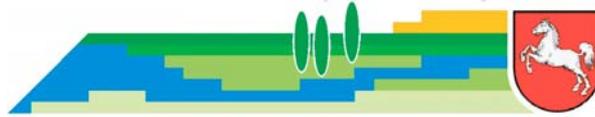


Pilotprojekt Marschgewässer



Regionaler Maßnahmenplan für das Käseburger Sieltief

Regionale Maßnahmenplanung

planungsgruppe grün

köhler • sprötge • storz

Rembertistraße 29/30, 28203 Bremen

Klein-Zetel 22, 26939 Ovelgönne-Frieschenmoor

planungsgruppe



johann köhler
martin sprötge
gotthard storz

Projektleitung:

Dipl.-Ing. Martin Sprötge

Bearbeitung durch:

Dipl.-Landschaftsökologin Stefanie Melisch

Dipl.-Landschaftsökologin Antje Bremermann

Überregionale Projektsteuerung

ARGE WRRL

Planula, Planungsbüro für

Naturschutz und Landschaftsökologie

Neue Große Bergstraße 20

22767 Hamburg



Arbeitsgemeinschaft
EU-Wasserrohrichtlinie



Planula
Planungsbüro für Naturschutz
und Landschaftsökologie

November 2007

Projektträger:

Unterhaltungsverband Kehdingen
Ziegelstraße 6
21735 Wischhafen

Unterhaltungsverband Untere Oste
Oestingер Weg 40
21745 Hemmoor

Sielacht Wittmund

Fuhrmannstr. 4
26401 Wittmund

Braker Sielacht

Franz-Schubert-Str. 31
26919 Brake

Projektpartner:

Regionalprojekt Hackemühlener Bach und Basbecker Schleusenfleth

ARGE WRRL

Planula, Planungsbüro für
Naturschutz und Landschaftsökologie
Neue Große Bergstraße 20
22767 Hamburg

Regionalprojekt Wischhafener Schleusenfleth

ARGE WRRL

BWS GmbH
Gotenstraße 14
20097 Hamburg

Regionalprojekt Harle

planungsgruppe grün

köhler • sprötge • storz
Rembertistraße 29/30
28203 Bremen

Klein Zetel 22
26939 Övelgönne-Frieschenmoor

Regionalprojekt Käseburger Sieltief

planungsgruppe grün

köhler • sprötge • storz
Rembertistraße 29/30
28203 Bremen

Klein Zetel 22
26939 Övelgönne-Frieschenmoor

Projektsteuerung

ARGE WRRL

Planula, Planungsbüro für
Naturschutz und Landschaftsökologie
Neue Große Bergstraße 20
22767 Hamburg

BWS GmbH
Gotenstraße 14
20097 Hamburg

In Zusammenarbeit mit:

NLWKN, Betriebsstelle Aurich
Oldersumer Straße 48
26603 Aurich

NLWKN, Betriebsstelle Brake
Heinestraße 1
26919 Brake

NLWKN, Betriebsstelle Stade
Harsefelder Str. 2
21680 Stade

Landkreis Stade
Am Sande 2
21682 Stade

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Aufgabenstellung.....	1
1.2	Methodisches Vorgehen	2
2	Allgemeine Beschreibung des Gewässers	4
2.1	Kurzbeschreibung und Typisierung	4
2.2	Gewässerbewirtschaftung.....	5
2.3	Monitoring und Messnetzwerke	7
2.4	Schutzgebiete und -programme	7
2.5	Übergeordnete Planungen.....	8
2.5.1	Planungsvorgaben gemäß LRP	8
2.5.2	Planungsvorgaben gemäß LP Stadt Brake	9
3	Bestandsaufnahme der Qualitätskomponenten und ergänzende Untersuchungen.....	10
3.1	Biologische Qualitätskomponenten	10
3.1.1	Makrophyten	10
3.1.2	Fischfauna.....	11
3.1.3	Phytobenthos	12
3.1.4	Phytoplankton	12
3.2	Hydromorphologische Qualitätskomponenten	12
3.2.1	Wasserhaushalt	12
3.2.2	Durchgängigkeit	13
3.2.3	Morphologie	13
3.3	Chemisch-physikalische Komponenten.....	15
3.3.1	Allgemeine chemisch-physikalische Qualitätskomponenten	15
3.3.2	Prioritäre Stoffe	15
3.4	Ergänzende Untersuchungen.....	16
3.4.1	Hydraulische Berechnungen.....	16
3.4.2	Messungen der Sichttiefe	19
4	Signifikante Belastungen und anthropogene Einwirkungen	20
4.1	Punktquellen	21
4.2	Diffuse Quellen.....	21
4.3	Belastung für den mengenmäßigen Zustand einschließlich Entnahmen.....	22
4.4	Abflussregulierung.....	22
4.5	Morphologische Veränderungen.....	22
4.6	Sonstige anthropogene Einwirkungen.....	23

5 Defizitanalyse	24
5.1 Auswirkungen der signifikanten Belastungen und anthropogenen Einwirkungen	25
5.2 Betrachtung der vorgegebenen Untersuchungsschwerpunkte	28
5.2.1 Schwerpunkt : Optimierung des Wasserstandsmanagements.....	28
5.2.2 Schwerpunkt : Verbesserung der ökologischen Durchgängigkeit.....	30
6 Umweltziele	31
6.1 Biologische Qualitätskomponenten	32
6.1.1 Makrophyten	32
6.1.2 Fischfauna.....	33
6.1.3 Phytobenthos	34
6.1.4 Phytoplankton	34
6.2 Hydromorphologische Qualitätskomponenten	34
6.3 Chemisch-physikalische Komponenten.....	35
6.3.1 Allgemeine chemisch-physikalische Komponenten.....	35
6.3.2 Prioritäre Stoffe	35
7 Modellhafte Maßnahmenplanung	35
7.1 Maßnahmenvorschläge	35
7.1.1 Sohlsschwellen zur Einhaltung von Mindestwasserständen	36
7.1.2 Mahlbusen.....	37
7.1.3 Klein- und Seitengewässer als Lebensraumstrukturen	38
7.1.4 Extensive Gewässerunterhaltung	39
7.1.5 Vollständiger Verzicht auf Düngemittel und/oder Pflanzenschutzmittel im Gewässerrandstreifen.....	39
7.2 Hinweise zur Umsetzung	40
7.3 Weitere Handlungsempfehlungen.....	41
7.3.1 Optimierung der Zielwasserstände zur Reduzierung der landwirtschaftlichen und geogen bedingten Einträge.....	41
7.3.2 Automatisierung des Wasserstandsmanagements	43
7.3.3 Optimierung der Durchgängigkeit	43
7.4 Kostenschätzung.....	43
7.4.1 Generelle Kostenkalkulation	44
7.4.2 Kostenschätzung einzelner Maßnahmen	45
7.4.3 Kosten der minimalen Umsetzung struktureller Maßnahmen.....	47
8 Zusammenfassung	48
9 Fazit für das Pilotprojekt	49
10 Quellenverzeichnis	52
11 Anhang.....	I

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Lage des Käseburger Sieltiefs bei Brake	4
Abb. 2: Meliorationsabteilungen im Einzugsgebiet des Käseburger Sieltiefs	5
Abb. 3: Käseburger Sieltief bei der Brücke Mühlenhellmer.....	14
Abb. 4: Barghorner Zuggraben oberhalb beim SW Barghorn	14
Abb. 5: Altendorfer Moorkanal beim SW Alte Kapelle.....	14
Abb. 6: Querprofil mit Sohlschwelle	17
Abb. 7: Querprofil mit potenziellen Bewuchszonen.....	19
Abb. 8: Schema Wasserstandsmanagement – Ansprüche aus land- und wasserwirtschaftlicher sowie ökologischer Sicht	29

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Wasserstandsamplituden der betrachteten Gewässerabschnitte.....	6
Tab. 2: Schutzgebiete und -programme im Einzugsgebiet des Käseburger Sieltiefs	8
Tab. 3: Schutz, Pflege und Entwicklung von Landschaftsteilen gemäß LRP Landkreis Wesermarsch	9
Tab. 4: Anforderungen an Nutzungen gemäß LRP Landkreis Wesermarsch.....	9
Tab. 5: Handlungskonzept für Naturschutz und Landschaftspflege gemäß LP Brake	10
Tab. 6: Bewertung der Fischfauna.....	11
Tab. 7: Querbauwerke in Käseburger Sieltief, Barghorner Zuggraben und Altendorfer Moorkanal.....	13
Tab. 8: Sichttiefen in Käseburger Sieltief, Barghorner Zuggraben und Altendorfer Moorkanal.....	20
Tab. 9: Auswirkungen der signifikanten Belastungen und anthropogenen Einwirkungen	25
Tab. 10: Flurwasserabstände aus landwirtschaftlicher Sicht	42
Tab. 11: Grundstückspreise der landwirtschaftlichen Nutzflächen im engeren Einzugsgebiet des Käseburger Sieltiefs (Quelle: mündl. Katasteramt Brake) ..	44
Tab. 12: Kostenpunkte	45
Tab. 13: Kostenschätzung Kleingewässer	46
Tab. 14: Kostenschätzung Gewässerrandstreifen	47

Kartenverzeichnis

Karte 1: Nutzungen (Flächennutzung und Querbauwerke)

Karte 2: Bodentypen

Karte 3a: Höhendaten westliches Einzugsgebiet

Karte 3b: Höhendaten östliches Einzugsgebiet

Karte 3c: Höhendaten Meliorationsabteilung 18

Karte 4: Schutzgebiete

Karte 5a: Planung Oberlauf

Karte 5b: Planung Mittellauf

Karte 5c: Planung Unterlauf

1 Einleitung

Das Käseburger Sieltief wurde als Modellgewässer für das „Pilotprojekt Marschgewässer“ ausgewählt. Kernziel dieses Projektes ist die Schaffung fachlicher Grundlagen für die Umweltzielerreichung nach Artikel 4 WRRL sowie für eine kosten- und nutzenorientierte Maßnahmenplanung nach Artikel 11 der WRRL.

Die vorliegende **modellhafte Maßnahmenplanung** orientiert sich einerseits an den im Projekt entwickelten und zu erreichenden Umweltzielen und andererseits an den regionalen Anforderungen an das Gewässer. Die land- und wasserwirtschaftliche Nutzung des Gewässers darf durch die geplanten Maßnahmen nicht signifikant eingeschränkt werden. Hieraus leitet sich die besondere Herausforderung an die vorliegende Maßnahmenplanung ab: die Schaffung ökologisch sinnvoller und darüber hinaus multifunktionaler Maßnahmenkombinationen.

Die modellhafte Maßnahmenplanung besitzt **keinen Anspruch der Rechtsverbindlichkeit**; die entwickelten Maßnahmen stellen Planungsbeispiele für eine spätere konkretisierende Planung dar.

1.1 Aufgabenstellung

Derzeit bestehen für Marschgewässer noch große Wissens- und Methodendefizite hinsichtlich einer angemessenen Abarbeitung der Anforderungen der WRRL. Dies resultiert insbesondere aus der Tatsache, dass Marschgewässer sich deutlich von anderen Fließgewässertypen unterscheiden. Das „Pilotprojekt Marschgewässer“ soll helfen, diese Lücken zu schließen. Kernziel des Projektes ist die Schaffung fachlicher Grundlagen für die Umweltzielerreichung nach Artikel 4 sowie für eine kosten- und nutzenorientierte Maßnahmenplanung nach Artikel 11 der WRRL.

Vorgegebenes Umweltziel ist die Erreichung des guten ökologischen Potenzials und eines guten chemischen Zustands der Marschgewässer Niedersachsens. In der **ersten Phase** des Pilotprojektes wurden geeignete Bewertungsverfahren bzw. Bewertungsansätze für Marschgewässer anhand biologischer Qualitätskomponenten (z. B. Makrophyten und Fischfauna) entwickelt. Darauf basierend fand eine Einstufung der ausgewählten vier Modellgewässer hinsichtlich ihres aktuellen ökologischen Potenzials statt. Neben dem guten ökologischen Potenzial ist auch der gute chemische Zustand der Marschgewässer Niedersachsens zu erreichen. Dieser ist laut WRRL als der Zustand definiert, in dem keine der in Anhang IX genannten Stoffe, keine Prioritären Stoffe (gemäß Anhang X) und keine weiteren Stoffe einschlägiger Rechtsvorschriften in einer die Umweltqualitätsnormen überschreitenden Konzentration vorkommen. Für eine Einschätzung des chemischen Zustandes wurden im Rahmen des Projektes deshalb orientierende Untersuchungen zum Auftreten der aufgeführten Stoffe, insbesondere der Prioritären Stoffe an den vier Modellgewässern durchgeführt. Die Untersuchungsergebnisse der o.g. Teilprojekte lieferten die Basis für die Herleitung eines kosten- und nutzenorientierten, überregionalen Maßnahmenkatalogs zur Verbesserung des Zustands der Marschgewässer.

In der aktuellen **zweiten Phase** (2006/2007) sollen für die vier Modellgewässer anhand der Ergebnisse und Vorgaben aus der Phase I kosten- und nutzenorientierte Maßnahmenpläne (modellhaft) erarbeitet werden. Dabei geht es im Rahmen des Modellvorhabens nicht darum, einen vollständigen Bewirtschaftungs- und Maßnahmenplan zu erstellen, sondern im Sinne des § 36 b WHG detaillierte Hinweise für eine Vorlage textlich auszuarbeiten. Es sollen modellhafte Maßnahmen einzelnen Gewässerabschnitten zugeordnet werden.

Die regionalen Besonderheiten der einzelnen Modellgewässer sollen im Vordergrund stehen. Für das Käseburger Sieltief wurden als Schwerpunkte das Wasserstandsmanagement, die Durchgängigkeit für wandernde Fischarten sowie die hydraulischen Auswirkungen von Makrophytenwachstum im Gewässer benannt.

Das Planungsziel ist das gute ökologische Potenzial; die potenziellen Maßnahmen richten sich grundsätzlich darauf aus. Gleichzeitig dürfen jedoch die spezifischen land- und wasserwirtschaftlichen Nutzungen durch die Planungen nicht beeinträchtigt werden. Die Maßnahmenplanung für das Käseburger Sieltief zielt demnach auf eine Verknüpfung mit den Anforderungen zum Hochwasserschutz (z. B. durch Polder, Mahlbusen) ab.

1.2 Methodisches Vorgehen

Um die Anforderungen der WRRL praxisnah zu erfüllen, fand während der Bearbeitungsphase ein enger Austausch zwischen den Fachbearbeitern, den zuständigen Behördenvertretern und der für die Maßnahmenumsetzung vor Ort verantwortlichen Braker Sielacht statt. Das Fach- und Entscheidungsgremium wurde in der fortgeschrittenen Projektphase über die regionalen Besonderheiten und spezifischen Bearbeitungsschwerpunkte informiert und das weitere Vorgehen abgestimmt.

In einem ersten Schritt wurden die relevanten Aussagen und Ergebnisse aus den vorgeschalteten Untersuchungen (sogn. B- und C-Berichte, Teil- und Synthesebericht Phase I) zusammengetragen sowie **vorhandene Unterlagen und Daten** (z. B. Profildaten, Hydraulische Datengrundlagen) bei der Braker Sielacht und dem NLWKN Betriebsstelle Brake-Oldenburg recherchiert. Für einen Eindruck des Gewässers und seiner umgebenden Landschaft wurden Begehungen durchgeführt. Dabei konnten Ergebnisse und Aussagen der Phase I des Pilotprojektes zu den biologischen und vor allem zu den hydromorphologischen Qualitätskomponenten (z. B. Gewässer- und Uferstrukturen) nachvollzogen und konkretisiert werden. Zudem wurden potenzielle Maßnahmenflächen begangen. Als ergänzende Untersuchung wurde eine **Messung der Sichttiefen** in den betrachteten Gewässerabschnitten mittels Secchi-Scheibe vorgenommen. Die Sichttiefe dient zur Abschätzung der Gewässertiefe, in der eine effektive Photosynthese und damit Pflanzenwachstum möglich ist.

Ein wesentlicher Schritt der modellhaften Maßnahmenplanung war die **zielgerichtete Defizitanalyse**. Die Defizite durch signifikante Belastungen und anthropogene

Einwirkungen gemäß WRRL (z. B. Einträge, Entnahmen, Abflussregulierungen, morphologische Veränderungen) und ihre Auswirkungen auf die wertgebenden biologischen Qualitätskomponenten wurden eingeschätzt. Dabei wurden vor allem die Auswirkungen, die im Zusammenhang mit den Schwerpunktthemen des Käseburger Sieltiefs stehen, berücksichtigt. Neben zahlreichen Gesprächen mit lokalen Nutzern und Akteuren wurden vorhandene Unterlagen ausgewertet sowie **Literaturrecherchen** durchgeführt.

Dem Schwerpunkt Wasserstandsmanagement kommt demnach eine zentrale Bedeutung zu, da die Anforderungen der regionalen Wasser- und Landwirtschaft (z.B. Vorhalten von Speichervolumen im Sinne des Hochwasserschutzes, Be- und Entwässerung der landwirtschaftlichen Flächen) einen unmittelbaren und limitierenden Einfluss auf das Makrophytenwachstum und damit auf die Lebensraumqualität für die Fischfauna hat. In diesem Rahmen wurde zunächst eine **Berechnung der hydraulischen Leistungsfähigkeit** des Gewässers für den sogenannten Hochwasserbemessungsfall durchgeführt. Darüber hinaus wurden die Auswirkungen eines angestrebten Mindestwasserstandes sowie der zusätzliche Speichervolumenbedarf unter Annahme eines ökologisch optimierten Wasserstandsmanagements (mit geringerer Schwankungsamplitude) rechnerisch abgeleitet. Der Einfluss von Wasservegetation auf die hydraulische Leistungsfähigkeit wurde in diesem Zusammenhang ebenfalls berechnet. Dies war ein zweiter zu untersuchender Betrachtungsschwerpunkt im Rahmen der modellhaften Maßnahmenplanung. Für die Defizitanalyse hinsichtlich des dritten Schwerpunktes, der Durchgängigkeit des Gewässers für wandernde Fischarten, sollte die von der überregionalen Projektleitung hierzu aufgestellte Entscheidungshilfe angewendet werden. Zur Verdeutlichung der besonderen Charakteristik des Gewässersystems mit seinen zahlreichen Unterschöpfwerken sowie den zu entwässernden Moorbereichen wurden der Barghorner Zuggraben sowie der Altendorfer Moorkanal teilweise mitbetrachtet.

Auf Basis der Bestands- und Defizitanalyse wurden ökologisch sinnvolle, **modellhafte Maßnahmen** für das Gewässer als weiteren Schritt abgeleitet. Der Hochwasserschutz und die Gewährleistung der hydraulischen Leistungsfähigkeit des Käseburger Sieltiefs wurden hierbei als maßgebliche Rahmenbedingungen zugrunde gelegt. Unter Anwendung des bereits in der Phase I gefertigten Maßnahmenkataloges konnten eine ökologisch wirksame und an die lokalen Gegebenheiten angepasste Maßnahmenauswahl getroffen werden.

In einem abschließenden letzten Schritt wurden **Handlungsempfehlungen** für die erfolgreiche Umsetzung der modellhaften Maßnahmen im Hinblick auf das Ziel „gutes ökologisches Potenzial“ sowie eine zukünftige nachhaltige Bewirtschaftung des Gewässers formuliert. Im Rahmen der vorliegenden Maßnahmenplanung wurde das Grundwasser nicht betrachtet.

2 Allgemeine Beschreibung des Gewässers

2.1 Kurzbeschreibung und Typisierung

Das Käseburger Sieltief zählt zur Flussgebietseinheit Weser und liegt im Bearbeitungsgebiet Unterweser. Das Käseburger Sieltief gehört zur Wasserkörpergruppe der „Weserzuflüsse der südlichen Wesermarsch“ (WKG-Nr. 26008). Das Gewässer erstreckt sich von der Weser in westlicher Richtung bis fast an den Geestrand bei Rastede in östlicher Richtung über eine Länge von ca. 16 km.

Das **Einzugsgebiet** des Käseburger Sieltiefs mit einer Gesamtfläche von 72 km² liegt vollständig innerhalb des Naturraumes Watten und Marschen bzw. der Wesermarsch;



dementsprechend ist das Gewässer dem **Typ 22.1 „Gewässer der Marschen“** zuzuordnen. Entsprechend der Marschgewässer-Subtypisierung des Teilprojektes Makrophyten ist das Käseburger Sieltief in seinem Verlauf zunächst dem Subtyp 1 (schmales – mittelbreites geestnahes Marschgewässer), anschließend dem Subtyp 5 (breites geestnahes Marschgewässer) und im Unterlauf dem Subtyp 6 (breites geestfernes Marschgewässer) bzw. dem Subtyp 3 (schmales – mittelbreites geestfernes Marschgewässer) zuzuordnen.

Abb. 1: Lage des Käseburger Sieltiefs bei Brake

Das Gewässer weist eine durchschnittliche Breite von weniger als 10 m und eine Tiefe von etwa 1 bis 2 m auf. Die Linienführung ist überwiegend gestreckt, die Ufer sind z.T. befestigt. Die **Strukturgröße** des Käseburger Sieltiefs ist zu großen Teilen in die Kategorie 5 (stark verändert) und 6 (sehr stark verändert) eingeordnet; kurze Abschnitte sind der Kategorie 7 (vollständig verändert) zugeordnet. In der überwiegenden Zeit handelt es sich beim Käseburger Sieltief um ein temporär schwach strömendes Gewässer. Während der Sielzugs- und Pumpzeiten sind jedoch höhere Fließgeschwindigkeiten zu erwarten. Die spärliche **Vegetation der Uferbereiche** wird i.d.R. durch Kraut-, Hochstaudenfluren und Röhrichtarten geprägt; selten auch durch Gehölze. Die Freiflächen im Einzugsgebiet des Gewässers unterliegen fast ausschließlich der **Grünlandnutzung** und sind eher kleinflächig strukturiert (siehe Karte 1). Das enge Grabennetz spiegelt die Anordnung der Flächen wider; in der östlichen Hälfte des Einzugsgebietes verlaufen die Gräben und Flächengrenzen deutlich regelmäßiger und gradliniger als in der westlichen Hälfte.

2.2 Gewässerbewirtschaftung

Das Einzugsgebiet des Käseburger Sieltiefs umfasst ca. 72 km² und ist in 14 Teilgebiete bzw. Meliorationsabteilungen (siehe folgende Abbildung) unterteilt. Der Hauptvorfluter des Gebietes ist das Käseburger Sieltief, welches bei Käseburg (südliche von Brake) in die Unterweser mündet. Die Teilgebiete sind größtenteils über Unterschöpfwerke an das Käseburger Sieltief angeschlossen. Lediglich fünf Teilgebiete mit einer Gesamtflächengröße von ca. 19 km² entwässern durch freie Vorflut in das Käseburger Sieltief; diese Meliorationsgebiete liegen im östlichen Teil des Einzugsgebietes.

Der Abfluss des Käseburger Sieltiefs in die Unterweser wird durch ein **Mündungsschöpfwerk** geregelt. Je nach Ent- bzw. Bewässerungsanforderung erfolgt der Betrieb des Bauwerkes entweder durch freien Sielzug oder durch zusätzlichen Schöpfbetrieb. Aufgrund der topographischen Bedingungen (tief liegende Meliorationsgebiete im Oberlauf, siehe Karten 3a und 3b) sind insgesamt **11 Unterschöpfwerke** eingerichtet worden. Sie wurden zwischen 1949 und 1976 erbaut. Die jeweilige Pumpenleistung steht im engen Zusammenhang mit der Größe des Teilgebietes.

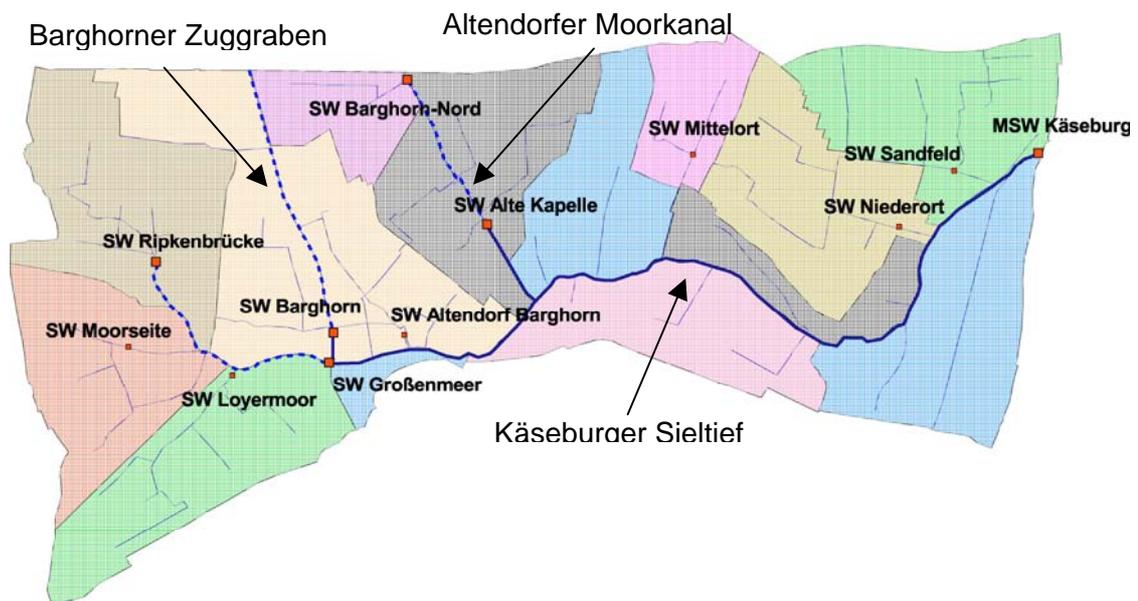


Abb. 2: Meliorationsabteilungen im Einzugsgebiet des Käseburger Sieltiefs

Die Unterschöpfwerke sind weitgehend mit einer zusätzlichen Freiflut- und/oder Stauanlage (Stemmtore, Schütztäfel mit Stauschottwinde, Freiflutklappen) ausgestattet. Im Mündungsschöpfwerk Käseburg (Baujahr 1958) sind neben zwei Pumpenkammern auch zwei Sielläufe mit jeweils einem Stemmtorpaar sowie einem Hubtor (als 2. Sicherung) zur Nutzung der Freiflut integriert. Das Mündungsschöpfwerk liegt unmittelbar in der Deichlinie des östlichen Weserufers.

