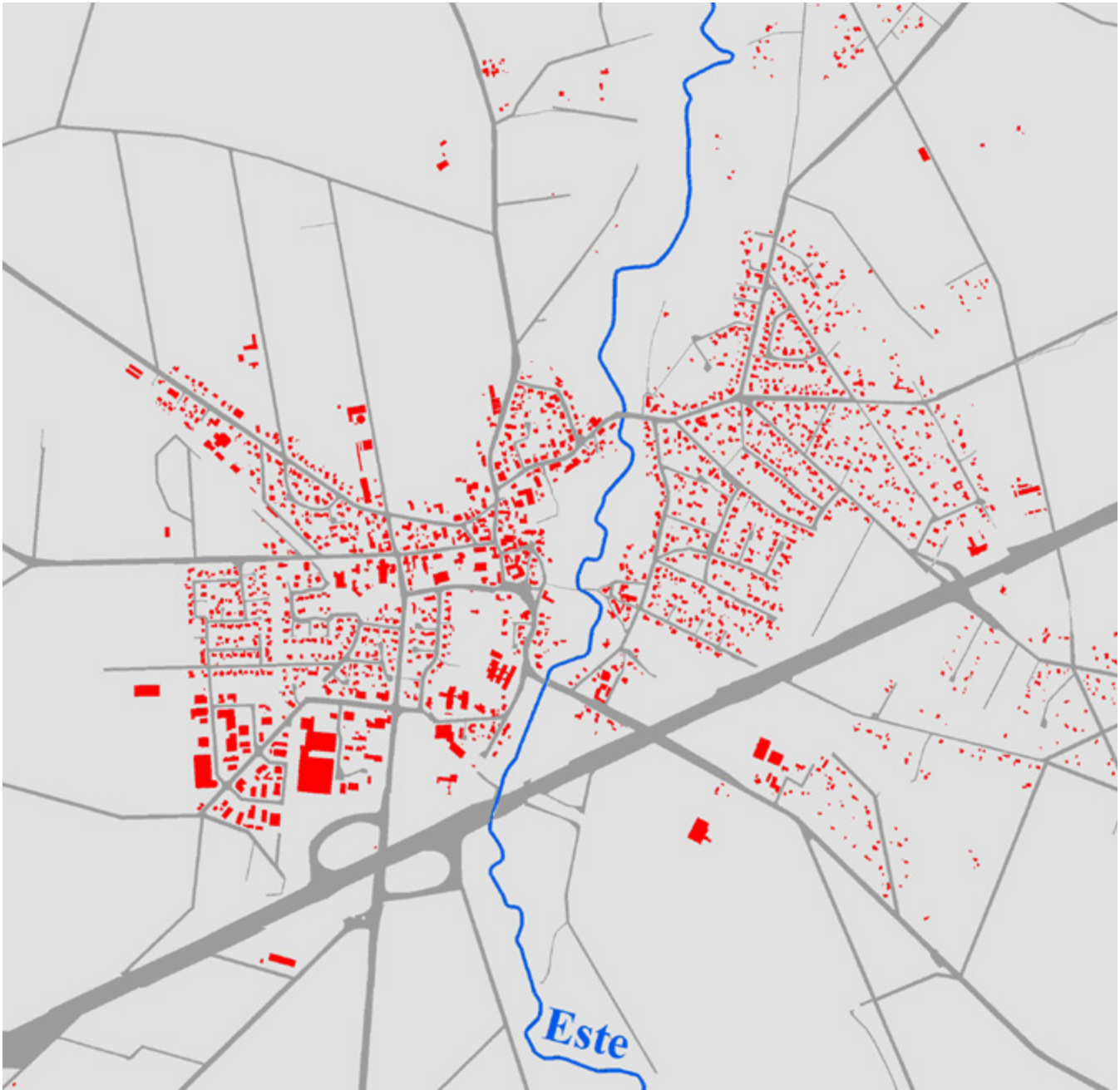


Abb. 7.1.8: Gebäude im KLEE-Modellgebiet (Detailausschnitt am Beispiel der Ortschaft Hollenstedt)

Abschätzung der Realisierungschancen

Auf Grundlage der Anmerkungen durch die Teilnehmer der 2. Lern- und Aktionsallianz vom 15.05.2014 wurde die Abschätzung der Realisierungschancen für diese Maßnahme durch die KLEE-Experten vorgenommen (Tab. 7.1.13). Die Kosten für die flächendeckende Umsetzung von Maßnahmen der dezentralen Regenwas-

serbewirtschaftung wurden aufgrund von sehr vielen kleinteiligen Maßnahmen als eher hoch eingeschätzt. Die Dauer bis zur Umsetzung wurde dementsprechend als langfristig eingestuft. Aufgrund sehr vieler Einzelmaßnahmen, die zum Teil auf privaten Flächen umgesetzt werden müssen, wurde die praktische Flächenverfügbarkeit als eher gering eingestuft.

Tab. 7.1.13: Abschätzung der Realisierungschancen der Maßnahme „Dezentrale Maßnahmen in bebauten Gebieten“ durch die KLEE-Experten (Grundlage: Anmerkungen der Teilnehmer der 2. LAA vom 15.05.2014)

Zu erwartende Kosten	Benötigte Dauer bis zur Umsetzung	Praktische Flächenverfügbarkeit	Faktor R (Mittelwert)
-2	-2	-1	-1,67

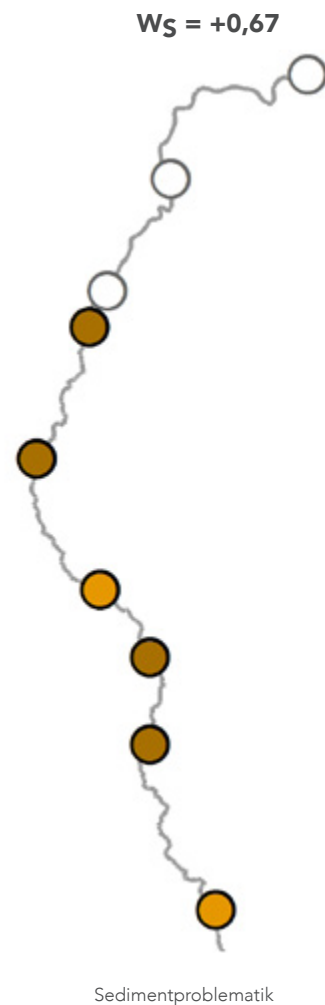
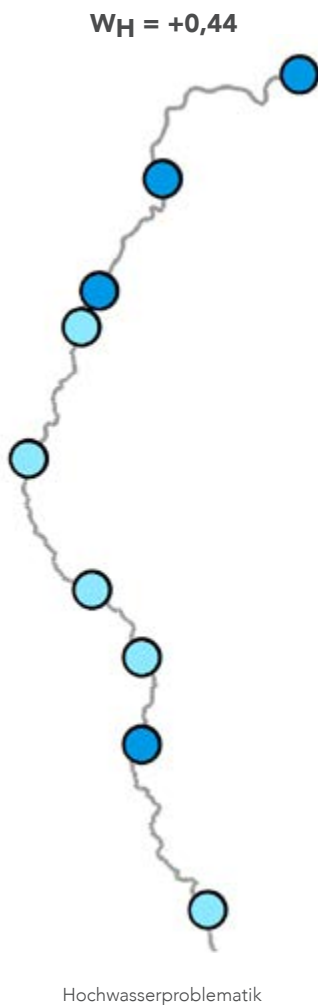
Beurteilung der Ursachenrelevanz / Zukunftsfähigkeit

Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung führen zu einer vollständigen oder zumindest teilweisen Abkopplung der abflusswirksamen Flächen vom

Kanalnetz. Das Niederschlagswasser wird dezentral, also bereits auf den Flächen, auf denen es anfällt, bewirtschaftet. Für den Faktor Z wurde ein Wert von +2 gewählt.

Faktor Z: +2,00

Bewertung der Wirksamkeit



Priorisierung der Maßnahme

Hochwasserproblematik	$P_H = +0,54$; Priorität hoch
Sedimentproblematik	$P_S = +0,63$; Priorität hoch

Erläuternde Kommentare

- Ziel dieser Untersuchung war der Nachweis der generellen Wirksamkeit von Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung hinsichtlich der Hochwasser- und Sedimentproblematik in der Este. Mit den durchgeführten Untersuchungen konnte die grundsätzliche Wirksamkeit am Beispiel von Gründächern für das KLEE-Modellgebiet nachgewiesen werden. Es ist zu erwarten, dass vergleichbare Ergebnisse hinsichtlich der positiven Wirkung auf die in KLEE betrachteten Fragestellungen nicht nur durch die Umsetzung von Gründächern, sondern ebenso durch andere Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung (z.B. Mulden-Rigolen-Systeme, Regenwassertanks mit Rückhaltefunktion) bzw. durch einen entsprechenden, auf die Gegebenheiten vor Ort angepassten Maßnahmenmix erzielt werden können.

7.1.7 Einrichten von Gewässerrandstreifen

Beschreibung der Maßnahme

Gewässerrandstreifen wirken als Puffer zwischen dem Gewässer und den angrenzenden, oft intensiv genutzten landwirtschaftlichen Flächen. Je nach Ausbildung können sie eine Barriere für Stoffeinträge aus den umliegenden Flächen in die Gewässer darstellen (Kapitel 4). Durch eine komplett eingestellte oder nur noch extensiv betriebene Unterhaltung der Gewässerrandstreifen kann es in Abhängigkeit der daraus resultierenden Vegetation in diesem Bereich zu einem Anstieg der Wasserstände bei Hochwasser führen. Im Rahmen von KLEE wurde mithilfe des hydrodynamisch-numerischen Strömungsmodells der Este ein Szenario betrachtet, bei dem an der Oberen Este im Bereich von Langeloh bis Buxtehude ein durchgehender Gewässerrandstreifen an beiden Ufern der Este angelegt wird (Abb. 7.1.9). Die im Szenario gewählte Breite des Gewässerrandstreifens beträgt an beiden Ufern jeweils 5 m. Für die Vegetation auf den gewässerbegleitenden Streifen wurden große Büsche gewählt.

Beurteilung aus unterschiedlichen Sichtweisen

Die Beurteilung dieser Maßnahme erfolgte durch die Teilnehmer der 3. Lern- und Aktionsallianz vom 24.11.2014 (Tab. 7.1.14). Aus Sichtweise der Land- und Forstwirtschaft wurde einerseits der Verlust von landwirtschaftlichen Flächen befürchtet, andererseits können Gewässerrandstreifen aber verhindern, dass erodierter Boden bis in die Gewässer transportiert wird, indem sie als Puffer wirken. Die Beurteilung fiel daher neutral aus. Aus Sichtweise des Naturschutzes und der Fischerei wurde die Maßnahme positiv bewertet, ebenso aus Sichtweise der Este-Anwohner im Ober- und Unterlauf.



Abb. 7.1.9: Untersuchter Abschnitt zur Anlage eines durchgehenden Gewässerrandstreifens entlang der Oberen Este

Tab. 7.1.14: Beurteilung der Maßnahme „Gewässerrandstreifen“ aus unterschiedlichen Sichtweisen durch die Teilnehmer der 3. LAA vom 24.11.2014

Beurteilung aus Sichtweise...				Faktor B (Mittelwert)
... der Land- und Forstwirtschaft	... des Naturschutzes / der Fischerei	... der Este-Anwohner im Oberlauf	... der Este-Anwohner im Unterlauf	
0	+2	+2	+2	+1,50

Abschätzung der Realisierungschancen

Auf Grundlage der Anmerkungen durch die Teilnehmer der 3. Lern- und Aktionsallianz vom 24.11.2014 wurde die Abschätzung der Realisierungschancen für diese Maßnahme durch die KLEE-Experten vorgenommen (Tab. 7.1.15). Aufgrund einer großen räumlichen

Ausdehnung eines flächenhaften Anlegens von Gewässerrandstreifen wurden die Kosten als eher hoch eingeschätzt. Die benötigte Dauer bis zur Umsetzung wurde im Vergleich zu anderen Maßnahmen im mittleren Bereich verortet. Die praktische Flächenverfügbarkeit wurde als eher gering angenommen.

Tab. 7.1.15: Abschätzung der Realisierungschancen der Maßnahme „Gewässerrandstreifen“ durch die KLEE-Experten (Grundlage: Anmerkungen der Teilnehmer der 3. LAA vom 24.11.2014)

Zu erwartende Kosten	Benötigte Dauer bis zur Umsetzung	Praktische Flächenverfügbarkeit	Faktor R (Mittelwert)
-1	0	-2	-1,00

Beurteilung der Ursachenrelevanz / Zukunftsfähigkeit

Durch die Pufferwirkung von Gewässerrandstreifen kann verhindert werden, dass auf den Flächen mobilisiertes Sediment in die Gewässer gelangt. Erosionsprozesse durch eine landwirtschaftliche Nutzung bis unmittelbar an die Gewässergrenze können durch das Anlegen von Gewässerrandstreifen zukünftig minimiert werden. Für den Faktor Z wurde ein Wert von +2 gewählt.

Faktor Z: +2,00

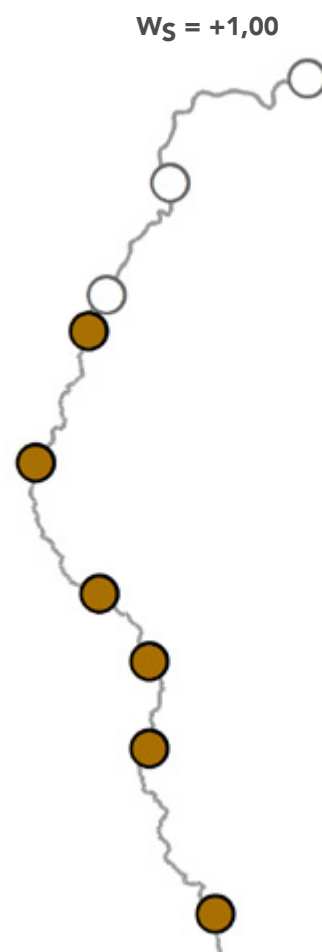
Priorisierung der Maßnahme

Hochwasserproblematik	$P_H = 0,00$; Keine Priorität
Sedimentproblematik	$P_S = +0,90$; Priorität hoch

Bewertung der Wirksamkeit



Hochwasserproblematik



Sedimentproblematik

Erläuternde Kommentare

- Im Rahmen von KLEE wurde lediglich die Wirksamkeit der Anlage eines durchgehenden Gewässerrandstreifens entlang der Este untersucht. Weitere positive Effekte hinsichtlich der Sedimentproblematik sind möglicherweise durch zusätzliche Gewässerrandstreifen an den Zuflüssen der Este zu erzielen, indem insgesamt weniger Sediment in die Este eingetragen wird.
- Für die untersuchte Maßnahme ergibt sich über den gesamten Verlauf der Este eine negative Auswirkung hinsichtlich der Hochwasserproblematik. Dies liegt an der für die Untersuchung gewählten Vegetationsart für die Gewässerrandstreifen (große Büsche). Aufgrund dieses dichten Bewuchses kann im Fall eines Hochwassers das Vorland der Este nicht mehr wie bisher zum Hochwasserabfluss beitragen, wodurch es zu höheren Wasserständen in der Este kommt. Diese negativen Auswirkungen können durch eine geänderte Wahl der Vegetation (z.B. aufgelockerte Büsche) verhindert werden.

7.2 Stauraumschaffung für den Hochwasserschutz

Eine effektive Methode zur Minimierung der Folgen extremer Niederschlagsereignisse im KLEE- Modellgebiet ist es, an geeigneter Stelle genügend Stauraum zu schaffen, sodass die Wasserstände in der Este definierte Ni-

veaus nicht überschreiten. Dieser Stauraum kann auf verschiedene Weise sowohl im Einzugsgebiet der Oberen Este als auch in der Marsch sichergestellt werden.

7.2.1 Hochwasserrückhaltebecken im Einzugsgebiet der Oberen Este

Beschreibung der Maßnahme

Wie in Kapitel 4 beschrieben wurde, können Hochwasserabflussscheitel an der Este durch die Realisierung eines oder mehrerer kombinierter Hochwasserrückhaltebecken im Einzugsgebiet merklich reduziert werden. Es wurden insgesamt acht potenzielle Standorte (Abb. 7.2.1) für Hochwasserrückhaltebecken im Einzugsgebiet der Oberen Este ermittelt. Die Becken 1, 2 und 8 liegen direkt an der Este. Die Becken 2, 4, 5, 6 und 7 hingegen befinden sich an unterschiedlichen Zuläufen zur Este. Folgende Kriterien gingen in die Wahl der Standorte ein:

- Vorschläge durch die Teilnehmenden der 1. LAA (insgesamt 35 Vorschläge)
- Geografische Gegebenheiten (Geländeneigungen; örtliche Engstellen zur Errichtung eines Dammes)
- Vorhandene Landnutzung (Unberührtheit von bebauten Flächen)
- Hydrologische Anforderungen

Für jeden Beckenstandort wurden unter Berücksichtigung der geografischen Gegebenheiten sowie der örtlichen Bebauung geeignete Standorte für Absperrbauwerke ermittelt, die im Hochwasserfall das anfallende Wasser aufstauen und nur eine definierte Menge pro Zeit abfließen lassen. Wenn möglich, wurden bestehende dammartige Strukturen wie Straßen in die Planung integriert. Auf dieser Grundlage wurden für unterschiedliche maximale Wasserstände in den einzelnen Becken die zur Verfügung stehenden Wasservolumina berechnet. Die maximalen Wasseraufstauhöhen in den Becken liegen zwischen 3,10 m und 4,70 m.

Sämtliche Becken wurden so konzipiert, dass sie im Normalfall trocken sind und sich lediglich bei extremen Abflüssen mit Wasser füllen. Hierzu wurden die maximalen Beckenabflüsse auf Werte zwischen 50 % und 80 % der HQ100-Abflüsse begrenzt. Um die benötigten Rückhaltevolumina möglichst gering zu halten, wurden die Becken als gesteuerte Becken konzipiert, d.h., durch einfache technische Mittel (z.B. automatisierte höhenverstellbare Schütze) wird sichergestellt, dass der maximal zulässige Beckenabfluss nicht erst beim maximalen Wasserstand erreicht wird, sondern bereits früher.

Untersucht wurden insgesamt fünf Varianten mit unterschiedlichen Kombinationen von Beckenstandorten und Beckengrößen (Tab. 7.2.1).