Die Anzahl der Unterschöpfwerke sowie die deutlich **tiefer liegenden Meliorationsgebiete** im Oberlauf stellen für die Gewässerbewirtschaftung eine besondere Herausforderung dar; insbesondere, da der Betrieb der Schöpfwerke zur Zeit nicht automatisiert erfolgt sondern die Pumpen manuell ein- bzw. ausgeschaltet werden. Maßgebliche Faktoren für das aktuell betriebene Wasserstandsmanagement sind aus wasserwirtschaftlicher Sicht das Vorhalten von **Speichervolumen** im Falle von erwarteten Starkniederschlägen sowie das Absenken des Wasserspiegels bei erforderlichen Arbeiten zur Unterhaltung des Gewässers (Entschlammern, Spülen) oder Instandsetzung seiner Bauwerke. Ein Pumpenausfall in den Unterschöpfwerken über eine längere Zeitdauer erfordert beispielsweise die Entwässerung per Sielzug. Hierzu ist der Wasserstand des Käseburger Sieltiefs erheblich abzusenken. Aus landwirtschaftlicher Sicht wird insbesondere im zeitigen Frühjahr eine starke Entwässerung der Flächen zwecks schadlosen Befahrens gefordert; dann werden verstärkt sehr niedrige Wasserstände gefahren.

Aus landwirtschaftlicher Sicht wird neben der **Entwässerung** auch die **Zuwässerung** der Gräben bzw. Flächen über das Sieltief betrieben. Die Sicherstellung von Tränkwasserständen sowie der viehkehrenden Wirkung der wassergefüllten Gräben entlang der Viehweiden bedingen insbesondere während der niederschlagsarmen Zeiten eine oftmals kurzfristige Zuwässerung des gesamten Gewässersystems mit überdurchschnittlich hohen Wasserständen. Die Zuwässerung der Flächen erfolgt durch manuelles Feststellen der jeweiligen Sieltore, sodass ein Einlaufen der Tide in das Gewässersystem möglich ist. Eine Zuwässerung mittels Pumpenbetrieb erfolgt nicht; die Schöpfwerke sind in ihrer Konstruktion nicht darauf ausgelegt.

Für das Sieltief ergeben sich hieraus **saisonale Wasserstandsamplituden**; ebenso für die beiden Nebengewässer Barghorner Zuggraben und Altendorfer Moorkanal. Die folgende Tabelle gibt die aktuellen gefahrenen Wasserstandsamplituden der Gewässerabschnitte wieder.

Tab. 1: Wasserstandsamplituden der betrachteten Gewässerabschnitte

Gewässer	Sommerwasser (16.04.-14.11.)		Winterwasser (15.11.-15.04.)	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Käseburger Sieltief	-1,20 m NN	-0,20 m NN	-2,80 m NN	-0,50 m NN
Barghorner Zuggraben	-2,00 m NN	-1,30 m NN	k. A.	k. A.
Altendorfer Moorkanal	-1,30 m NN	-0,90 m NN	-1,50 m NN	-0,70 m NN
Oberlauf des Käseburger Sieltiefs	-0,90 m NN	-0,70 m NN	-1,80 m NN	-0,10 m NN

(Quelle: Braker Sielacht)

Soweit der Außenwasserstand der Weser dies zulässt, wird ggf. während der Wintermonate zusätzlicher Stauraum im Käseburger Sieltief durch ein weiteres Absenken des Wasserspiegels bis zum nächsten Sielzug geschaffen.

Eine **Unterhaltung** im Form von Böschungs- bzw. Ufermahd des verbandseigenen Gewässers findet aufgrund der spärlichen Makrophytenausstattung nur sporadisch statt. Eine Mäh-Hark-Kombination schneidet und entfernt dann die Pflanzenteile aus dem Gewässerbereich. Ein Unterhaltungsweg entlang des Gewässers existiert nicht. Für einzelne Abschnitte wurde in der Vergangenheit eine Entschlammung durchgeführt.

2.3 Monitoring und Messnetzwerke

Artikel 8 der WRRL sieht vor, dass Programme zur Überwachung des Zustands der Gewässer aufgestellt werden, damit ein zusammenhängender und umfassender Überblick über den Zustand der Gewässer in jeder Flussgebietseinheit gewonnen wird. Bei Oberflächengewässern umfassen diese Programme:

- die Menge und den Wasserstand oder die Durchflussgeschwindigkeit, soweit sie für den ökologischen und chemischen Zustand und das ökologische Potenzial von Bedeutung sind, sowie
- den ökologischen und chemischen Zustand und das ökologische Potenzial.
-

Der Abflusspegel „Käseburger Siel BP“ war bis zum Ende des Jahres 2002 Hauptpegel des GÜN-Messnetzes und diente der Ermittlung des Wasserhaushaltes im Küstengebiet (NLWKN, 2004). Da die Abflüsse am Käseburger Siel aufgrund der unter Kap. 2.2 beschriebenen Besonderheiten Ent- und Zuwässerung als nicht repräsentativ anzusehen sind, wurde der Pegel nicht in das neue GÜN-Messnetz mit aufgenommen. Im Verbandsgebiet befinden sich keine weiteren relevanten Messstellen.

2.4 Schutzgebiete und -programme

Die Wasserrahmenrichtlinie nennt als weiteres bis zum Jahr 2015 zu erreichendes Ziel den guten Zustand aller Schutzgebiete mit Wasserbezug (vgl. Art. 4 Abs. 1c WRRL). Als solche gelten alle Gebiete mit besonderem Schutzbedarf für Oberflächengewässer und Grundwasser und für die Erhaltung von unmittelbar vom Wasser abhängigen Lebensräumen und Arten.

Die wasserbezogenen Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen für Schutzgebiete der FFH und VSG-RL zählen zu den grundlegenden Maßnahmen, die innerhalb der Maßnahmenprogramme nach WRRL zwingend vorzusehen sind (Art. 11, Abs. 3a und Anhang VI WRRL). Nach Art. 6 Abs. 1 WRRL ist ein Verzeichnis der o.g. Gebiete zu erstellen.

Die in der folgenden Tabelle genannten Schutzgebiete sind in der Karte 4 visualisiert. Für weitere Informationen sei auf die jeweiligen Schutzgebietsverordnungen hingewiesen.

Tab. 2: Schutzgebiete und -programme im Einzugsgebiet des Käseburger Sieltiefs

Schutzkategorie/ Gebietsbezeichnung	Schutzzweck/ Erforderliche Maßnahmen
Flora, Fauna, Habitat (FFH) - Gebiet	
Teichfledermaus- gewässer im Raum Bremerhaven/Bremen (Kennziffer: 187)	<p>Erhaltungsziele</p> <ul style="list-style-type: none"> • günstiger Erhaltungszustand des Jagdhabitats für die Teichfledermaus (<i>Myotis dasycneme</i>) • günstiger Erhaltungszustand bedeutsamer Gewässerabschnitte für den Bitterling (<i>Rhodeus sericeus amarus</i>) • (= übrige Tierarten gem. Anh. II FFH) <p>Sicherungsmaßnahmen</p> <ul style="list-style-type: none"> • durch ordnungsgemäße Gewässerunterhaltung • siehe Karte 4 im Anhang
EU-Vogelschutzgebiet	
liegt im Einzugsgebiet des Käseburger Sieltiefs nicht vor	
Nationalpark (NP)	
liegt im Einzugsgebiet des Käseburger Sieltiefs nicht vor	
Naturschutzgebiet (NSG)	
liegt im Einzugsgebiet des Käseburger Sieltiefs nicht vor	
Landschaftsschutzgebiet (LSG)	
liegt im Einzugsgebiet des Käseburger Sieltiefs nicht vor	
Besonders geschützte Biotope nach § 28a NNatG	
siehe Karte 4 im Anhang	
Wasserschutzgebiet	
liegt im Einzugsgebiet des Käseburger Sieltiefs nicht vor	
Fließgewässer-Schutzprogramm	
liegt für das Käseburger Sieltief nicht vor	
Niedersächsisches Moorschutzprogramm	
Ipweger Moor (431 A) und Rüdershauser Moor (431 B)	

2.5 Übergeordnete Planungen

2.5.1 Planungsvorgaben gemäß LRP

Im Folgenden werden im Rahmen des LRP Wesermarsch formulierte Aussagen tabellarisch wiedergegeben. Dabei werden hier nur die Inhalte genannt, die für die Erstellung und Anwendung eines Maßnahmen- und Bewirtschaftungsplanes relevant sind. Für weitere Informationen sei hier auf den Landschaftsrahmenplan Wesermarsch verwiesen.

Tab. 3: Schutz, Pflege und Entwicklung von Landschaftsteilen gemäß LRP Landkreis Wesermarsch

Schutz, Pflege und Entwicklung von Landschaftsteilen
Gräben
<ul style="list-style-type: none"> • schonende Grabenräumung außerhalb der Laich- und Aufzuchtzeiten • Verzicht auf vollständige Aufreinigung, Räumungsintervalle zwischen 5 und 20 Jahren
Röhrichtflächen
<ul style="list-style-type: none"> • durch entsprechend hohe Wasserstände ist eine Verbuschung zu vermeiden
Sieltiefe
<ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung der Lebensraumqualitäten durch Profilgestaltung, Reduzierung des Nährstoffeintrags und geringere Wasserstandsschwankungen • Polderartige Überschwemmungsflächen sind vorzusehen • Veränderung der Bauwerke zur Verbesserung der Durchgängigkeit wandernder Fischarten

Tab. 4: Anforderungen an Nutzungen gemäß LRP Landkreis Wesermarsch

Anforderungen an Nutzungen
Landwirtschaft
<ul style="list-style-type: none"> • Sicherung besonders wertvoller Standortverhältnisse • Erhalt und Wiederherstellung der natürlichen Bodenfruchtbarkeit durch standortgemäße Bewirtschaftung und Anpassung von Viehbesatz • Vermeidung von Belastungen durch Dünger und Pestizide • Förderung extensiver Nutzungen
Wasserwirtschaft / Wasserbau
<ul style="list-style-type: none"> • Erhalt vorhandener natürlicher Gewässerabschnitte bzw. Uferbereiche • Erhaltung der vorhandenen Überschwemmungsflächen bzw. Erweiterung dieser Flächen durch Rücknahme von Deichen • Verbot von Ackernutzung und Grünlandumbruch im 5m breiten Streifen an Gewässern • Unterhaltungsarbeiten nur außerhalb der Laich- und Brutzeiten • differenzierte Zu- und Entwässerung • Durchführung von Baumaßnahmen zur Verbesserung der ökologischen Qualität • Wiederherstellung bzw. Schaffung möglichst naturnaher Zustände im Hinblick auf Ufergestaltung und Gewässergüte • Sicherung von Rückzugsräumen durch Mindestwassertiefen in den Gräben und Sieltiefen

2.5.2 Planungsvorgaben gemäß LP Stadt Brake

Im Folgenden werden im Rahmen des Landschaftsplans der Stadt Brake formulierte Aussagen tabellarisch wiedergegeben. Dabei werden hier nur die Inhalte genannt, die für die Erstellung und Anwendung eines Maßnahmen- und Bewirtschaftungsplanes relevant sind. Der Landschaftsplan Brake bezieht sich auf den nordöstlichen Teil des

Einzugsgebietes (Süderfeld und teilw. Hammelwarder Moor). Für weitere Informationen sei hier auf den Landschaftsplan Brake verwiesen.

Tab. 5: Handlungskonzept für Naturschutz und Landschaftspflege gemäß LP Brake

Handlungskonzept für Naturschutz und Landschaftspflege
Landwirtschaft
<ul style="list-style-type: none"> • Erhalt bzw. Rückentwicklung artenreicher Grünlandbestände • Sicherung bzw. Wiederherstellung von Nass- und Feuchtgrünland • Schutz wichtiger Ökosystemtypen im Einflussbereich landwirtschaftlicher Nutzflächen • Förderung extensiver Nutzungen
Wasserwirtschaft
<ul style="list-style-type: none"> • Erhalt bzw. Wiederherstellung eines funktionsfähigen Wasserhaushaltes • Verbesserung der Wasserqualität; Abbau von Schad- bzw. Nährstoffbelastungen • Gewässerunterhaltung gem. den Anforderungen von Naturschutz und Landschaftspflege (z. B. Gewässerschutzstreifen 5 m bei Gewässern II. Ordnung)

3 Bestandsaufnahme der Qualitätskomponenten und ergänzende Untersuchungen

Die bundesweiten Verfahren zur Bestandserfassung und Bewertung von Fließgewässern der einzelnen Qualitätskomponenten zur Umsetzung der WRRL sind für die Bearbeitung der Marschengewässer weitgehend ungeeignet, da diese hydromorphologische und chemisch-physikalische Besonderheiten aufweisen. Im Rahmen der ersten Phase des „Pilotprojektes Marschgewässer“ wurden die einzelnen Qualitätskomponenten untersucht, Bewertungsverfahren für Marschgewässer entwickelt und angewendet. Das methodische Vorgehen, die Bewertungsverfahren sowie die Ergebnisse sind zusammenfassend im Synthesebericht sowie ausführlich in den einzelnen Teilprojekten „Makrophyten“, „Fischfauna“, „Phytobenthos“ und „Phytoplankton“ dargestellt. Im Folgenden werden die Ergebnisse der ersten Phase für das Modellgewässer Käseburger Sieltief dargestellt.

3.1 Biologische Qualitätskomponenten

3.1.1 Makrophyten

Die Anwendung des im Rahmen des „Teilprojekts Makrophyten“ entwickelten Verfahrensvorschlags für Makrophyten am Käseburger Sieltief führt zu einer Einstufung in ein **schlechtes Potenzial**.

Die Makrophytenvegetation des Käseburger Sieltiefs war 2005 durchgehend von geringer Deckung und wurde von Nymphaeiden (seerosenartige Schwimmblattpflanzen) geprägt. Stellenweise nahmen Pleustophyten (Wasserschweber) einen größeren Flächenanteil ein, weitere Hydrophyten (Wasserpflanzen) traten kaum auf.

Gegenüber dem früheren Zustand ist ein starker Rückgang der Hydrophyten festzustellen. Die 1978 deutlich höhere Gesamtdeckung wurde allerdings nur von wenigen Arten bestimmt. Das ökologische Potenzial hat sich zwischen 1978 und 2005 von "mäßig" bzw. "unbefriedigend" auf durchgehend "schlecht" reduziert.

3.1.2 Fischfauna

Insgesamt sind 15 Fischarten im Rahmen der im September an drei Messstellen durchgeführten Befischungen im Käseburger Sieltief nachgewiesen worden. Die messstellenbezogenen Artenzahlen lagen zwischen 11 und 13 Arten.

Die Fischartengemeinschaft setzte sich dabei nahezu ausschließlich aus indifferenten und weitverbreiteten Arten zusammen. Die zu den Karpfenartigen zählenden Plötze (*Rutilus rutilus*) und Brasse (*Abramis brama*) waren die mit Abstand häufigsten Arten. Neben den beiden eudominanten Arten waren mit Güster (*Blicca bjoerkna*) und Aland (*Leuciscus idus*) nur noch zwei weitere Karpfenartige recht häufig. Alle übrigen Arten, zu denen auch Aal (*Anguilla anguilla*), Gründling (*Gobio gobio*), Hecht (*Esox lucius*), Zander (*Sander lucioperca*) und Flussbarsch (*Scardinius erythrophthalmus*) gehören, waren dagegen mit nur geringer Individuenzahl vertreten. Neben den o.g. indifferenten Arten wurden auch zwei Vertreter der stillgewässertypischen Arten erfasst. Die Rotfeder (*Scardinius erythrophthalmus*) sowie die Schleie (*Tinca tinca*) waren im Hinblick auf ihre Individuendichte jedoch nur von untergeordneter Bedeutung.

Unter Anwendung des erarbeiteten Bewertungsvorschlages für Marschengewässer des Typs 22.1 ergibt sich für die drei Messstellen des Käseburger Sieltiefs ein **mäßiges bis unbefriedigendes ökologisches Potenzial** (Ökologische Qualitäts-Kennzahl: 0,22 bis 0,36).

Tab. 6: Bewertung der Fischfauna

Käseburger Sieltief			
Probestelle	KSF-109	KSF-neu	KSF-386
Ökologische Qualitäts-Kennzahl	0,36	0,22	0,25
Bewertung ökologisches Potenzial	mäßig	unbefriedigend	unbefriedigend
Bewertung Zustand	unbefriedigend	schlecht	schlecht

Die Gründe für die Bewertung mäßig bzw. unbefriedigend liegen v.a. im Fehlen der als Auenarten bezeichneten Fischarten. Dies gilt etwas eingeschränkter auch für die stillgewässertypischen Arten. An zwei der Messstellen war nur jeweils eine Art dieser Gilde in geringer Anzahl vertreten.

Bei der Bewertung der Fischfauna des Käseburger Sieltiefs ist zu berücksichtigen, dass Besatzmaßnahmen, durch die der Artenbestand theoretisch stark beeinflusst wird, nicht beachtet wurden. Die Daten der **Besatzmaßnahmen** sind nach Angabe von Herrn Scholle (BioConsult) zu ungewiss und daher für eine Berücksichtigung nicht geeignet. Besatzmaßnahmen werden teilweise von den Angelvereinen durchgeführt; Artenzusammensetzung und Mengen wurden nicht recherchiert.

3.1.3 Phytobenthos

Das Phytobenthos, unterteilt in Diatomeen und übriges Phytobenthos, wird in der WRRL zusammen mit den Makrophyten als eine biologische Qualitätskomponente aufgeführt. Im Pilotprojekt wurde die Eignung der Teilkomponente Diatomeen für die Bewertung von Marschgewässern überprüft. Demnach konnte für das Käseburger Sieltief eine Bewertung der Diatomeenzönose erfolgen. Die Anwendung des Verfahrens ergibt für das Käseburger Sieltief einen **mäßigen bzw. unbefriedigenden Zustand**.

Die Ableitung von Klassengrenzen zur Bewertung des ökologischen Potenzials steht noch aus; hierzu fehlen weitere gezielte Untersuchungen an Referenzabschnitten, anhand derer die einzelnen Bewertungsklassen geeicht werden können. Für die Qualitätskomponente Phytobenthos (Diatomeen) sind somit noch umfangreiche Grundlagenuntersuchungen erforderlich, die im Rahmen des Pilotprojektes nicht leistbar sind. Bis zum Abschluss einer Verfahrensentwicklung für das Phytobenthos sollen für die nach WRRL vorgesehene Bewertung der Qualitätskomponente „Makrophyten und Phytobenthos“ lediglich die Makrophyten berücksichtigt werden. Daher wird diese Teil-Qualitätskomponente im weiteren Verlauf des Pilotprojektes **nicht weiter berücksichtigt**.

3.1.4 Phytoplankton

Eine Bewertung der vorhandenen Daten zum Phytoplankton konnte aufgrund der fehlenden Anpassung des Bewertungsverfahrens nach MISCHKE et al. (2005) nicht durchgeführt werden. Diese biologische Qualitätskomponente findet in der noch folgenden Defizitanalyse und Maßnahmenplanung **keine Berücksichtigung**.

3.2 Hydromorphologische Qualitätskomponenten

3.2.1 Wasserhaushalt

Der Wasserhaushalt des Käseburger Sieltiefs ist durch Zuflüsse aus Niederschlagswasser, Abfluss und die Abflussdynamik gekennzeichnet. Letztere werden maßgebend durch die Wasserstandsregulierungen der Braker Sielacht am Mündungsschöpfwerk Käseburg bestimmt. Das Niederschlagswasser gelangt als Oberflächen- oder Drainagewasser über die Vorfluter in das Sieltief.

Entsprechend den hydraulischen Untersuchungen durch den NLWKN, Brake-Oldenburg (Kap. 3.4.1) wurden vom NLWK im Jahr 2004 die mittleren Abflüsse bzw. Abflussspenden anhand von Sielzugmessungen und Auswertungen des Abflusspegels Käseburger Siel BP vorgenommen. Hierbei ergeben sich bezogen auf den Zeitraum 1973 bis 1993 am Mündungsschöpfwerk eine Mittlere Abflussspende (MQ) im Sommer von 0,42 m³/s bzw. eine Spende von $Mq_{so} = 5,8 \text{ l/s km}^2$ sowie eine Mittlere Abflussspende im Winter von 1,27 m³/s bzw. $Mq = 17,6 \text{ l/s km}^2$. Für das Abflussjahr 1993 beispielsweise ergaben sich insgesamt 706 Tiden, wobei 330 Sielzüge

durchgeführt wurden. Die übrigen Tiden konnten oder sollten aus wasserwirtschaftlicher Sicht nicht für einen Sielzug genutzt werden. Die Jahressielzugmenge für das Jahr 1993 beläuft sich auf ca. $33.131 \cdot 10^3 \text{ m}^3$; die Gesamtabflussmenge auf ca. $33.209 \cdot 10^3 \text{ m}^3$. Für weitere Informationen sei auf die hydraulischen Untersuchungen durch den NLWKN hingewiesen; das vollständige Gutachten ist dem Anhang beigelegt.

3.2.2 Durchgängigkeit

Für die Betrachtung der Durchgängigkeit wurden zusätzlich die Vorfluter Barghorner Zuggraben und Altendorfer Moorkanal herangezogen. Innerhalb der betrachteten Gewässerabschnitte bestehen folgende Querbauwerke mit mehr oder weniger eingeschränkter Durchgängigkeit:

Tab. 7: Querbauwerke in Käseburger Sieltief, Barghorner Zuggraben und Altendorfer Moorkanal

Gewässerabschnitt	Querbauwerke	Stationierung
Käseburger Sieltief	Mündungsschöpfwerk Käseburg (1958) (zwei Propellerpumpen, zwei Sielläufe mit je einem Stemmtorpaar sowie einem Hubtor)	15+750
	Schöpfwerk Großenmeer (1949) (Propellerpumpe, zwei Freiflutklappen)	3+400
	Schöpfwerk Ripkenbrücke (1975) (zwei Propellerpumpen, mit Freiflut)	0-010
Barghorner Zuggraben	Schöpfwerk Barghorn (1976) (vertikale Propellerpumpe, keine Freiflut)	-
	Zahlreiche Durchlässe (Grundstücks- und Feldzufahrten)	-
Altendorfer Moorkanal	Schöpfwerk Alte Kapelle (1950) (eine Propellerpumpe, Freiflut mit Stauschützenanlage und Stemmtorpaar)	-
	Zahlreiche Durchlässe (Grundstücks- und Feldzufahrten)	-

3.2.3 Morphologie

Die Gewässersohle des Käseburger Sieltiefs weist generell keine auffälligen Strukturen auf. Die Sohlhöhe nimmt auf der etwa 12,4 km langen Strecke vom SW Großenmeer (ca. $-2,00 \text{ m NN}$) bis zum Mündungsschöpfwerk Käseburg (ca. $-3,70 \text{ m NN}$) mehr oder weniger stetig ab. Die Uferböschungen vor und hinter den Schöpfwerken (z. B. SW Großenmeer, SW Barghorn, SW Alte Kapelle) sind zumeist befestigt. Niedrige Pfahlreihen, Holzkastenprofile oder Steinschüttungen schützten beispielsweise vor Uferabbrüchen bei starken Strömungsverhältnissen. Unmittelbar an die Uferbefestigung grenzend können oftmals Abbrüche festgestellt werden, die zu einer Verbreiterung des Gewässerprofils sowie zu einer Abflachung der Ufer führen. Dies ist



vermutlich auf die temporär hohen Fließgeschwindigkeiten sowie auf Viehtritt zurückzuführen. Der schädigende Einfluss durch den Bisam ist schwer abzuschätzen.

Abb. 3: Käseburger Sieltief bei der Brücke Mühlenhellmer

Der Barghorner Zuggraben ist auf den ersten 500 m von der Mündung in das Käseburger Sieltief bis kurz hinter das

Schöpfwerk Barghorn auf etwa 9 m Breite ausgebaut. Die Gewässersohle liegt hier im Unterlauf bei ca. –2,0 m NN. Im Bereich des Schöpfwerkes nimmt der Zuggraben seine maximale Breite ein; hier sind die Ufer mit Betonfertigteilen befestigt. Auf den folgenden 2 km nimmt die Gewässerbreite deutlich ab; der Oberlauf des Barghorner Zuggrabens stellt sich als straßenbegleitender Graben dar. Für Hof- oder Feldzufahrten ist der Zuggraben mit zahlreichen Durchlässen (z. B. Rohr- oder Holzkastendurchlass) versehen.



Abb. 4: Barghorner Zuggraben oberhalb beim SW Barghorn

Die Gewässersohlhöhe des Altendorfer Moorkanals nimmt über den betrachteten Abschnitt (ca. 3,5 km Länge) um etwa 0,4 m zur Mündung in das Käseburger Sieltief hin ab. Auf den ersten 1,5 km von der Mündung stromaufwärts ist das Gewässer kanalartig mit einer Breite von ca. 8 m ausgebaut; die Ufer sind vergleichsweise gradlinig. Der daran anschließende Gewässerabschnitt verläuft

parallel zur Altendorfer Straße; hier variiert die Gewässerbreite sowie die Uferlinie.

Beim SW Alte Kapelle wurden einseitig Spundwände zur Ufersicherung eingebracht. Der Altendorfer Moorkanal wird von zahlreichen öffentlichen oder privaten Brückenbauwerken gequert und ist mit Durchlässen (z. B. Rohrdurchlass, Holzkastendurchlass) versehen.



Abb. 5: Altendorfer Moorkanal beim SW Alte Kapelle

Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass sich im Laufe der Jahre Feinsubstrat in der Gewässersohle des Altendorfer Moorkanals sowie des Barghorner Zuggrabens abgelagert hat. Grabenunterhaltung, Viehtritt und temporär starke Fließbewegungen des Gewässers haben die Ufer ggf. abgeflacht und aufgeweitet. Der schädigende Einfluss des Bisams ist schwer abzuschätzen.

3.3 Chemisch-physikalische Komponenten

3.3.1 Allgemeine chemisch-physikalische Qualitätskomponenten

Die chemischen Gewässerdaten zeigen eine erhöhte bis sehr hohe Belastung an. Dabei sind in erster Linie die hohen Ammonium-, Phosphor- und TOC/DOC-Gehalte auffällig. **Sehr hohe Phosphat-Belastungen** wurden am Altendorfer Moorkanal gemessen. Die Ammoniumwerte weisen im Oberlauf des Käseburger Sieltiefs hohe, im Mittel- u. Unterlauf sehr hohe Belastungen auf. Weitere Angaben sind der Anlage 2 des Teilprojektes Chemisch-physikalische Untersuchungen der Phase I zu entnehmen.

Beim **Sauerstoffhaushalt** sind neben den zeitweise unzureichenden Sauerstoffsättigungen (Herbst 2005: Sättigung <30%) die stark erhöhten Werte beim biochemischen Sauerstoffbedarf bei der Mai-Beprobung mit >14 mg/l O₂ an drei Messstellen zu nennen. Erhöhte Salzgehalte sind im Käseburger Sieltief nur an der wesernahen Messstelle festzustellen. Hier wurde im Mittel (12 Messungen von Okt. 2005 bis Mai 2006) eine Leitfähigkeit von 658 µS/cm (Mikrosiemens pro cm; ab ca. 900 µS/cm spricht man von Brackwasser) gemessen. Ursache ist der Zulauf von brackigem Weserwasser im Rahmen der Zuwässerung.

3.3.2 Prioritäre Stoffe

Die folgenden Ergebnisse sind dem Endbericht des „Teilprojekts Prioritäre Stoffe“ (Dezember 2006) entnommen. Die Untersuchungsergebnisse des Käseburger Sieltiefs sind als **weitestgehend unauffällig** anzusehen. An der Messstelle Alte Kapelle (am Altendorfer Moorkanal) wurde hinsichtlich des **Anthracen** ein Mittelwert von 0,02 µg/l gemessen, was zu einer Überschreitung der Qualitätsnorm (QN) von 0,01 µg/l führte. Auffällig war zudem ein weiterer Vertreter der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK), nämlich Fluoranthen mit einem Mittelwert von 0,020 µg/l (QN: 0,025 µg/l). Darüber hinaus ergab sich eine Auffälligkeit bei Diuron; im Mittel war allerdings keine Überschreitung der QN zu beobachten.

Die Sedimentbefunde zeigen insgesamt betrachtet keine besonderen Auffälligkeiten. Lediglich an der Messstelle Alte Kapelle wurde die halbe QN bei Blei mit einem Gehalt von 60 mg/kg (QN: 100 mg/kg) überschritten. Leichte Auffälligkeiten, mit einer Überschreitung der halben QN, waren bei Cadmium und Blei in der zusätzlich untersuchten „< 20 µm-Feinkornfraktion“ zu verzeichnen.

3.4 Ergänzende Untersuchungen

3.4.1 Hydraulische Berechnungen

Dem Schwerpunkt Wasserstandsmanagement kommt eine zentrale Bedeutung zu, da die Anforderungen der regionalen Wasser- und Landwirtschaft einen unmittelbaren und limitierenden Einfluss auf das Makrophytenwachstum und damit auf die Lebensraumqualität für die Fischfauna haben. Darüber hinaus gelten der Hochwasserschutz und die Gewährleistung der hydraulischen Leistungsfähigkeit des Käseburger Sieltiefs als maßgebliche Rahmenbedingungen für die Maßnahmenplanung. Vor diesem Hintergrund wurden hydraulische Untersuchungen durch den NLWKN, Betriebsstelle Brake-Oldenburg durchgeführt.

Im Folgenden werden Auszüge dieser Untersuchungen wiedergegeben. In der durchgeführten Untersuchung wurden nur Abflussszenarien betrachtet, bei denen von stationären, d.h. zeitlich unveränderlichen Abflussbedingungen ausgegangen werden kann. Als Berechnungsmodell kam das in der Wasserwirtschaftsverwaltung des Landes Niedersachsen verwendete Programm WSPWIN (BJÖRNSEN) mit dem Rechenkern HYDRA-WSP zum Einsatz. Das vollständige Gutachten ist als Anhang beigefügt.

Im Fall des Käseburger Sieltiefs mit dem größtenteils über Unterschöpfwerke entwässerten Einzugsgebiet ist der Abfluss im Gewässer selber vorrangig vom Zufluss aus den Unterschöpfwerken abhängig. Für die **hydraulischen Berechnungen des Hochwasserbemessungsfalls** wurde eine Gesamtabflussmenge von 12,96 m³/s zugrunde gelegt. Damit ist der ermittelte Zufluss zum Schöpfwerk fast identisch mit der maximalen Leistungsfähigkeit der beiden Pumpen mit 13 m³/s, ohne dass wesentliche Reserven vorhanden wären.

Je nach Startwasserstand am Mündungsschöpfwerk ergeben sich unterschiedliche Situationen im weiteren Verlauf des Sieltiefs. Zusammenfassend wird ersichtlich, dass sehr niedrige Wasserstände von -2,00 mNN und tiefer am Mündungsschöpfwerk für die durchgeführte stationäre Leistungsfähigkeitsbetrachtung nicht erforderlich sind, da sich die Wasserstände im Gewässerverlauf relativ schnell wieder angleichen. Andererseits wird bei einem zu hohen Wasserstand von -0,50 mNN die Leistungsfähigkeit des Gewässersystems überschritten. Die für die schadlose Abführung des Bemessungshochwassers einzuhaltenden, notwendigen Wasserstände am Mündungsschöpfwerk liegen demnach zwischen -1,00 und -1,50 mNN.

Im Zuge der Maßnahmenplanung (Kap.7) wurden weitere hydraulische Berechnungen durchgeführt; so z.B. die hydraulischen Auswirkungen eines angestrebten **Mindestwasserstandes durch den Einbau von Sohlswellen**. Dies ist eine Maßnahme zur Haltung von Mindestwasserständen im Sieltief, welche der Fischfauna ein Überleben sichert, wenn zwecks Unterhaltungs- bzw. Reparaturarbeiten das Gewässer entleert wird. Anhand der vorhandenen Sohlhöhen und des Sohlgefälles würden insgesamt 4

Die **höchsten Abflussspenden** treten in den Monaten Januar bis März auf. Da in diesem Zeitraum aber auch verstärkt mit hohen Tidewasserständen und Sturmfluten zu rechnen ist, kann nicht immer von optimalen Sielzugsverhältnissen ausgegangen werden. Wenn ein Sielzug beeinträchtigt oder nicht möglich ist, reicht der Speicherraum von 200.000 m³ bei sehr hohen Abflüssen nicht aus und der Wasserstand im Käseburger Sieltief steigt über den max. Zielwasserstand von NN – 0,75 m. Um dies zu verhindern, ist der Einsatz des Mündungsschöpfwerkes in Käseburg erforderlich.

Vor dem Hintergrund des angestrebten ökologisch optimierten Wasserstandsmanagements mit der o.g. Wasserstandsamplitude ist ein möglichst großer Speicherraum im Gewässernetz wichtig. Es wird daher vorgeschlagen, den **Stauraumverlust von rd. 250.000 m³** unterhalb von NN –1,25 m durch die Anlage von Seitengewässern im Oberlauf und durch einen leistungsfähigen Mahlbusen in der Nähe des Mündungsbauwerkes zu **kompensieren**.

Der Einfluss einer über den aktuellen Zustand hinausgehenden **Ufervegetation** auf die hydraulische Leistungsfähigkeit wurde ebenfalls berechnet. Dies war ein zweiter zu untersuchender Betrachtungsschwerpunkt im Rahmen der modellhaften Maßnahmenplanung. Die diesbezüglichen hydraulischen Untersuchungen beziehen sich in der Regel auf das Bemessungshochwasser mit einem Wasserstand von NN -1,00 m am Schöpfwerk Käseburg.

Betrachtet man die Ausbauprofile des Käseburger Sieltiefs, so sind durchgehend steile Ufer bei sehr breiter und nur leicht geneigter Sohle vorhanden. Geht man davon aus, dass sich ein Röhrichtsaum durch die relativ hohe Trübung der Marschgewässer nur bis in eine Wassertiefe von rund 0,50 m bis 0,75 m ausbilden kann, ergäbe sich unter Annahme des genannten Wasserspiegels von -1,00 mNN nur ein relativ schmaler Saum an den Ufern als potenzielle Bewuchszone. Der Anteil der potenziellen Bewuchszonen am Gesamtquerschnitt würde dabei im Mittel nur zwischen 3 und 6 % liegen, wobei der Anteil in Richtung Schöpfwerk Großenmeer durch die dort geringere Wassertiefe bei ebenfalls sehr breiten Profilen auf maximal 8 % ansteigt.

Durch den niedrigen Anteil der Bewuchszone gegenüber dem breiten Gesamtquerschnitt wurden **nur geringe Änderungen der Wasserspiegellage** berechnet. Innerhalb der Querschnitte ergab sich in erster Linie eine leichte Erhöhung der Fließgeschwindigkeit im unbewachsenen Hauptgerinne, die sich nicht wesentlich auf die Wasserspiegellage auswirkte.

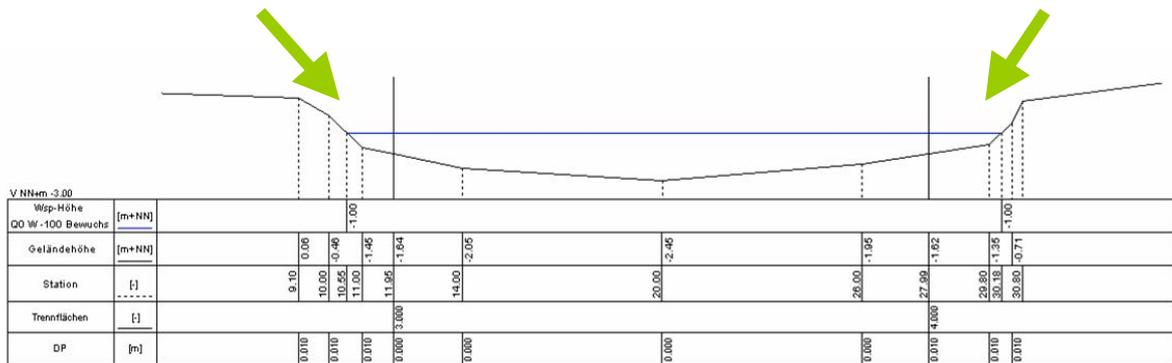


Abb. 7: Querprofil mit potentiellen Bewuchszonen

Es wurde ein **zweites Bewuchsszenario** mit einer zusätzlich zu den Röhrichtsäumen mit Makrophyten bewachsenen Gewässersohle im gesamten Querschnitt betrachtet. Es ergab sich eine deutliche Anhebung der Wasserstände im Hochwasserbemessungsfall. Ein solches Bewuchsszenario würde sich zudem verzögernd auf den Abflussvorgang im Sieltief zum Sielbauwerk hin auswirken. Eine Quantifizierung dieser Vorgänge ist jedoch nur durch eine detaillierte, instationäre Modellberechnung möglich und war im Rahmen des Pilotprojektes nicht vorgesehen.

Die vollständigen hydraulischen Untersuchungen sind als Anhang beigefügt.

3.4.2 Messungen der Sichttiefe

Das Käseburger Sieltief weist eine starke Gewässertrübung auf, die einen reduzierenden bzw. limitierenden Faktor für die biologischen Qualitätskomponenten darstellen könnte. Die Sichttiefe lässt Rückschlüsse auf den Grad der Trübung zu.

Um die Eindringtiefe des Lichtes zu bestimmen, wurde an insgesamt sechs Probestellen des Käseburger Sieltiefs, Barghorner Zuggrabens und Altendorfer Moorkanals die Lichtdurchlässigkeit mittels Secchi-Scheibe ermittelt. Die weiße Secchi-Scheibe mit einem Durchmesser von 0,25 m, wird soweit ins Wasser gelassen, bis diese gerade noch für das Auge zu erkennen ist. Die Sichttiefe dient u.a. zur Abschätzung der Tiefe der Euphotischen Zone, in der eine effektive Photosynthese und damit Pflanzenwachstum möglich ist. Man rechnet nach limnologischer Übereinkunft mit dem 2,5-fachen der Secchitiefe als Tiefe der Euphotischen Zone und nimmt in grober Schätzung an, dass dort nur mehr 1% der Lichtintensität des Oberflächenniveaus vorherrscht und die Energiebilanz bei der Photosynthese gerade Null ist. Die folgende Tabelle enthält die am 01.08.2007 ermittelten Sichttiefen. Dem Messtag voraus gingen einige Tage mit nur sehr geringen Wasserspiegelschwankungen.

Tab. 8: Sichttiefen in Käseburger Sieltief, Barghorner Zuggraben und Altendorfer Moorkanal

Messstelle	km	Sichttiefe
Käseburger Sieltief (am Mündungsschöpfwerk)	15+750	18 cm
Käseburger Sieltief (an der Brücke Oberhammelwarden-Sandfeld)	13+750	20 cm
Käseburger Sieltief (am Schöpfwerk Großenmeer)	3+450	22 cm
Käseburger Sieltief (oberhalb Schöpfwerk Ripkenbrücke)	0+000	12 cm
Barghorner Zuggraben (oberhalb des Schöpfwerks Barghorn)	-	17 cm
Altendorfer Moorkanal (oberhalb des Schöpfwerks Alte Kapelle).	-	18 cm

Die gemessenen Sichttiefen zeigen allesamt eine starke Trübung der Gewässer mit Schwebstoffen. Als Schwebstoffe werden im Wasser treibende Teilchen bezeichnet, die größer als $0,43 \mu\text{m}$ sind. Sie bestehen aus kleinsten mineralische Körnchen, Resten abgestorbener Organismen und pflanzlichem Plankton wie z. B. Kieselalgen und andere Mikroorganismen. Für das Käseburger Sieltief ist darüber hinaus ein hoher Eintrag von Huminstoffen und Eisenocker bekannt.

Als Ergebnis der Sichttiefenmessung kann Folgendes festgehalten werden: bei einer gemessenen Sichttiefe von beispielsweise 22 cm ist mit einem Makrophytenwachstum bis in 55 cm Wassertiefe ($22 \times 2,5$) zu rechnen. Diese Information fließt als zu berücksichtigender Faktor in die Defizitanalyse und Maßnahmenplanung ein.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Trübung bzw. Belastung mit Schwebstoffen von vielen Einflussgrößen (z.B. Strömungsgeschwindigkeit, Turbulenz, Partikelgröße, Salzgehalt, Temperatur) abhängt und sich Lichtverhältnisse auch innerhalb weniger Zentimeter stark unterscheiden können. Die Sichttiefenmessungen sind daher nur als grobe Richtwerte zu sehen. Aus Vergleichsmessungen an einem Marschgewässer ohne Mooreinfluss und mit nur geringen Wasserspiegelschwankungen sind Sichttiefen zwischen 23 und 47 cm gemessen worden.

4 Signifikante Belastungen und anthropogene Einwirkungen

Unter signifikanten Belastungen werden solche Belastungen verstanden, die erwähnenswert dazu beitragen, dass die allgemeinen Umweltziele der WRRL verfehlt werden (vgl. LAWA-Arbeitshilfe zur Umsetzung der WRRL).

Dieses Kapitel behandelt vordergründig die typischen anthropogenen Belastungssituationen im Sinne der WRRL (vgl. Umweltforschungsplan), welche bereits innerhalb des sogn. C-Berichts (Bearbeitungsgebiet Unterweser) identifiziert wurden. Die Unterteilung der Bereiche, für die die signifikanten Belastungen ermittelt wurden, ist an Anhang II der WRRL ausgerichtet. In dieser bereits durchgeführten Bestandsaufnahme wurde für alle Belastungsbereiche der jeweilige Verursacher ermittelt.

Die Belastungen und anthropogenen Einwirkungen für das Käseburger Sieltief konnten im Verlauf des Pilotprojektes Marschgewässer (Phase I und II) weiter differenziert bzw. ergänzt werden. An entsprechender Stelle werden sie kurz erläutert oder es wird ein Kapitelverweis aufgeführt.

4.1 Punktquellen

Die Kläranlage Ovelgönne-Oldenbrok (an der Straße Mühlenhellmer) stellt eine punktuelle und signifikante Belastung dar. Es handelt sich um eine Klärteichanlage mit Belüftung ohne gezielte Phosphorelimination.

Die in Phase I festgestellten sehr hohen Ammoniumwerte im Mittel- und Unterlauf des Käseburger Sieltiefs dürften auf die Einleitungen dieser Kläranlage zurückzuführen sein (vgl. Teilprojekt „Chemisch-physikalische Untersuchungen“ Phase I). Da der Betrieb der Anlage im Laufe des Jahres 2006 eingestellt wurde, wird diese punktuelle Quelle hinsichtlich der Maßnahmenplanung nicht weiter verfolgt. Weitere Punktquellen liegen nicht vor.

4.2 Diffuse Quellen

Aufgrund der landwirtschaftlichen Nutzung der Flächen im Einzugsgebiet (siehe Karte 1) wurden diffuse Einträge identifiziert. Diese gelangen entweder durch die Luft oder aber vorwiegend durch Oberflächenabfluss bzw. Drainwasser in das Gewässersystem.

Ursache für die in Phase I weiter differenzierte und in Kap. 3.3.1 genannte hohe **Ammonium- und Phosphat-Grundbelastung** ist neben der landwirtschaftlichen Nutzung auch die Charakteristik des Einzugsgebietes. Geogen bedingte Einträge stellen jedoch nur dann eine signifikante Belastung im Sinne der WRRL dar, wenn sie anthropogen verursacht bzw. ausgelöst wurden. Durch im NN-Bezug niedrige Vorflutwasserstände kommt es zum erhöhten Einstrom weitgehend stauerstofffreien Grundwassers, welches sich auf seinem Weg durch die moorigen Böden u.a. mit Phosphaten und Ammonium anreichert. Eine weitere Phosphor- und auch Stickstoffquelle ist die Zersetzung der Torfe durch Remineralisierung (vgl. Karte 2, Bodentypen). Ein Indiz dafür ist der extrem hohe TOC-Wert (vgl. Teilprojekt „Chemisch-physikalische Untersuchungen“ Phase I). Darüber hinaus gelangt durch das enge Entwässerungsnetz der Marschen ein besonders hoher Anteil an Oberflächenabfluss und des darin gelösten Phosphors in das Gewässer. In der Phase I wurde weiterhin im Altendorfer Moorkanal eine Überschreitung der Qualitätsnorm für **Anthracen** (prioritärer Stoff lt. WRRL) gemessen (vgl. Kap.3.3.2). Anthracen ist ein aromatischer Kohlenwasserstoff und Basisstoff für die Herstellung von Pflanzenschutzmitteln, Farbstoffen und Pharmaka. Darüber hinaus ist es in Steinkohlenteer enthalten, der ehemals im Straßenbau verwendet wurde.

Die geogene Ausstattung des Einzugsgebietes bedingt eine hohe Trübung durch mineralische und organische Schwebstoffe (z. B. Tonminerale, Huminstoffe).

4.3 Belastung für den mengenmäßigen Zustand einschließlich Entnahmen

Wasserentnahmen aus oberirdischen Gewässern können Fließgewässerbiozöosen erheblich schädigen. Eine verminderte Wasserführung kann in Verbindung mit erhöhter Sonneneinstrahlung zur Erwärmung des Wassers und damit unter Umständen zu Sauerstoffdefiziten führen. Zudem wirken sich stoffliche Einträge in das Gewässer durch den geringeren Verdünnungseffekt stärker negativ aus. Potenzielle städtische oder industrielle Gewässerentnahmeknoten signifikanten Ausmaßes wären beispielsweise Kraftwerke oder Industrieanlagen, die Kühlwasser entnehmen. Hiervon ist das Käseburger Sieltief nicht betroffen.

4.4 Abflussregulierung

Eine Abflussregulierung durch Wehre oder Schöpfwerke für Zwecke der landwirtschaftlichen Flächennutzung oder auch zur Sicherung der Hochwasserschutzes kann eine Belastung des Gewässers im Sinne der WRRL darstellen. Schöpfwerke ohne Siele sowie Sohlbauwerke mit Absturzhöhen ≥ 30 cm gelten als signifikant.

Entsprechend der Kartierung zur Gewässerstruktur und Sohlbauwerke (vgl. C-Bericht, Bearbeitungsgebiet Unterweser) wurde das Schöpfwerk Ripkenbrücke als signifikantes Sohlbauwerk eingestuft. Nach Angaben der Braker Sielacht ist dieses Schöpfwerk jedoch mit einer Freiflut ausgestattet, sodass die Signifikanz fraglich ist. Das Mündungsschöpfwerk in Käseburg sowie das Schöpfwerk Großenmeer wurden bisher als nicht signifikant eingestuft.

Innerhalb des Käseburger Sieltiefs, Barghorner Zuggrabens sowie Altendorfer Moorkanals befinden sich jedoch weitere hinsichtlich der Signifikanz bisher nicht betrachtete abflussregulierende Bauwerke (vgl. Kap. 3.2.2). Als Ergänzung sei an dieser Stelle auf das aktuell gefahrene Wasserstandsmanagement des Käseburger Sieltiefs hingewiesen (vgl. Kap. 2.2).

4.5 Morphologische Veränderungen

Die besondere topographische Situation des Gebietes erforderte im Interesse der Besiedel- und Nutzbarkeit umfangreiche wasserwirtschaftliche Maßnahmen. Ursprünglich mäandrierende Gewässer wurden stark begradigt, vertieft und verbreitert, um die ehemals großflächigen Überschwemmungen auszuschließen, für tief liegende Gebiete

im Hinterland möglichst eine freie Vorflut zu schaffen und die Wasserstände den Bedürfnissen der Landbewirtschaftung anzupassen. Das Substrat ist schlammig bis tonig (vgl. C-Bericht, Bearbeitungsgebiet Unterweser).

Die Gewässer der Marschen westlich der Weser - so auch das Käseburger Sieltief - sind durch eine Deichlinie mit Mündungsbauwerk von Weser und Nordsee abgetrennt. Bei freiem Sielzug ist das Mündungsbauwerk in Käseburg passierbar. Ein dauerhaft unpassierbares Wanderungshindernis befindet sich im Oberlauf des Gewässers; das Schöpfwerk Ripkenbrücke wurde als signifikant eingestuft (vgl. Kap. 4.4 und C-Bericht, Bearbeitungsgebiet Unterweser). Nach Angaben der Braker Sielacht ist dieses Schöpfwerk jedoch mit einer Freiflut ausgestattet, sodass die Signifikanz fraglich ist. Die Ufer sind meist unbefestigt und lediglich im Mündungsbereich bzw. im Bereich von Unterschöpfwerken verbaut. Steile Ufer, z. T. mit Abbruchkanten dominieren. Die Gewässerstruktur des Käseburger Sieltiefs wurde mit der Güteklasse 5 (stark verändert) bis 7 (vollständig verändert) bewertet.

Differenzierte Angaben zu den betrachteten Gewässerabschnitten sind in Kapitel 3.2.3 nachzulesen; sie wurden im Rahmen der Phase II des Pilotprojektes erfasst.

4.6 Sonstige anthropogene Einwirkungen

Sonstige anthropogene Einwirkungen sind beispielsweise Wärme- oder Salzeinleitungen. Beides liegt für das Käseburger Sieltief nicht vor.

Als zukünftige anthropogene Einwirkung ist jedoch die durch das Wasser- und Schifffahrtsamt Bremen-Bremerhaven geplante Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenweser zu nennen. Die hiervon zu erwartenden Auswirkungen auf den Wasserhaushalt (z. B. Verlagerung der Brackwasserzone) und die landwirtschaftliche Nutzung im Einzugsgebiet des Käseburger Sieltiefs sind noch nicht abschließend geklärt. An dieser Stelle sei auf das Gutachten im Auftrag des WSA Bremen (GFL PLANUNGS- UND INGENIEURGESELLSCHAFT GMBH ET AL. 2006) hingewiesen.

5 Defizitanalyse

Die Definition des guten ökologischen Potenzials erfolgt durch biologische, hydro-morphologische und allgemeine chemisch-physikalische Komponenten; die biologischen Qualitätskomponenten (QK) sind jedoch letztlich entscheidend. Eine **zielgerichtete Defizitanalyse** orientiert sich demnach in Bezug auf das ökologische Potenzial an den biologischen QK Makrophyten (= Ufer- und Wasserpflanzen) und Fischfauna. Für die Definition des angestrebten guten chemischen Zustands (hinsichtlich der prioritären Stoffe) gilt die Einhaltung der vorgegebenden Qualitätsnormen als Umweltziel.

Die formale Defizitanalyse im Sinne des Anhangs II WRRL fordert eine Einschätzung, inwieweit die signifikanten Belastungen und anthropogenen Einwirkungen (vgl. Kap. 4) Auswirkungen auf die wertgebenden biologischen QK und den angestrebten guten chemischen Zustand (hinsichtlich der prioritären Stoffe) haben. Hierzu werden die bereits innerhalb des C-Berichts (Bearbeitungsgebiet Unterweser) identifizierten Belastungen sowie die im Verlauf der Phase I und II des Pilotprojektes analysierten und ergänzenden Belastungen herangezogen.

Zwei für das Käseburger Sieltief genannte Untersuchungsschwerpunkte findet sich hier wieder: das aktuelle Wasserstandsmanagement, welches in der Phase II als abflussregulierende anthropogene Belastung definiert wurde sowie die Fragestellung, inwieweit morphologischen Veränderungen durch Querbauwerke die ökologische Durchgängigkeit einschränken.