Beurteilung aus unterschiedlichen Sichtweisen

Die Beurteilung dieser Maßnahme erfolgte durch die Teilnehmer der 3. Lern- und Aktionsallianz vom 24.11.2014 (Tab. 7.2.2). Aus Sichtweise der Land- und Forstwirtschaft wurden sowohl Argumente für als auch gegen diese Maßnahme angeführt. Aus Sichtweise des Naturschutzes und der Fischerei ergab sich unter der Voraussetzung einer geeigneten, die Belange des Naturschutzes berücksichtigenden Gestaltung der Hochwasserrückhaltebecken eine positive Bewertung. Die Bewertung der Maßnahme aus Sichtweise der Este-Anwohner im Oberlauf fiel negativ aus, aus Sichtweise der Este-Anwohner im Unterlauf hingegen positiv.



Abb. 7.2.1: Untersuchte Standorte für Hochwasserrückhaltebecken im Einzugsgebiet der Oberen Este

Tab. 7.2.1: Untersuchte Varianten für Hochwasserrückhaltebecken im Einzugsgebiet der Oberen Este mit Angabe der jeweiligen Beckenvolumina sowie der Gesamtvolumina je Variante

Variante A	Variante B	Variante C	Variante D	Variante E
Becken 1 - 7	Becken 8	Becken 1 + 3	Becken 2 , 4 - 7	Becken 1 - 8
Gesamtvolumen 2,49 Mio. m³	Gesamtvolumen 2,58 Mio. m³	Gesamtvolumen 1,24 Mio. m³	Gesamtvolumen 1,42 Mio. m³	Gesamtvolumen 4,35 Mio. m³

Abschätzung der Realisierungschancen

Auf Grundlage der Anmerkungen durch die Teilnehmer der 3. Lern- und Aktionsallianz vom 24.11.2014 wurde die Abschätzung der Realisierungschancen für diese Maßnahme durch die KLEE-Experten vorgenommen (Tab. 7.2.3). Die Realisierungschancen für alle Varianten wurden aufgrund von hohen zu erwartenden Kosten, einem hohen Flächenbedarf (vor allem temporär für die überfluteten Flächen in den Becken) sowie einer zu erwartenden langfristigen Umsetzung eher negativ eingeschätzt. In Abhängigkeit der Beckenanzahl je Variante wurden die Faktoren entsprechend abgestuft.

Beurteilung der Ursachenrelevanz / Zukunftsfähigkeit

Prinzipiell wird der Este und ihren Zuflüssen durch die Bereitstellung von Überflutungsflächen innerhalb der Hochwasserrückhaltebecken mehr Raum gegeben, was sich positiv auf die Hochwassersituation auswirkt. Allerdings setzt diese Maßnahme nicht vollständig an den Ursachen der Hochwasserproblematik an, sondern sammelt die zu Hochwasser führenden Abflussmengen an einigen zentralen Stellen im Einzugsgebiet der Este. Für den Faktor Z wurde dementsprechend ein Wert von +1 gewählt.

Faktor Z: +1,00

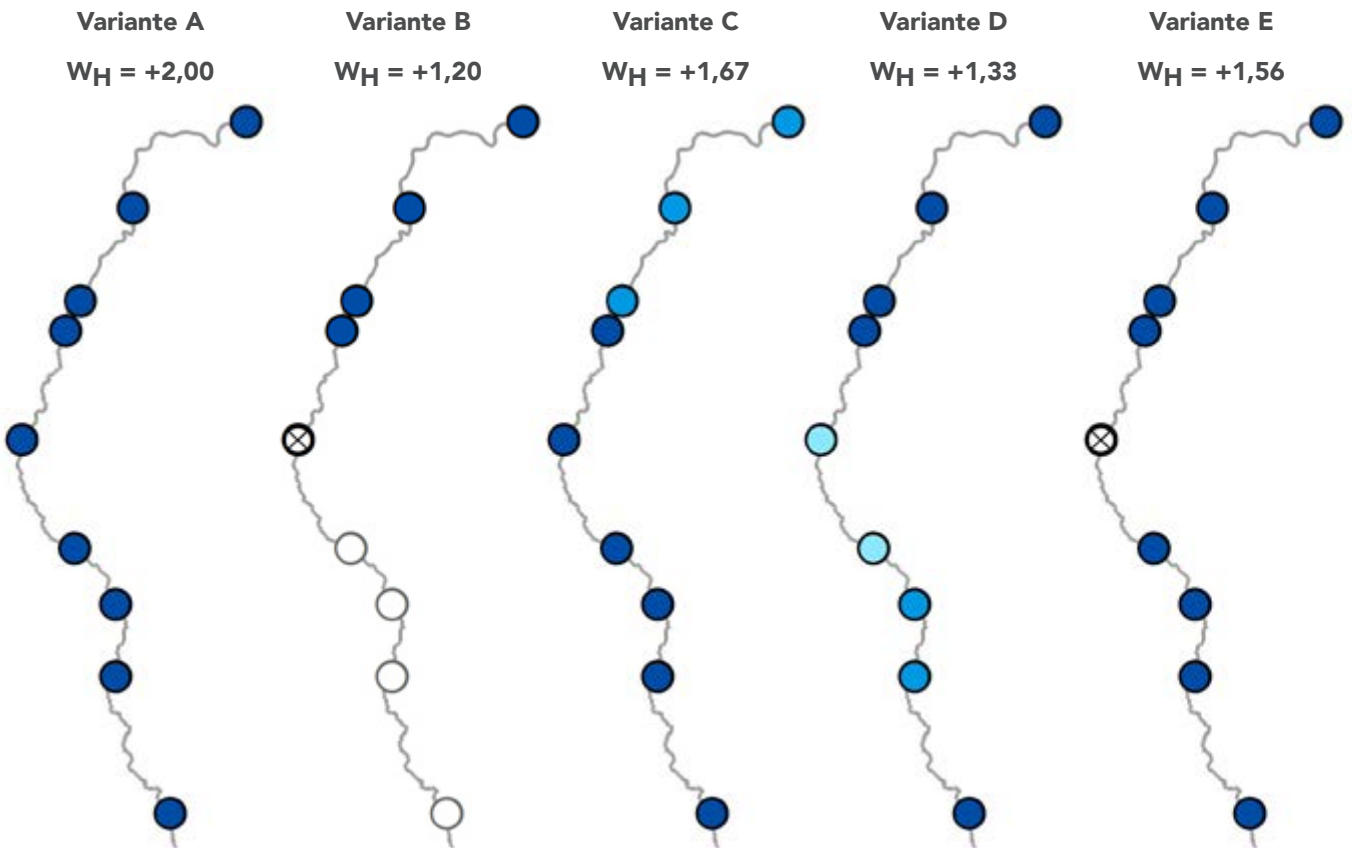
Tab. 7.2.2: Beurteilung der Maßnahme „Rückhaltung im Oberlauf: Hochwasserrückhaltebecken / -polder an der Este und ihren Zuflüssen“ aus unterschiedlichen Sichtweisen durch die Teilnehmer der 3. LAA vom 24.11.2014

Beurteilung aus Sichtweise...				Faktor B (Mittelwert)
... der Land- und Forstwirtschaft	... des Naturschutzes / der Fischerei	... der Este-Anwohner im Oberlauf	... der Este-Anwohner im Unterlauf	
0	+2	-2	+2	+0,50

Tab. 7.2.3: Abschätzung der Realisierungschancen der untersuchten Varianten für Hochwasserrückhaltebecken im Einzugsgebiet der Oberen Este durch die KLEE-Experten (Grundlage: Anmerkungen der Teilnehmer der 3. LAA vom 24.11.2014)

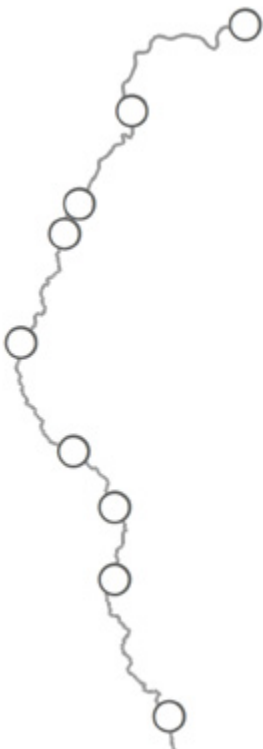
Variante	Zu erwartende Kosten	Benötigte Dauer bis zur Umsetzung	Praktische Flächenverfügbarkeit	Faktor R (Mittelwert)
A	-2	-2	-2	-2,00
B	-1	-1	-1	-1,00
C	-1	-1	-1	-1,00
D	-2	-2	-2	-2,00
E	-2	-2	-2	-2,00

Bewertung der Wirksamkeit



Hochwasserproblematik

Varianten A-E
 W_S = nicht maßgebend



Sedimentproblematik

Erläuternde Kommentare

- Für die Varianten B und E ergibt sich für den Standort Heimbruch eine negative Auswirkung hinsichtlich der Hochwasserproblematik. Dies liegt am Rückstau des stromabwärts liegenden Hochwasserrückhaltebeckens HRB 8.
- Sämtliche untersuchte Varianten haben keine nennenswerte Wirksamkeit hinsichtlich der Sedimentproblematik, da die Abflüsse in der Este erst bei starken Hochwässern verändert werden. Für den Sedimenttransport ist hingegen das gesamte Abflussspektrum relevant. Optional könnten die Hochwasserrückhaltebecken jedoch mit Sandfängen ausgestattet werden.
- Auffällig ist eine sehr negative Beurteilung aus Sichtweise der Este-Anwohner im Oberlauf (-2 Punkte). Einige untersuchte Szenarien verbessern jedoch eindeutig die Hochwassersituation im Oberlauf. Bereits eine neutrale Beurteilung (0 Punkte) würde die Hochwasser-Priorität der Varianten B und E von hoch auf sehr hoch ändern.

Priorisierung der Maßnahme

	Variante				
	A	B	C	D	E
Hochwasserproblematik	$P_H = +0,70$; Priorität sehr hoch	$P_H = +0,58$; Priorität hoch	$P_H = +0,77$; Priorität sehr hoch	$P_H = +0,43$; Priorität hoch	$P_H = +0,52$; Priorität hoch
Sedimentproblematik	$P_S = 0,00$; Keine Priorität	$P_S = 0,00$; Keine Priorität	$P_S = 0,00$; Keine Priorität	$P_S = 0,00$; Keine Priorität	$P_S = 0,00$; Keine Priorität

7.2.2 Gesteuerter Hochwasserrückhalt in der Marsch

Beschreibung der Maßnahme

Bereits im Forschungsprojekt KLIMZUG-NORD wurde ein Konzept zur Nutzung von Synergien bei der Anpassung an die Folgen des Klimawandels für das Wasser-Management im Alten Land entwickelt, welches Lösungen für mehrere Probleme gleichzeitig anbietet (KLIMZUG-NORD Verbund, 2014). Dabei sollen die Belange der Landwirtschaft, des Hochwasserschutzes sowie des Naturschutzes gleichermaßen berücksichtigt werden. Dieses erfolgversprechende Konzept soll an dieser Stelle aufgegriffen werden. Abb. 7.2.2 zeigt die Lage des untersuchten Standortes zur Schaffung gesteuerter Polderflächen in der Marsch. Die Flächen in diesem Bereich werden derzeit überwiegend extensiv genutzt.

Für den Obstanbau im Alten Land wird zukünftig vor allem im Spätsommer ein erhöhter Beregnungsbedarf prognostiziert. Grund hierfür ist eine Abnahme der Niederschlagsmengen in dieser Jahreszeit (siehe Kapitel 3). Das Beregnungswasser kann aufgrund eines möglicherweise erhöhten Salzgehalts nicht aus der Elbe entnommen werden. Grund für den erhöhten Salzgehalt sind niedrige Süßwasserabflüsse aus dem Oberlauf der Elbe, die in Verbindung mit einem zu erwartenden Anstieg des Meeresspiegels zu einer Stromauf-Verschiebung der Brackwasserzone führen können.

Die zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels auf die Hochwassersituation an der Unteren Este wurden in Kapitel 3 ausführlich erläutert. Wie beschrieben wurde, ist eine klimawandelbedingte Erhöhung der maßgeblichen 30-Stunden-Abflussfülle für den tidebeeinflussten Bereich der Este zu erwarten. Konkret wird mit einer Zunahme von derzeit 4,9 Mio. m³ um ca. 22 % auf dann 6,0 Mio. m³ gerechnet. Um diesen klimawandelbedingten Anstieg der Abflussfülle vollständig auszugleichen, wird ein Stauvolumen von 1,1 Mio. m³ benötigt. Eine „Stauraumerweiterung in Form eines Überlaufpolders

zur gezielten Notentlastung im Bereich der Marsch“ (KLIMZUG-NORD Verbund, 2014) wurde in Kombination mit weiteren Maßnahmen als sehr wirksame Form der Anpassung identifiziert. „Da die Lage des Polders nur einen geringen Einfluss auf die Wirksamkeit hat, können insbesondere extensiv genutzte Flächen herangezogen werden.“ (ebd.)

Abb. 7.2.3 zeigt das Konzept zur Nutzung von Synergien in Form von multifunktionalen Anpassungsmaßnahmen im Alten Land. Darin sind die Flächen entlang der Este nördlich von Buxtehude entsprechend ihrer jeweiligen primären Nutzung dargestellt. „Während der Sommermonate, in denen zukünftig mit einer Knappheit von geeignetem Beregnungswasser zu rechnen ist, kann Wasser zur Beregnung gespeichert werden. Während der Sturmflutseason in den Wintermonaten dienen die entleerten Becken als Überlaufpolder für den Hochwasserschutz. Übersteigt der Wasserstand in der Este einen kritischen Wert, wird Wasser in die Speicherbecken geleitet, wodurch der Wasserstand in der Este nahezu konstant gehalten werden kann. [...] Eine Optimierung des Systems kann durch die Einrichtung eines Vorhersagesystems erfolgen, welches den Zufluss aus Entwässerung und die Sturmflutvorhersagen für die Tideelbe bzw. die aktuelle Lage der Brackwasserzone berücksichtigt. Weitere Synergieeffekte hat das System für den Naturschutz. Durch einen kaskadenförmigen Aufbau können einzelne Segmente des Speicherbeckens unterschiedlich genutzt werden. Die äußeren Segmente könnten auf diese Weise für die Tide geöffnet werden, sofern sie nicht benötigt bzw. genutzt werden. Durch die entstehenden Tidebiotopie würde ein standorttypischer, ökologisch wertvoller Lebensraum geschaffen. Gleichzeitig würde sich das neue Tidevolumen positiv auf die Tideverhältnisse in der Elbe auswirken.“ (ebd.).

Die in Abb. 7.2.3 dargestellten Flächen alleine für den Hochwasserrückhalt haben eine Ausdehnung von etwa 4 km². Das bedeutet, dass bereits ab einer mittleren Wassertiefe von knapp 30 cm auf diesen Flächen den negativen Folgen des Klimawandels hinsichtlich der Zunahme der Abflussfülle vollständig entgegengewirkt werden kann. Bei einer geringeren Flächenverfügbarkeit für Hochwasserrückhalt kann dieser Effekt durch höhere Wasserstände in den Poldern ebenfalls erreicht werden.

Beurteilung aus unterschiedlichen Sichtweisen

Die Beurteilung dieser Maßnahme erfolgte durch die Teilnehmer der 3. Lern- und Aktionsallianz vom 24.11.2014 (Tab. 7.2.4). Aufgrund des hohen Flächenbedarfs bzw. einer Einschränkung der Nutzbarkeit von Flächen wurde diese Maßnahme aus Sichtweise der Land- und Forstwirtschaft negativ bewertet. Aus Sichtweise des Naturschutzes und der Fischerei ergab sich unter der Voraussetzung einer geeigneten, die Belange des Naturschutzes berücksichtigenden Detailplanung eine positive Bewertung. Die Bewertung der Maßnahme aus Sichtweise der Este-Anwohner sowohl im Ober- als auch im Unterlauf fiel neutral aus.

Abschätzung der Realisierungschancen

Auf Grundlage der Anmerkungen durch die Teilnehmer der 3. Lern- und Aktionsallianz vom 24.11.2014 wurde die Abschätzung der Realisierungschancen für diese Maßnahme durch die KLEE-Experten vorgenommen (Tab. 7.2.5). Die zu erwartenden Kosten wurden unter Berücksichtigung der Investitionskosten sowie bei Ernteaussfällen zu zahlender Entschädigungszahlungen als eher hoch eingestuft. Es ist davon auszugehen, dass diese Maßnahme eher langfristig umsetzbar ist. Aufgrund eines insgesamt erheblichen Flächenbedarfs und dementsprechend einer Vielzahl von Grundstückseigentümern / Ansprechpartnern wird die praktische Flächenverfügbarkeit für diese Maßnahme eher gering gesehen.



Abb. 7.2.2: Untersucher Standort für einen gesteuerten Hochwasserrückhalt in der Marsch

Beurteilung der Ursachenrelevanz / Zukunftsfähigkeit

Multifunktionale Anpassungsmaßnahmen, die Lösungen für mehrere Probleme gleichzeitig bieten, stellen prinzipiell eine optimale Form der Anpassung an den Klimawandel dar. Durch die Bereitstellung von Polderflächen an der Unteren Este wird dem Fluss mehr Raum (zurück-)

Tab. 7.2.4: Beurteilung der Maßnahme „Rückhaltung im Unterlauf: Hochwasserpolder“ aus unterschiedlichen Sichtweisen durch die Teilnehmer der 3. LAA vom 24.11.2014

Beurteilung aus Sichtweise...				Faktor B (Mittelwert)
... der Land- und Forstwirtschaft	... des Naturschutzes / der Fischerei	... der Este-Anwohner im Oberlauf	... der Este-Anwohner im Unterlauf	
-2	+2	0	0	0,00

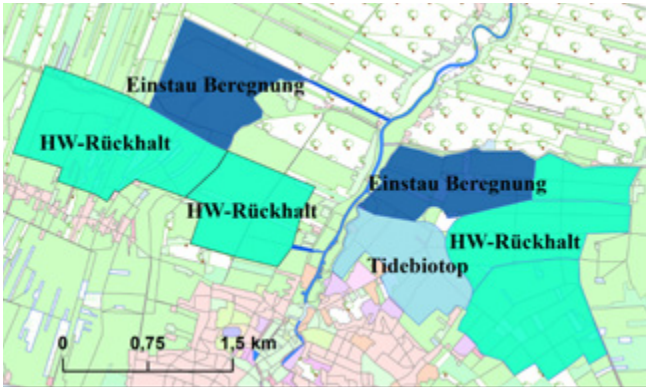


Abb. 7.2.3: Nutzung von Synergien in Form von multifunktionalen Anpassungsmaßnahmen im Alten Land (KLIMZUG-NORD Verbund, 2014)

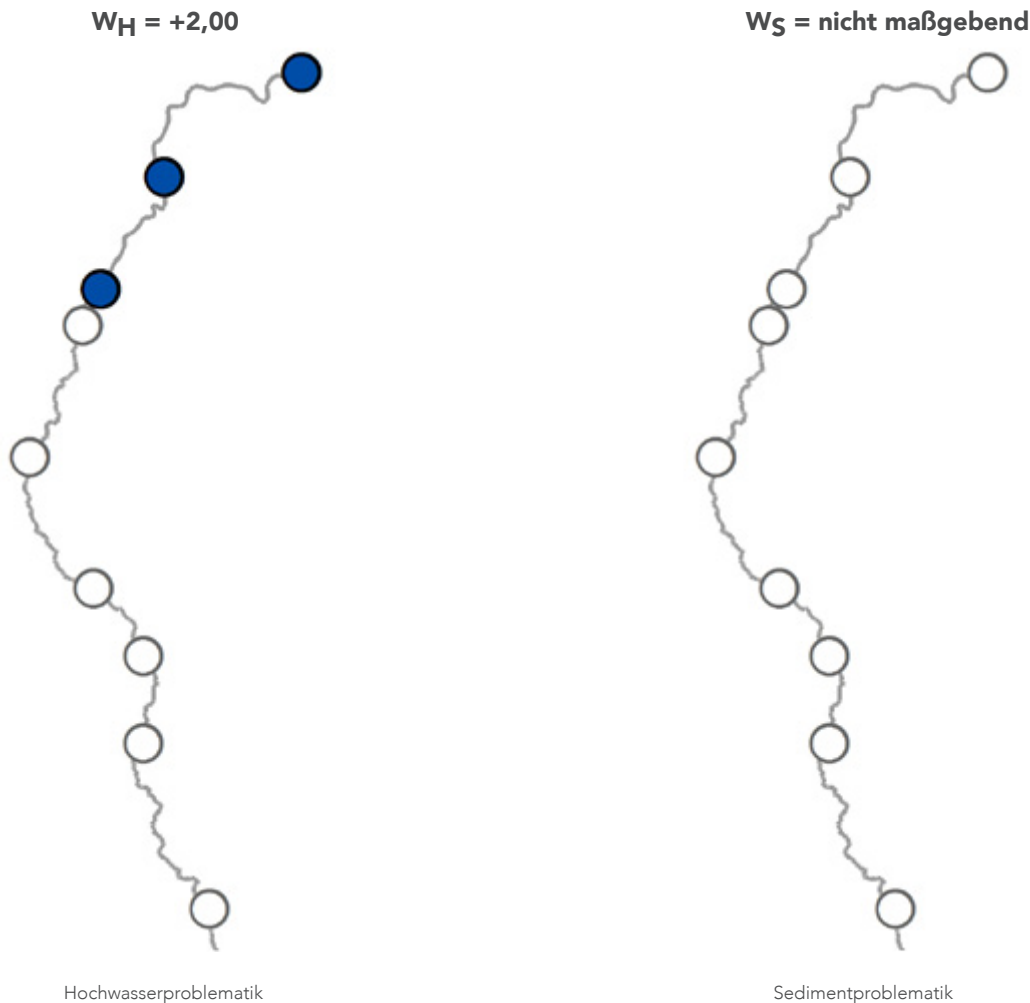
gegeben, was sich positiv auf die Hochwassersituation auswirkt. Zugleich ergeben sich durch die Maßnahme positive Effekte für die Landwirtschaft und den Naturschutz. Allerdings setzt diese Maßnahme nicht vollständig an den Ursachen der Hochwasserproblematik an, da ein Großteil der maßgeblichen Abflussfülle aus dem Einzugsgebiet der Oberen Este kommt. Für den Faktor Z wurde dementsprechend ein Wert von +1 gewählt.

Faktor Z: +1,00

Tab. 7.2.5: Abschätzung der Realisierungschancen der Maßnahme „Rückhaltung im Unterlauf: Hochwasserpolder“ durch die KLEE-Experten (Grundlage: Anmerkungen der Teilnehmer der 3. LAA vom 24.11.2014)

Zu erwartende Kosten	Benötigte Dauer bis zur Umsetzung	Praktische Flächenverfügbarkeit	Faktor R (Mittelwert)
-2	-1	-1	-1,33

Bewertung der Wirksamkeit



Priorisierung der Maßnahme

Hochwasserproblematik	$P_H = +0,73$; Priorität sehr hoch
Sedimentproblematik	$P_S = 0,00$; Keine Priorität

Erläuternde Kommentare

- Die Hochwasserpolder werden als gesteuerte Überlaufpolder geplant. Das bedeutet, dass die Becken nicht bei jedem Tidehochwasser, sondern erst ab einem höheren, definierten Hochwasserstand in der Este gefüllt werden und im Regelfall trocken bleiben. Dadurch ist durch diese Maßnahme keine nennenswerte Wirksamkeit hinsichtlich der Sedimentproblematik in der Este zu erwarten.
- Auffällig sind eine negative Beurteilung aus Sichtweise der Landwirtschaft sowie eine neutrale Beurteilung aus Sichtweise der Este-Anwohner im Unterlauf. Für beide Akteure sind durch diese multifunktionale Maßnahme aber durchaus auch positive Effekte zu erwarten.

7.2.3 Anpassung der Schöpfwerkbetriebe

Beschreibung der Maßnahme

Durch eine angepasste Betriebssteuerung der einzelnen Schöpfwerke an der Unteren Este in Abhängigkeit der Hochwassergefahrensituation an der Este kann die Abflussfülle in der Este reduziert werden (Abb. 7.2.4). Für die einzelnen Anlagen müssen dafür vertretbare maximale Wasserstände im Deichhinterland definiert werden.

Aktuell befinden sich acht Schöpfwerke entlang der Unteren Este (Abb. 7.2.5). Sie stellen die Entwässerung des Deichhinterlandes in der Marsch sicher. Unabhängig vom aktuellen Wasserstand bzw. der aktuellen Hochwassergefahr an der Este pumpen diese Schöpfwerke ab einem definierten Wasserstand mit jeweils maximaler Leistung Wasser aus dem Deichhinterland in die Este. Beim Zusammentreffen eines sturmflutbedingten Schließens des Este-Sperrwerks mit einem Binnenhochwasser aus dem Einzugsgebiet der Oberen Este kommt es zu einer Verschärfung der Hochwassergefahr entlang der Este, hervorgerufen durch den Zufluss aus den Schöpfwerken.

Die derzeitige maximale Pumpleistung aller acht Schöpfwerke gemeinsam beträgt ca. $13,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Über den Zeitraum der maßgeblichen 30-Stunden-Fülle bedeutet dies ein Volumen von etwa $1,46 \text{ Mio. m}^3$ Wasser, das während einer Sturmflut und dementsprechend geschlossenem Sperrwerk aus dem Deichhinterland in die Untere Este gepumpt wird. Klimawandelbedingt ist mit einer Zunahme der gesamten 30-Stunden-Abflussfülle (Binnenabfluss + Anteil der Schöpfwerke) für die Untere Este von derzeit $4,9 \text{ Mio. m}^3$ um etwa $1,1 \text{ Mio. m}^3$ auf zukünftig $6,0 \text{ Mio. m}^3$ zu rechnen.



Abb. 7.2.4: Übersicht über die Maßnahme „Anpassung der Schöpfwerkbetriebe“ entlang der Unteren Este



Abb. 7.2.5: Übersicht über bestehende Schöpfwerke an der Unteren Este

Im Rahmen von KLEE wurden verschiedene Varianten hinsichtlich einer Anpassung der Betriebssteuerung der Schöpfwerke untersucht (Tab. 7.2.6). Je stärker die gesamte Pumpleistung der acht Schöpfwerke reduziert wird, desto mehr Wasser muss im Deichhinterland zwischengespeichert werden und desto stärker würden dementsprechend die Wasserstände im Deichhinterland steigen. Bei konstant bleibendem Binnenabfluss kann so die gesamte maßgebliche 30-Stunden-Abflussfülle reduziert werden.

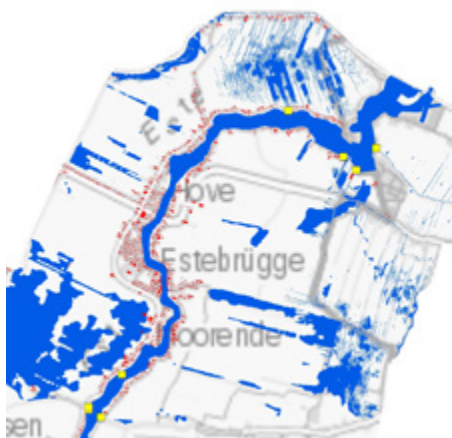
Je nach angestrebtem Stauziel im Deichhinterland ergeben sich für die einzelnen Varianten unterschiedliche Überschwemmungsflächen für das KLEE-Modellgebiet. Während bei einem Stauziel von -0,2 m ü. NN (Variante A) noch sehr viele Flächen und Gebäude von Überflutung betroffen wären, reduzieren sich die betroffenen Stellen entsprechend bei einem Wasserstand von -0,4 m ü. NN (Variante B). Bei einem Stauziel von -0,6 m ü. NN (Variante C) wären nur noch sehr wenige Flächen überflutet.

Tab. 7.2.6: Untersuchte Varianten zur Anpassung der Schöpfwerkbetriebe an der Unteren Este

	Keine Maßnahme	Variante A	Variante B	Variante C
Stauziel im Deichhinterland	/	-0,2 m ü. NN	-0,4 m ü. NN	-0,6 m ü. NN
Rückhaltevolumen im Deichhinterland	/	1,46 Mio. m ³	0,60 Mio. m ³	0,20 Mio. m ³
Anteil aus dem Schöpfwerkbetrieb	1,46 Mio. m ³	0 Mio. m ³	0,86 Mio. m ³	1,26 Mio. m ³
Anteil aus dem Binnenabfluss	4,53 Mio. m ³	4,53 Mio. m ³	4,53 Mio. m ³	4,53 Mio. m ³
Maßgebliche 30-Stunden-Abflussfülle unter Berücksichtigung des Klimawandels	6,0 Mio. m ³	4,53 Mio. m ³	5,39 Mio. m ³	5,79 Mio. m ³
Reduzierung der klimawandelbedingten Zunahme der maßgeblichen 30-Stunden-Abflussfülle	0 %	134 %	55 %	19 %

Variante A

Stauziel im Deichhinterland:
-0,2 m ü. NN

**Variante B**

Stauziel im Deichhinterland:
-0,4 m ü. NN

**Variante C**

Stauziel im Deichhinterland:
-0,6 m ü. NN



Abb. 7.2.6: Überflutete Flächen entlang der Unteren Este innerhalb des KLEE-Modellgebiets bei unterschiedlichen Stauzielen für das Deichhinterland

Bereits Variante C, bei der nur sehr wenige Flächen von Überflutung betroffen wären, könnte die zu erwartenden negativen Auswirkungen des Klimawandels auf die maßgebliche 30-Stunden-Fülle in der Unteren Este um 19 % reduzieren. Eine Anpassung der Betriebssteuerung der einzelnen Schöpfwerke in Abhängigkeit der Hochwassergefahrensituation an der Este einerseits und einer detaillierten Betrachtung des Gefährdungspotenzials im Deichhinterland andererseits sollte aus diesem Grund in jedem Fall weiterverfolgt werden.

Beurteilung aus unterschiedlichen Sichtweisen

Die Beurteilung dieser Maßnahme erfolgte durch die Teilnehmer der 2. Lern- und Aktionsallianz vom 15.05.2014 (Tab. 7.2.7). Die Befürchtung, dass viele landwirtschaftliche Flächen dann nicht mehr oder nur eingeschränkt nutzbar wären, führte hier zu einer negativen Beurteilung. Aus Sichtweise des Naturschutzes und der Fischerei sowie für die Este-Anwohner im Oberlauf wurden an dieser Stelle keine Auswirkungen durch die Maßnahme erwartet. Aus Sichtweise der Este-Anwohner im Unterlauf wurden – je nach Herkunft – sowohl positive als auch negative Aspekte angeführt.

Tab. 7.2.7: Beurteilung der Maßnahme „Anpassung der Schöpfwerkbetriebe“ aus unterschiedlichen Sichtweisen durch die Teilnehmer der 2. LAA vom 15.05.2014

Beurteilung aus Sichtweise...				Faktor B (Mittelwert)
... der Land- und Forstwirtschaft	... des Naturschutzes / der Fischerei	... der Este-Anwohner im Oberlauf	... der Este-Anwohner im Unterlauf	
-2	0	0	0	-0,50

Abschätzung der Realisierungschancen

Auf Grundlage der Anmerkungen durch die Teilnehmer der 2. Lern- und Aktionsallianz vom 15.05.2014 wurde die Abschätzung der Realisierungschancen für diese Maßnahme durch die KLEE-Experten vorgenommen (Tab. 7.2.8). Langfristig wären zwar Einsparungen durch geringere Pumpkosten zu erwarten. Kosten für die Anpassung der Betriebssteuerung sowie eventuell wiederkehrend zu zahlende Entschädigungszahlungen führten insgesamt zu einer Abschätzung der zu erwartenden Kosten im eher höheren Bereich. Die Anpassung der Schöpfwerkbetriebe kann nach Meinung der KLEE-Experten eher kurzfristig umgesetzt werden. Wie in Abb. 7.2.6 zu sehen ist, wären auch bei einem niedrigen Stau-

ziel noch einige Flächen von der Maßnahme betroffen. Daher wurde die praktische Flächenverfügbarkeit als gering eingeschätzt.

Beurteilung der Ursachenrelevanz / Zukunftsfähigkeit

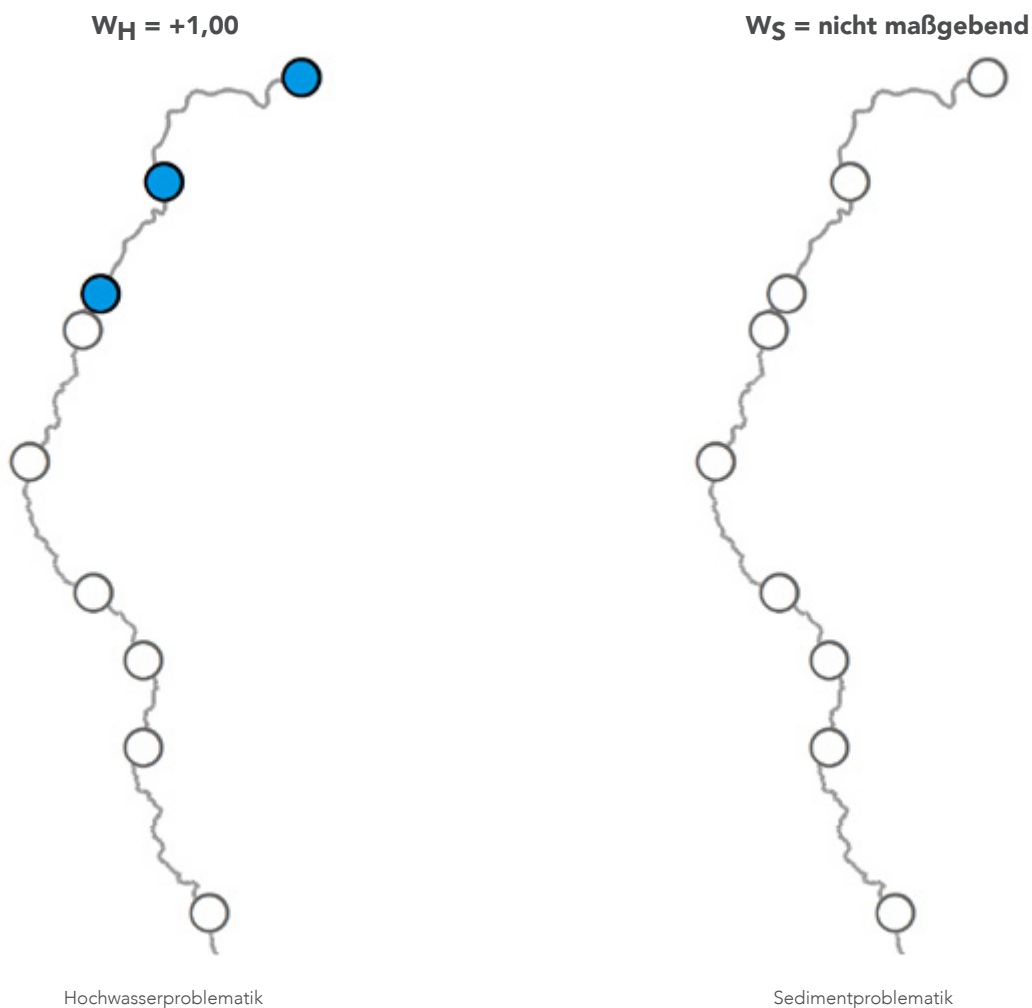
Durch die Anpassung der Schöpfwerkbetriebe wird das Niederschlagswasser möglichst dezentral, also im Einzugsgebiet zurückgehalten, wodurch die Hochwassergefahr an der Este reduziert wird. Entsprechend der Definition für den Faktor Z wurde ein Wert von +2 vergeben.

Faktor Z: +2,00

Tab. 7.2.8: Abschätzung der Realisierungschancen der Maßnahme „Anpassung der Schöpfwerkbetriebe“ durch die KLEE-Experten (Grundlage: Anmerkungen der Teilnehmer der 2. LAA vom 15.05.2014)

Zu erwartende Kosten	Benötigte Dauer bis zur Umsetzung	Praktische Flächenverfügbarkeit	Faktor R (Mittelwert)
-1	+1	-2	-0,67

Bewertung der Wirksamkeit



Priorisierung der Maßnahme

Hochwasserproblematik	$P_H = +0,57$; Priorität hoch
Sedimentproblematik	$P_S = 0,00$; Keine Priorität

Erläuternde Kommentare

- Bei der Anpassung der Betriebssteuerung der einzelnen Schöpfwerkbetriebe handelt es sich um eine Anpassungsmaßnahme zur Verbesserung der Hochwassersituation an der Unteren Este. Es ist dadurch keine nennenswerte Wirksamkeit hinsichtlich der Sedimentproblematik in der Este zu erwarten.
- Ein weiterer Ansatz zur Anpassung an den Klimawandel hinsichtlich der Schöpfwerke an der Unteren Este wird im Rahmen der Pilotmaßnahme des Landkreises Stade vorgestellt (Kapitel 7.4.2). In einer Machbarkeitsstudie wurde die Möglichkeit untersucht, das Deichhinterland im Einzugsgebiet der Este nicht wie bisher über die Este in die Elbe, sondern direkt in die Elbe zu entwässern.