Im Folgenden wird die Defizitanalyse zunächst in tabellarischer Form wiedergegeben und der jeweilige Handlungsbedarf zur Erreichung der Umweltziele (vgl. Kap. 6) abgeleitet. Für die konkrete Betrachtung der vorgegebenen Untersuchungsschwerpunkte als auch die Herleitung sinnvoller potenzieller Maßnahmen findet darüber hinaus eine weitere textliche Beschreibung statt.

5.1 Auswirkungen der signifikanten Belastungen und anthropogenen Einwirkungen

Tab. 9: Auswirkungen der signifikanten Belastungen und anthropogenen Einwirkungen

Belastung bzw. anthropogene Einwirkung	Identifizierte Defizite (lt. C-Bericht, Phase I + II des Pilotprojektes)	Mögliche Auswirkungen auf die wertgebenden biol. QK (Makrophyten und Fischfauna) und den guten chemischen Zustand	abgeleiteter Handlungsbedarf
1. Punktquellen			
Kläranlage Ovelgönne-Oldenbrok	<ul style="list-style-type: none"> hohe bis sehr hohe Belastung durch Ammonium 	<ul style="list-style-type: none"> Fischtoxizität bei hoher Ammonium-Belastung möglich 	nein (Kläranlage wurde 2006 stillgelegt)
2. diffuse Quellen			
Einträge durch die Landwirtschaft sowie anthropogen bedingte Einträge	<ul style="list-style-type: none"> hohe Belastungen durch Phosphat, Stickstoff und Ammonium 	<ul style="list-style-type: none"> eutrophierungsempfindliche Makrophyten bleiben aus / gehen zurück 	mittel
	<ul style="list-style-type: none"> Überschreiten der Qualitätsnorm für Anthracen (Inhaltsstoff von Pflanzenschutzmitteln) 	<ul style="list-style-type: none"> guter chemischer Zustand nicht erreicht ggf. schädigende Konzentration für Fischfauna und Makrophyten 	hoch
	<ul style="list-style-type: none"> starke Trübung durch mineralische und organische Schwebstoffe (z. B. Tonminerale, Huminstoffe), ggf. nährstoffabhängiger Planktontrübe 	<ul style="list-style-type: none"> durch Reduzierung der photosynthesefähigen Lichtintensität Rückgang lichtbedürftiger Makrophyten ggf. reduzierende Auswirkungen der Trübung auf Vielfalt der Fischfauna durch Trübung verursachte Sauerstoffdefizite können sich reduzierend auf die Fischfauna auswirken 	hoch
3. mengenmäßige Belastungen / Entnahmen			
-/-	-/-	-/-	-/-

Fortsetzung Tab. 9: Auswirkungen der signifikanten Belastungen und anthropogenen Einwirkungen

Belastung bzw. anthropogene Einwirkung	Identifizierte Defizite (lt. C-Bericht, Phase I + II des Pilotprojektes)	Mögliche Auswirkungen auf die wertgebenden biol. QK (Makrophyten und Fischfauna) und den guten chemischen Zustand	abgeleiteter Handlungsbedarf
4. Abflussregulierung			
Abflussregulierung entsprechend der land- und wasserwirtschaftl. Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> • vollständiges Entleeren des Gewässers für Unterhaltungs- und Reparaturarbeiten am Gewässer bzw. seiner Bauwerke 	<ul style="list-style-type: none"> • hohe Fischmortalität • Absterben austrocknungsempfindlicher Makrophyten 	hoch
	<ul style="list-style-type: none"> • starke Wasserspiegelschwankungen zur Vorhaltung von Speichervolumen sowie im Rahmen der Be- und Entwässerung der landwirtschaftlichen Flächen 	<ul style="list-style-type: none"> • Absterben austrocknungsempfindlicher sowie schwankungsintoleranter Makrophyten 	hoch
	<ul style="list-style-type: none"> • temporär erhöhte Fließgeschwindigkeit bei starken Wasserspiegelschwankungen innerhalb kurzer Zeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Problematisch für empfindliche Makrophyten 	mittel
	<ul style="list-style-type: none"> • erosionsbedingte Trübung durch temporär hohe Fließgeschwindigkeiten 	<ul style="list-style-type: none"> • durch Reduzierung der photosynthesefähigen Lichtintensität Rückgang lichtbedürftiger Makrophyten • ggf. reduzierende Auswirkungen der Trübung auf Vielfalt der Fischfauna 	mittel-hoch
	<ul style="list-style-type: none"> • durch niedrige Wasserstände bedingte erhöhte Remineralisierung von Moorböden mit Freisetzung von Nähr- und Trübstoffen (Huminstoffen) 	<ul style="list-style-type: none"> • eutrophierungsempfindliche Makrophyten bleiben aus / gehen zurück • durch Reduzierung der photosynthesefähigen Lichtintensität Rückgang lichtbedürftiger Makrophyten • ggf. reduzierende Auswirkungen der Trübung auf Vielfalt der Fischfauna 	mittel

Fortsetzung Tab. 9: Auswirkungen der signifikanten Belastungen und anthropogenen Einwirkungen

Belastung bzw. anthropogene Einwirkung	Identifizierte Defizite (lt. C-Bericht, Phase I + II des Pilotprojektes)	Mögliche Auswirkungen auf die wertgebenden biol. QK (Makrophyten und Fischfauna) und den guten chemischen Zustand	abgeleiteter Handlungsbedarf
5. Morphologische Veränderungen			
Querbauwerke im Gewässerverlauf	<ul style="list-style-type: none"> • Schöpfwerk Ripkenbrücke als signifikantes Querbauwerk identifiziert* • weitere Schöpfwerke mit Hinderniswirkung 	<ul style="list-style-type: none"> • Unterbrechung der ökologischen Durchgängigkeit für anadrome, kieslaichende Fischarten 	unbedeutend
Ausbau und Begradigung des Gewässerverlaufs	<ul style="list-style-type: none"> • Strukturarmut, geringe Varianz der Ufer- und Sohlbereiche 	<ul style="list-style-type: none"> • Fehlende Lebensräume für Makrophyten und Fischfauna 	hoch
	<ul style="list-style-type: none"> • temporär erhöhte Fließgeschwindigkeiten 	<ul style="list-style-type: none"> • Problematisch für empfindliche Makrophyten 	mittel
6. Sonstige anthropogene Einwirkungen			
-/-	-/-	-/-	-/-

* Nach Angaben der Braker Sielacht ist dieses Schöpfwerk jedoch mit einer Freiflut ausgestattet, sodass die Signifikanz fraglich ist.

Anmerkung: Geogen bedingte Einträge stellen nur dann eine signifikante Belastung im Sinne der WRRL dar, wenn sie anthropogen verursacht bzw. ausgelöst wurden.

5.2 Betrachtung der vorgegebenen Untersuchungsschwerpunkte

5.2.1 Schwerpunkt : Optimierung des Wasserstandsmanagements

Das aktuell betriebene Wasserstandsmanagement am Käseburger Sieltief ist charakterisiert durch temporär extrem niedrige Wasserstände und starke Wasserpiegelschwankungen innerhalb eines Zeitraumes von wenigen Tagen bzw. über das Jahr (vgl. schematische Darstellung nächste Seite). Dies gilt grundsätzlich für alle betrachteten Gewässerabschnitte. Die **Anforderungen der Land- und Wasserwirtschaft als hierfür maßgebliche Faktoren** sind in Kap. 2.2 (Gewässerbewirtschaftung) nachzulesen.

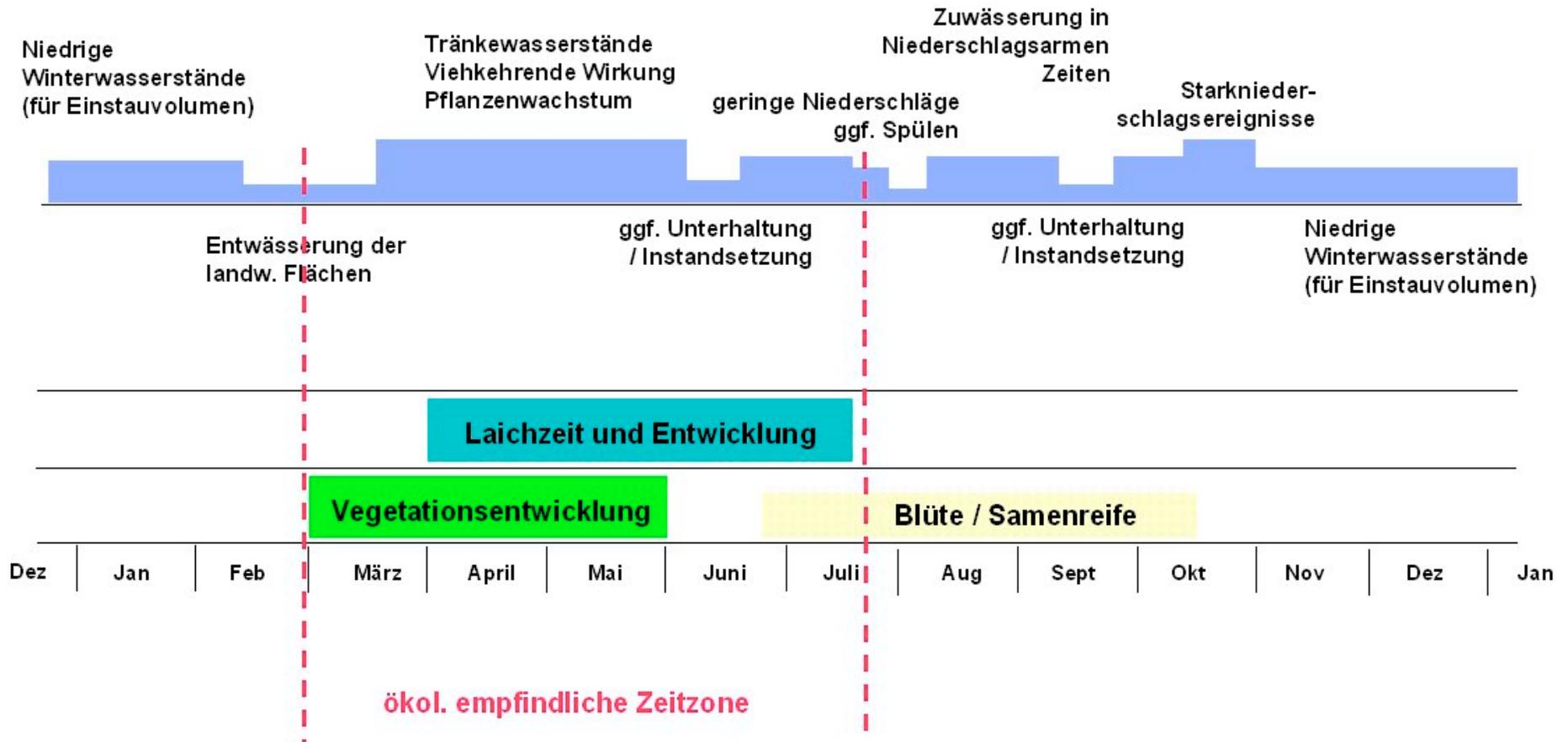
Die Optimierung des Wasserstandsmanagements stellt sich als zentrales Thema dar. Für das angestrebte gute ökologische Potenzial bedarf es einer **Makrophytenausstattung** (= Ufer- und Wasserpflanzen) von wertgebenden Arten mit entsprechender Häufigkeit (vgl. Kap. 6.1.1). Die Toleranz dieser Arten gegenüber Wasserpiegelschwankungen (inkl. zeitweiligem Trockenfallen) ist teilweise sehr unterschiedlich. Generell besteht jedoch eine hohe Empfindlichkeit während der Keimphase bzw. frühen Sprossbildung von März bis Mai. Darüber hinaus bildet die Gewässervegetation die Lebensgrundlage vieler wertgebender **Fischarten** (vgl. 6.1.2), welche die Ufer- und Wasservegetation als Rückzugsraum oder als Laichsubstrat benötigen. Die Laichzeit von April bis Juli gilt als empfindliche Zeitzone (vgl. schematische Darstellung nächste Seite). Für zahlreiche Makrophyten und Arten der Fischfauna ist als Lebensraum die Einhaltung einer Wassertiefe von mindestens 0,3 m bis 0,5 m und die Vermeidung stärkerer Wasserspiegelsschwankungen notwendig (vgl. auch Teilprojekt Maßnahmenvorschläge, Phase I).

Von einem optimierten Wasserstandsmanagement sind im gewissen Umfang auch positive Auswirkungen auf die **Gewässertrübung** zu erwarten. Reduzierte Fließgeschwindigkeiten lassen Schwebstoffe und Trübstoffe schneller sedimentieren; gleichzeitig werden erosionsgefährdete Ufer weniger angegriffen. Als positive Folge steht der Ufer- und Wasservegetation eine größere photosynthesefähige Lichtintensität zur Verfügung bzw. ist ein Makrophytenwachstum auch in größeren Wassertiefen möglich.

Positive Auswirkungen durch ein optimiertes Wasserstandsmanagement sind auch hinsichtlich der chemisch-physikalischen Qualitätskomponenten zu erwarten. Das Drainwasser aus Moor- und Marschböden stellt einen wesentlichen Austragspfad für die hohe **Phosphat- und Stickstoffbelastung** des Käseburger Sieltiefs dar (vgl. Kap. 3.3.1 und 4.2). Durch das enge Entwässerungsnetz im Einzugsgebiet gelangt zudem ein besonders hoher Anteil an Oberflächenabfluss und der darin gelösten Nährstoffe in das Gewässer. Durch im NN-Bezug niedrige Vorflutwasserstände kommt es weiterhin zum erhöhten Einstrom weitgehend sauerstofffreien Grundwassers, welches sich auf seinem Weg durch die moorigen Böden u.a. mit Phosphaten und Ammonium anreichert. Eine weitere Phosphor- und auch Stickstoffquelle ist die Zersetzung der Torfe durch Remineralisierung.

Optimierung des Wasserstandsmanagements – Ansprüche aus land- und wasserwirtschaftlicher sowie ökologischer Sicht

Abb. 8: Schema Wasserstandsmanagement – Ansprüche aus land- und wasserwirtschaftlicher sowie ökologischer Sicht



Quelle. Unterlagen und Befragungen (LK Wesermarsch, NLWKN, Angelverein, Stadt Brake, Braker Sielacht)

5.2.2 Schwerpunkt : Verbesserung der ökologischen Durchgängigkeit

Durchgängigkeit und Struktur eines Gewässers sind entscheidende Parameter für das Vorkommen von wandernden Fischarten. Inwieweit die Durchgängigkeit im Käseburger Sieltief durch Querbauwerke eingeschränkt ist und ob Strukturen vorhanden sind, die für die Marschgewässer typische wandernde Fischfauna von Nöten sind, sollte in der II. Phase unter Anwendung des im regionalen Projekt Hackemühler Bach/Wischhafener Schleusenfleth entwickelten Entwurfs der Entscheidungshilfe bewertet werden. Bei den Überlegungen zur Durchgängigkeit und Struktur eines Fließgewässers sind jedoch die unterschiedlichen Lebensraumsprüche bzw. Aktionsradien der Fischfauna grundlegende Kriterien, so dass hier Fischarten mit unterschiedlichem Wanderverhalten betrachtet werden.

Neben dem Mündungsschöpfwerk, das bei der Anwendung der Entscheidungshilfe betrachtet wird, befinden sich 2 weitere Schöpfwerke im Oberlauf des Käseburger Sieltiefs (vgl. Kap. 3.2.2). Darüber hinaus sind weitere Schöpfwerke außerhalb des Modellgewässers in den Zuflüssen zu verzeichnen.

Die Entscheidungshilfe zum Schwerpunktthema „Ökologische Durchgängigkeit“ wurde für das Käseburger Sieltief angewendet (siehe folgende Tabelle). Der Betrachtungsschwerpunkt liegt hierbei auf der Notwendigkeit für Maßnahmen zur Schaffung der Durchgängigkeit für **anadrome, kieslaichende Wanderfischarten** (z. B. Lachs, Meerforelle). Ergebnis war, dass eine Notwendigkeit zur Wiederherstellung bzw. Verbesserung der ökologischen Durchgängigkeit am Mündungsschöpfwerk Käseburg für die anadromen, kieslaichenden Fischarten nicht gegeben ist. Nach Einschätzung der LAVES (mündl. Herr Meyer) sind keine anadromen, kieslaichenden Fischarten im Käseburger Sieltief bekannt.

Anwendung der Entscheidungshilfe (vgl. Planula 2007)

Abfrage schritt	Frage	Antwort + Begründung	weiter bei Schritt
1	Gefälleverhältnisse in Käseburger Sieltief für Kieslaicher geeignet	Nein , entspringt nicht in der Geest, keine Kiesbänke vorhanden	1.1
1.1	Bauwerk trennt bedeutsames Gewässernetz ab	Nein , keine hohe Biotopqualität, kaum wertgebende Fischarten, Artenreichtum der Marschgräben eher gering	1.2
1.2	Fischfauna oberhalb des Bauwerkes mit wertgebenden Arten	Nein , die Gewässerfauna weist nicht die Qualitäten auf, die eine Einstufung in die Kategorie „sehr hoch“ zuließe	1.3
1.3	Struktur Güte mind. 4 und Gewässergüte mind. II	Nein , Struktur Güte 5-7 und Gewässergüte III (stark verschmutzt)	unbedeutend

Eventuell steht der **Dreistachlige Stichling** am Mündungsschöpfwerk an; er wandert zur Laichzeit ins Süßwasser. Es ist davon auszugehen, dass dieser Wanderfisch die regelmäßigen freien Sielzüge am Mündungsschöpfwerk nutzen kann. Damit kann ein Großteil des Käseburger Sieltiefs als Lebensraum durch diese Art erschlossen werden. Im Oberlauf des Modellgewässers befinden sich zwei weitere Schöpfwerke mit Freiflutanlage. Es liegen jedoch keine Informationen oder Aufzeichnungen vor, die den Betrieb der Freiflutklappen (Häufigkeit, Dauer) beschreiben. Nach eigenen sporadischen Beobachtungen ist die Freiflutklappe des Schöpfwerks Großenmeer überwiegend geöffnet und damit durchgängig.

Im Käseburger Sieltief ist der **Aaland** heimisch. Der Lebenszyklus dieser **potamodromen Art** verläuft vollständig innerhalb eines Fließgewässersystems. Die Binnendurchgängigkeit des Modellgewässers ist für diese Art bedeutsam. Wie zuvor beschrieben, ist die Durchgängigkeit am Schöpfwerk Großenmeer nach eigenen Beobachtungen überwiegend gegeben. Entsprechend der Kartierung zur Gewässerstruktur und Sohlbauwerke (vgl. C-Bericht, Bearbeitungsgebiet Unterweser) wurde das Schöpfwerk Ripkenbrücke im Oberlauf des Modellgewässers als signifikantes Sohlbauwerk eingestuft. Nach Angaben der Braker Sielacht ist dieses Schöpfwerk jedoch mit einer Freiflut ausgestattet, sodass die Signifikanz fraglich ist. Eine abschließende Einschätzung ist hier jedoch nicht möglich, da keine Informationen oder Aufzeichnungen zum Betrieb des Schöpfwerks vorliegen.

In den Nebengewässern Barghorner Zuggraben sowie Altendorfer Moorkanal befinden sich weitere, hinsichtlich ihrer Signifikanz bisher nicht betrachtete, abflussregulierende Bauwerke (vgl. Kap. 3.2.2). Während das Schöpfwerk Alte Kapelle mit einer Freiflutanlage ausgestattet ist, wird das Schöpfwerk Barghorn ausschließlich mit Pumpenbetrieb gefahren. Aufgrund der topographischen Bedingungen (tief liegende Meliorationsgebiete, siehe Karten 3a und 3b) und der aktuellen Zielwasserstände in den Gewässern ist eine Freiflut kaum möglich.

6 Umweltziele

Das „gute ökologische Potenzial“ und ein guter chemischer Oberflächengewässerszustand stellen nach WRRL (Artikel 4) das Umweltziel bis zum Jahr 2015 für erheblich veränderte und künstliche Wasserkörper dar.

Die Referenzbedingungen und die Umweltqualitätsnormen für erheblich veränderte und künstliche Gewässer ergeben sich nach WRRL (Artikel 4 Abs. 1 Nr. a Ziffer III) aus dem „höchsten ökologischen Potenzial“. Dabei darf die Abweichung vom „höchsten ökologischen Potenzial“ nur geringfügig sein. Gemäß dem „Leitfaden zur Identifizierung und Ausweisung von erheblich veränderten und künstlichen Wasserkörpern“ sind die spezifischen Nutzungen dieser Gewässer ohne signifikante Einschränkungen zu gewährleisten. Das „höchste ökologischen Potenzial“ stellt somit

als Referenzbedingung die höchstmögliche ökologische Gewässergüte dar, nachdem einerseits alle Maßnahmen zur Begrenzung ökologischer Schäden und Beeinträchtigungen getroffen wurden, die andererseits keine signifikanten negativen Auswirkungen auf die entsprechend spezifizierte Nutzung (oder die Umwelt) haben.

Die Definition des guten ökologischen Potenzials erfolgt durch biologische, hydromorphologische und allgemeine chemisch-physikalische Komponenten; die biologischen Qualitätskomponenten sind jedoch letztlich entscheidend. Die hydromorphologischen und die allgemeinen chemisch-physikalischen Komponenten kommen unterstützend hinzu und müssen einen solchen Zustand aufweisen, dass die für die biologischen Qualitätskomponenten notwendigen Werte erreicht werden können.

Für die Definition des angestrebten guten chemischen Zustands gilt die Einhaltung der vorgegebenen Qualitätsnormen (hinsichtlich der prioritären Stoffe) als Umweltziel.

6.1 Biologische Qualitätskomponenten

6.1.1 Makrophyten

Der Referenzzustand, der den höchsten bzw. guten ökologischen Zustand beschreibt und damit das Umweltziel darstellt, ist spezifisch für die verschiedenen Subtypen der Marschengewässer im Rahmen der Phase I hergeleitet und beschrieben worden. Für die Bewertung des ökologischen Potenzials wurden für wertgebende Makrophytenarten (= Ufer- und Wasserpflanzen) subtypenspezifisch Wertpunkte vergeben. Aus der Summe der Wertpunkte ergibt sich die Ökologische Qualitäts-Kennzahl. Bei welchen Artenzusammensetzungen (Vorkommen und Deckung) das gute ökologische Potenzial für die jeweiligen Subtypen erreicht wird, wird im Folgenden dargestellt

Referenz und Bewertung für den Subtyp 1

Das höchste ökologische Potenzial wird erreicht, wenn die Deckung der Hydrophyten hoch ist (meist über 50%), die Artenzahl der Hydrophyten über 10 liegt und die Vegetation von Nymphaeiden und/oder Großlaichkräutern dominiert wird. Das Auftreten von Wasserlinsen (Pleustophyten), Hornkraut (*Ceratophyllum demersum*) sowie von Kamm-Laichkraut (*Potamogeton pectinatus*) und Haarförmigem Laichkraut (*P. trichoides*) bleibt bis zur Deckung von 20 % unberücksichtigt, danach führt es zur Abwertung, da bei diesem naturräumlichen Bezug diese Arten als Störzeiger zu werten sind. Die Verrechnung der Wertzahlen muss zur Erreichung des guten Potenzials eine Ökologische Qualitäts-Kennzahl von 8 überschreiten.

Als Referenz für die Bewertung von Marschgewässern des Subtyps 1 wurden Daten aus den Jahren 1978 – 1982 von Gewässerstrecken herangezogen, die das höchste ökologische Potenzial erreicht haben.

Referenz und Bewertung für den Subtyp 3

Gewässerstrecken mit höchstem ökologischen Potenzial weisen eine Hydrophyten-Deckung von meist über 50% auf und sind von Großlaichkräutern dominiert. Die Artenzahl der Hydrophyten liegt über 10.

Das höchste ökologische Potenzial wird erreicht, wenn 9 Wertpunkte bei einer Untersuchung im Zeitraum Mitte Juni bis Mitte August auf einer Gewässerstrecke von 100 m erreicht werden. Das Auftreten von Wasserlinsen (Pleustophyten) bleibt unberücksichtigt. Das Auftreten von Kamm-Laichkraut (*Potamogeton pectinatus*) und Haarförmigem Laichkraut (*P. trichoides*) führt nicht zur Abwertung, da die genannten Arten hier ihre natürlichen Vorkommen haben. Die Verrechnung der Wertzahlen muss zur Erreichung des guten ökologischen Potenzials eine Ökologische Qualitäts-Kennzahl von 6 überschreiten.

Als Referenz wurden Angaben zu historischen Vorkommen in Marschgewässern verwendet.

Referenz und Bewertung für den Subtyp 5

Das höchste ökologische Potenzial wird erreicht, wenn die Deckung der Hydrophyten hoch ist (meist über 50%), die Artenzahl der Hydrophyten über 10 liegt und die Vegetation von Nymphaeiden und/oder Großlaichkräutern dominiert wird. Das Auftreten von Wasserlinsen (Pleustophyten), Hornkraut (*Ceratophyllum demersum*) sowie von Kamm-Laichkraut (*Potamogeton pectinatus*) und Haarförmigem Laichkraut (*P. trichoides*) bleibt bis zur Deckung von 20 % unberücksichtigt, danach führt es zur Abwertung, da bei diesem naturräumlichen Bezug diese Arten als Störzeiger zu werten sind. Die Verrechnung der Wertzahlen muss zur Erreichung des guten ökologischen Potenzials eine Ökologische Qualitäts-Kennzahl von 8 überschreiten.

Als Referenz für die Bewertung von Marschgewässern des Subtyps 5 wurden Daten aus den Jahren 1978 – 1982 von Gewässerstrecken herangezogen, die das höchste ökologische Potenzial erreicht haben.

Referenz und Bewertung für den Subtyp 6

Gewässerstrecken mit höchstem ökologischen Potenzial weisen eine Deckung von Hydrophyten von meist über 50% auf und sind von Großlaichkräutern dominiert. Die Artenzahl der Hydrophyten liegt über 10.