7.2.4 Pumpwerk an der Mündung in die Elbe

Beschreibung der Maßnahme

Eine prinzipiell denkbare Möglichkeit, um den zu erwartenden negativen Auswirkungen des Klimawandels für die Untere Este zu begegnen, ist die Errichtung eines zentralen Pumpwerks an der Estemündung bei Cranz (Abb. 7.2.7). Im Falle einer sturmflutbedingten Schließung des Äußeren Estesperrowerks könnte bei einem gleichzeitig auftretenden Binnenhochwasser überschüssiges Wasser aus der Tideeste in die Elbe gepumpt werden.

Die zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels auf die Hochwassersituation an der Unteren Este wurden in Kapitel 3 ausführlich erläutert. Wie beschrieben wurde, ist eine klimawandelbedingte Erhöhung der maßgeblichen 30-Stunden-Abflussfülle für den tidebeeinflussten Bereich der Este zu erwarten. Konkret wird mit einer Zunahme von derzeit 4,9 Mio. m³ um ca. 22 % auf dann 6,0 Mio. m³ gerechnet. Um diesen klimawandelbedingten Anstieg der Abflussfülle um 1,1 Mio. m³ vollständig auszugleichen, müsste über die gesamte Dauer der Sperrwerksschließung (etwa 30 Stunden) Wasser von der Tideeste in die Elbe gepumpt werden. Die benötigte mittlere Pumpenleistung beträgt für dieses Szenario etwa 10,2 m³/s (= 612.000 Liter/Minute). Dies entspräche dem gleichzeitigen Dauereinsatz von etwa 400 Feuerwehrfahrzeugen mit einer Nennleistung von jeweils 1.600 Liter/Minute²⁵.



Abb. 7.2.7: Standort für ein untersuchtes Pumpwerk an der Mündung in die Elbe

25 Zum Vergleich: Tragkraftspritzenfahrzeug „Florian Stade 10-41-3“ der Feuerwehr Buxtehude: 1.600 Liter/Minute Nennleistung

Beurteilung aus unterschiedlichen Sichtweisen

Die Beurteilung dieser Maßnahme erfolgte durch die Teilnehmer der 3. Lern- und Aktionsallianz vom 24.11.2014 (Tab. 7.2.9). Aus Sichtweise der Land- und Forstwirtschaft wurde die Maßnahme aufgrund einer besseren Nutzbarkeit der an der Este gelegenen Flächen positiv bewertet. Aus Sichtweise des Naturschutzes und der Fischerei ergab sich hauptsächlich aufgrund eines starken technischen Eingriffes eine negative Bewertung. Die Bewertung der Maßnahme aus Sichtweise der Este-Anwohner sowohl im Ober- als auch im Unterlauf fiel neutral aus.

Beurteilung der Ursachenrelevanz / Zukunftsfähigkeit

Eine Umsetzung dieser Maßnahme würde in keiner Weise an den Ursachen der Hochwasserproblematik ansetzen, sondern lediglich die Folgen einer Hochwasserentstehung im Einzugsgebiet der Este bekämpfen. Zudem wäre ein hoher Energiebedarf zum Betrieb der Pumpen nötig, was aus Sicht des Klimaschutzes negativ zu bewerten ist. Dementsprechend wurde für den Faktor Z ein Wert von -2 gewählt.

Faktor Z: -2,00

Tab. 7.2.9: Beurteilung der Maßnahme „Pumpwerk an der Mündung in die Elbe“ aus unterschiedlichen Sichtweisen durch die Teilnehmer der 3. LAA vom 24.11.2014

Beurteilung aus Sichtweise...				Faktor B (Mittelwert)
... der Land- und Forstwirtschaft	... des Naturschutzes / der Fischerei	... der Este-Anwohner im Oberlauf	... der Este-Anwohner im Unterlauf	
+2	-2	0	0	0,00

Abschätzung der Realisierungschancen

Auf Grundlage der Anmerkungen durch die Teilnehmer der 3. Lern- und Aktionsallianz vom 24.11.2014 wurde die Abschätzung der Realisierungschancen für diese Maßnahme durch die KLEE-Experten vorgenommen (Tab. 7.2.13). Die zu erwartenden Kosten für Bau und Betrieb des Pumpwerks wurden als hoch eingestuft. Da es sich beim Bau eines Pumpwerks zwar zweifelsohne um eine sehr große Baumaßnahmen handelt, diese Baumaßnahme sich aber lediglich auf einen zentralen Standort beschränkt, wurde die benötigte Dauer zur Umsetzung im mittleren Bereich verortet. Aufgrund keines nennenswerten zusätzlichen Flächenbedarfs außerhalb des Gewässers ist die praktische Flächenverfügbarkeit für diese Maßnahme hoch.

Tab. 7.2.10: Abschätzung der Realisierungschancen der Maßnahme „Pumpwerk an der Mündung in die Elbe“ durch die KLEE-Experten (Grundlage: Anmerkungen der Teilnehmer der 3. LAA vom 24.11.2014)

Zu erwartende Kosten	Benötigte Dauer bis zur Umsetzung	Praktische Flächenverfügbarkeit	Faktor R (Mittelwert)
-2	0	+2	0,00

Bewertung der Wirksamkeit



Priorisierung der Maßnahme

Hochwasserproblematik	$P_H = +0,40$; Priorität niedrig
Sedimentproblematik	$P_S = 0,00$; Keine Priorität

Erläuternde Kommentare

- Ein Pumpwerk an der Mündung in die Elbe wäre nur bei extremen Wasserständen im Bereich der Tideeste in Betrieb. Über den Großteil der Zeit wären die Abfluss- und Sedimenttransportprozesse innerhalb der Este in keiner Weise beeinflusst. Dadurch ist durch diese Maßnahme keine nennenswerte Wirksamkeit hinsichtlich der Sedimentproblematik in der Este zu erwarten.

7.3 Wiederherstellung einer naturnahen Morphodynamik

Die Morphodynamik eines Gewässers beschreibt die zeitliche Veränderung der Gestalt eines Fließgewässers. Die beiden wichtigsten Einflussgrößen sind der Schwebstoff- und Geschiebetransport. Während Schwebstoffe im Gewässer schwebend transportiert werden, bewegt sich Geschiebe an der Gewässersohle. Wesentliches Ziel

der im Folgenden betrachteten Maßnahmen ist die Reduzierung der Erosionsprozesse innerhalb der Este durch eine Wiederherstellung eines naturnahen Zustandes des Gewässers. Positive Auswirkungen auf Hochwasserstände sind durch die Maßnahmen nicht zu erwarten.

7.3.1 Erhöhung der Sohlrauheit im Gewässer

Beschreibung der Maßnahme

Wie in Kapitel 4 erläutert wurde, kann durch die Erhöhung der Sohlrauheit im Gewässer die kritische Fließgeschwindigkeit in einzelnen Gewässerabschnitten erhöht werden, was bedeutet, dass diese Bereiche weniger anfällig gegenüber Erosionsprozessen sind. In der Natur ließe sich dies beispielsweise durch das Einbringen von Kies in das Gewässerbett umsetzen. Abb. 7.3.1 zeigt den Abschnitt an der Oberen Este von Langeloh bis Buxtehude, für den eine Erhöhung der Sohlrauheit untersucht wurde.

Zur Ermittlung der Auswirkungen einer Erhöhung der Sohlrauheiten wurde für den in Abb. 7.3.1 dargestellten Bereich im numerischen Modell der Wert für die Rauheit um 67 % erhöht.

Beurteilung aus unterschiedlichen Sichtweisen

Die Beurteilung dieser Maßnahme erfolgte durch die Teilnehmer der 3. Lern- und Aktionsallianz vom 24.11.2014 (Tab. 7.3.1). Aus Sichtweise der Land- und Forstwirtschaft wurden durch diese Maßnahme negative Auswirkungen für die Nutzbarkeit von Flächen in Nähe der Este befürchtet. Aus Sichtweise des Naturschutzes und der Fischerei wurde durch eine erhöhte Rauigkeit im Gewässer eine positive Wirkung hinsichtlich der Struktur- und Artenvielfalt in der Este erwartet. Für die Anwohner im Ober- und Unterlauf der Este wurden sowohl positive als auch negative Auswirkungen durch die Maßnahme genannt.



Erhöhung der Sohlrauheit im Gewässer

Abb. 7.3.1: Untersucher Abschnitt zur Erhöhung der Sohlrauheit an der Oberen Este

Tab. 7.3.1: Beurteilung der Maßnahme „Erhöhung der Rauigkeit im Gewässer“ aus unterschiedlichen Sichtweisen durch die Teilnehmer der 3. LAA vom 24.11.2014

Beurteilung aus Sichtweise...				Faktor B (Mittelwert)
... der Land- und Forstwirtschaft	... des Naturschutzes / der Fischerei	... der Este-Anwohner im Oberlauf	... der Este-Anwohner im Unterlauf	
-2	+2	0	0	0,00

Abschätzung der Realisierungschancen

Auf Grundlage der Anmerkungen durch die Teilnehmer der 3. Lern- und Aktionsallianz vom 24.11.2014 wurde die Abschätzung der Realisierungschancen für diese Maßnahme durch die KLEE-Experten vorgenommen (Tab. 7.3.2). Für alle untersuchten Kriterien wurden hier tendenziell positive Werte vergeben. Obwohl die Maßnahme die gesamte Obere Este betrifft und damit eine große Flächenausdehnung hat, werden die Kosten für eine Erhöhung der Rauigkeit im Gewässer im Gegensatz zu technischen Maßnahmen als eher gering eingestuft, ebenso die Dauer zur Umsetzung der Maßnahme. Da außerhalb der Este keinerlei zusätzlichen Flächen zur Umsetzung dieser Maßnahme benötigt werden, ist die praktische Flächenverfügbarkeit hier sehr hoch.

Beurteilung der Ursachenrelevanz / Zukunftsfähigkeit

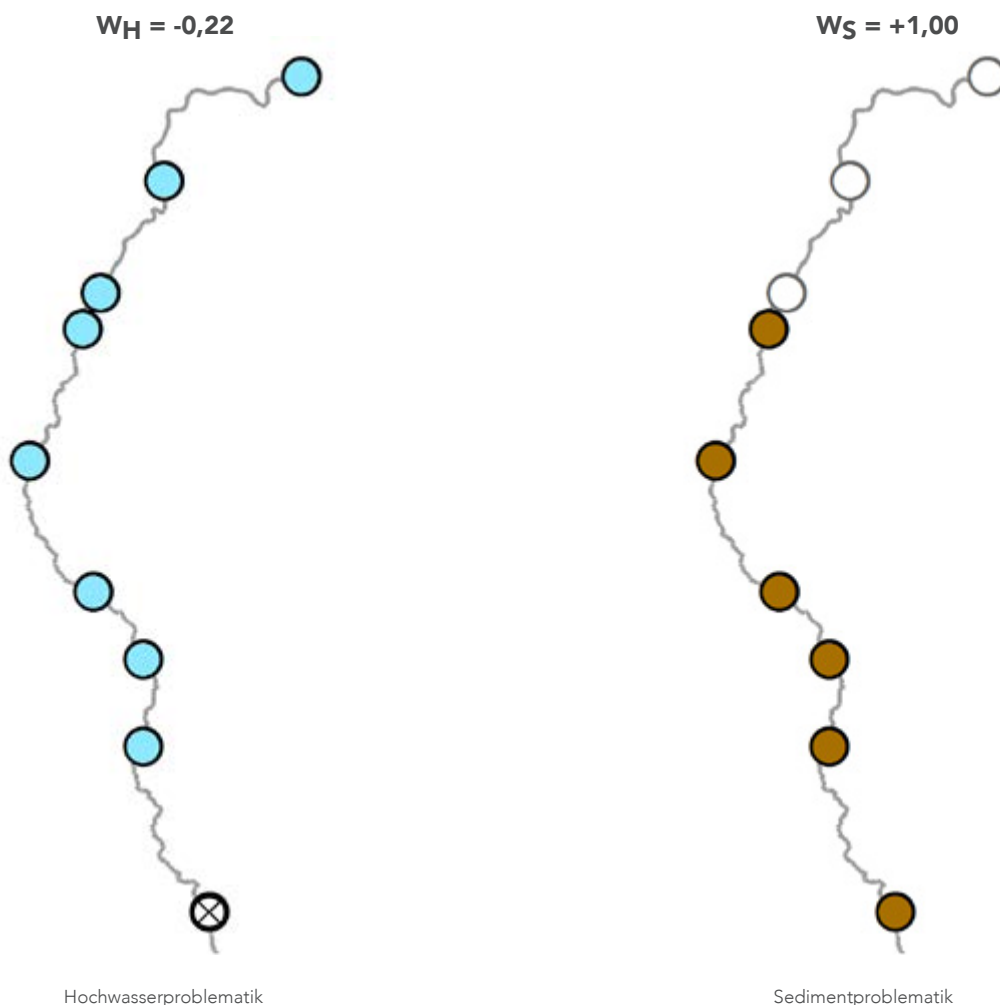
Durch eine Umsetzung dieser Maßnahme kann die ursprünglich an vielen Stellen kiesführende Este im Vergleich zum Status quo wieder in einen natürlicheren Zustand versetzt werden. Den Ursachen der bestehenden Sedimentproblematik innerhalb des Flusses wird dadurch entgegengewirkt.

Faktor Z: +2,00

Tab. 7.3.2: Abschätzung der Realisierungschancen der Maßnahme „Erhöhung der Rauigkeit im Gewässer“ durch die KLEE-Experten (Grundlage: Anmerkungen der Teilnehmer der 3. LAA vom 24.11.2014)

Zu erwartende Kosten	Benötigte Dauer bis zur Umsetzung	Praktische Flächenverfügbarkeit	Faktor R (Mittelwert)
+1	+1	+2	+1,33

Bewertung der Wirksamkeit



Priorisierung der Maßnahme

Hochwasserproblematik	$P_H = 0,00$; Keine Priorität
Sedimentproblematik	$P_S = +1,07$; Priorität sehr hoch

Erläuternde Kommentare

- Im Rahmen von KLEE wurde lediglich die Wirksamkeit einer Erhöhung der Rauigkeit innerhalb der Este untersucht. Weitere positive Effekte hinsichtlich der Sedimentproblematik sind möglicherweise durch eine Erhöhung der Rauigkeit in den Zuflüssen der Este zu erzielen, indem insgesamt weniger Sediment in die Este eingetragen wird.
- Wie in diesem Kapitel beschrieben, kann eine Erhöhung der Sohlrauheit im Gewässer durch das Einbringen von Kies erreicht werden. Prinzipiell können ähnliche Effekte aber auch durch andere Maßnahmen wie das Einbringen von Totholz in das Gewässer oder eine auf ein Minimum reduzierte Gewässerunterhaltung erzielt werden.

7.3.2 Anschluss von Altarmen / Gewässermäandrierung

Beschreibung der Maßnahme

Eine Möglichkeit zur Reduzierung der Fließgeschwindigkeiten innerhalb der Este ist die Verlängerung des Fließweges durch den Wiederanschluss von Altarmen bzw. durch eine Mäandrierung des Gewässers allgemein. Mäander bezeichnen dabei den für viele Fließgewässer typischen schlängelnden Verlauf. Durch eine Reduzierung der Fließgeschwindigkeiten können Erosionsprozesse in der Este verringert werden.

Insgesamt 26 konkrete Maßnahmenvorschläge durch die Teilnehmer der 1. LAA bezogen sich auf eine Renaturierung bzw. Mäandrierung der Este sowie ihrer Zuflüsse. Auf dieser Basis wurden unter Zuhilfenahme von Luftbildaufnahmen und Liegenschaftskarten insgesamt knapp 60 Stellen entlang der Este zwischen Langeloh und Buxtehude mit ehemals vorhandenen Mäandern identifiziert (Abb. 7.3.2).

Die identifizierten Altarme wurden in das Rechengitter des numerischen Modells der Este integriert, wie in Abb. 7.3.3 beispielhaft für die Este zwischen Moisburg und Heimbruch dargestellt. Mit dem angepassten Rechengitter wurden die Auswirkungen der Maßnahme hinsichtlich der Hochwasser- sowie der Sedimentproblematik rechnerisch untersucht.



Abb. 7.3.2: Untersuchter Wiederanschluss von Altarmen an der Oberen Este

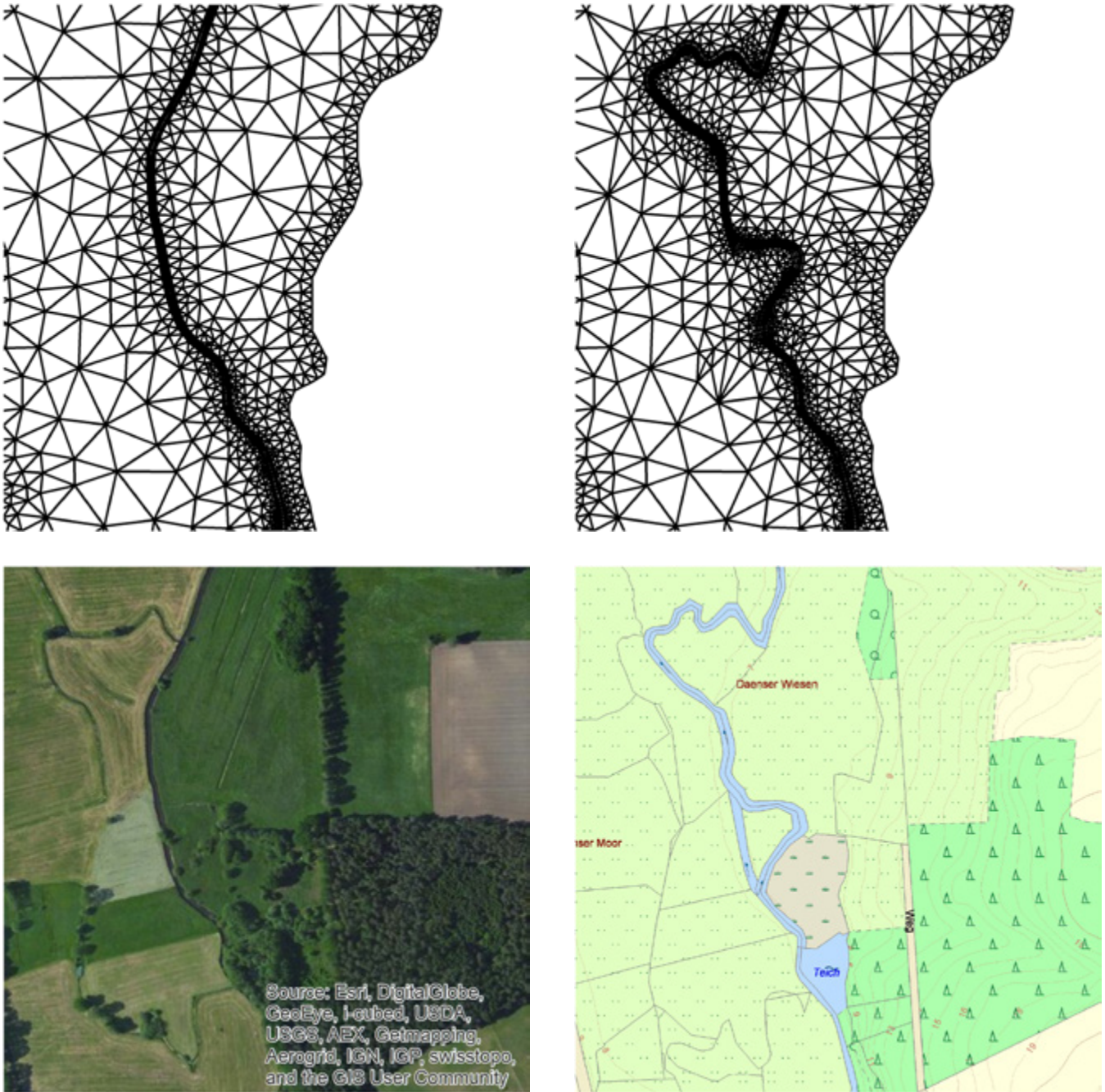


Abb. 7.3.3: Integration der Altarme in das Rechengitter: Flusslauf im Ist-Zustand (oben links), in das Modell integrierte Altarme (oben rechts), noch erkennbare Altarme im Luftbild (unten links) sowie in der Amtlichen Karte AK5 des Landes Niedersachsen (unten rechts).

Beurteilung aus unterschiedlichen Sichtweisen

Die Beurteilung dieser Maßnahme erfolgte durch die Teilnehmer der 3. Lern- und Aktionsallianz vom 24.11.2014 (Tab. 7.3.3). Aus Sichtweise der Land- und Forstwirtschaft ergab sich hier aufgrund einer zusätzlichen Flächeninanspruchnahme sowie zu erwartender höherer Wasserstände eine negative Beurteilung. Durch die Erhöhung der Struktur- und Artenvielfalt wurde die Maßnahme aus Sichtweise des Naturschutzes und der Fischerei positiv bewertet. Argumente sowohl für als auch gegen die Maßnahme aus Sichtweise der Este-Anwohner im Ober- und Unterlauf führten hier je zu einer neutralen Bewertung.

Abschätzung der Realisierungschancen

Auf Grundlage der Anmerkungen durch die Teilnehmer der 3. Lern- und Aktionsallianz vom 24.11.2014 wurde die Abschätzung der Realisierungschancen für diese Maßnahme durch die KLEE-Experten vorgenommen (Tab. 7.3.4). Die zu erwartenden Kosten wurden aufgrund des benötigten Flächenerwerbs als eher hoch eingestuft, ebenfalls die benötigte Dauer bis zur Maßnahmenumsetzung. Basierend auf mehreren kritischen Anmerkungen zu diesem Punkt (LAA 3) wurde die praktische Flächenverfügbarkeit als eher gering eingestuft.

Tab. 7.3.3: Beurteilung der Maßnahme „Anschluss von Altarmen / Gewässermäandrierung“ aus unterschiedlichen Sichtweisen durch die Teilnehmer der 3. LAA vom 24.11.2014

Beurteilung aus Sichtweise...				Faktor B (Mittelwert)
... der Land- und Forstwirtschaft	... des Naturschutzes / der Fischerei	... der Este-Anwohner im Oberlauf	... der Este-Anwohner im Unterlauf	
-2	+2	0	0	0,00

Tab. 7.3.4: Abschätzung der Realisierungschancen der Maßnahme „Anschluss von Altarmen / Gewässermäandrierung“ durch die KLEE-Experten (Grundlage: Anmerkungen der Teilnehmer der 3. LAA vom 24.11.2014)

Zu erwartende Kosten	Benötigte Dauer bis zur Umsetzung	Praktische Flächenverfügbarkeit	Faktor R (Mittelwert)
-1	-1	-1	-1,00

Beurteilung der Ursachenrelevanz / Zukunftsfähigkeit

Durch den Anschluss von Altarmen bzw. durch die Gewässermäandrierung allgemein kann die Este wieder in

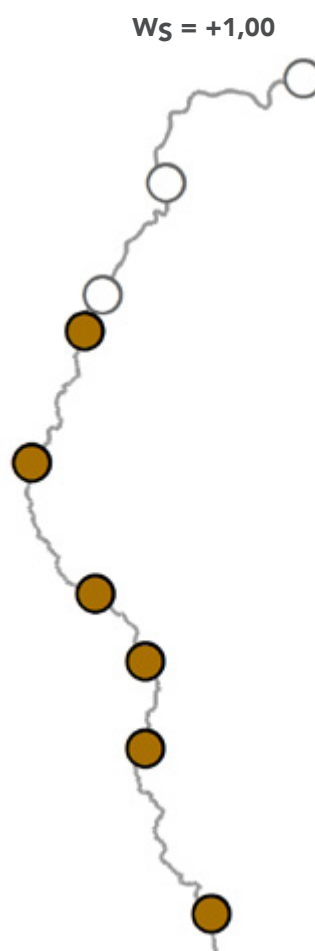
einen naturähnlicheren Zustand versetzt werden. Den Ursachen der bestehenden Sedimentproblematik innerhalb des Flusses wird durch eine Reduzierung der Fließgeschwindigkeiten entgegengewirkt.

Faktor Z: +2,00

Bewertung der Wirksamkeit



Hochwasserproblematik



Sedimentproblematik

Priorisierung der Maßnahme

Hochwasserproblematik	$P_H = 0,00$; Keine Priorität
Sedimentproblematik	$P_S = +0,60$; Priorität niedrig

Erläuternde Kommentare

- Hinsichtlich der Hochwasserproblematik ergibt sich an allen untersuchten Stellen im Flusslauf eine Verschlechterung für die maßgeblichen Hochwasser-Lastfälle. Für Hochwasserereignisse geringeren Ausmaßes sind hingegen durchaus positive Effekte durch die beschriebene Maßnahme denkbar.
- Im Rahmen von KLEE wurde lediglich die Wirksamkeit einer Gewässermäandrierung innerhalb der Este untersucht. Weitere positive Effekte hinsichtlich der Sedimentproblematik sind möglicherweise durch entsprechende Maßnahmen in den Zuflüssen der Este zu erzielen, indem dadurch insgesamt weniger Sediment in die Este eingetragen wird.

7.4 KLEE-Pilotvorhaben

Neben dem Aufzeigen von effektiven Anpassungsmaßnahmen an die Folgen des Klimawandels, wie sie in den vorangegangenen Kapiteln aufgezeigt wurden, hat sich das Projekt KLEE zum Ziel gesetzt, einen Schritt weiterzugehen. Zur Veranschaulichung und ersten Wirksamkeitsanalyse von Anpassungsmaßnahmen wurde eine pilothafte Umsetzung erster Vorhaben begonnen.

Ziel dieser Pilotmaßnahmen ist es, mögliche Wege aufzuzeigen, wie Anpassung an den Klimawandel konkret aussehen kann. Um die Akzeptanz hinsichtlich des Handlungsbedarfs bei allen betroffenen Akteuren im KLEE-Modellgebiet zu erhöhen, wird dabei besonderer Wert auf das Aufzeigen von Synergien gelegt. Im Ergebnis soll so die Bereitschaft geweckt werden, an der Realisierung von Anpassungsmaßnahmen mitzuarbeiten.

Verteilt über das Einzugsgebiet der Este wurde im Rahmen von KLEE von jedem der drei kommunalen Projektpartner jeweils ein konkretes KLEE-Pilotvorhaben initiiert (Abb. 7.4.1):

• Sandrückhalt am Perlbach im Einklang mit der Landwirtschaft – das KLEE-Pilotvorhaben des Landkreises Harburg

Der Landkreis Harburg plant zusammen mit dem AKN Tostedt (Arbeitskreis Naturschutz in der Samtgemeinde Tostedt e.V.) und der Estetalschule Hollenstedt die Umgestaltung zweier Viehtränken am Perlbach. Ziel der Maßnahme ist die Reduzierung des Sedimenteintrags in das Gewässer unter Berücksichtigung landwirtschaftlicher Belange.

• Entlastung für die Tideeste – das KLEE-Pilotvorhaben des Landkreises Stade

Der Landkreis Stade hat im Rahmen von KLEE eine Machbarkeitsuntersuchung zur Neuordnung des Wasser-Managements im tidebeeinflussten Einzugsgebiet der Este anfertigen lassen. Wesentliches Ziel dieser Neuordnung ist die Entschärfung der Hochwassersituation an der tidebeeinflussten Unteren Este.

• Ein Mäandersandfang als Zwischenlösung – das KLEE-Pilotvorhaben der Hansestadt Buxtehude (Stadtentwässerung)

Die Hansestadt Buxtehude (Stadtentwässerung) plant die Errichtung eines Mäandersandfangs an der Este. Ziel dieser Maßnahme ist die Reduzierung des Sedimenteintrags in das Stadtgebiet der Hansestadt Buxtehude.



Abb. 7.4.1: Überblick über die KLEE-Pilotvorhaben

7.4.1 Sandrückhalt am Perlbach im Einklang mit der Landwirtschaft – das KLEE-Pilotvorhaben des Landkreises Harburg

Der Eintrag von Feinsedimenten stellt für das Ökosystem eines Fließgewässers ein entscheidendes Problem dar. Das natürliche Lückensystem in der Gewässersohle, das als Lebensraum für zahlreiche Arten fungiert, wird durch Feinsedimente verschlossen. Durch die Beeinträchtigung der Habitatqualität kommt es zu einem Rückgang von Arten und damit verbunden zu einer Störung des ökologischen Gleichgewichts im Vergleich zu einem „gesunden“ Gewässer. Insbesondere in kiesgeprägten Gewässern stellt sich durch fortschreitende Versandung eine bedeutende Verschlechterung hinsichtlich der Habitatqualität und demzufolge der Artenvielfalt ein.

Der Perlbach ist ein solches kiesgeprägtes Gewässer. Er war eines der letzten bekannten Gewässer, in dem die Flussperlmuschel bis in die 1960er-Jahre nachgewiesen wurde. Letztlich starb diese aber wegen der fortschreitenden Versandung auch hier aus.

Die vom Landkreis Harburg geplante Maßnahme sieht vor, an zwei Standorten entlang des Perlbaehes die vorhandenen Viehtränkenbereiche so umzugestalten, dass die Rinder kein Feinsediment mehr in das Gewässer eintragen können (Abb. 7.4.2). Die umgestalteten Bereiche fungieren zusätzlich als Sandfang, indem der Abflussquerschnitt lokal vergrößert wird. Durch die Reduzierung der Fließgeschwindigkeit setzt sich das von oberhalb kommende Feinsediment ab und kann turnusmäßig

entnommen werden. Ziel dieser Maßnahme ist es, den Feinsedimenteintrag in den Perlbach zu verringern und gleichzeitig das im Perlbach vorhandene Feinsediment aus dem Gewässersystem zu entnehmen.

Die Durchführung der Maßnahme hat für alle Beteiligten Vorteile und somit werden die benötigten Grundstücksbereiche unentgeltlich zur Verfügung gestellt. Der für den Perlbach zuständige Wasser- und Bodenverband Hollenstedt hat seine Unterstützung zugesichert und übernimmt die Unterhaltung der beiden Sandfangbereiche. Die bei der Umsetzung erforderliche Bauleitung und Baubetreuung wird der AKN (Arbeitskreis Naturschutz in der Samtgemeinde Tostedt e.V.) im Schulterschluss mit der Estetelschule Hollenstedt übernehmen. Für die Umsetzung der Maßnahme ist eine wasserbehördliche Plangenehmigung erforderlich. Diese ist vom Landkreis Harburg zu erteilen.

Die geplante KLEE-Maßnahme „Sandrückhalt am Perlbach im Einklang mit der Landwirtschaft“ beweist, dass sich die Optimierung der Gewässerökologie in Fließgewässern unter gleichzeitiger Wahrung landwirtschaftlicher Belange realisieren lässt. Es soll komplett auf ordnungsbehördliches Handeln im Sinne von Verboten verzichtet werden. Ziel ist es, eine sinnvolle und pragmatische Koexistenz von oft nur scheinbar widerstrebenden Interessenlagen zu ermöglichen.

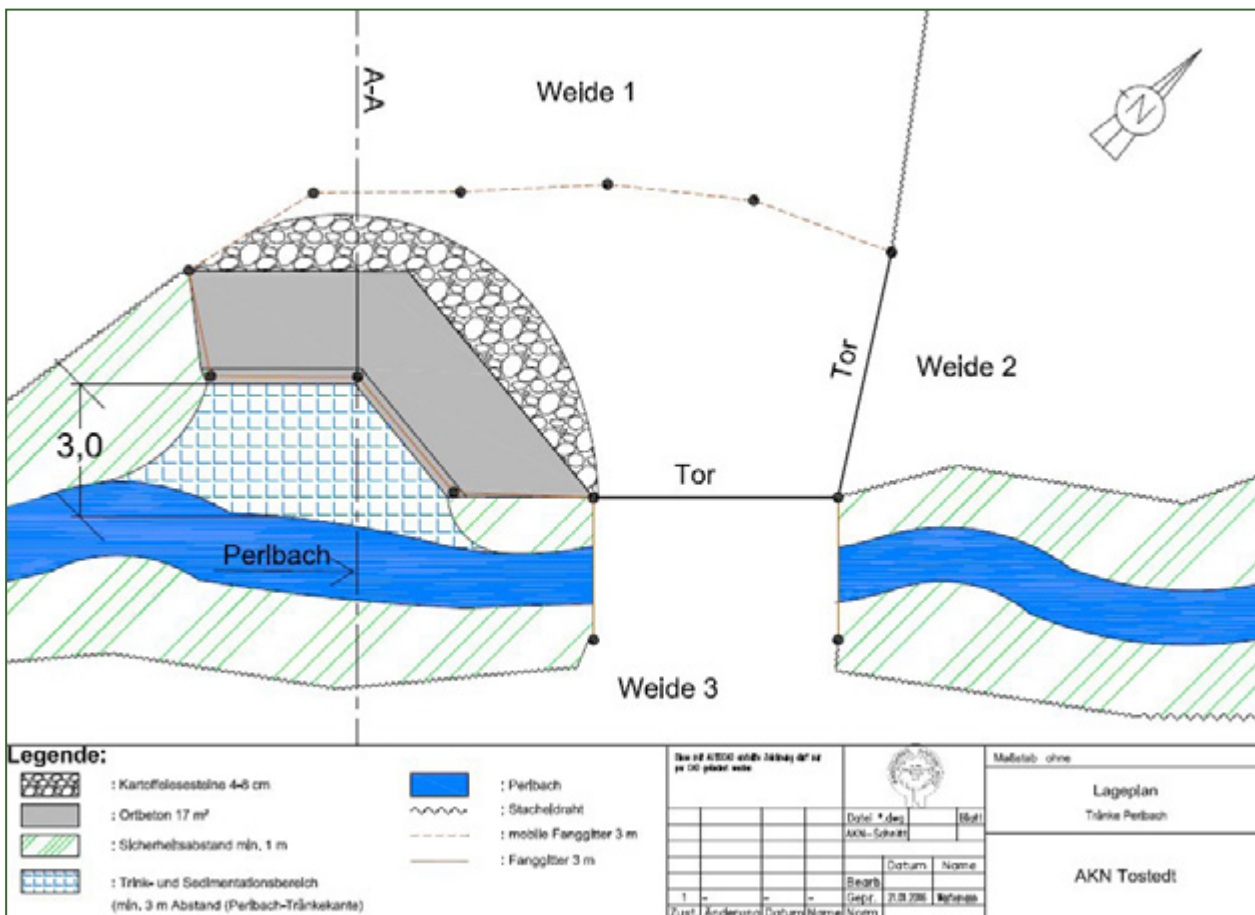


Abb. 7.4.2: Grundriss einer geplanten Viehtränke am Perlbach

7.4.2 Entlastung für die Tideeste – das KLEE-Pilotvorhaben des Landkreises Stade

Der Landkreis Stade als Projektpartner hat eine Machbarkeitsuntersuchung zur Neuordnung des Wasser-Managements im tidebeeinflussten Einzugsgebiet der Este beim Ingenieurbüro Grontmij, Stade, in Auftrag gegeben. Ergänzend zu den innerhalb der Lern- und Aktionsallianzen entwickelten Lösungsansätzen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels wurde in der im Jahr 2015 vorgelegten Studie untersucht, ob darüber hinaus auch weitere Ziele für das Wasser-Management an der Este innerhalb des Alten Landes erreicht werden könnten.

Das Projekt greift die vorhandene Gewässersituation auf. Zurzeit fördern acht Deichschöpfwerke die Abflüsse aus dem niedrig gelegenen Hinterland in die Tideeste (Abb. 7.4.3). Hierdurch wird eine Hochwassersituation weiter verschärft. Zudem werden als Folge des Klimawandels die Hochwasserstände zukünftig weiter steigen und auch die zu schöpfenden Wassermengen werden weiter zunehmen.

Im Zuge einer möglichen Neuordnung des Wasser-Managements an der Unteren Este wird die Idee verfolgt, durch zumeist bereits vorhandene Wasserläufe, die miteinander zu verknüpfen wären, das Wasser im Falle eines extremen Hochwassers nicht mehr der Este, sondern direkt der Elbe zuzuführen.