Das gute ökologische Potenzial wird erreicht, wenn 6 Wertpunkte bei einer Untersuchung im Zeitraum Mitte Juni bis Mitte August auf einer Gewässerstrecke von 100 m überschritten werden. Das Auftreten von Wasserlinsen (Pleustophyten) bleibt unberücksichtigt. Das Auftreten von *Potamogeton pectinatus* und *P. trichoides* führt nicht zur Abwertung, da die genannten Arten hier ihre natürlichen Vorkommen haben.

6.1.2 Fischfauna

Für die Fischfauna wurden 19 Arten ermittelt, die als Indikatorarten herangezogen werden. Dabei werden bei diesen Arten drei Gilden unterschieden: Indifferente Arten, Stillgewässerarten und Auenarten. Diese drei Gilden werden hinsichtlich des

Artenspektrums, der Abundanz und der Altersstruktur mit einer Punktzahl zwischen 1 und 5 bewertet, so dass sich die Bewertung aus neun Messgrößen zusammensetzt mit einer Punktzahl zwischen 5 und 45. Die vorgeschlagene Bewertung wird für Marschgewässer des Typs 22.1 nicht weiter differenziert.

Die Herleitung des ökologischen Potenzials (qualitativ und v.a. quantitativ) als Grundlage für den Bewertungsmaßstab erfolgte mittels zur Verfügung stehender mehr oder weniger aktueller Daten in Verbindung mit gutachterlichen Einschätzungen. Insofern stellt die in der Phase I hergeleitete Referenz die Messlatte für das höchste ökologische Potenzial dar.

Die nach REFCOND angegebenen Klassengrenzen des EQR-Wertes für den mäßigen/moderaten ökologischen Zustand wurden als relevante Größe für das ‚gute ökologische Potenzial‘ angesehen. Damit entspricht das höchste ökologische Potenzial für die Marschengewässer Typ 22.1 dem guten ökologischen Zustand in, so weit existent, ähnlichen natürlichen/bzw. nicht künstlichen oder nicht stark veränderten Gewässern.

6.1.3 Phytobenthos

Für die Bewertung der ökologischen Zustandsklasse des Phytobenthos nach dem für die nicht tideoffenen Marschgewässer angepassten PHYLIB-Verfahren wurden die Module „Artenzusammensetzung und Abundanz“ und „Trohieindex und Saprobienindex“ ermittelt und verschnitten (vgl. Teilprojekt Phytoplankton/Phytobenthos, Phase I). Die Anwendung des Verfahrens muss jedoch noch überprüft werden. Die Formulierung des guten ökologischen Potenzials steht noch aus, da noch umfangreiche Grundlagenuntersuchungen ausstehen.

6.1.4 Phytoplankton

Mit den vorhandenen Verfahren (vgl. Teilprojekt Phytoplankton/Phytobenthos, Phase I) ist eine Bewertung von Marschgewässern anhand von Phytoplankton nicht möglich. Demnach konnten für dieses Qualitätsziel keine Umweltziele formuliert werden.

6.2 Hydromorphologische Qualitätskomponenten

Die Definition des guten ökologischen Potenzials erfolgt durch biologische, hydromorphologische und allgemeine chemisch-physikalische Komponenten; die biologischen Qualitätskomponenten sind jedoch letztlich entscheidend. Die hydromorphologischen Komponenten kommen unterstützend hinzu und müssen einen solchen Zustand aufweisen, dass die für die biologischen Qualitätskomponenten notwendigen Werte erreicht werden können.

6.3 Chemisch-physikalische Komponenten

6.3.1 Allgemeine chemisch-physikalische Komponenten

Für die allgemeinen chemisch-physikalischen Bedingungen gilt, dass das gute ökologische Potenzial dann erreicht ist, wenn die Komponenten in dem Bereich liegen, innerhalb dessen die Funktionsfähigkeit des Ökosystems und die Einhaltung der oben beschriebenen Werte für die biologischen Qualitätskomponenten gewährleistet sind.

6.3.2 Prioritäre Stoffe

Der gute chemische Zustand ist dadurch definiert, dass keine der in Anhang IX genannten Stoffe, keine **Prioritären Stoffe** (gemäß Anhang X WRRL) und keine weiteren Stoffe einschlägiger Rechtsvorschriften in einer die Umweltqualitätsnormen überschreitenden Konzentration vorkommen.

7 Modellhafte Maßnahmenplanung

7.1 Maßnahmenvorschläge

Entsprechend der gewässerspezifischen Bestands- und Defizitanalyse (vgl. Kap. 5) besteht zur Förderung der wertgebenden biologischen Qualitätskomponenten Makrophyten (Ufer- und Wasservegetation) und Fischfauna ein mittlerer bis vorwiegend hoher Handlungsbedarf zur

- Reduzierung der starken Wasserspiegelschwankungen und damit einhergehenden erhöhten Fließgeschwindigkeiten und Trübungen,
- Einhaltung von Mindestwasserständen im Käseburger Sieltief,
- Schaffung von Gewässerstrukturen,
- Reduzierung der landwirtschaftlich und anthropogen bedingten Nährstoff- und Trübstoffbelastung sowie
- zur Reduzierung der Schadstoffbelastung mit Anthracen (Inhaltsstoff von Pflanzenschutzmitteln).

Entsprechend der festgestellten wesentlichen Defizite und des Handlungsbedarfes wurden ökologisch sinnvolle, **modellhafte Maßnahmen** für das Gewässer abgeleitet. Der Hochwasserschutz und die Gewährleistung der hydraulischen Leistungsfähigkeit des Käseburger Sieltiefs wurden hierbei als maßgebliche Rahmenbedingungen zugrunde gelegt; gleichzeitig durften die spezifischen land- und wasserwirtschaftlichen Nutzungen (vgl. Kap. 2.2) durch die Planungen nicht wesentlich beeinträchtigt werden.

Die im Folgenden empfohlenen Maßnahmen orientieren sich primär an den anzustrebenden ökologischen Umweltzielen. Hier liegt der Schwerpunkt auf der **Schaffung von Lebensräumen bzw. existenziellen Lebensbedingungen** für die

wertgebenden Pflanzenarten und die Fischfauna. Die Maßnahmen führen häufig zu mehreren ökologisch positiven Auswirkungen. So wird z.B. durch die Anlage eines Kleingewässers ein Lebensraum für Makrophyten (= Ufer- und Wasserpflanzen) als auch für die wertgebende Fischfauna geschaffen. Darüber hinaus stellt diese Gewässerstruktur einen zusätzlichen Speicherraum für das Gewässersystem dar, was sich zum einen reduzierend auf die Wasserspiegelschwankungen auswirkt und zum anderen positiv im Sinne des Hochwasserschutzes zu werten ist. Die Maßnahmenplanung beinhaltet demnach **Maßnahmen mit multifunktionalem Charakter**; nur so sind die ökologischen, land- und wasserwirtschaftlichen Anforderungen an das Gewässer gemeinsam zu bewältigen. Die jeweilige Wirkung einer Maßnahme wird an entsprechender Stelle aufgelistet.

Zur Aufstellung einer kosten- und nutzenorientierten Planung sollte die Auswahl der Maßnahmen einerseits an ihrer bereits in der Phase I bewerteten ökologischen Wirkung sowie andererseits an den zu schätzenden Kosten erfolgen. Aufgrund der spezifischen land- und wasserwirtschaftlichen Anforderungen an das Käseburger Sieltief (vgl. Kap. 2.2) sind jedoch nur eine stark begrenzte Auswahl von Maßnahmen zielführend hinsichtlich der Schaffung von Lebensräumen für die wertgebenden Makrophyten und Fischarten. Der Kostenfaktor konnte somit nicht als Auswahlkriterium herangezogen werden.

Die Maßnahmenvorschläge sind vorerst als eine Möglichkeit zu verstehen, den Umweltzielen näher zu kommen. Es ist durchaus denkbar, dass auch andere Vorschläge sich als wirkungsvoll erweisen können. Welche Maßnahmen realisierbar sind, kann erst im Zuge einer weitergehenden Planung (Flächenverfügbarkeit, Finanzierung, Objektplanung etc.) ermittelt werden.

Für die modellhafte Maßnahmenplanung wurden Suchräume günstiger Standorte abgegrenzt und in der Karte 5 (wenn möglich) dargestellt. Hierfür wurden die Höhenkarten (Karten 3a und 3b) herangezogen.

7.1.1 Sohlschwellen zur Einhaltung von Mindestwasserständen

Zur Sicherstellung eines Mindestwasserstandes von ca. 0,4 m – 0,5 m im Käseburger Sieltief werden Sohlschwellen (bzw. Grundswellen) eingerichtet, die ein vollständiges Entleeren des gesamten Käseburger Sieltiefs verhindern, falls Unterhaltungs- und Reparaturarbeiten am Gewässer bzw. den Bauwerken durchzuführen sind. Die Sohlschwellen können beispielsweise aus Schüttsteinen gebaut werden und mit einer um 0,25 m niedrigeren Wasserrinne ausgestattet werden. Sie bewirken durch den Rückhalt des Wassers eine Aufteilung des Gefälles in Stufen, so dass oberhalb der Schwellen ein Mindestwasserstand gehalten werden kann. Die Absenkung oberhalb der Schwellen bleibe trotzdem in einer Größenordnung, dass Unterhaltungsarbeiten bis zum Böschungsfuß wie bisher möglich wären. Für die vier bisher geplanten Schwellen bieten sich folgende Stationen an: km 5+200, km 8+100,

km 11+200 und km 14+990; sie sind in den Maßnahmenkarten (5a - 5c) gekennzeichnet.

Entsprechend der hydraulischen Berechnungen (vgl. Kap. 3.4.1) führen die geplanten Schwellen aus hydraulischer Sicht zu keiner Verschlechterung der Abflussverhältnisse im Käseburger Sieltief.

Die Einhaltung des Mindestwasserstandes im Barghorner Zuggraben ist über die Einrichtung einer Grundschwelle vor den Schöpfwerken möglich oder aber durch eine dementsprechend eingestellte Abschaltautomatik der Pumpe. Das aktuelle Wasserstandsmanagement des Altendorfer Moorkanals hält zum jetzigen Informationsstand einen Mindestwasserstand von 0,4 m (siehe Abb. A 3 im Anhang).

Wirkung der Maßnahme:

- weitgehender Erhalt des Fischbestandes
- Vertrocknung von Laich wird reduziert
- Reduzierung der Wasserspiegelschwankungen im Hauptgewässer in geringem Maße

7.1.2 Mahlbusen

Wie bereits unter Kap. 5.2 diskutiert, ist das aktuell betriebene Wasserstandsmanagement am Käseburger Sieltief durch temporär extrem niedrige Wasserstände und starke Wasserspiegelschwankungen innerhalb eines Zeitraumes von wenigen Tagen bzw. über das Jahr charakterisiert. Um ein Pflanzenwachstum im Käseburger Sieltief zu ermöglichen, sollen die Wasserspiegelschwankungen möglichst gering gehalten werden. Für zahlreiche wertgebende Makrophyten ist die Einhaltung einer Wasserstandsamplitude von max. 0,5 m (vgl. Abb. A 1 im Anhang) notwendig für eine erfolgreiche Etablierung bzw. ein Überleben.

Die hydraulischen Auswirkungen einer theoretischen Wasserstandsamplitude von 0,5 m (NN -0,75 m und NN -1,25 m) auf das Speichervermögen des Käseburger Sieltiefs wurden untersucht. Es ergibt sich ein berechneter Stauraumverlust von 250.000 m³ bei Durchführung einer solchen Wasserstandsamplitude als Maßnahme. Aus wasserwirtschaftlicher Sicht ist dieses zwingend zu kompensieren.

Von einem solchen Speicherraum in Schöpfwerksnähe sind darüber hinaus positive Auswirkungen für die Entwässerung zu erwarten; so z. B. ein effektiverer Sielzug. Darüber hinaus kann sich ein Mahlbusen reduzierend auf die durch Sielzug und Pumpenbetrieb ausgelösten Wasserspiegelschwankungen auswirken. Daher werden Mahlbusen auch für die Unterschöpfwerke im Käseburger Sieltief, Barghorner Zuggraben und Altendorfer Moorkanal vorgeschlagen. Durch eine entsprechende Gestaltung können zudem Gewässerstrukturen geschaffen werden, die einen Lebensraum für die wertgebenden Makrophyten und Fischarten bieten.

Wirkung der Maßnahme:

- zusätzliches Speichervolumen für das Gewässersystem
- effektiverer Sielzug
- Reduzierung der starken Wasserspiegelschwankungen und damit einhergehenden erhöhten Fließgeschwindigkeiten und Trübungen
- ggf. Lebensraum für wertgebende Makrophyten und Fischarten

7.1.3 Klein- und Seitengewässer als Lebensraumstrukturen

Der unter Kap. 7.1.2 beschriebene Stauraumverlust bei Einhaltung einer theoretischen Wasserstandsamplitude von 0,5 m kann u. a. durch die Anlage von Klein- und Seitengewässern entlang des Käseburger Sieltiefs kompensiert werden. Aufgrund der gewässerspezifischen Anforderungen der Land- und Wasserwirtschaft (vgl. Kap. 2.2 Gewässerbewirtschaftung) an das Käseburger Sieltief ist jedoch eine dauerhaft reduzierte Wasserstandsamplitude von 0,5 m nicht leistbar; die Beeinträchtigung der spezifischen Nutzungen wäre zu hoch.

Aus diesem Grund werden durch die Anlage von Klein- und Seitengewässern mit entsprechender Gestaltung Lebensraumstrukturen mit gesicherten Mindestwasserständen sowie kalkulierbaren Wasserstandsamplituden geschaffen. Gleichzeitig dienen sie jedoch auch der Vorhaltung von Stauraum im Zuge eines optimierten Wasserstandsmanagements. Die Gewässer sollten mit großen Flachwasserbereichen, kleinen Tiefwasserzonen sowie einer befestigten und befahrbaren Sohlschwelle angelegt werden. Bei einer Wasserstandsamplitude von etwa 0,5 m im Hauptgewässer sollte die Sohlschwelle ca. 0,2 bis 0,3 m unter dem mittleren Hochwasser liegen; bei größeren Amplituden entsprechend höher. Ziel ist es, Flachwasserbereiche mit möglichst geringen Wasserspielgeländerungen anzulegen.

Es sollte ein Abstand von maximal 1,5 bis 2 km eingehalten werden und die Gewässer mit einer Initialpflanzung (wenn möglich der wertgebenden Pflanzenarten) versehen werden. Eine Vielzahl kleiner Gewässer (mind. 0,15 ha) mit geringem Abstand sind aus ökologischer Sicht wertvoller als wenige große Gewässer (max. 2,0 ha) mit Maximalabstand. Idealerweise wird das Gewässer von einem Pufferstreifen ohne landwirtschaftliche Nutzung umgeben. Eine eventuell vorhandene Eindeichung des Käseburger Sieltiefs sollte dann entsprechend rückverlegt werden. Zur Beschattung der vergleichsweise flachen Gewässerstrukturen sind ggf. südlich angrenzend sporadische Gehölzpflanzungen (Weiden, Erlen) vorzunehmen.

Diese Maßnahmen sind vorzugsweise im Ober- und Mittellauf des Käseburger Sieltiefs durchzuführen, da hier die sielzugsbedingten Wasserspiegelschwankungen geringer ausfallen.

Wirkung der Maßnahme:

- Gewässerstrukturen als Makrophyten-Lebensraum mit optimalen Wasserstandsbedingungen
- geringe Trübung durch niedrige Wassersäulen in den Flachwasserzonen und damit ausreichend hohe Lichtintensität für Makrophytenwachstum
- Laich-, Rückzugs- und Nahrungsgebiet für die Fischfauna
- Wiederbesiedlungspotenzial für das Hauptgewässer
- Filterfunktion der Klein- und Seitengewässer zur Reduzierung der Trübstoffe
- Reduzierung der Wasserspiegelschwankungen im Hauptgewässer und der damit einhergehenden erhöhten Fließgeschwindigkeiten
- zusätzliches Speichervolumen für das Gewässersystem

7.1.4 Extensive Gewässerunterhaltung

Die Unterhaltung des Käseburger Sieltiefs und seiner Vorfluter sollte auf das hydraulisch unbedingt erforderliche Mindestmaß reduziert werden. Eine schonende Räumung sollte außerhalb der Laichzeit (April bis Juli) erfolgen und so durchgeführt werden, dass die Lebensräume der Ufer- und Wasservegetation sowie der schlammliebenden Fische erhalten und gefördert wird. Die Verwendung eines Mähbootes mit sofortiger Entnahme des Mähgutes sollte bevorzugt werden.

Der Einfluss einer über den aktuellen Zustand hinausgehenden Wasservegetation auf die hydraulische Leistungsfähigkeit des Käseburger Sieltiefs wurde ebenfalls berechnet (vgl. 3.4.1). Daraus geht hervor, dass generell nur mit einer geringfügig erweiterten Bewuchszone zu rechnen ist und dass ein zugelassener Bewuchs nur geringe Änderungen der Wasserspiegellage zur Folge hätte.

Wirkung der Maßnahme:

- weitgehender Erhalt der mehrjährigen Makrophyten
- höhere Bruterfolge
- geringe Beeinträchtigung der schlammliebenden Fischfauna
- Reduzierung der geogen bedingten Trübstoffbelastung

7.1.5 Vollständiger Verzicht auf Düngemittel und/oder Pflanzenschutzmittel im Gewässerrandstreifen

Entlang der Gewässer II. Ordnung wird die Einrichtung von Gewässerrandstreifen empfohlen. Gemäß § 91 a NWG darf im Gewässerrandstreifen Grünland nicht in Acker umgebrochen werden; Bäume und Sträucher außerhalb von Wald dürfen nur beseitigt werden, wenn dies z. B. für den Ausbau oder die Unterhaltung der Gewässer oder den Hochwasserschutz erforderlich ist.

Die Grundsätze der Guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft sehen eine bedarfsgerechte Düngung sowie eine umweltschonende Handhabung von Pflanzen-

schutzmitteln vor. Laut Pflanzenschutzgesetz dürfen Pflanzenschutzmittel nicht in oder unmittelbar an Gewässern angewandt werden. Die Düngeverordnung sieht einen Abstand von 3 bzw. 1 m zur Böschungsoberkante für den Einsatz von Düngemitteln vor. Das Bundesnaturschutzgesetz verpflichtet die Landwirte seit 2002, die Grundsätze der Guten fachlichen Praxis zu beachten.

Maßnahme zur Reduzierung der stofflichen Belastung des Gewässers ist ein vollständiger Verzicht auf Düngemittel und/oder Pflanzenschutzmittel im Gewässerrandstreifen.

Wirkung der Maßnahme:

- Reduzierung der landwirtschaftlich bedingten Nährstoff- und Trübstoffbelastung
- Reduzierung der Schadstoffbelastung durch Pflanzenschutzmittel

7.2 Hinweise zur Umsetzung

Da es sich um eine modellhafte Maßnahmenplanung ohne konkrete Flächenbezüge handelt, sind in den Maßnahmenkarten (Karten 5a-5c) Suchräume für Klein- und Seitengewässer sowie für günstige Mahlbusenstandorte eingezeichnet. Für die Abgrenzung günstiger Suchräume wurden die Höhenkarten (Karten 3a und 3b) herangezogen. Tief liegende Bereiche in unmittelbarer Gewässernähe bieten sich aus wirtschaftlicher als auch praktischer Sicht für die Anlage von Klein- und Seitengewässern an. Unter der Annahme, dass diese feuchten Flächen nicht optimal landwirtschaftlich zu nutzen sind, sind sie vermutlich besser verfügbar. Weiterhin bieten sich diese Flächen z. B. für eine kombinierte Maßnahme mit den Zielen des Wiesenvogelschutzes an. Im Rahmen von Kompensationsmaßnahmen könnte so eine Kofinanzierung stattfinden.

Generell gilt für die Umsetzung der Maßnahmenvorschläge, dass eine **objektbezogene Einzelfallplanung** durchgeführt werden muss. Die hydraulischen und standortkonkreten Bedingungen sind hinsichtlich ihrer Eignung insbesondere im Zuge der Mahlbusenplanung zu betrachten und zu werten. Ggf. sind weiterführende hydraulische Berechnungen durchzuführen oder Datengrundlagen auszuwerten (vgl. auch hydraulische Untersuchung des NLWKN im Anhang). Weiterhin sind die übergeordneten Planungsvorgaben (vgl. Kap. 2.5) bei der Umsetzung der Maßnahmenvorschläge zu berücksichtigen. Abstimmungsbedarf besteht beispielsweise auch, wenn Schutzgebiete (vgl. Kap. 2.4 und Karte 4) von der Planung berührt werden. Am potenziellen Mahlbusenstandort zwischen Käseburger Sieltief, Oberhammelwarder Tief und Sandfelder Straße ist der Gewässerverlauf des Käseburger Sieltiefs beispielsweise als FFH-Gebiet ausgewiesen. Der dortigen Planung sollte eine **frühzeitige Abstimmung** mit der Unteren Naturschutzbehörde vorausgehen.

7.3 Weitere Handlungsempfehlungen

7.3.1 Optimierung der Zielwasserstände zur Reduzierung der landwirtschaftlichen und geogen bedingten Einträge

Die geogene Grundausrüstung des Einzugsgebietes mit Moor- und Marschböden unterschiedlicher Stadien und Geländehöhen wirft Probleme hinsichtlich der aktuellen Wasserstandsregulierung im Einzugsgebiet des Käseburger Sieltiefs auf. So besteht z. B. eine unter Kap. 4.2 näher beschriebene Nähr- und Trübstoffbelastung des Käseburger Sieltiefs durch Zersetzung und Remineralisierung der Torfe aufgrund der aus landwirtschaftlicher Sicht geforderten niedrigen Wasserstände.

Wesentlicher Schritt zur Optimierung der Zielwasserstände ist die Ableitung ökologisch sinnvoller und aus land- und wasserwirtschaftlicher Sicht vertretbarer Wasserstandsamplituden im Gewässerkörper. Aus ökologischer Sicht sind möglichst geringe Wasserstandsschwankungen und generell eher hohe Wasserstände anzustreben. Zu klären ist jedoch, welche Wasserstände aus landwirtschaftlicher Sicht sinnvoll und vertretbar sind. Innerhalb dieser komplexen Überlegungen spielen verschiedene Faktoren wie z. B. die Geländehöhen der landwirtschaftlichen Flächen oder angestrebte Flurwasserabstände eine maßgebliche Rolle, sodass die Festlegung pauschaler Wasserstände nicht zielführend ist.

Der Barghorner Zuggraben beispielsweise entwässert eine Meliorationsabteilung mit extremen Bedingungen. Sein Einzugsgebiet weist eine starke morphologische Heterogenität auf. Nach heutigem Kenntnisstand sind dort Geländehöhen zwischen NN -1,2 m bis zu NN +2,5 m (s. Karte 3c) zu verzeichnen. Dies ist im Wesentlichen auf die einerseits natürlichen Höhenunterschiede (Hochmoorkomplex und Marsch) sowie den stetigen Torfabbau in unterschiedlichen Abbaufächen zurückzuführen.

Darüber hinaus findet im Einzugsgebiet des Barghorner Zuggrabens die landwirtschaftliche Nutzung auf Moorböden als auch auf Marschböden statt. Für die ungleichen Bodentypen als auch die jeweilige Nutzung (Grünland, Acker) unterscheiden sich die empfohlenen Flurwasserabstände aus landwirtschaftlicher Sicht. Die optimalen Flurwasserabstände wurden beim Institut für Pflanzenbau in Kiel erfragt und in der folgenden Tabelle wiedergegeben. Die Angaben sind als Orientierungswerte zu verstehen; von regionalen Abweichungen ist auszugehen. In Abhängigkeit der Flurwasserabstände sind entsprechende Wasserstände in den Vorflutern zu fahren. Nach Auskunft des Instituts für Ökologie der TU Berlin, Fachgebiet Standortkunde sind hierfür Einzelfallberechnungen erforderlich. Es zeigt sich, dass bereits die Ableitung der aus rein landwirtschaftlicher Sicht vertretbaren Wasserstandsamplituden nicht pauschal erfolgen kann.

Tab. 10: Flurwasserabstände aus landwirtschaftlicher Sicht

Flurwasserabstände Marschböden [m unter GOK]			
	Grünlandnutzung		Ackernutzung
	Weide	Mähwiese	
Während der Vegetationsperiode	-0,6 bis -0,8	-0,5 bis -0,7	-0,9 bis -1,2
außerhalb der Vegetationsperiode	-0,4 bis -0,6	-0,4 bis -0,6	-0,5 bis -0,7

Flurwasserabstände Moorböden [m unter GOK]		
	Grünlandnutzung	
	Weide	Mähwiese
Während der Vegetationsperiode	-0,6 bis -0,8	-0,5 bis -0,7
außerhalb der Vegetationsperiode	-0,3 *	-0,3 *

* unter Berücksichtigung der Guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft

Für ein sinnvolles Wasserstandsmanagement sind eine Vielzahl von Faktoren zu berücksichtigen. Die ökologischen und landwirtschaftlichen Zielwasserstandsamplituden orientieren sich u.a. an den Bodentypen sowie den Geländehöhen. Darüber hinaus sollten die Profildaten des Gewässers und ggf. die Lage der Drainagerohre eingemessen werden. Aus diesem Grund sind differenzierte Zielwasserstandsamplituden für einzelne Gewässerabschnitte festzulegen und ggf. durch bauliche Maßnahmen (z. B. Stauanlagen) zu sichern.