Neben den bereits diskutierten positiven Auswirkungen auf den Hochwasserschutz ergäben sich dadurch zusätzliche positive Effekte:

- Grundsätzlich geringere Wasserstände in der Elbe ermöglichen rechts der Este eine wesentlich bessere Ausnutzung der Freiflut mit der Folge der Energieeinsparung und damit Schonung von Klima und Finanzmitteln.
- Die Fischdurchgängigkeit, die bei Dauerschöpfbetrieb nicht und bei kurzen Sielzeiten nur sehr eingeschränkt gegeben ist, würde sich erheblich verbessern. Beim geplanten Dauerpumpbetrieb links der Este soll eine Fischschleuse integriert werden.
- Der Aus- und Neubau von Wasserläufen ermöglicht eine naturverträgliche Profilgestaltung, was den Zielen der EU-Wasserrahmenrichtlinie genauso dient wie der Verbesserung der Fischdurchgängigkeit.
- Die Wasserbereitstellung zur Beregnung für den Obstbau wird verbessert und gesichert.
- Viele Schöpfwerke und Siele sind an die 100 Jahre alt und eine bauliche Erneuerung und Modernisierung ist ohnehin zukünftig erforderlich.
- Der wesentliche Effekt hinsichtlich der für KLEE formulierten Ziele ist eine erhebliche Entlastung der Tideeste bei Hochwasser. Auch bei kleineren Hochwässern, die im Hinblick auf den Klimawandel zukünftig häufiger zu erwarten sind, tritt eine Entlastung ein.

Die vorliegende Studie zeigt, dass eine Umgestaltung der Schöpfwerkbetriebe im untersuchten Gebiet prinzipiell möglich ist und eine Vielzahl von Vorteilen mit sich brächte.

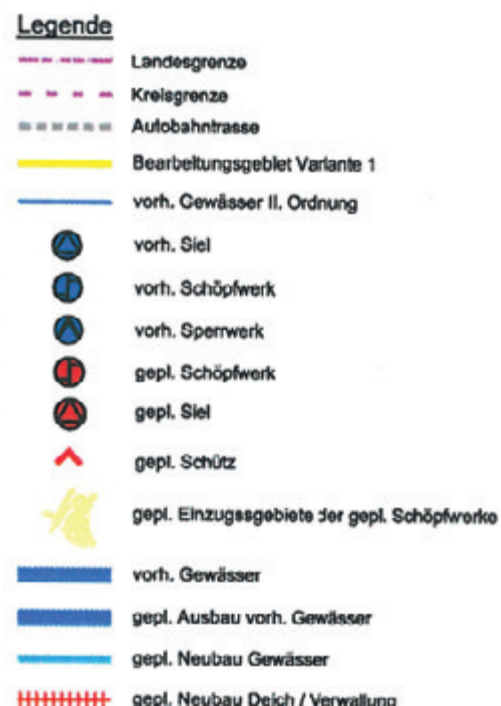
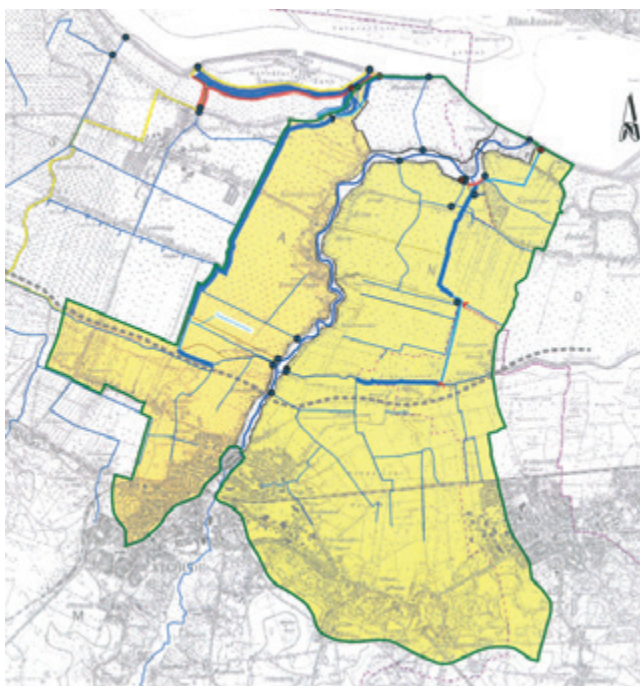


Abb. 7.4.3: Übersicht über das Planungsgebiet

7.4.3 Ein Mäandersandfang als Zwischenlösung – das KLEE-Pilotvorhaben der Hansestadt Buxtehude (Stadtentwässerung)

Die verschiedenen Einträge von Sedimenten in den Flusslauf der Este verursachen neben den ökologischen Beeinträchtigungen für die Unterhaltungspflichtigen erhebliche Aufwendungen für Entsandungsmaßnahmen an der Este und ihren Nebengewässern. Das mitgeführte Sediment enthält neben feinen Schwebstoffen auch große Mengen an Sand. Dieser Sand wird überwiegend in Abschnitten mit geringen Strömungsgeschwindigkeiten, wie z.B. künstlich angelegten Sandfängen innerhalb des Gewässers sowie den Mühlenteichen in Bötersheim, in Buxtehude und an der Goldbecker Mühle abgelagert. In den vergangenen Jahrzehnten konzentrierten sich die Maßnahmen zum Sedimentmanagement in der Este im Wesentlichen auf den Abschnitt oberhalb von Buxtehude. Hier wurden an verschiedenen Schwerpunkten zwischen 1981 und 2015 ca. 160.000 m³ Sediment aus der Este und ihren Nebenflüssen entnommen.

Die Sedimentproblematik liegt zum einen im Materialeintrag durch Erosion in der Fläche und zum anderen in der hohen Transportkapazität in der Este aufgrund von hohen Fließgeschwindigkeiten begründet.

Die Strategie zur Verbesserung der Situation im Rahmen von KLEE verfolgt im Wesentlichen die folgenden beiden Ansätze:

- Reduktion des flächigen Sedimenteintrages (z.B. durch angepasste Landbewirtschaftung oder Anlegen von Gewässerrandstreifen)
- Reduktion der Transportkapazität in der Este (z.B. durch Gewässermäandrierung oder die Erhöhung der Rauigkeit im Gewässer).

Es handelt sich dabei um eine Vielzahl von kleinteiligen Maßnahmen, deren Umsetzung und volle Entfaltung der Wirksamkeit erst mittel- bis langfristig zu erwarten ist. Um zeitnahe Verbesserungen zu erreichen, können beispielsweise Sandfänge als Übergangsmaßnahme ein geeignetes Mittel darstellen. Die Hansestadt Buxtehude konnte in der Gemarkung Daensen ein an der Este gelegenes Grundstück erwerben, welches direkt an ein städtisches grenzt und somit die Möglichkeit eröffnet, dort einen Sandfang zu errichten (Abb. 7.4.4).

Wie der frühere Verlauf der Este in Abb. 7.4.4 zeigt, wurde die Este in der Vergangenheit im Bereich des Vorhabens begradigt. Es bietet sich an, langfristig wieder einen mäandrierenden Verlauf herzustellen. Eine Machbarkeitsstudie der Technischen Universität Hamburg (TUHH) empfiehlt die Ausbildung des Sandfangs als sogenannten Mäandersandfang. Dieser Typ stellt im Gegensatz zu einem herkömmlichen Sandfang im Hauptschluss die Gewässerdurchgängigkeit sicher. Durch den mäandrierenden Verlauf ergibt sich zudem eine Fließwegverlängerung, welche sich reduzierend auf die Fließgeschwindigkeiten in der Este auswirkt.

Das Konzept sieht zwei Phasen vor:

- Phase 1: Kurz- bis mittelfristig dient der Mäandersandfang als temporärer Schutz für weitere Anpassungsmaßnahmen im Unterstrom (z.B. Erhöhung der Rauigkeit). Während dieser Phase ist der Mäandersandfang regelmäßig zu leeren.
- Phase 2: Mittel- bis langfristig ist von einer vollen Entfaltung der Wirksamkeit der KLEE-Bausteine zur Anpassung an den Klimawandel auszugehen. Der beschriebene Sandfang wird dann nicht mehr benötigt. Durch die Einstellung der Sandfangräumungen wird sich an dieser Stelle nach und nach ein Mäander ausbilden.

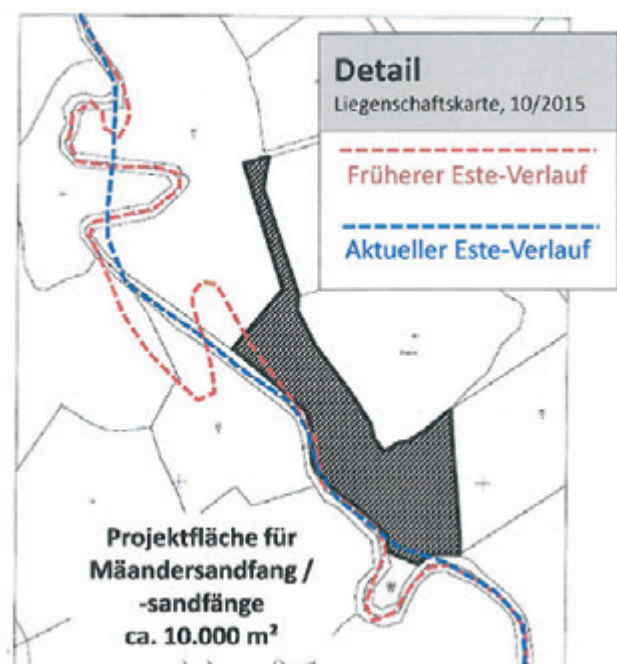
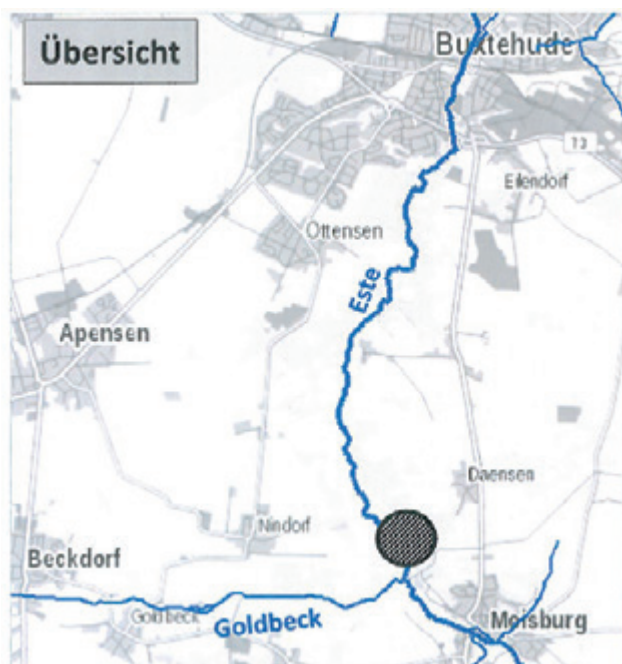


Abb. 7.4.4: Lageplan des geplanten Vorhabens

7.5 Einordnung auf Basis des bestehenden Rechts und der Zuständigkeiten

Das Projekt KLEE hat sich in den vergangenen Jahren mit dem Hochwasserschutz und dem Sedimenteintrag in die Este unter Berücksichtigung des Klimawandels beschäftigt. Anwohner, Landwirte, Verbände, Fachbehörden und Gemeinden haben in den Lern- und Aktionsallianzen (LAA) unter fachkundiger Moderation eine Reihe von Maßnahmen für den Hochwasserschutz und zur Verringerung des Sedimenteintrages entwickelt und unter mehreren Gesichtspunkten bewertet: Wirksamkeit, Kosten, Flächenbedarf und -verfügbarkeit, Realisierbarkeit und Umsetzungsdauer. In den Arbeitsgruppen der LAA sind die unterschiedlichen Sichtweisen beispielsweise des Naturschutzes, der Landwirtschaft oder der Anlieger am Ober- und Unterlauf jeweils bezogen auf die Maßnahmen herausgearbeitet worden. Sie sind in das Ranking der Maßnahmen eingeflossen. Eine konkretisierende Planung ist jedoch noch erforderlich. Wie geht es weiter?

Schutz vor Hochwasser

Dem Grunde nach hat die jeweilige Gemeinde im Rahmen ihrer allgemeinen Daseinsvorsorge einen ausreichenden Hochwasserschutz für besiedelte Flächen bei ihren (Flächennutzungs- und Bauleit-)Planungen zu berücksichtigen; gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse müssen gewährleistet sein (§ 1 Baugesetzbuch) – letztlich ist dies aber auch eine Frage der Gefahrenabwehr.

Bei der Auswahl der „KLEE-Maßnahmen“ hat sich gezeigt, dass die mit der höchsten Priorität und der größten Effizienz diejenigen sind, die auf den Rückhalt des Wassers im Oberlauf (mehrere Becken) und auf den gesteuerten Abfluss des Wassers in der Marsch abzielen. Diese Maßnahmen stehen im Übrigen im Einklang mit dem Wasserrecht (vgl. insbesondere § 6 Abs. 1 Nr. 6 Wasserhaushaltsgesetz – WHG). Es ist nicht sinnvoll, wenn jede Gemeinde, auf deren Gebiet sich ein solches Becken befinden soll, in eine eigene Planung einsteigt; bei Planungen, die sich auf ein Flussgebiet beziehen, ist eine übergreifende Koordination vonnöten.

Hinzu kommt, dass diese nicht kleinen Becken in naturschutzfachlich außerordentlich wichtigen Bereichen errichtet werden müssen. Das bedeutet: Planung, Genehmigungsverfahren (Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen), Einwerbung von Fördermitteln und Errichtung sind nicht trivial. Ob sich als Träger dieser Maßnahmen, die eine übergeordnete Planung verlangen, existierende (Unterhaltungs- und Landschaftspflege-)Verbände – dabei handelt es sich um Verbände nach dem Wasserverbandsrecht – eignen, ist zumindest zweifelhaft, denn diese Verbände werden ehrenamtlich geführt; ihre Personal- und Finanzausstattung ist dünn.

Alternativ könnte darüber nachgedacht werden, diese Aufgabe dem zumindest im Landkreis Harburg existierenden Kreisverband der Wasser- und Bodenverbände zu übertragen, oder einen Verband mit der Spezialauf-

gabe „Hochwasserschutz“ neu zu gründen. Eine weitere Möglichkeit wäre, die im Einzugsbereich der Este liegenden Gemeinden kooperierten auf Basis einer noch abzuschließenden Vereinbarung; die Landkreise (als untere Wasser- und Naturschutzbehörde, aber auch als Zulassungsbehörde) würden diesen Prozess begleiten. Möglicherweise sind aber auch völlig neue Wege zu gehen. Die Gründung einer Realisierungsgesellschaft sollte geprüft werden. Die Landkreise Stade und Harburg haben vereinbart, sich mit den betroffenen Akteuren, vor allem mit den originär zuständigen Gemeinden und natürlich mit dem Fördermittelgeber, dem Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, zusammenzusetzen, um das weitere Vorgehen zu besprechen.

Verminderung des Sedimenteintrags

Auch die Verminderung des Sedimenteintrages ist ein allgemeiner Grundsatz der Gewässerbewirtschaftung. Übermäßiger Sedimenteintrag schädigt ein Gewässer im Hinblick auf seine Funktion als Lebensraum für Tiere und Pflanzen (vgl. insoweit § 6 Abs. 1 Nr. 1 WHG). Die Situation von den Zuständigkeiten her ist allerdings differenzierter.

Im Rahmen des KLEE-Projekts wurde die Erhöhung der Rauigkeit im Gewässer und angepasste Landbewirtschaftung als besonders wirkungsvoll definiert. Die Erhöhung der Rauigkeit im Gewässer ist gewiss das kleinere Problem, lassen sich hier über im Einzelfall kleinere Maßnahmen (Kiesschüttungen, Buhnen, Totholz) mit dem bestehenden Unterhaltungs- und Landschaftspflegeverband Effekte erzielen. Anders verhält es sich mit der angepassten Landbewirtschaftung, denn die landwirtschaftliche Bodennutzung wird letztlich reglementiert durch die „gute fachliche Praxis“, die wiederum die nach Landesrecht zuständige Stelle – die Landwirtschaftskammer Niedersachsen – definiert.

Die Landwirtschaftskammer soll im Rahmen ihrer Beratung der Landwirte darauf hinwirken, dass die gute fachliche Praxis eingehalten wird. Das ist der Fall, wenn die Bodenbearbeitung unter Berücksichtigung der Witterung grundsätzlich standortangepasst erfolgt und Bodenabträge durch eine standortangepasste Nutzung, insbesondere durch Berücksichtigung der Hangneigung, der Wasser- und Windverhältnisse sowie der Bodenbedeckung möglichst vermieden werden. Hinzu kommt, dass die naturbetonten Strukturelemente der Feldflur (u.a. Hecken, Feldraine) erhalten werden sollen (§ 17 Abs. 2 Nr. 1, 4 und 5 Bundesbodenschutzgesetz – BBodSchG).

Eine direkte Rechtsverpflichtung, im Sinne des Bodenschutzes zu wirtschaften, besteht nicht. Vielmehr soll die Landwirtschaftskammer dahingehend beraten. Weder die Wasser- noch die Bodenschutzbehörde haben die Möglichkeit des ordnungsbehördlichen Eingriffs.

Die eigentliche Este (sie ist im Übrigen bis Buxtehude ein Gewässer II. Ordnung, bei dem die Verpflichtung besteht, einen Gewässerrandstreifen einzuhalten) ist durch naturschutzfachlich induzierten Landerwerb der Landwirtschaft weitestgehend entzogen, d.h. der Naturschutz hat viele Flächen an der Este erworben und hier wird dann bestenfalls extensive Landwirtschaft betrieben. Ab dem Hafen Buxtehude bis zur Einmündung in die Elbe ist die Este eine Bundeswasserstraße.

Problematisch sind die kleinen Gewässer III. Ordnung im Estesystem, bei denen – jedenfalls zurzeit – noch nicht die Verpflichtung besteht, einen Gewässerrandstreifen einzuhalten. Abgesehen von der Diskussion, Gewässerrandstreifen auch an Gewässern III. Ordnung vorzuschreiben (es gibt Anzeichen dafür, dass das Niedersächsische Wassergesetz dahingehend geändert werden soll), bleibt wohl nur, auf die Institutionen der Landwirtschaft und die Landwirte zuzugehen und für die sedimentreduzierende angepasste Landwirtschaft zu werben.



Abb. 7.4.5: Este-Impression (C.Remmersmann)

Zusammenfassung der zentralen Aussagen und Handlungsempfehlungen



Im Rahmen des Forschungsvorhabens KLEE wurde für das KLEE-Modellgebiet, das Einzugsgebiet der Este, das hier vorliegende detaillierte integrierte Anpassungskonzept an die Folgen des Klimawandels erstellt. Basierend auf den Untersuchungen der zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels wurden unter Beteiligung aller maßgeblichen Akteure konkrete Klimaanpassungsmaßnahmen für das KLEE-Modellgebiet entwickelt. Diese KLEE-Bausteine wurden im Rahmen eines eigens entwickelten Verfahrens bewertet und priorisiert. Auf dieser Grundlage werden im Folgenden schlussendlich konkrete Handlungsempfehlungen für Entscheidungsträger im KLEE-Modellgebiet ausgesprochen sowie grundsätzliche Strategien für eine erfolgreiche Anpassung an den Klimawandel aufgezeigt. Durch die im Rahmen von KLEE gewonnenen Erkenntnisse besitzt das Forschungsvorhaben modellhaften Charakter und ist auf andere Regionen in Deutschland übertragbar.

8.1. Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse

Auswirkungen des Klimawandels auf das KLEE-Modellgebiet

Bereits heute stellen sich an der Este zahlreiche Herausforderungen hinsichtlich des Hochwasserschutzes und des Sedimentmanagements. Während auftretende Hochwasser an der Oberen Este ein vergleichsweise geringes Schadenspotenzial aufweisen, können Hochwasserereignisse im Innenstadtbereich der Hansestadt Buxtehude zu Ausuferungen mit teils großflächigen Überflutungen führen. Vor allem im Oberlauf der Este sind vielerorts erhebliche Verlandungstendenzen zu beobachten, da die Este hier vergleichsweise viel Sediment mit sich führt. Gründe für die hohen Sedimentfrachten sind unter anderen flächenhafte Sedimenteinträge von vornehmlich landwirtschaftlich genutzten Flächen, sowie die zu Beginn des 20. Jahrhunderts durchgeführten Begradigungen des Flusslaufes, die zu teilweise deutlich erhöhten örtlichen Strömungsgeschwindigkeiten in der Oberen Este führten.

Diese aktuell bestehenden Probleme im Hinblick auf den Hochwasserschutz und das Sedimentmanagement werden sich zukünftig klimawandelbedingt verschärfen. Intensivere Niederschläge, die für das Este-Einzugsgebiet insbesondere für die Sommermonate erwartet werden, führen zu häufiger auftretenden und stärker ausfallenden Hochwasserereignissen. Für die Obere Este bedeutet dies eine häufigere Überflutung der teilweise landwirtschaftlich genutzten und örtlich besiedelten Auenflächen sowie eine Ausdehnung der von Überschwemmung bedrohten Gebiete. Für die tidebeeinflusste Untere Este in der Marsch führen häufiger auftretende Hochwasser in Kombination mit dem steigenden Meeresspiegel ebenfalls zu steigenden Wasserständen und einer größeren Hochwassergefahr. Bedingt durch den Meeresspiegelanstieg, der zu höheren Sturmfluten führt, werden die Sperrwerke zukünftig länger und häufiger geschlossen. In diesen Schließzeiten muss der dann auftretende Este-Abfluss im vorhandenen Stauraum zwischen den Deichen gespeichert werden. Hieraus resultiert natürlich auch für die Entwässerung des Deichhinterlandes ein entsprechender Anpassungsbedarf.

Hinsichtlich der Sedimentproblematik ist zu erwarten, dass sich das Gleichgewicht aus Erosion und Ablagerung von Sedimenten in der Este aufgrund von zukünftig intensiveren Niederschlägen noch weiter vom ursprünglichen natürlichen Zustand entfernen wird. Dies bedeutet einerseits eine Zunahme von Erosionsprozessen in vielen Bereichen der Este und andererseits vermehrt Ablagerungsprozesse in strömungsberuhigten Bereichen. Diese strömungsberuhigten Bereiche – etwa Mühlenteiche – müssen zukünftig häufiger ausgebaggt werden.

Beteiligung der Akteure: KLEE-Lern- und Aktionsallianzen

Größter Wert wurde im Rahmen von KLEE auf eine umfassende, über die rechtlich normierte Beteiligung der Öffentlichkeit hinausgehende Miteinbeziehung aller relevanten Interessenvertreter gelegt. Der Austausch mit den beteiligten Akteuren erfolgte mit der bereits im vorhergehenden Forschungsvorhaben KLIMZUG-NORD bewährten Form der Lern- und Aktionsallianzen (LAA). In insgesamt sieben öffentlichen Veranstaltungen²⁶ wurden die Gesamtzusammenhänge verdeutlicht und die verschiedenen Aspekte zur Klimaanpassung im Bereich der Este aus Sicht der unterschiedlichen Akteure diskutiert. Die Projektverantwortlichen wollten dabei vom Wissen der zahlreichen Interessenvertreter und Anwohner profitieren sowie deren Sichtweisen kennen- und verstehen lernen. Am Ende sollte über die Versachlichung der Diskussion eine dauerhafte Vernetzung etabliert werden, die die konkrete Umsetzung von Maßnahmen vorbereiten und erleichtern soll. Die Methode der Lern- und Aktionsallianzen wurde unterstützt durch eine externe Moderation, die wesentlich zur erfolgreichen Entwicklung des vorliegenden integrativen Gesamtkonzepts beigetragen hat.

Wie eine abschließende Umfrage unter den Teilnehmern der 5. LAA deutlich gezeigt hat, hat sich die in KLEE gewählte Form der Beteiligung als richtig und zukunftsweisend für komplexe Fragestellungen erwiesen. Aus den Erfahrungen während der KLEE-Projektlaufzeit und aus den erhaltenen Rückmeldungen lassen sich einige übertragbare, allgemeingültige Empfehlungen für derartige Beteiligungsprozesse formulieren:

- **Transparenz:** Die Ziele, Themen und Beteiligungsoptionen am gesamten Prozess müssen rechtzeitig und eindeutig kommuniziert werden.
- **Methodik:** Zur Erreichung der zu Beginn definierten Ziele werden nachvollziehbare und transparente Methoden angewandt. Im Rahmen der Lern- und Aktionsallianzen bieten fünf aufeinander aufbauende Phasen (Bewusstseinsbildung – Aufbau von Kapazitäten – Maßnahmenentwicklung zur Erreichung der Ziele – Bewertung der Effektivität von Maßnahmen – Zusammenfassung der Lösungsvorschläge in einem Gesamtkonzept) einen roten Faden über die gesamte Projektlaufzeit.
- **Art der Kommunikation:** Mit allen Beiträgen und Ergebnissen verantwortungsvoll umgehen. Vertrauensbildung durch Empathie und verbindliche Kommunikation. Ein/e anerkannte/r Moderator/in strukturiert den Prozess und sorgt für eine angemessene Gesprächskultur.

26 Auftaktveranstaltung, fünf Lern- und Aktionsallianzen, Abschlussveranstaltung

- **Formate:** Ein mehrteiliger, durchgängig ähnlicher Aufbau der einzelnen Lern- und Aktionsallianzen verbindet die Vermittlung von Expertenwissen (im Rahmen von Fachvorträgen) mit der Möglichkeit der Partizipation an der Entscheidungsfindung durch die Teilnehmenden (zumeist interaktive Workshops in kleinen Arbeitsgruppen). In Abhängigkeit vom jeweiligen Thema werden die Lern- und Aktionsallianzen durch Ortstermine ergänzt. Günstig gewählte Abendtermine in angemessener Länge mit eingeplanter Zeit zum persönlichen Austausch stellen sicher, dass alle Interessierten an den Veranstaltungen teilnehmen können.

- **Wissensvermittlung**

Eine verständliche und anschauliche Vermittlung der notwendigen Zusammenhänge und Hintergrundinformationen ist die Grundlage für das Treffen von gemeinsamen Entscheidungen.

- **Inter- und Transdisziplinarität**

Der direkte Austausch mit unabhängigen Experten aus unterschiedlichen Fachrichtungen veranschaulicht die Komplexität der Problemstellungen. Durch die Einbindung der praxisrelevanten Akteure ist eine Umsetzung vergleichsweise realistisch.

Aus dem KLEE-Beteiligungsprozess lässt sich zusammenfassend lernen, dass bei vorhandener Betroffenheit in der Region und unter Berücksichtigung der aufgelisteten Empfehlungen die Miteinbeziehung von Akteuren zur aktiven Auseinandersetzung mit dem Thema Klimaanpassung sehr gut gelingen kann und sich aus dieser Beteiligung wertvolle Beiträge bei der Erarbeitung von Lösungsansätzen ergeben.

Konkrete Klimaanpassungsmaßnahmen für das Modellgebiet: KLEE-Bausteine

Im Rahmen von KLEE wurde ein detailliertes integriertes Anpassungskonzept für die Este erarbeitet, das Maßnahmen aufzeigt, die den negativen Auswirkungen des Klimawandels entgegenwirken. Das vorliegende Anpassungskonzept berücksichtigt die unterschiedlichen Interessen der Planungsinstanzen sowie der beteiligten Akteure. Die kreisgebietsübergreifende Betrachtung ermöglicht es, statt kleinräumiger Maßnahmen mit oft nur lokaler Wirkung optimale Anpassungsoptionen für das gesamte Einzugsgebiet der Este zu identifizieren. Basierend auf verschiedenen grundsätzlich in Frage kommenden strukturellen Maßnahmen für das KLEE-Modellgebiet wurden im Projekt Einzelmaßnahmen aus folgenden drei Kategorien untersucht:

- Maßnahmen zum Wasser- und Sedimentrückhalt in der Fläche
- Stauraumschaffung für den Hochwasserschutz
- Wiederherstellung einer naturnahen Morphodynamik

Im Hinblick auf eine möglichst hohe Realisierungswahrscheinlichkeit der untersuchten Maßnahmen wurde ein Konzept entwickelt, das neben der reinen Wirksamkeit weitere Faktoren wie Akzeptanz, Ursachenrelevanz, Kosten, praktische Flächenverfügbarkeit sowie Dauer der Umsetzung als Grundlage für die Bewertung und Priorisierung der Anpassungsmaßnahmen berücksichtigt.

Die Vor- und Nachteile der einzelnen Lösungsvorschläge bei der Priorisierung der Anpassungsmaßnahmen wurden in den regelmäßig stattfindenden Lern- und Aktionsallianzen detailliert und teilweise kontrovers diskutiert. Die Teilnehmenden hatten somit einen maßgeblichen Einfluss auf die Priorisierung der einzelnen KLEE-Bausteine, die letztendlich im Konsens in den Lern- und Aktionsallianzen durchgeführt wurde.

Zusammenfassend gibt Tabelle 8.1 einen Überblick über die Priorisierung von strukturellen Anpassungsmaßnahmen an die Folgen des Klimawandels für das KLEE-Modellgebiet und stellt damit das wesentliche Ergebnis des in KLEE durchgeführten Beteiligungsprozesses dar. Wie bereits zu Beginn des Projektes offen kommuniziert wurde, handelt es sich bei den Empfehlungen um eine gemeinsame Absichtserklärung der am KLEE-Prozess Beteiligten. Es erfolgt eine getrennte Priorisierung hinsichtlich der Hochwasser- und der Sedimentproblematik. Grund hierfür ist die Tatsache, dass fast alle untersuchten Maßnahmen unterschiedliche Wirkungen bezüglich dieser beiden Fragestellungen aufweisen.

Aus dem KLEE-Priorisierungsverfahren ergibt sich bezüglich der Hochwasserproblematik eine sehr hohe Priorität für die Erstellung von Hochwasserrückhaltebecken im Einzugsgebiet der Oberen Este sowie für die Schaffung von gesteuertem Rückhalteraum in der Marsch. Entsprechend haben eine angepasste ressourcenschonende Landbewirtschaftung sowie eine Erhöhung der Sohlrauheit im Gewässer eine sehr hohe Priorität hinsichtlich der Sedimentproblematik in der Este.

Tab. 8.1: Zusammenfassung der Priorisierung von strukturellen Anpassungsmaßnahmen an die Folgen des Klimawandels für das KLEE-Modellgebiet

Maßnahmen zum Wasser- und Sedimentrückhalt in der Fläche		Hochwasser- problematik	Sediment- problematik
Angepasste ressourcenschonende Landbewirtschaftung	(Kap. 7.1.1)		
Änderung der Landnutzung	(Kap. 7.1.2)		
Sedimentfallen auf landwirtschaftlichen Flächen	(Kap. 7.1.3)		
Reduzierung des Flächenverbrauchs	(Kap. 7.1.4)		
Entsiegelung von befestigten Flächen	(Kap. 7.1.5)		
Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung	(Kap. 7.1.6)		
Einrichten von Gewässerrandstreifen	(Kap. 7.1.7)		

Staunraumschaffung für den Hochwasserschutz

Hochwasserrückhaltebecken im Einzugsgebiet der Oberen Este	(Kap. 7.2.1)		
Gesteuerter Hochwasserrückhalt in der Marsch	(Kap. 7.2.2)		
Anpassung der Schöpfwerkbetriebe	(Kap. 7.2.3)		
Pumpwerk an der Mündung in die Elbe	(Kap. 7.2.4)		

Wiederherstellung einer naturnahen Morphodynamik

Erhöhung der Sohlrauheit im Gewässer	(Kap. 7.3.1)		
Anschluss von Altarmen / Gewässermäandrierung	(Kap. 7.3.2)		

Legende



Keine
Priorität



Priorität
niedrig



Priorität
hoch



Priorität
sehr hoch

KLEE als Vorbild: Übertragbarkeit auf andere Regionen

Wie die oben aufgeführten Ergebnisse zeigen, besitzt das Forschungsvorhaben KLEE einen modellhaften Charakter und ist auf andere Regionen in Deutschland übertragbar, die entweder vergleichbare naturräumliche Charakteristiken oder ähnlich komplexe Wirkungsgefüge mit einer Vielzahl voneinander abweichenden Interessenlagen haben. Die Übertragbarkeit ergibt sich insbesondere hinsichtlich der im Folgenden aufgeführten Punkte:

- KLEE zeigt, dass das Instrument der Lern- und Aktionsallianzen, das sich u.a. bereits im Forschungsprojekt KLIMZUG-NORD als sehr effektiv auf (über-)regionaler Ebene erwiesen hat, auch auf lokaler Ebene ein sehr geeignetes Mittel zur Miteinbeziehung der betroffenen Akteure darstellt.

- KLEE verdeutlicht, dass durch die Vermittlung und Diskussion von Fachwissen die Schärfung der Sichtweise der beteiligten Akteure auf regionale Auswirkungen des Klimawandels und durch deren Einbeziehung in die Planung die Akzeptanz und damit die Erfolgsaussichten von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel deutlich erhöht werden können. Dies ist insbesondere dort relevant, wo der Handlungsdruck durch klimawandelbedingt zu erwartende negative Auswirkungen groß ist.
- Das im Rahmen von KLEE entwickelte Verfahren zur Priorisierung von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel ist universell anwendbar und beschränkt sich, entsprechend angepasst, nicht nur auf die in KLEE thematisierten Fragestellungen (Hochwasser- und Sedimentproblematik).

8.2. Handlungsempfehlungen für das KLEE-Modellgebiet

Maßnahmen und Umsetzung

Wie sich im Projektverlauf zeigte, reicht die Umsetzung von einzelnen Maßnahmen nicht aus – entscheidend für eine erfolgreiche Anpassung an die Folgen des Klimawandels im Einzugsgebiet der Este ist ein geeigneter Maßnahmenmix unter Betrachtung aller, teils konkurrierender Interessen.

Als Ergebnis des Forschungsprojektes KLEE wird für eine erfolgreiche Anpassung an die zu erwartenden Folgen des Klimawandels im Einzugsgebiet der Este die Umsetzung verschiedener struktureller Anpassungsmaßnahmen entsprechend des in KLEE entwickelten Priorisierungsverfahrens (siehe Kapitel 6) empfohlen. Insgesamt hat sich gezeigt, dass für die beiden Themenschwerpunkte Hochwasserschutz und Sedimentmanagement jeweils unterschiedliche Lösungsstrategien zielführend sind. Aufgrund einer unterschiedlichen Wirksamkeit der untersuchten Maßnahmen hinsichtlich dieser beiden Problemstellungen muss eine getrennte Bewertung erfolgen. Dementsprechend ist die Priorisierung einer Anpassungsoption immer auf das jeweilige Ziel der entsprechenden Maßnahme auszurichten. Die im Einzugsgebiet der Este bestehenden vielfältigen und komplexen Wirkungszusammenhänge machen dabei aber eine Berücksichtigung der wechselseitigen Beeinflussungen von Hochwasserschutz und Sedimentmanagement unumgänglich. Beispielsweise können Maßnahmen, die sich positiv auf die Hochwasserproblematik auswirken, negative Folgen hinsichtlich des Sedimentmanagements haben und umgekehrt.

Eine **sehr hohe Priorität hinsichtlich der Hochwasserproblematik** an der Este haben nach Anwendung des in KLEE entwickelten Priorisierungsverfahrens die Erstellung von Hochwasserrückhaltebecken im Einzugsgebiet der Oberen Este (siehe Kapitel 7.2.1) sowie die Schaffung von gesteuertem Rückhalteraum in der Marsch (siehe Kapitel 7.2.2). Hochwasserrückhaltebecken haben die Funktion, einen Teil des Hochwasserabflusses im Gewässer durch die Bereitstellung von Stauraum zeitweise zurückzuhalten und damit die Abflussspitze im Gewässerlauf stromabwärts der Becken zu reduzieren. Rückhalteraum in der Marsch kann durch die Errichtung von gesteuerten Hochwasserpoldern geschaffen werden, die bei entsprechender Ausführung zusätzliche positive Effekte für die Landwirtschaft (Beregnungswasser) und den Naturschutz (Tidebiotopflächen) haben.