Für ein ökologisch vertretbares und aus land- und wasserwirtschaftlicher Sicht sinnvolles Wasserstandsmanagement im Barghorner Zuggraben sind umfangreiche Erhebungen erforderlich, die im Rahmen dieses Projektes nicht geleistet werden können. Im Sinne einer nachhaltigen Nutzung der Moorbereiche und Vermeidung der nutzungsbedingten Konflikte (Absacken des Moorkörpers, Schadensfälle z.B. an Straßenkörpern) wird für Moorbereiche die Ermittlung von Zielwasserständen dringend empfohlen. Ein erster Ansatzpunkt wäre hierbei, extrem hoch oder tief liegende Flächen aus der Nutzung zu nehmen bzw. vom Entwässerungssystem abzukoppeln. Abgetorfte Flächen werden beispielsweise entweder wieder der landwirtschaftlichen Nutzung zugeführt oder aber als Regenerationsflächen mit dem Ziel Wiedervernässung dem Naturschutz unterstellt. Für die Wiedervernässung wird die abgetorfte Fläche vom Grabensystem abgekoppelt; es findet eine Wasserspeisung ausschließlich mit Regenwasser statt. Tief liegende Grünlander bieten sich als wiederzuvernässende Kompensationsflächen an.

7.3.2 Automatisierung des Wasserstandsmanagements

Eine weitere Möglichkeit zur Reduzierung der Wasserstandsamplitude bestünde in einer aufeinander abgestimmten, automatisierten Steuerung der Unter- und Mündungsschöpfwerke. Nähere Ausführungen hierzu sind den Hydraulischen Untersuchungen der NLWKN-Betriebsstelle Brake-Oldenburg (siehe Anhang) zu entnehmen.

Generell ist jedoch für eine optimierte Steuerung des gesamten Entwässerungssystems die Kenntnis aller Zuflüsse und Abflüsse in den Speicherraum des Käseburger Sieltiefs erforderlich. Hier sind insbesondere die Betriebsdaten der Unterschöpfwerke von Bedeutung. Aus aufgezeichneten Mess- und Betriebsdaten können bei Bedarf auch Steuerungs- und Vorhersagemodelle für einen optimierten Betrieb der Anlagen entwickelt werden. Hierzu reicht der derzeit vorhandene Datenbestand (z.B. Betriebsweise der Unterschöpfwerke, Speichervolumen und Fließzeiten in den Untergebieten) jedoch nicht aus.

7.3.3 Optimierung der Durchgängigkeit

Eine Optimierung der Durchgängigkeit des Modellgewässers für wandernde Arten ist dann sinnvoll, wenn das Gewässer Lebensraumfunktionen für diese Arten erfüllt, diese Arten vor dem Mündungsschöpfwerk anstehen, die technische und bauliche Ausstattung des Schöpfwerks eine Wanderung jedoch verhindert. Aufgrund der vergleichsweise hohen Kosten für bauliche Maßnahmen sollten Untersuchungen vorgeschaltet werden, welche eine Prognose der Auswirkungen für wandernde Arten (z. B. Aal, Aland) ermöglichen und eine Kosten-Nutzen-Analyse zulassen.

Sinnvoll und vergleichsweise kostengünstig ist eine Optimierung der Durchgängigkeit über das Modellgewässer Käseburger Sieltief hinaus zu erreichen. Verrohrte Grabenmündungen und Zuläufe sollten weitestgehend demontiert bzw. zurückgebaut werden. Weiterhin sollten sämtliche aus land- bzw. wasserwirtschaftlicher Sicht nicht unbedingt erforderlichen Querbauwerke innerhalb des Gewässernetzes zurückgebaut werden. Das umfangreiche Grabennetz stellt einen Lebensraum mit hohem Potenzial dar. Es sollte sichergestellt werden, dass im Falle einer Grabenräumung die Fische die Möglichkeit haben, in angrenzende Vorfluter bzw. Gräben auszuweichen. Gleiches gilt, wenn in frostharten Wintern die schmalen Gräben durchfrieren und die Fische in die nächstgrößeren Vorfluter ziehen.

7.4 Kostenschätzung

Für die im Kapitel 7.1 aufgeführten Maßnahmenvorschläge wurden grobe Kostenschätzungen aufgestellt, um den finanziellen Aufwand abschätzen zu können. Bei Umsetzung einzelner Maßnahmen sind genauere Kostenrechnungen aufzustellen.

Bei der Kostenermittlung wird grundsätzlich zwischen direkten und indirekten Kosten unterschieden. Die direkten Kosten werden für die Durchführung spezifischer

Maßnahmen fällig, wie z.B. bauliche Maßnahmen im Gewässerschutz oder die Verwaltungskosten für die Erhebung der Abgabe. Die Schätzwerte wurden den Informationen der Maßnahmen- und Instrumentenblättern (UMWELTBUNDESAMT 2003) entnommen bzw. beruhen auf eigenen Erfahrungswerten oder wurden für die örtlichen Gegebenheiten ermittelt. Die indirekten oder volkswirtschaftlichen Kosten werden durch Maßnahmen verursacht, indem die Maßnahmen die Nutzungen der Gewässer einschränken, verändern oder indem sie Anpassungsanforderungen erforderlich machen. In diesem Sinne sind indirekte oder volkswirtschaftliche Kosten bei den vorgeschlagenen Maßnahmen nicht zu erkennen.

Eine Kostenabschätzung für Maßnahmenvorschläge bzw. Handlungsempfehlungen ohne konkrete Planungsvorgaben kann im Rahmen dieses Projektes nicht erfolgen. Es werden zu berücksichtigende Leistungen für die Umsetzung der jeweiligen Maßnahmen sowie deren zu veranschlagende Kosten aufgeführt (generelle Kostenkalkulation). Eine überschlägige Kostenschätzung wurde hingegen für kalkulierbare Maßnahmen und exemplarisch für die Anlage eines Kleingewässers durchgeführt. Abschließend wurden die Kosten für die minimale Umsetzung der Maßnahmenvorschläge berechnet.

7.4.1 Generelle Kostenkalkulation

Die nachfolgend aufgeführten Preise, die der generellen Kostenkalkulation von Maßnahmen ohne konkrete Planungsvorgabe dienen, variieren je nach:

- Größe der Gewässerausbauten (je kleiner, desto höher die Preise und umgekehrt),
- Erreichbarkeit (Zuwegung, Baustraßen),
- Höhenlage im Verhältnis zum Wasserstand des Hauptgewässers.

Für die Umsetzung der Maßnahmen ist in der Regel ein Flächenankauf erforderlich. Die Grundbodenpreise für landwirtschaftliche Nutzflächen liegen zwischen 0,27 bis 0,65 €/m².

Tab. 11: Grundstückspreise der landwirtschaftlichen Nutzflächen im engeren Einzugsgebiet des Käseburger Sieltiefs (Quelle: mündl. Katasteramt Brake)

Landwirtschaftliche Nutzflächen des Bodentyps	Grundstückspreis
Lehm/Tonboden	0,65 €/m ²
Lehm/Moorboden	0,40 €/m ²
Moorboden	0,27 €/m ²

Bei der überschlägigen Kostenschätzung wird mit einem durchschnittlichen Grundstückspreis von 50 €/m² gerechnet, da nur die Lehm/Tonböden bzw. Lehm/Moorböden für die Maßnahmen in Betracht kommen. Gegebenfalls sind höhere Grundstückspreise zu veranschlagen, da aufgrund des verstärkten Drucks auf die Grundstückspreise (erhöhter Bedarf für Biogasanlagen und Kompensationsflächen) mit steigenden Preisen zu rechnen ist.

Folgende Kosten sind für verschiedene Leistungen, die für die geplanten Maßnahmen ggf. in Anspruch zu nehmen sind, zu veranschlagen. Die Angaben beziehen sich, mit Ausnahme der Kosten für den Flächenankauf, auf Nettopreise (ohne Mehrwertsteuer).

Tab. 12: Kostenpunkte

Kostenpunkt	Leitung	Kosten
Flächenankauf	• bei Bedarf	Ø 0,50 €/m ²
	• möglicherweise Neu-Vermessungskosten, Notarkosten und Kosten Grundbucheintragung	keine Angabe
Entschädigungszahlungen	• Grünlandnutzung	~ 400 €/ha*a
	• Ackerlandnutzung	~ 1000 €/ha*a
Vorarbeiten	• Materialbeschaffung, Lagerung vor Ort, ggf. Zufahrten herstellen etc.	10 – 20 % der Baukosten
Erdarbeiten	• Bodenaushub ohne Beseitigung der Erdmassen	4 €/m ³
	• Bodenaushub mit Beseitigung der Erdmassen	12 €/m ³
Wasserarbeiten	• Anlage/Befestigung einer Sohlschwelle mit Steinmatratzen (Material und Einbau)	50 €/m ²
Vegetationsarbeiten	• Lieferung und Einpflanzung von Initialpflanzung (<i>Phragmites</i> , <i>Glyceria maxima</i> , <i>Iris pseudacorus</i> , 4 Pflanzen/m ²)	6,00 €/m ²
	• nach Möglichkeit Anpflanzung wertgebender Makrophytenarten aus benachbarten Gewässern (z.B. <i>Potamogeton perfoliatus</i> , <i>P. acutifolius</i>)	keine Angabe
	• Lieferung und Anpflanzung von Gehölzen (Erlen, Eschen, Strauchweiden; Heister 150 – 200 cm)	13,50 €/Stück
Pflege und Unterhaltung	• Entwicklungspflege Vegetation (Gehölzschnitt, etc.)	3,50 €/Stück
Baunebenkosten (Gebühren, Honorar Planung und Bauleitung, Gutachten)	• je nach Planungsvorhaben	13 – 20 % der Baukosten

7.4.2 Kostenschätzung einzelner Maßnahmen

Bei der Konstruktion von **Sohlschwellen** (vgl. Kap. 7.1.1) mit einer Breite von etwa 10 m ist mit einem Kostenaufwand von etwa 10.000 € (mündl. NLWKN Brake) zu rechnen. Darin sind Vorarbeiten (Materialbeschaffung, Lagerung vor Ort, ggf. Mehrkosten für Herstellung von Zufahrten), Wasserarbeiten (Herstellung der Sohlschwelle) sowie die Baunebenkosten enthalten.

Eine Kostenabschätzung für einen **Mahlbusen** ist aufgrund fehlender Planungsvorgaben nicht zu kalkulieren. Für die Anlage eines **Kleingewässers** minimaler Größe mit

Sohlschwellen wurde eine grobe Kostenschätzung durchgeführt. Die wurden für folgende Ausführung kalkuliert:

- Gesamtfläche von ca. 0,2 ha mit einer Gewässeroberfläche von rund 0,15 ha
- mit einer durchschnittlichen Aushubtiefe von etwa 1,30 m
- zwei Tiefenzonen mit einer Fläche von je 25 m² und einer Tiefe von 2 m
- Flachwasserzone im Uferbereich
- befestigte Sohlschwelle von 30 m Länge und von 5 m Breite (Befestigung mit Steinmatratzen)
- Anpflanzung einer kleinen Gehölzgruppe (3 Bäume/Sträucher) im südlichen Uferbereich
- Initialanpflanzungen (Röhricht) im Uferbereich mit einer Fläche von 1/3 der Uferlänge * 0,5 m, zweireihig
- Bodenaushub ohne Abtransport des Materials (Kleiboden kann ggf. für den Deichbau oder für die Bodenmodellierung des Gewässerrandbereichs verwendet werden)

Tab. 13: Kostenschätzung Kleingewässer

Leistung	Fläche/ Anzahl	Kosten	Kosten- schätzung
• Flächenankauf (zusätzlich fallen beim Ankauf von Flächen Kosten für eine Neu-Vermessung an, die zum Teil erheblich sein können)	0,2 ha	0,50 €/m ²	1.000 €
• Erdarbeiten (Bodenaushub ohne Beseitigung des Materialaushubs, Profilerstellung)	2000 m ³	4 €/m ²	8.000 €
• Wasserarbeiten (Material und Einbau der Befestigung der Sohlschwelle)	150 m ²	50 €/m ²	7.500 €
• Vegetationsarbeiten			
Lieferung und Einbau von Schilfinalanpflanzung	20 m ²	6 €/m ²	120,0 €
Gehölzanpflanzungen	3 Stück	13,50 €/Stück	40,5 €
Entwicklungspflege	3 Stück	3,50 €/Stück	9,5 €
MwSt für die Dienstleistungen			2.977 €
Kostenschätzung insgesamt rund			20.000 €
(ggf. anfallende Unterhaltungsarbeiten wie z.B. eine Entschlammung sind nicht enthalten)			

Eine **extensive Gewässerunterhaltung** verursacht keine Kosten, da der Unterhaltungsaufwand geringer ist, wenn die Arbeiten auf ein Mindestmaß reduziert werden. Es könnten möglicherweise Kosten eingespart werden, sofern die Unterhaltung noch zu verringern ist.

Für die Schaffung von **Gewässerrandstreifen mit vollständigem Verzicht auf Düngemittel und/oder Pflanzenschutzmittel** fallen Kosten durch Flächenankäufe bzw. durch Entschädigungszahlungen an die Flächennutzer an. Bei der Einrichtung von Gewässerrandstreifen von 5 m Breite ist pro Kilometer Gewässerstrecke durch Ankauf der Flächen mit 5.000 € zu rechnen. Hierin sind jedoch keine ggf. anfallenden Unterhaltungsarbeiten enthalten. Bei Ausgleichszahlungen an Landwirte für Ertragsausfall ist mit etwa 50 – 400 € pro Hektar und Jahr zu kalkulieren. Die tatsächlichen Kosten setzen sich aus der Kombination des Flächenaufkaufs und der vereinbarten Ausgleichszahlungen zusammen.

Tab. 14: Kostenschätzung Gewässerrandstreifen

Leistung	Kosten
<ul style="list-style-type: none"> Flächenankauf (zusätzlich fallen beim Ankauf von Flächen Kosten für eine Neu-Vermessung, Notarkosten und Kosten Grundbucheintragung an) 	1,00 €/m ²
<ul style="list-style-type: none"> Ausgleichszahlungen für Ertragsausfall 	~ 50-400 €/ha*a

7.4.3 Kosten der minimalen Umsetzung struktureller Maßnahmen

Die Einhaltung der Mindestwasserstände im Käseburger Sieltief durch Sohlsschwellen sowie die Anlage von Klein- und Seitengewässern als ökologisch hochwirksame Maßnahmen stellen aufgrund der regionalen Besonderheiten und spezifischen Ansprüche an das Gewässer die einzig sinnvollen Maßnahmen zur Schaffung von Lebensräumen für die wertgebenden Pflanzen- und Fischarten dar. Die Minimalgröße eines Kleingewässers beträgt 0,15 ha (bei ca. 0,2 ha Flächenankauf); der Abstand der anzulegenden Gewässerstrukturen sollte 2 km nicht überschreiten. Eine entsprechende Umsetzung in minimalem Umfang (4 Sohlsschwellen, 7 Kleingewässer) erfordert demnach einen finanziellen Aufwand von rd. 180.000 €. Zudem ist mit Baunebenkosten von ca. 30.000 € (bei 17%) zu rechnen. Maßnahmen zur Verbesserung des chemisch-physikalischen Potenzials wurden hierbei noch nicht berücksichtigt.

8 Zusammenfassung

Das Käseburger Sieltief wurde als eines der vier Modellgewässer für das „Pilotprojekt Marschgewässer“ ausgewählt. Kernziel dieses Projektes ist die Schaffung fachlicher Grundlagen für die Erreichung des „guten ökologischen Potenzials“ als Umweltziel gem. Artikel 4 WRRL sowie für eine kosten- und nutzenorientierte Maßnahmenplanung nach Artikel 11 der WRRL. Dabei ging es im Rahmen des Modellvorhabens nicht darum, einen vollständigen Bewirtschaftungsplan für das Käseburger Sieltief zu erstellen, sondern im Sinne des § 36 b WHG detaillierte Hinweise für eine Vorlage textlich auszuarbeiten. Die vorliegende modellhafte Maßnahmenplanung besitzt daher **keinen Anspruch der Rechtsverbindlichkeit**; die entwickelten Maßnahmen stellen Planungsbeispiele für eine spätere konkretisierende Planung dar. Darüber hinaus werden die Ergebnisse und Erfahrungen dieser regionalen Maßnahmenplanung für die o.g. Vorlage herangezogen.

Für die modellhafte Maßnahmenplanung standen die **regionalen Besonderheiten** der einzelnen Modellgewässer dabei im Vordergrund. Für das Käseburger Sieltief waren als Schwerpunkte das Wasserstandsmanagement, die Durchgängigkeit für wandernde Fischarten sowie die hydraulischen Auswirkungen von Makrophytenwachstum im Gewässer zu betrachten. Aufgrund der **topographischen Bedingungen** (tief liegende Meliorationsgebiete im Oberlauf mit 11 Unterschöpfwerken) sowie den **Anforderungen der regionalen Wasser- und Landwirtschaft** (z.B. Vorhalten von Speichervolumen im Sinne des Hochwasserschutzes, Be- und Entwässerung der landwirtschaftlichen Flächen) kam dem Schwerpunkt Wasserstandsmanagement eine zentrale Bedeutung zu.

Ein wesentlicher Schritt der Maßnahmenplanung war die **zielgerichtete Defizitanalyse**. Die Defizite durch signifikante Belastungen und anthropogene Einwirkungen gemäß WRRL (z.B. Einträge, Abflussregulierungen, morphologische Veränderungen) und ihre Auswirkungen auf die wertgebenden biologischen Qualitätskomponenten (Makrophyten und Fischfauna) wurden eingeschätzt. Temporär extrem niedrige Wasserstände und starke Wasserspiegelschwankungen innerhalb eines Zeitraumes von wenigen Tagen bzw. über das Jahr wurden als wesentliche Defizite definiert, da sie einen unmittelbaren und limitierenden Einfluss auf das Makrophytenwachstum und damit auf die Lebensraumqualität für die Fischfauna hat. Gleiches gilt für die Strukturarmut und die starke Trübung des Gewässers. Die Entscheidungshilfe (Stand: 10.08.07) zur Bewertung der Defizite hinsichtlich der Durchgängigkeit des Gewässers für wandernde Fischarten konnte nicht sachgerecht angewandt werden; eine Überarbeitung des Entwurfs steht noch aus (mündl. Dembinski, Planula).

Auf Basis der Bestands- und Defizitanalyse wurden ökologisch sinnvolle, **modellhafte Maßnahmen** für das Gewässer als weiteren Schritt abgeleitet. Der Hochwasserschutz und die Gewährleistung der hydraulischen Leistungsfähigkeit wurden hierbei als maßgebliche Rahmenbedingungen zu Grunde gelegt und anhand hydraulischer

Untersuchungen konkretisiert. Die Einhaltung von Mindestwasserständen und eine dauerhaft reduzierte Wasserstandsamplitude von max. 0,5 m wurden zunächst als Voraussetzung zur Erreichung eines guten ökologischen Potenzials im Käseburger Sieltief definiert. Aufgrund der gewässerspezifischen Anforderungen der Land- und Wasserwirtschaft an das Gewässer ist dies jedoch nicht im erforderlichen Umfang umsetzbar. Ökologisch wirksame Maßnahmen zur Förderung der Makrophyten und Fischfauna sind die Anlage von **Klein- und Seitengewässern** mit Sohlschwelle zum Käseburger Sieltief, darüber hinaus die Schaffung weiterer Speicherräume (z.B. **Mahlbusen**), welche sich reduzierend auf die Wasserspiegelschwankungen auswirken. **Sohlschwellen** im Gewässer ermöglichen die Einhaltung von Mindestwasserständen. Neben Maßnahmen zur Reduzierung der hohen Nähr- und Schadstoffbelastung (Vollständiger Verzicht auf Düngemittel und/oder Pflanzenschutzmittel im Gewässerrandstreifen) wurde als weitere Handlungsempfehlung die Optimierung der Zielwasserstände der die Moorbereiche entwässernden Vorfluter (z.B. Barghorner Zuggraben) genannt. Hierfür sind jedoch umfangreiche Erhebungen erforderlich, die im Rahmen dieses Projektes nicht zu leisten waren.

Die Einhaltung der Mindestwasserstände im Käseburger Sieltief durch Sohlschwellen sowie die Anlage von Klein- und Seitengewässern als ökologisch hochwirksame Maßnahmen stellen aufgrund der regionalen Besonderheiten und spezifischen Ansprüche an das Gewässer sinnvolle **Maßnahmen** zur Schaffung von Lebensräumen für die wertgebenden Pflanzen- und Fischarten dar. Eine entsprechende Umsetzung in minimalem Umfang erfordert einen finanziellen Aufwand von rd. 210.000 €. Maßnahmen zur Verbesserung des chemisch-physikalischen Potenzials sind in dieser Summe nicht berücksichtigt.

9 Fazit für das Pilotprojekt

Das Käseburger Sieltief wurde als **Marschgewässer mit Ursprung im Moor** für das Pilotprojekt Marschgewässer ausgewählt. Tief liegende Teileinzugsgebiete im Oberlauf mit insgesamt **11 Unterschöpfwerken** sowie die spezifischen land- und wasserwirtschaftlichen Anforderungen (z. B. Vorhalten von Speichervolumen, Tränkewasserstände) kennzeichnen dieses Modellgewässer. Dem Wasserstandsmanagement kam demnach im Hinblick auf das Ziel „gutes ökologisches Potenzial“ des Gewässers die zentrale Bedeutung zu.

Aus einem zur Verfügung gestellten **Maßnahmenkatalog** sollte unter dem Aspekt der ökologischen Wirksamkeit und Kosteneffizienz eine Zusammenstellung von Maßnahmen zur Erreichung des „guten ökologischen Potenzials“ erfolgen. Ziel war eine Maßnahmenplanung am Modellgewässer zur Schaffung von Lebensräumen für die wertgebenden Makrophyten und Fischarten. Der vorgegebene Maßnahmenkatalog

enthält Angaben zum Grad der Wirksamkeit einzelner Maßnahmen im Hinblick auf die Schaffung von Lebensräumen für Makrophyten und die Fischfauna.

Sohlschwellen zur Einhaltung von Mindestwasserständen sowie eine Kombination aus **Klein- und Seitengewässern** stellen nach Abwägung der ökologischen als auch land- und wasserwirtschaftlichen Anforderungen (das Käseburger Sieltief entwässert ein Einzugsgebiet von 72 km²) an das Gewässer diejenigen Maßnahmen dar, anhand derer Lebensräume für die wertgebenden Makrophyten und Fischarten für dieses Modellgewässer geschaffen werden können. Gleichzeitig haben diese Maßnahmen einen positiven Effekt auf das Wasserstandsmanagement. Die geogene Grundausstattung des **Einzugsgebietes mit Moorbereichen** stellt eine besondere Charakteristik als auch Problematik dar. Zur Reduzierung der hohen Nähr- und Huminstoffeinträge sowie im Sinne einer nachhaltigen Nutzung der Moorbereiche wurde die Ermittlung von optimierten Zielwasserständen für Gewässerabschnitte dringend empfohlen.

Aufgrund der begrenzten Anzahl ökologisch sinnvoller Maßnahmen wurde auf eine weitere Auswahl durch eine **Kosten-Nutzen-Analyse** verzichtet. Die Empfehlung zur Optimierung der Zielwasserstände konnte aufgrund des Untersuchungsumfanges im Rahmen dieses Pilotprojektes nicht als Maßnahme konkretisiert werden; eine Kosten-Nutzen-Analyse war demnach nicht durchführbar.

Inwieweit durch die Maßnahmenvorschläge die vorgegebenen **konkreten Umweltziele** für das Modellgewässer erreicht werden können, kann nicht benannt werden. Eine Bezifferung im Sinne einer berechneten ökologischen Wertzahl, wie sie im Rahmen der Bewertung des aktuellen ökologischen Potenzials für die Makrophyten als auch die Fischfauna entsprechend der Bestandsaufnahmen vorgenommen wurde, ist nicht möglich. Generelle Angaben zur ökologischen Wirksamkeit bzw. Qualität der einzelnen Maßnahmen sind im Maßnahmenkatalog enthalten. Die erforderliche Quantität der Klein- und Seitengewässer festzulegen, stellte sich zunächst schwierig dar. Nach Rücksprache mit Herrn Scholle (BioConsult) sowie Herrn Dr. Haesloop wurden die durchschnittlichen Aktionsradien der wertgebenden Fischfauna mit 1,5 bis 2 km festgelegt und die **Maßnahmendichte** bzw. –quantität danach ausgerichtet. Unter der Voraussetzung, dass die Klein- und Seitengewässer eine Lebensraumfunktion für die wertgebende Fischfauna erfüllen und ein Aktionsradius der Fischarten von ca. 2 km angenommen werden kann, ist von einem hohen Wiederbesiedlungspotenzial des Modellgewässers auszugehen. Die wertgebenden Makrophyten werden sich aller Voraussicht nach nur in den neugeschaffenen Gewässerstrukturen etablieren, falls keine Optimierung des Wasserstandsmanagements stattfindet.

Ob sich das oben beschriebene Vorgehen zur Ableitung einer Maßnahmendichte auch für andere (Modell-)Gewässer anbietet, sollte im weiteren Verlauf der Phase II des Pilotprojektes diskutiert werden. Hilfreich wäre es gewesen, wenn in der Bewertung

des aktuellen ökologischen Potenzials z. B. für die Fischfauna (Teilprojekt der Phase I) hierfür fachlich fundierte Ansätze geliefert worden wären.

Eine Bewertung hinsichtlich der Auswirkungen dieser Maßnahmen auf die biologischen Qualitätskomponenten Phytoplankton und Phytobentos bzw. eine auf diese Komponenten ausgerichtete Maßnahmenplanung wurde nach Abstimmung mit der überregionalen Projektleitung nicht vorgenommen. Für beide Komponenten konnten in der vorgeschalteten Phase I des Pilotprojektes keine Qualitätsziele definiert werden.

Wie zuvor genannt, war eine Kosten-Nutzen-Analyse zur Auswahl der Maßnahmenvorschläge nicht möglich. Es konnte jedoch eine grobe **Kostenschätzung** für die Umsetzung der Maßnahmenvorschläge als finanzielle Minimalvariante durchgeführt werden. Die Umsetzung erfordert einen finanziellen Aufwand von rd. 210.000 €. Maßnahmen zur Verbesserung des chemisch-physikalischen Potenzials sind in dieser Summe nicht berücksichtigt. Die Zumutbarkeit des finanziellen Aufwands im Verhältnis zum ökologischen Nutzen könnte im weiteren Projektverlauf der Phase II noch thematisiert werden.