Eine **sehr hohe Priorität bezüglich der Sedimentproblematik** in der Este ergibt sich aus dem Priorisierungsverfahren für eine angepasste ressourcenschonende Landbewirtschaftung (siehe Kapitel 7.1.1) sowie für eine Erhöhung der Sohlrauheiten im Gewässer (siehe Kapitel 7.3.1). Unter einer angepassten Landwirtschaft ist eine konservierende Bodenbearbeitung zu verstehen, bei der durch die Verwendung nicht wendender Bodenbearbeitungsgeräte der Ackerboden in seinem Aufbau weitestgehend belassen wird und Ernterückstände (Mulch) meist unbehandelt auf den Feldern verbleiben. Die Sohlrauheit im Gewässer kann z.B. durch das Einbringen von Kies in das Gewässerbett der Este erhöht werden.

Darüber hinaus wurden für beide Fragestellungen weitere Maßnahmen priorisiert, die prinzipiell positive Effekte im Hinblick auf die Anpassung an den Klimawandel für das KLEE-Modellgebiet zeigen (Tab. 8.1).

Grundsätzliche Strategien für eine erfolgreiche Anpassung an den Klimawandel

Abschließend können auf Basis der in KLEE gemachten Erfahrungen einige grundsätzliche Strategien genannt werden, die entscheidend für eine erfolgreiche Anpassung an die zu erwartenden Folgen des Klimawandels im Einzugsgebiet der Este sind und sich aufgrund ihrer Allgemeingültigkeit auch auf vergleichbare Fragestellungen übertragen lassen:

- **Fragestellungen auf Einzugsgebietsebene betrachten**

Aufgrund der vielfältigen und komplexen Wirkungszusammenhänge im Einzugsgebiet der Este ist eine Gesamtbeurteilung des hydrologischen und sedimentologischen Systems unumgänglich. Die bisherige Herangehensweise, den gegebenen Problemstellungen auf Basis der aktuellen, teils kleinräumigen Zuständigkeiten innerhalb des Einzugsgebiets der Este zu begegnen, mag geltendem Recht entsprechen. Im Hinblick auf eine erfolgreiche Anpassung an die Folgen des Klimawandels erscheint sie aber nicht als erfolgversprechend. Teil des vorliegenden integrativen Gesamtkonzepts ist daher eine dauerhafte Vernetzung der Akteure auf Einzugsgebietsebene. Durch die Gründung eines neuen interkommunalen Verbundes, der unter anderem die vorgeschlagenen Handlungsoptionen prüft, abwägt und konkrete strukturelle Maßnahmen vorbereitet, kann eine erfolgreiche Anpassung an die Folgen des Klimawandels für das Einzugsgebiet der Este gelingen.

- **Interessen aller relevanten Akteure berücksichtigen**

Wie sich im Rahmen des Projektes bestätigte, gibt es zum Teil stark unterschiedliche Sichtweisen der einzelnen Akteure hinsichtlich verschiedener grundsätzlich denkbarer Lösungsansätze. Diskussionen während der KLEE Lern- und Aktionsallianzen zeigten, dass einzelne Interessenvertreter (Wasserwirtschaft, Landwirtschaft, Naturschutz, Politik, Bürgerinitiativen und andere) jeweils unterschiedliche Maßnahmen favorisieren. Nur durch die Berücksichtigung aller, teils konkurrierender Meinungen konnte schlussendlich ein Konsens bei der Priorisierung der KLEE-Bausteine erzielt werden.

- **Akteure beteiligen**

Vor allem bei komplexen Fragestellungen reicht die rechtlich normierte Form der Öffentlichkeitsbeteiligung im Sinne einer möglichst hohen Realisierungswahrscheinlichkeit der vorgeschlagenen Anpassungsmaßnahmen oft nicht aus. Die Akzeptanz von Maßnahmen kann erfolgreich gesteigert werden, indem Betroffene nicht wie bisher mit größtenteils bereits abgeschlossenen Planungen konfrontiert werden, sondern wenn alle relevanten Akteure von Beginn an in die Ideenfindungs-, Planungs- und Entscheidungsprozesse aktiv eingebunden sind.

- **Synergien nutzen – multifunktionale Anpassungsmaßnahmen entwickeln**

Wo immer dies möglich ist, sind im Hinblick auf eine erfolgreiche Anpassung an den Klimawandel gemeinsame Interessen unterschiedlicher Akteure zu identifizieren und entsprechend zu nutzen. Sogenannte multifunktionale Anpassungsmaßnahmen sind flexibel gestaltete Maßnahmen und bieten Lösungen für mehrere Fragestellungen gleichzeitig. Zum Beispiel dient ein multifunktionaler Anpassungsraum im Alten Land (siehe Kapitel 7.2.2) sowohl dem Hochwasserschutz (Hochwasserrückhalt), der Landwirtschaft (Beregnungswasser) als auch den Interessen des Naturschutzes (Tidebiotopflächen).

- **Unsicherheiten bezüglich der Auswirkungen des Klimawandels berücksichtigen**

Vor dem Hintergrund der bestehenden Unsicherheiten hinsichtlich der durch den Klimawandel verursachten Auswirkungen ist bei der Auswahl der Anpassungsmaßnahmen darauf zu achten, dass die Maßnahmen auch dann einen gesellschaftlichen Nutzen haben, wenn die prognostizierten Klimaänderungen nicht oder nicht im erwarteten Ausmaß eintreten. Wie in Kapitel 3 ausführlich dargestellt wurde, bestehen im KLEE-Modellgebiet bereits heute zentrale Herausforderungen bezüglich des Hochwasserschutzes und des Sedimentmanagements. Im Rahmen von KLEE wurden nur Maßnahmen priorisiert, die eine Wirksamkeit zumindest hinsichtlich einer der genannten Herausforderungen zeigen. Sie wären somit auch dann von Nutzen, wenn der Klimawandel anders ausfällt als angenommen.

- **Langfristig denken – Klimaanpassung „huckepack“**

Im Gegensatz zu vielen anderen Planungsprozessen handelt es sich bei der Anpassung an den Klimawandel um langfristige Zeiträume. Effektive Anpassungsmaßnahmen müssen daher nicht notwendigerweise kurzfristig umgesetzt werden, zumal entsprechende Ressourcen in finanzieller und personeller Hinsicht meist nicht in ausreichendem Maß dafür zur Verfügung stehen. Viele Anpassungsmaßnahmen lassen sich oft mit keinen oder nur geringen Mehrkosten zusammen mit anderen, ohnehin erforderlichen Maßnahmen umsetzen. Beispielsweise kann bei der Sanierung eines öffentlichen Parkplatzes durch die Umgestaltung der Parkflächen mittels geeigneter Bodenbeläge eine Entsiegelung der bis dato versiegelten Flächen erreicht werden. Ein positiver Effekt im Sinne der Anpassung an den Klimawandel kann in diesem Fall nebenbei, also „huckepack“, erzielt werden.

- **Finanzielle Anreize schaffen**

Im Rahmen von KLEE wurden Lösungsvorschläge erarbeitet, die von unterschiedlichen Maßnahmenträgern umgesetzt werden müssten. Neben Maßnahmen, die in der öffentlichen Hand liegen (z.B. Bau von Hochwasserrückhaltebecken), werden Maßnahmen auf landwirtschaftlichen Flächen (z.B. angepasste ressourcenschonende Landbewirtschaftung) sowie Maßnahmen auf Privatgrundstücken in Siedlungsgebieten (Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung) vorgeschlagen. Auch wenn durch die in KLEE durchgeführte Öffentlichkeitsarbeit bei vielen Akteuren die Akzeptanz für den konkreten Handlungsbedarf gesteigert werden konnte und es in vielen Bereichen bereits entsprechende rechtliche Regelungen gibt, beruht die Umsetzung vieler Maßnahmen auf der Freiwilligkeit der jeweils Zuständigen. Um eine erfolgreiche Anpassung an den Klimawandel sicherzustellen, sollte neben bestehenden Angeboten über weitere finanzielle Fördermöglichkeiten nachgedacht werden.

- **Regelmäßige Überprüfung der Bewertungsmatrix**

Um langfristig eine erfolgreiche Anpassung an die Folgen des Klimawandels im Einzugsgebiet der Este sicherstellen zu können, ist das Ergebnis des im Rahmen von KLEE durchgeführten Priorisierungsverfahrens regelmäßig zu überprüfen und bei signifikanten Änderungen der Rahmenbedingungen (z.B. geänderte Klimaprojektionen, Umsetzung erster Anpassungsmaßnahmen, gesellschaftliche und technische Entwicklungen, weitere wissenschaftliche Erkenntnisse) gegebenenfalls anzupassen. In Anlehnung an die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) sowie die Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL) wird hier eine alle sechs Jahre wiederkehrende Betrachtung empfohlen.

Quellen- und Literaturverzeichnis

- DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg.) (2010): Neue Wege der Gewässerunterhaltung – Pflege und Entwicklung von Fließgewässern. DWA-Regelwerk, Merkblatt DWA-M 610, Hennef.
- DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg.) (2015): Dezentrale Maßnahmen zur Hochwasserminderung. DWA-Regelwerk, Merkblatt DWA-M 550, Hennef.
- Fröhle, P. (Hrsg.) (2016): Messungen in der Natur. Hamburger Wasserbauschriften, Band 20, TuTech-Verlag, Hamburg, im Druck.
- IPCC (2014): Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- KLIMZUG-NORD Verbund (Hrsg.) (2013): Politikempfehlung. Öffentlichkeitsbeteiligung zur Anpassung von Städten und Regionen an den Klimawandel, Hamburg.
- KLIMZUG-NORD Verbund (Hrsg.) (2014): KURSBUCH Klimaanpassung. Handlungsoptionen für die Metropolregion Hamburg, TuTech Verlag, Hamburg.
- Lange, G.; Lecher, K. (Hrsg.) (1993): Gewässerregelung, Gewässerpflege: naturnaher Aufbau und Unterhaltung von Fließgewässern, 3., neubearb. und erw. Aufl., Parey, Hamburg, Berlin.
- Lecher, K.; Lühr, H.-P.; Zanke, U. C. E. (Hrsg.) (2015): Taschenbuch der Wasserwirtschaft. Grundlagen – Planungen – Maßnahmen, 9. vollst. überarb. und aktual. Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden.
- Lowe, J. A.; Howard, T. P.; Pardaens, A.; Tinker, J.; Holt, J.; Wakelin, S. et al. (2009): UK Climate Projections science report: Marine and coastal projections. Met Office Hadley Centre. Exeter, UK.
- Nehlsen, E. (2012): Rückhaltung von Wasser und Sediment im Einzugsgebiet als Maßnahme zur Minderung von Klimafolgen an der Este. Vortrag im Rahmen der KLIMZUG-NORD Lern- und Aktionsallianz Este, Buxtehude (18.04.2012).
- Nehlsen, E.; Kunert, L.; Fröhle, P.; Knieling, J. (Hrsg.) (2014): Wenn das Wasser von beiden Seiten kommt – Bausteine eines Leitbildes zur Klimaanpassung für Elmsborn und Umland. Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten, Band 3, TuTech Verlag, Hamburg.
- Nehlsen, E. (2016): Wasserbauliche Systemanalyse als Grundlage für die Bewertung der Auswirkungen des Klimawandels für tidebeeinflusste Nebengewässer am Beispiel von Este und Krückau. Dissertation, Hamburger Wasserbauschriften, Band 19, TuTech-Verlag, Hamburg, im Druck.
- Palmaricciotti, G.; Hellmers, S.; Manojlovic, N.; Pasche, E. (2012): Adaptation measures to control exceedance flow in urban catchments. 9th international Conference on Urban Drainage Modelling, Belgrade.
- Patt, H.; Jürging, P.; Kraus, W. (2011): Naturnaher Wasserbau. Entwicklung und Gestaltung von Fließgewässern. 4., aktualisierte Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Rechid, D.; Petersen, J.; Schoetter, R.; Jacob, D. (2014): Klimaprojektionen für die Metropolregion Hamburg. Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten, Band 1, TuTech Verlag, Hamburg.
- Schwertmann, U.; Vogl, W.; Kainz, M. (1987): Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen, 2. Auflage, Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Umweltbundesamt (Hrsg.) (2013): Handbuch zur guten Praxis der Anpassung an den Klimawandel. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/364/publikationen/uba_handbuch_gute_praxis_web-bf_0.pdf [05.03.2016]
- Zanke, U. (1982): Grundlagen der Sedimentbewegung. Springer (Hochschultext), Berlin u.a.

Beteiligte Autoren und Institutionen

Technische Universität Hamburg (TUHH)
Institut für Wasserbau
Prof. Dr.-Ing. Peter Fröhle
Dipl.-Ing. Edgar Nehlsen
Dipl.-Ing. (FH), M. Sc. Josef Oberhofer
www.tuhh.de/wb



Landkreis Harburg
Boden/Luft/Wasser
Gunnar Peter
André Francois
www.landkreis-harburg.de



Landkreis Stade
Umweltamt
Heiko Köhnlein
Georg Söhle
www.landkreis-stade.de



Hansestadt Buxtehude
Stadtentwässerung
Eckhard Dittmer
www.stadtentwaesserung-buxtehude.de



TuTech Innovation GmbH
Forschungsmanagement
Jürgen Becker
www.tutech.de



Prof. Heinrich Reincke
Honorarprofessor an der Leuphana
Universität Lüneburg und der Hochschule 21
Buxtehude

Legende zur Priorisierung der KLEE-Bausteine (für Details siehe Kap. 6)

Beurteilung aus unterschiedlichen Sichtweisen: Faktor B

Beschreibung	Punktzahl
Beurteilung negativ	-2
Beurteilung überwiegend negativ	-1
Beurteilung sowohl positiv als auch negativ bzw. keine Auswirkungen zu erwarten	0
Beurteilung überwiegend positiv	+1
Beurteilung positiv	+2

Beurteilung der Ursachenrelevanz / Zukunftsfähigkeit: Faktor Z

Eine Maßnahme im Einzugsgebiet der Este gilt im Rahmen dieses Bewertungsschemas als zukunftsfähig, wenn sie

- an den Ursachen der Hochwasser- bzw. Sedimentproblematik ansetzt
- sich unter verschiedenen Klimaszenarien positiv auswirkt
- neben der Anpassung an den Klimawandel weitere positive Effekte auf Umwelt und Gesellschaft hat und mit verhältnismäßig geringen Kosten modifiziert werden kann.

Ursachenrelevanz / Zukunftsfähigkeit				
-2	-1	0	+1	+2
Definition trifft gar nicht zu			Definition trifft voll zu	

Priorisierung von KLEE-Anpassungsmaßnahmen:

P_H = Priorisierung hinsichtlich der Hochwasserproblematik

P_S = Priorisierung hinsichtlich der Sedimentproblematik

Prioritäten		Hochwasserproblematik	Sedimentproblematik
	Keine Priorität	$P_H \leq 0,00$	$P_S \leq 0,00$
	Priorität niedrig	$0,00 < P_H \leq 0,40$	$0,00 < P_S \leq 0,60$
	Priorität hoch	$0,40 < P_H \leq 0,60$	$0,60 < P_S \leq 0,90$
	Priorität sehr hoch	$P_H > 0,60$	$P_S > 0,90$

Abschätzung der Realisierungschancen: Faktor R

Kriterium	-2	-1	0	+1	+2
Zu erwartende Kosten	Eher hoch			Eher gering	
Benötigte Dauer bis zur Umsetzung	Langfristig			Kurzfristig	
Praktische Flächenverfügbarkeit	Eher gering			Eher hoch	

Bewertung der Wirksamkeit: Faktoren W_H und W_S

Beschreibung	Punktzahl	Hochwasserproblematik: Faktor W _H	Sedimentproblematik: Faktor W _S
Nicht maßgebend	/		
Negative Auswirkung	-2		
Keine Wirksamkeit	0		
Geringe bis mittlere Wirksamkeit	+1		
Hohe bis sehr hohe Wirksamkeit	+2		

Bewertung der Wirksamkeit exemplarisch an 9 Lokationen entlang der Este



Der Bericht „Perspektiven für die Este von morgen – Bausteine für die Anpassung an den Klimawandel“ stellt das wesentliche Ergebnis des dreijährigen Forschungsprojekts KLEE (Klimaanpassung Einzugsgebiet Este) dar.

Die Este ist ein in Niedersachsen gelegener Nebenfluss der Elbe. In ihrem ca. 365 km² umfassenden Einzugsgebiet bestehen an den einzelnen Abschnitten in unterschiedlicher Ausprägung bereits heute Herausforderungen hinsichtlich des Hochwasserschutzes und des Sedimentmanagements. Der KLEE-Verbund – ein Zusammenschluss zweier Landkreise, einer Stadt, einer Hochschule sowie einer Technologietransfergesellschaft – nimmt mit seinen Untersuchungen eine langfristige Perspektive ein. Welche Auswirkungen auf das Einzugsgebiet der Este sind durch projizierte Klimaveränderungen zu erwarten? In welchem Maß werden sich die bestehenden Probleme verschärfen? Welche Maßnahmen sollten ergriffen werden, um das „System Este“ nachhaltig und resilient zu gestalten, also so, dass es möglichst wenig anfällig ist gegenüber Störungen?

Die maßgeblichen Akteure im KLEE-Modellgebiet wurden im Rahmen eines kontinuierlichen Beteiligungsprozesses von Beginn an aktiv in alle Phasen des Projekts eingebunden. Das vorliegende integrierte Anpassungskonzept basiert auf einer interdisziplinären und kreisgebietsübergreifenden Betrachtung auf Einzugsgebietsebene. Es berücksichtigt die Interessen der Ober- und Unterlieger an der Este und ebenso die unterschiedlichen Belange des Naturschutzes, der Landwirtschaft, des Küsten- und Hochwasserschutzes sowie die Sichtweisen der zuständigen Planungsbehörden.

Im Ergebnis werden neben einigen grundsätzlichen Strategien für eine erfolgreiche Anpassung an den Klimawandel konkrete Handlungsempfehlungen hinsichtlich der Umsetzung struktureller Anpassungsmaßnahmen im KLEE-Modellgebiet ausgesprochen. Der vorliegende Bericht richtet sich in erster Linie an die handelnden Akteure im Einzugsgebiet der Este: kommunale Fachbehörden und Vertreter/innen aus Politik auf allen Ebenen, Vertreter/innen aus der Landwirtschaft, von Verbänden, Nicht-Regierungs-Organisationen, Este-Anwohner/innen sowie an die interessierte Öffentlichkeit. Durch den modellhaften Charakter von KLEE sind die gewonnenen Erkenntnisse des Forschungsvorhabens auf andere Regionen in Deutschland übertragbar.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit

TuTech
VERLAG

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

ISBN: 978-3-946094-10-4