Die Möglichkeiten der Umsetzung der Maßnahmenvorschläge sind vor allem von den zur Verfügung stehenden Finanzmitteln bzw. tatsächlichen Kosten abhängig. Die dauerhafte Umnutzung landwirtschaftlicher Flächen als Gewässerrandstreifen könnte beispielsweise durch die Ausweisung der Randstreifen als Kompensationsfläche kostengünstig finanziert werden. Kostengünstig wäre auch eine weitere Verwendung von bei Realisierung von Maßnahmen anfallendem deichfähigen Bodenaushub für Deichbauarbeiten. Die Flächenverfügbarkeit stellt einen weiteren wesentlichen Faktor dar. Für einen flächenscharfen Maßnahmenplan bedarf es eines Flächenmanagements; hierfür bietet sich beispielsweise ein Flurbereinigungs- oder –neuordnungsverfahren an. Komplexe Handlungsempfehlungen, wie z. B. die Ermittlung von Zielwasserständen, welche den land- und wasserwirtschaftlichen als auch den ökologischen Anforderungen entsprechen (vgl. Kap. 7.3.1), könnten im Zuge eines solchen Verfahrens unter Einbeziehung aller Beteiligten geleistet werden. Die Reduzierung der Nähr- und Schadstoffbelastung des Gewässers ist ebenfalls eine Maßnahme, welche die Einbeziehung und das Mitwirken aller Beteiligten erfordert.

Der geforderte „gute chemische Zustand“ und das „gute ökologische Potenzial“ eines Gewässers kann nur als Gemeinschaftsaufgabe von Kommune, Land- und Wasserwirtschaft erreicht werden.

10 Quellenverzeichnis

- ARGE WRRL [ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSERRAHMENRICHTLINIE] (2006a): Pilotprojekt Marschgewässer - Maßnahmenvorschläge für Marschgewässer.- Studie im Auftrag der Unterhaltungsverbände Kehdingen und Untere Oste, Sielacht Wittmund und der Braker Sielacht
- ARGE WRRL [ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSERRAHMENRICHTLINIE] (2006b): Pilotprojekt Marschgewässer – Synthesebericht. Studie im Auftrag der Unterhaltungsverbände Kehdingen und Untere Oste, Sielacht Wittmund und der Braker Sielacht
- BEZIRKSREGIERUNG WESER-EMS, NLWK (NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KÜSTENSCHUTZ), NLÖ (NIEDERSÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR ÖKOLOGIE) & SENATOR FÜR BAU, UMWELT UND VERKEHR BREMEN (2004): Bestandsaufnahmen zur Umsetzung der EG Wasserrahmenrichtlinie. Oberflächengewässer – Bearbeitungsgebiet Unterweser
- BIOCONSULT (2006): Pilotprojekt Marschgewässer Niedersachsen: Teilprojekt Fischfauna – Vorschlag eines Bewertungsverfahrens für verschiedene Marschengewässertypen in Niedersachsen.- Studie im Auftrag des Unterhaltungsverbands Kehdingen
- BMU - [BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT] (2003): Grundlagen für die Auswahl der kosteneffizientesten Maßnahmenkombinationen zur Aufnahme in das Maßnahmenprogramm nach Artikel 11 der Wasserrahmenrichtlinie, Umweltforschungsplan im Auftrag des Umweltbundesamtes
- CIS-AG 2.2 (2002): Leitfaden zur Identifizierung und Ausweisung von erheblich veränderten und künstlichen Wasserkörpern
- GFL PLANUNGS- UND INGENIEURGESELLSCHAFT GMBH ET AL. (2006): Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenweser an die Entwicklungen im Schiffsverkehr mit Tiefenanpassung der hafenbezogenen Wendestelle, Auswirkungen auf die Landwirtschaft, im Auftrag der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (unveröffentlicht)
- IBL (2006): Pilotprojekt Marschgewässer Niedersachsen: Teilprojekt Makrophyten – Entwicklung eines Verfahrens zur Bewertung der Makrophyten niedersächsischer Marschgewässer entsprechend den Anforderungen der WRRL.- Studie im Auftrag des Unterhaltungsverbands Kehdingen
- LAWA [LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER] (1998): Beurteilung der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern in der Bundesrepublik Deutschland – Chemische Gewässergüteklassifikation
- LP [LANDSCHAFTSPLAN] STADT BRAKE (1997): Landschaftsplan Stadt Brake
- LRP [LANDSCHAFTSRAHMENPLAN] LANDKREIS WESERMARSCH (1992): Landschaftsrahmenplan Landkreis Wesermarsch

- NLWK BRAKE-OLDENBURG [NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KÜSTENSCHUTZ, BETRIEBSSTELLE BRAKE] (2004): Abflussermittlung am Käseburger Siel, Zwischenbericht (unveröffentlicht)
- NLWKN [NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ] (2006a): Pilotprojekt Marschgewässer Niedersachsen: Teilprojekt Chemisch-Physikalische Untersuchungen – Chemisch-Physikalische Untersuchungen als Unterstützungskriterium für die Entwicklung des höchsten und guten ökologischen Potenzials in Marschgewässern.- Studie im Auftrag des Unterhaltungsverbands Kehdingen
- NLWKN [NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ] (2006b): Pilotprojekt Marschgewässer Niedersachsen: Teilprojekt Prioritäre Stoffe – Chemisches Untersuchungsprogramm der Prioritären Stoffe in Marschgewässern (Teil 1).- Studie im Auftrag des Unterhaltungsverbands Kehdingen
- NLWKN [NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ] (2006c): Pilotprojekt Marschgewässer Niedersachsen: Teilprojekt Prioritäre Stoffe – Chemisches Untersuchungsprogramm der Prioritären Stoffe in Marschgewässern (Teil 2).- Studie im Auftrag des Unterhaltungsverbands Kehdingen
- NLWKN [NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ] (2006d): Pilotprojekt Marschgewässer Niedersachsen: Teilprojekt Phytoplankton / Phytobenthos – Zusammenstellung vorhandener Daten und Entwicklung eines Verfahrens zur Bewertung der Komponenten Phytoplankton und Phytobenthos in den niedersächsischen Marschgewässern entsprechend der WRRL.- Studie im Auftrag des Unterhaltungsverbands Kehdingen
- NLWKN BRAKE-OLDENBURG [NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ, BETRIEBSSTELLE BRAKE-OLDENBURG] (2007): Hydraulische Untersuchungen am Käseburger Sieltief
- PLANULA (2007): Entscheidungshilfe zur Fischdurchgängigkeit in Marschgewässern, Pilotprojekt Marschgewässer Phase II

Richtlinien und Gesetze

- BNATSCHG (BUNDESNATURSCHUTZGESETZ): Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege vom 25. März 2002 (BGBl. I S. 1193), geändert durch Gesetz vom 10. Mai 2007 (BGBl. I S. 666)
- DÜV (DÜNGEVERORDNUNG): Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen vom 10. Januar 2006, zuletzt geändert am 27. Juli 2006 (BGBl. I Nr. 2 S. 1818)
- NBODSCHG (NIEDERSÄCHSISCHES BODENSCHUTZGESETZ): vom 19. Februar 1999 (Nds. GVBl. S. 46), zuletzt geändert am 5.11.2004 (Nds. GVBl. S. 417)

NNATG (NIEDERSÄCHSISCHES NATURSCHUTZGESETZ): vom 11. April 1994, (Nds. Gesetz- und Verordnungsblatt S. 155), zuletzt geändert am 26.04.2007 (Nds. Gesetz- und Verordnungsblatt S. 161)

NWG (NIEDERSÄCHSISCHES WASSERGESETZ): vom 25. Juli 2007, zuletzt geändert am 31. Juli 2007 (Nds. GVBl. Nr. 23 S. 345)

WRRL (WASSERRAHMENRICHTINIE): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften

11 Anhang

Tabellenverzeichnis

Tab. A 1: Liste der kontaktierten lokalen Akteure II

Abbildungsverzeichnis

Abb. A 1: Ansprüche der wertgebenden Makrophytenarten an Wasserstände III

Abb. A 2: Laichzeiten der wertgebenden Fischfauna IV

Abb. A 3: Altendorfer Moorkanal - Schematische Darstellung Wasserstandslinien..... V

Hydraulische Untersuchungen am Käseburger Sieltief (durch NLWKN Brake – Oldenburg; vollständiger Bericht)

Liste der kontaktierten lokalen Akteure

Es folgt eine Auflistung der Institutionen (Behörden, Ämter, Vereine etc.), die im Rahmen der Phase II des Pilotprojektes kontaktiert bzw. aufgesucht wurden; darüber hinaus sind die jeweiligen Fragestellungen kurz beschrieben.

Tab. A 1: Liste der kontaktierten lokalen Akteure

Braker Sielacht	Von der Braker Sielacht wurden vorhandene Daten und Unterlagen zum Gewässernetz, zum Ausbauzustand des Projektgewässers sowie zu den Bauwerken zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus wurden die Rahmenbedingungen für das Wasserstandsmanagement aus landwirtschaftlicher- und wasserwirtschaftlicher Sicht recherchiert.
NLWKN	Vom NLWKN wurden digitale Kartengrundlagen und hydraulische Daten zum Projektgewässer bezogen.
Stadt Brake	Vertreter der Stadt Brake wurden zu Konfliktpunkten im Rahmen des städtischen Oberflächenabflusses in das Projektgewässer und zu weiteren Planungsprojekten befragt sowie Unterlagen zu übergeordneter Planung angefordert. Darüber hinaus wurde die touristische Nutzung des Landschaftsraumes und die Finanzierbarkeit von Maßnahmen durch Kompensationsleistungen angesprochen.
Landkreis Wesermarsch	Die Untere Naturschutzbehörde sowie die Untere Wasserbehörde wurden insbesondere zu bestehenden Konflikten und Lösungsvorschlägen am Käseburger Sieltief befragt. Weiteres Thema war die Finanzierung von Maßnahmen am Projektgewässer.
Niedersächsisches Umweltministerium	Vom Datenserver des MU wurden digitale Informationen zu Schutzgebieten im relevanten Raum bezogen.
Gebietskooperation Untere Weser	Die Koordinatorin der Gebietskooperation wurde zu Anforderungen und Anregungen in Bezug auf den modellhaften Maßnahmenplan befragt.
Braker Sportfischer-Verein	Wesentliches Thema der Recherche waren Habitat- bzw. Reproduktionsanprüche von Fischarten (insbesondere zur Gilde der Auenarten) sowie die Konflikte in Bezug auf das aktuelle Wasserstandsmanagement.

Abb. A 1: Ansprüche der wertgebenden Makrophytenarten an Wasserstände

Legende		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	langs. Fließgeschw.	lichtbedürftig
Blütezeit/Samenreife															
Keimzeit/Sproßbildung															
keine Austrocknungstoleranz															
dauerhaft Wasserst. oberhalb 0,5 m															
Makrophyten															
mit hoher Wertung (+2) entsprechend Bewertungsmethode Phase I	Zartes Hornblatt													+	-
	Wasserfeder													+	-
	Froschkraut													+	+
	Tausendblatt													-	+
	Quirlblütiges Tausendblatt													+	-
	Spitzblättriges Laichkraut													+	+
	Alpen-Laichkraut													-	-
	Glänzendes Laichkraut													+	+
	Durchwachsenblättriges L.													+	+
	Knöterich-Laichkraut													+	+
	Haarblättrige Hahnenfuß													+	+
	Schild-Hahnenfuß													-	+
	Krebsschere													+	+
	Dichtes Laichkraut													-	+
	Meeres-Salbe														
	Sumpf-Teichfaden													+	
	Gelbe Teichrose													-	-

Anmerkung:

- die Artenliste ist nicht vollständig
- langs. Fließgeschw.: + Pflanze bevorzugt langsame Fließgeschwindigkeiten
- lichtbedürftig: + Pflanze ist lichtbedürftig

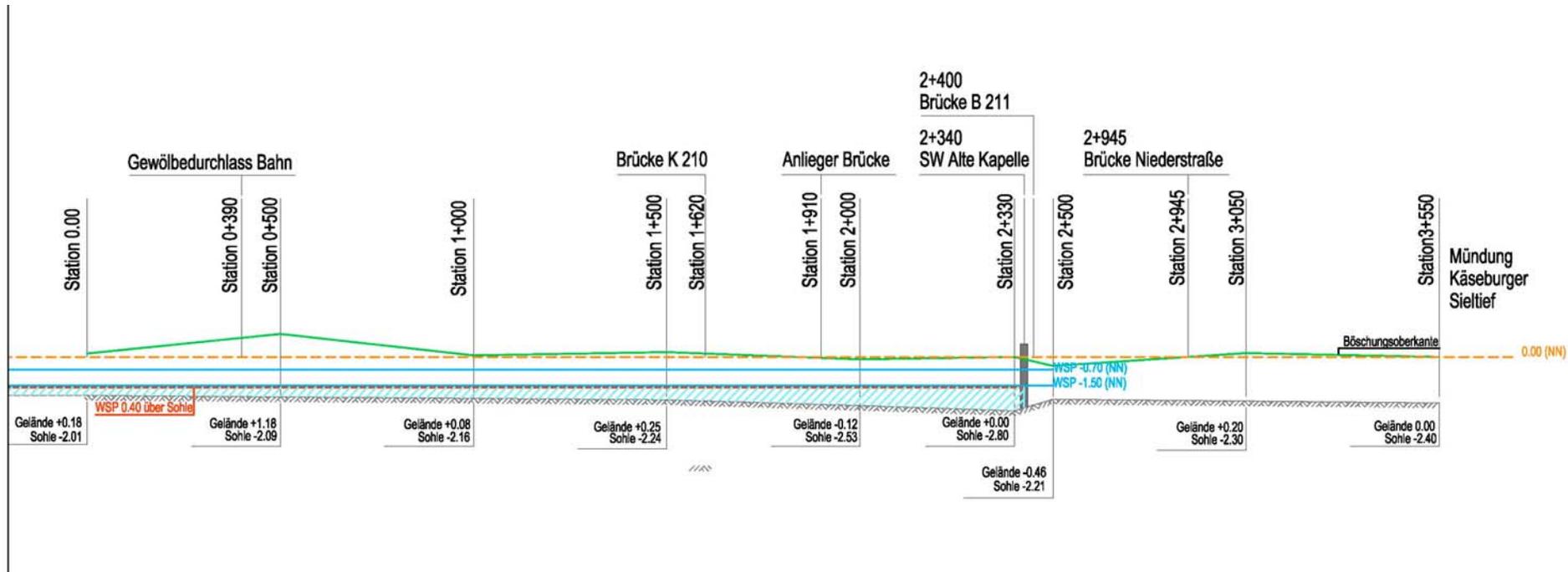
Abb. A 2: Laichzeiten der wertgebenden Fischfauna

		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Indifferente Arten (vorwiegend Krautlaicher)	Hecht		■	■	■	■							
	Aal												
	Gründling					■	■						
	Zander				■	■							
	Flussbarsch			■	■	■	■						
	Plötze		■	■	■	■							
	Brasse					■	■						
	Güster					■	■						
	Aland				■	■	■						
Stillgewässerarten (Krautlaicher)	Rotfeder				■	■							
	Schleie				■	■	■	■	■				
	Karausche					■	■						
	Moderlieschen				■	■	■						
Auenarten (Krautlaicher)	Bitterlinge				■	■	■						
	Steinbeißer				■	■	■						
	Schlammpeitzger				■	■	■						

Anmerkung:

- die Artenliste ist nicht vollständig
- häufige Arten im Käseburger Sieltief
- Arten fehlen im Käseburger Sieltief

Abb. A 3: Altendorfer Moorkanal - Schematische Darstellung Wasserstandslinien



Anmerkung:

- rote Linie entspricht dem geforderten Mindestwasserstand von 0,4 m über Gewässersohle
- blaue Linien entsprechen der aktuellen Schwankungsamplitude

Pilotprojekt Marschgewässer Regionaler Maßnahmenplan für das Käseburger Sieltief

Nutzungen

Braker Sielacht

M. 1 : 25.000

— Einzugsgebiet des Käseburger Sieltiefs

Bauwerke

- Schöpfwerke
- Betondurchlass
- ▲ Brücke
- ▲ Gewölbedurchlass
- Holzkastendurchlass
- Holzspundwand
- PVC-Durchlass
- Spundwandkasten
- ▲ Verlaatbrücke
- Wehr ?

Fließgewässer

- Käseburger Sieltief
- Gewässer II. Ordnung
- Gewässer III. Ordnung

bestehende Flächennutzung

(Datengrundlage: Luftbilder 2004)

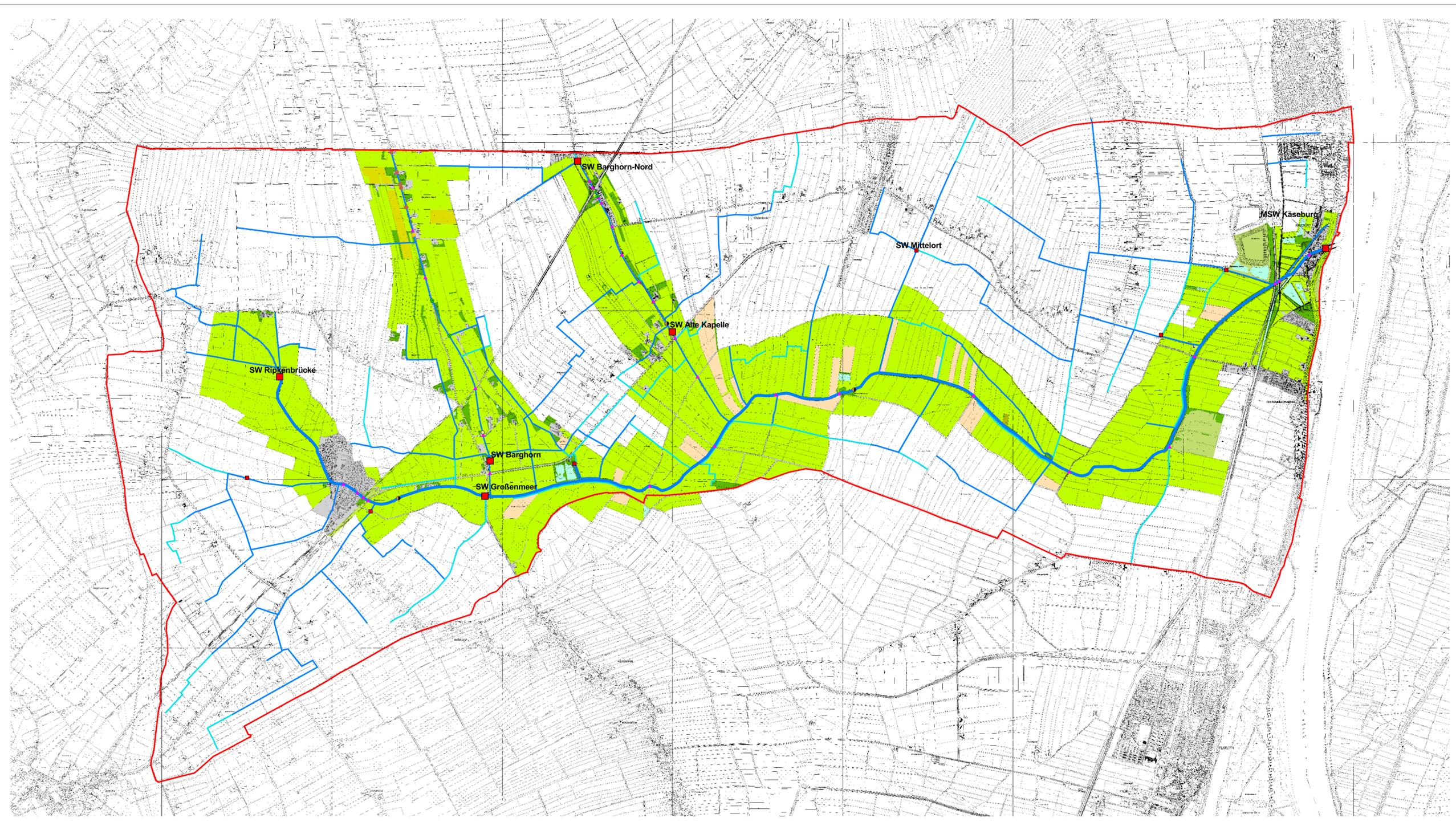
- Grünland
- Acker
- Gehölze
- versiegelte Fläche (Siedlung / Straße etc.)
- Stillgewässer
- vermutlich Torfabbau
- Moor
- Brache

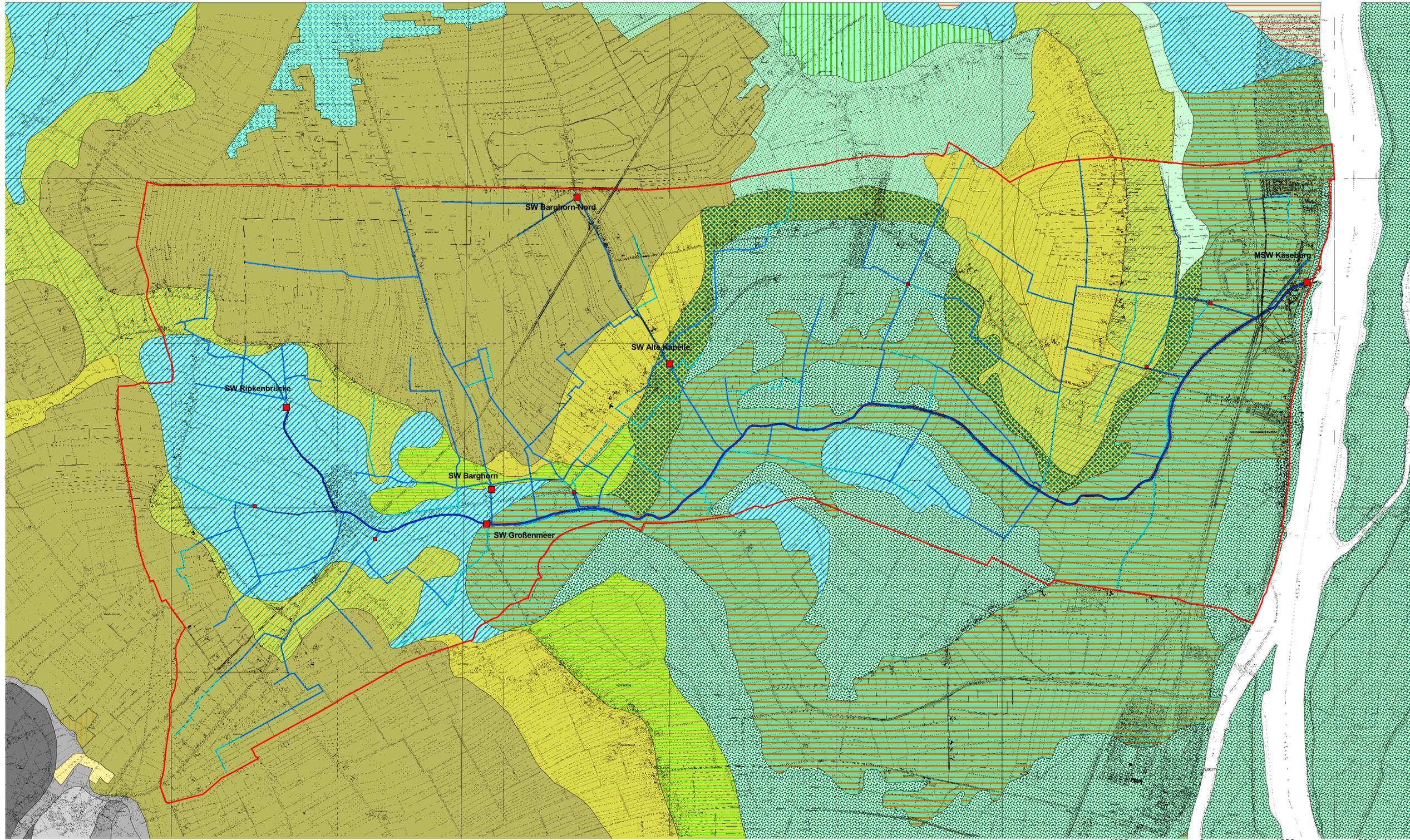
Quelle: NLWKN Brake

Johann Köhler, Martin Sprötge, Gothard Storz Landschaftsarchitekten, Stadtplaner, Ingenieure	Projekt Pilotprojekt Marschgewässer Regionaler Maßnahmenplan für das Käseburger Sieltief		28203 Bremen Rembertstraße 29/30 tel 0421/33752-0 fax 33752-33 email bremen@pgg.de
	Auftraggeber Braker Sielacht		26939 Ovelgönne Klein-Zetel 22 tel 04737/8113-0 fax 8113-29 email frieschenmoor@pgg.de
	Teilvorhaben		internet: www.pgg.de
	Plandarstellung Nutzungen		
Projekt-Nr. 1894	Datum 15.08.2007	Datei Projekt1894 Planentwurf Käseburger-Sieltief_ 07-08-07.gpx	
bearbeitet Sp/Me	Maßstab 1 : 25.000	Plottdatei	
gezeichnet vS	Blatt Karte 1		
geprüft	geändert	Projekt1894 Plott1-S Nutzungsent	



johann köhler
martin sprötge
gothard storz





Pilotprojekt Marschgewässer Regionaler Maßnahmenplan für das Käseburger Sieltief

Bodentypen

Braker Sielacht

M. 1 : 25.000

- Einzugsgebiet des Käseburger Sieltiefs
- Schöpfwerke

Fließgewässer

- Käseburger Sieltief
- Gewässer II. Ordnung
- Gewässer III. Ordnung

Moorböden

- Hochmoor
- Hochmoor mit Deckkulturbodenauflage
- Niedermoor
- Niedermoor mit Flusskleinmarschauflage
- Moormarsch

Marschböden

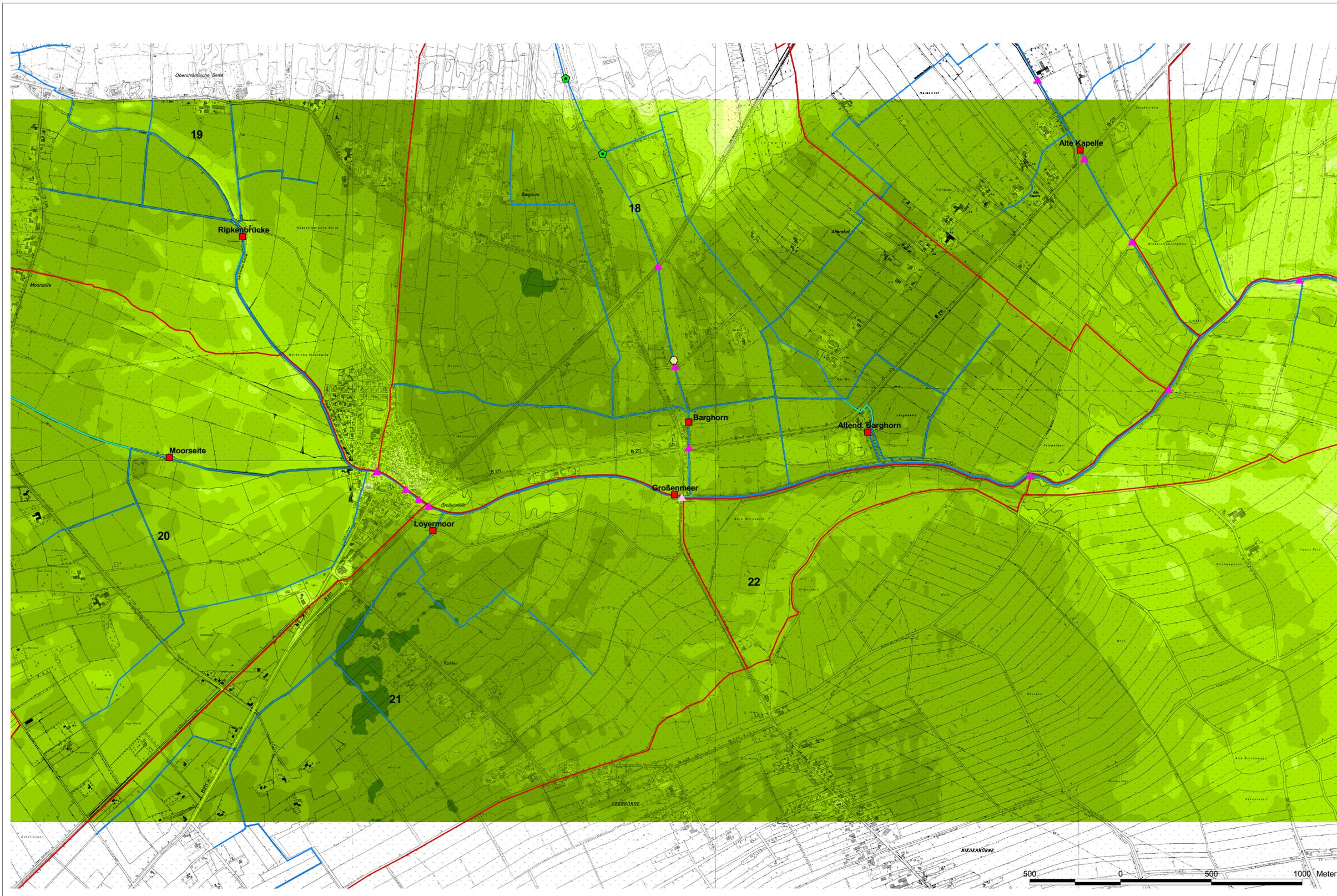
- Flussmarsch, unterlagert von Niedermoor
- Flussmarsch
- Kalkflussmarsch
- Brackmarsch-Seemarsch bzw. -Flussmarsch
- typische Brackmarsch
- Kalkbrackmarsch
- Organomarsch
- Spittmarsch
- knickige Brackmarsch

Sonstige Bodenarten

- Tiefumbruchboden
- Gley, Pseudogley, Podsol

Quelle: NLWKN Brake

johann köhler martin sprötge gothard storz landschaftsarchitekten stadtplaner ingenieure	Projekt Pilotprojekt Marschgewässer Regionaler Maßnahmenplan für das Käseburger Sieltief		28203 bremen rembertstraße 29/30 tel 0421/33752-0 fax 33752-33 email bremen@pgg.de
	Auftraggeber Braker Sielacht		26939 ovelgönne klein-zetel 22 tel 04737/8113-0 fax 8113-29 email frieschenmoor@pgg.de
	Teilvorhaben		internet: www.pgg.de
	Plandarstellung Bodentypen		
Projekt-Nr. 1894	Datum 15.08.2007	Datei Projekt1894 Pläne1-5 Marschgewässer 07.08.08.apr	 johann köhler martin sprötge gothard storz
bearbeitet Sp/Me	Maßstab 1 : 25.000		
gezeichnet vS	Blatt Karte 2	Plottdatei Projekt1894 Pläne1-5 Boden.rt	
geprüft	geändert		



**Pilotprojekt Marschgewässer
 Regionaler Maßnahmenplan
 für das Käseburger Sieltief**
 Höhendaten westl. Einzugsgebiet
 Braker Sielacht

M. 1 : 10.000

18 Meliorationsabteilung mit Nummer

Bauwerke

- Schöpfwerke
- Betondurchlass
- ▲ Brücke
- ▲ Gewölbedurchlass
- ◆ Holzkastendurchlass
- Holzspundwand
- PVC-Durchlass
- ◊ Spundwandkasten
- ▲ Verlaatbrücke

Fließgewässer

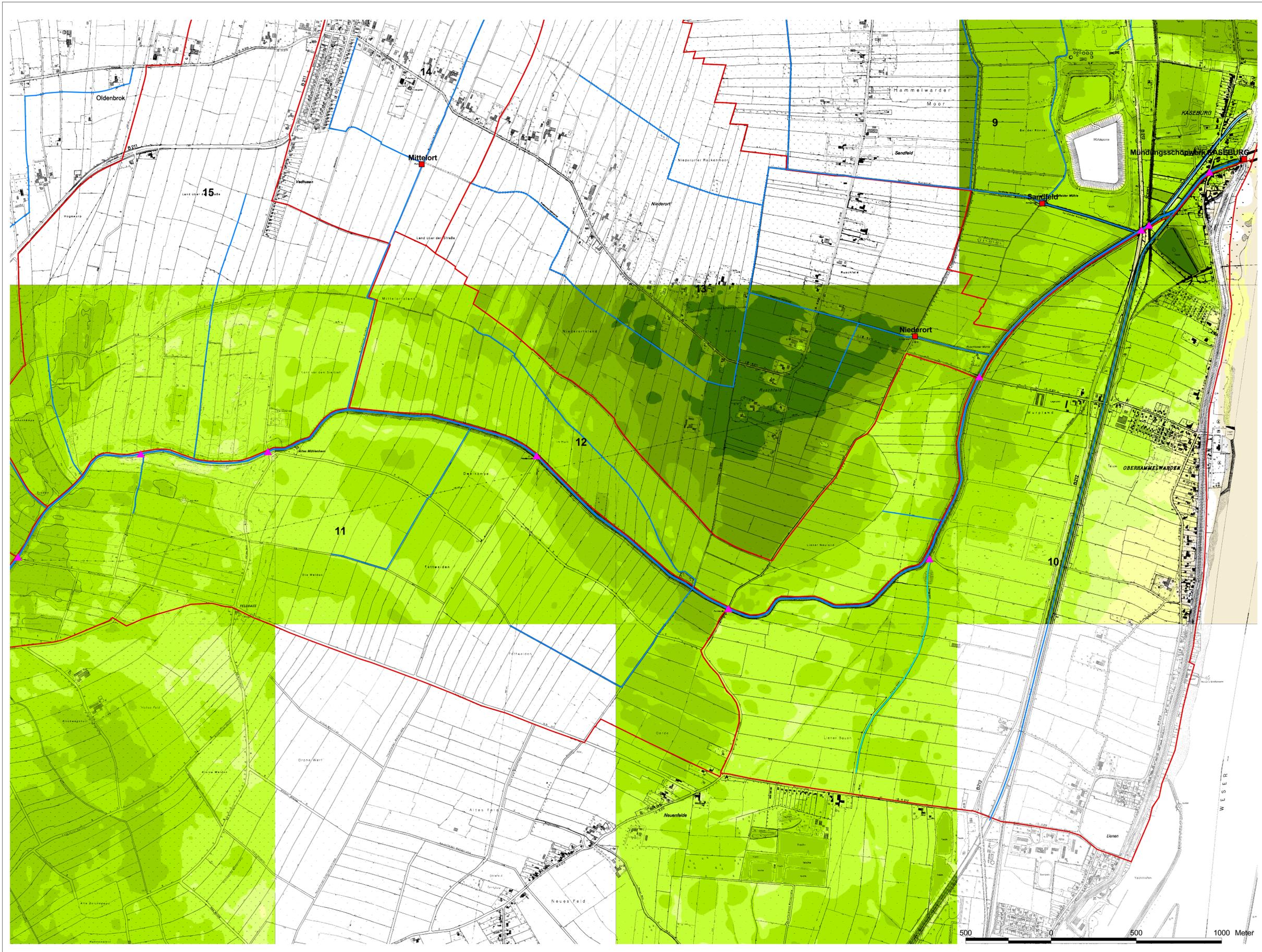
- Käseburger Sieltief
- Gewässer II. Ordnung
- Gewässer III. Ordnung

Geländehöhe in m (NN)

- 2.8 - 4.6
- 2 - 2.8
- 1.2 - 2
- 0.8 - 1.2
- 0.4 - 0.8
- 0 - 0.4
- 0.4 - 0
- 0.8 - -0.4
- 1.2 - -0.8
- 1.7 - -1.2

Quelle: NLWKN Brake

Johann Köhler, Martin Spröge, Gothard Storz Landschaftsarchitekten, Stadtplaner, Ingenieure	Projekt Pilotprojekt Marschgewässer Regionaler Maßnahmenplan für das Käseburger Sieltief		28203 Bremen rembertstraße 29/30 tel 0421/33752-0 fax 33752-33 email bremen@pgg.de
	Auftraggeber Braker Sielacht		26939 Ovelgönne Klein-Zetel 22 tel 04737/8113-0 fax 8113-29 email frieschenmoor@pgg.de
	Teilvorhaben Höhendaten westl. Einzugsgebiet		internet: www.pgg.de
	Plandarstellung Höhendaten westl. Einzugsgebiet	Projekt-Nr. 1894	Datum 23.11.2007
bearbeitet Sp/Me	Maßstab 1 : 10.000	gezeichnet vS	Blatt Karte 3a
geprüft vS	geändert	Plottdatei Projekt1894 Höhendaten Westl. Einzugsgebiet	planungsgruppe grün Johann Köhler Martin Spröge Gothard Storz



Pilotprojekt Marschgewässer Regionaler Maßnahmenplan für das Käseburger Sieltief

Höhendaten östl. Einzugsgebiet

Braker Sielacht

M. 1 : 10.000

18 Meliorationsabteilung mit Nummer

Bauwerke

- Schöpfwerke
- Betondurchlass
- ▲ Brücke
- ▲ Gewölbedurchlass
- ◆ Holzkastendurchlass
- Holzspundwand
- PVC-Durchlass
- ◊ Spundwandkasten
- ▲ Verlaatrücke

Fließgewässer

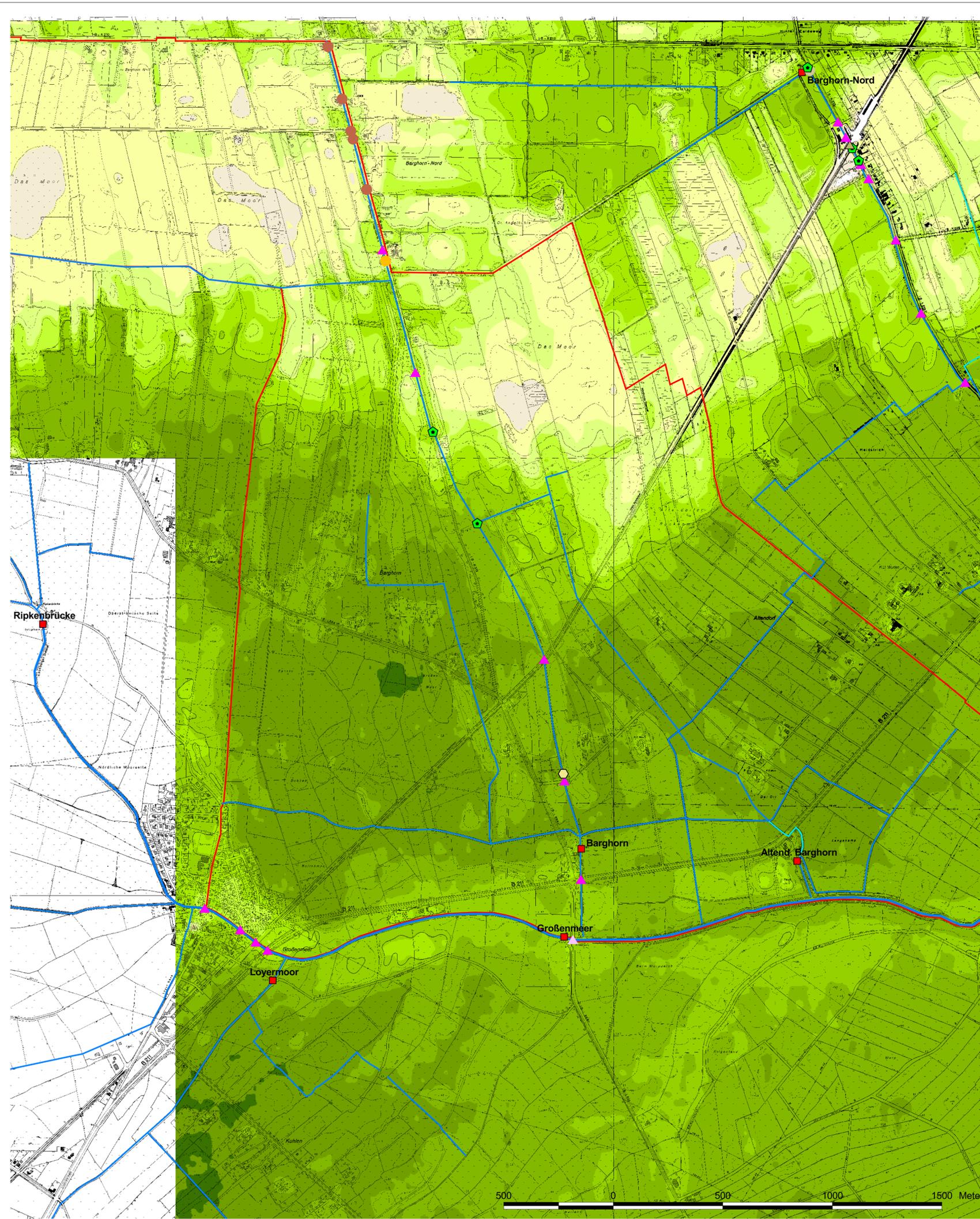
- Käseburger Sieltief
- Gewässer II.Ordnung
- Gewässer III.Ordnung

Geländehöhe in m (NN)

- 2.8 - 4.6
- 2 - 2.8
- 1.2 - 2
- 0.8 - 1.2
- 0.4 - 0.8
- 0 - 0.4
- 0.4 - 0
- 0.8 - -0.4
- 1.2 - -0.8
- 1.7 - -1.2

Quelle: NLWKN Brake

Johann Köhler, Martin Sprötge, Gotthard Storz Landschaftsarchitekten, Stadtplaner, Ingenieure	Projekt Pilotprojekt Marschgewässer Regionaler Maßnahmenplan für das Käseburger Sieltief		28203 Bremen Rembertstraße 29/30 tel 0421/33752-0 fax 33752-33 email bremen@pgg.de 26939 Ovelgönne Klein-Zetel 22 tel 04737/8113-0 fax 8113-29 email frieschenmoor@pgg.de internet: www.pgg.de
	Auftraggeber Braker Sielacht		
	Teilvorhaben		
	Plandarstellung Höhendaten östliches Einzugsgebiet		
Projekt-Nr. 1894	Datum 15.08.2007	Datei	 johann köhler martin sprötge gotthard storz
bearbeitet Sp/Me	Maßstab 1 : 10.000	Projekt-1894 Planer-12 Hohe-12 Karte-1.jpg	
gezeichnet VS	Blatt Karte 3b	Plottdatei	
geprüft	geändert	Projekt-1894 Planer-12 Hohe-12	



Pilotprojekt Marschgewässer Regionaler Maßnahmenplan für das Käseburger Sieltief

Höhendaten Meliorationsabteilung 18

Braker Sielacht

M. 1 : 10.000

18 Meliorationsabteilung 18
Barghorn / Altendorf Barghorn
Größe: 10,6 km²

Bauwerke

- Schöpfwerke
- Betondurchlass
- ▲ Brücke
- ▲ Gewölbedurchlass
- ◻ Holzkastendurchlass
- Holzspundwand
- PVC-Durchlass
- ◻ Spundwandkasten
- ▲ Verlaatbrücke

Fließgewässer

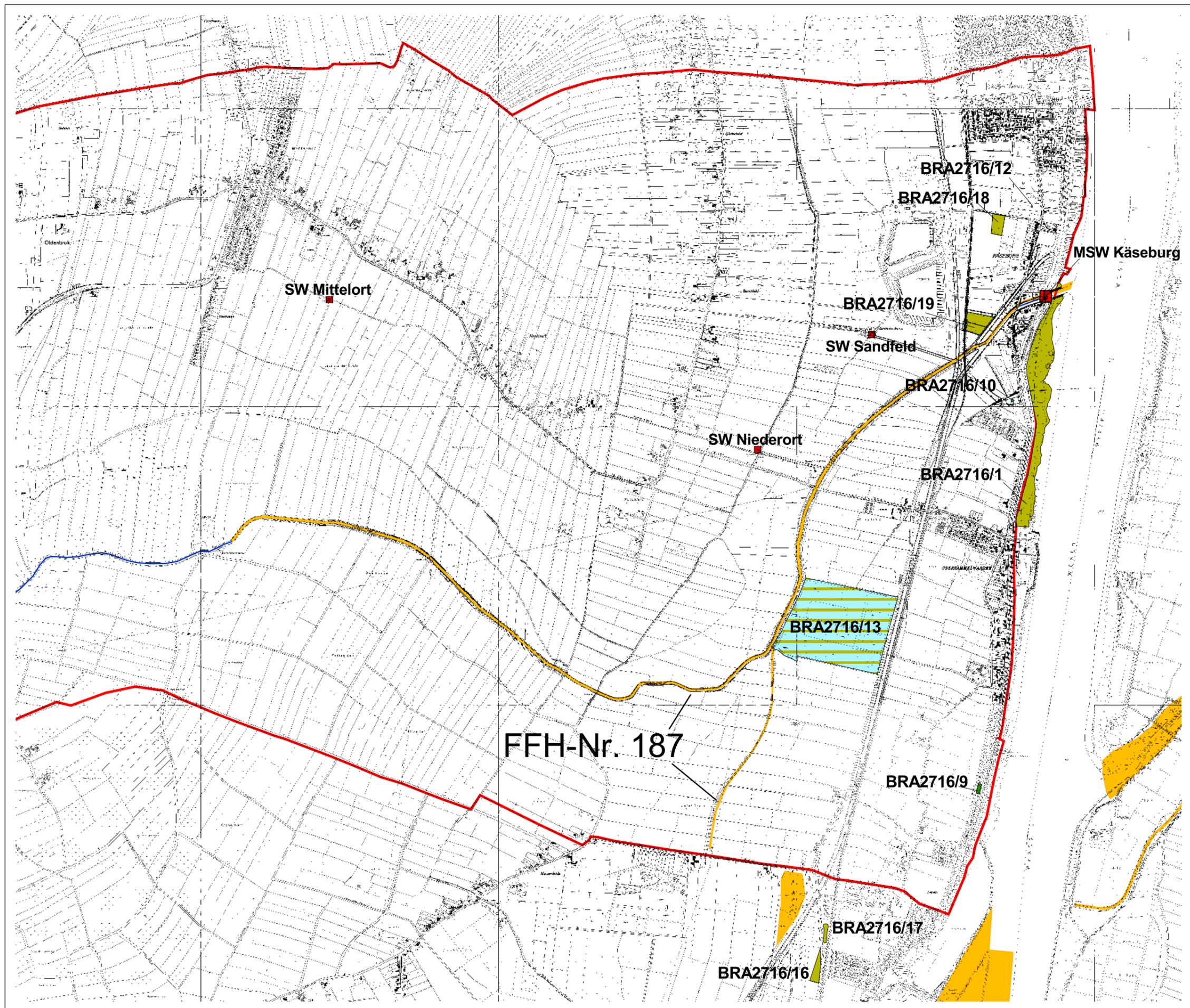
- Käseburger Sieltief
- Gewässer II.Ordnung
- Gewässer III.Ordnung

Geländehöhe in m (NN)

- 2.8 - 4.6
- 2 - 2.8
- 1.2 - 2
- 0.8 - 1.2
- 0.4 - 0.8
- 0 - 0.4
- 0.4 - 0
- 0.8 - -0.4
- 1.2 - -0.8
- 1.7 - -1.2

Quelle: NLWKN Brake

johann köhler martin sprötge gothard storz landschaftsarchitekten stadtplaner ingenieure	Projekt Pilotprojekt Marschgewässer Regionaler Maßnahmenplan für das Käseburger Sieltief		28203 bremen rembertstraße 29/30 tel 0421/33752-0 fax 33752-33 email bremen@pgg.de
	Auftraggeber Braker Sielacht		26939 ovelgönne klein-zetel 22 tel 04737/8113-0 fax 8113-29 email frieschenmoor@pgg.de
	Teilvorhaben		internet: www.pgg.de
	Planerstellung Höhendaten Meliorationsabteilung 18		
Projekt-Nr. 1894	Datum 23.11.2007	Datei Projekt1894/ Planart-2/ Käseburger-Sieltief/ Höhendaten_07-07-17.apr	 johann köhler martin sprötge gothard storz
bearbeitet Sp/Me	Maßstab 1 : 10.000		
gezeichnet vS	Blatt Karte 3c	Plotdatei Projekt1894/ Plot1-3/ Höhendaten-Barghorn.rtf	
geprüft	geändert		



**Pilotprojekt Marschgewässer
Regionaler Maßnahmenplan
für das Käseburger Sieltief**

Schutzgebiete
Braker Sielacht
M. 1 : 25.000

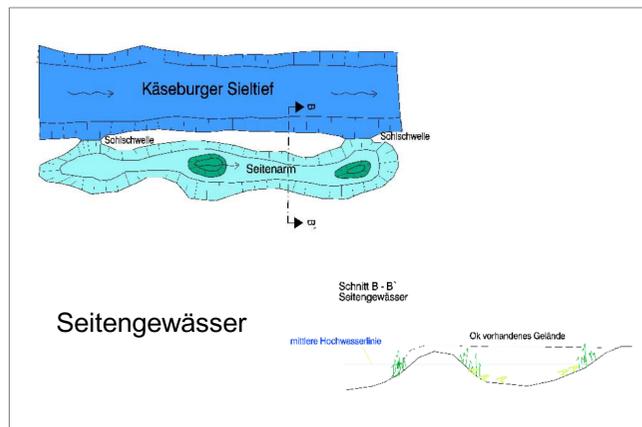
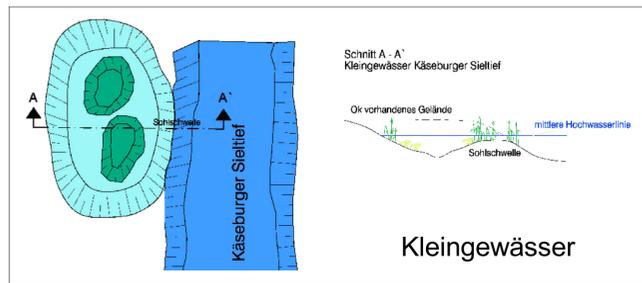
- Einzugsgebiet des Käseburger Sieltiefs
- Schöpfwerke
- Fließgewässer**
- Käseburger Sieltief
- Gewässer II. Ordnung
- Gewässer III. Ordnung

- FFH - Gebiete**
- FFH - Nr. 187
Teichfledermausgewässer im Raum Bremerhaven / Bremen

- geschützte Biotope (§ 28 a NNatG)**
- Auwald (BRA2716/9)
- Naturnahes Kleingewässer (BRA2716/12)
- Naturnahes Kleingewässer, seggenreiche Nasswiese (BRA2716/10)
- Röhricht
- Röhricht, Sumpf

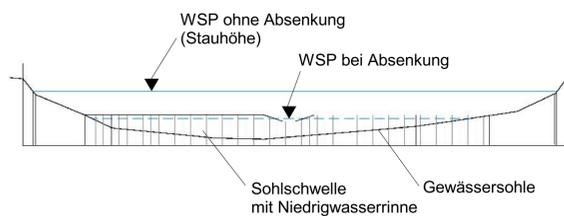
Quelle: NLWKN Brake		Projekt Pilotprojekt Marschgewässer Regionaler Maßnahmenplan für das Käseburger Sieltief		28203 bremen rembertstraße 29/30 tel 0421/33752-0 fax 33752-33 email bremen@pgg.de	
Auftraggeber Braker Sielacht		Teilvorhaben		26939 ovelgönne klein-zettel 22 tel 04737/8113-0 fax 8113-29 email frieschenmoor@pgg.de	
Plandarstellung Schutzgebiete		Projekt-Nr. 1894		Datum 15.08.2007	
Projekt-Nr. 1894		Datum 15.08.2007		Datum 15.08.2007	
bearbeitet Sp/Me		Maßstab 1 : 25.000		Planungsgruppe grün	
gezeichnet VS		Blatt Karte 4		johann kotler martin sprötge gotthard storz	
geprüft		geändert		Planungsgruppe grün	

Klein- und Seitengewässer

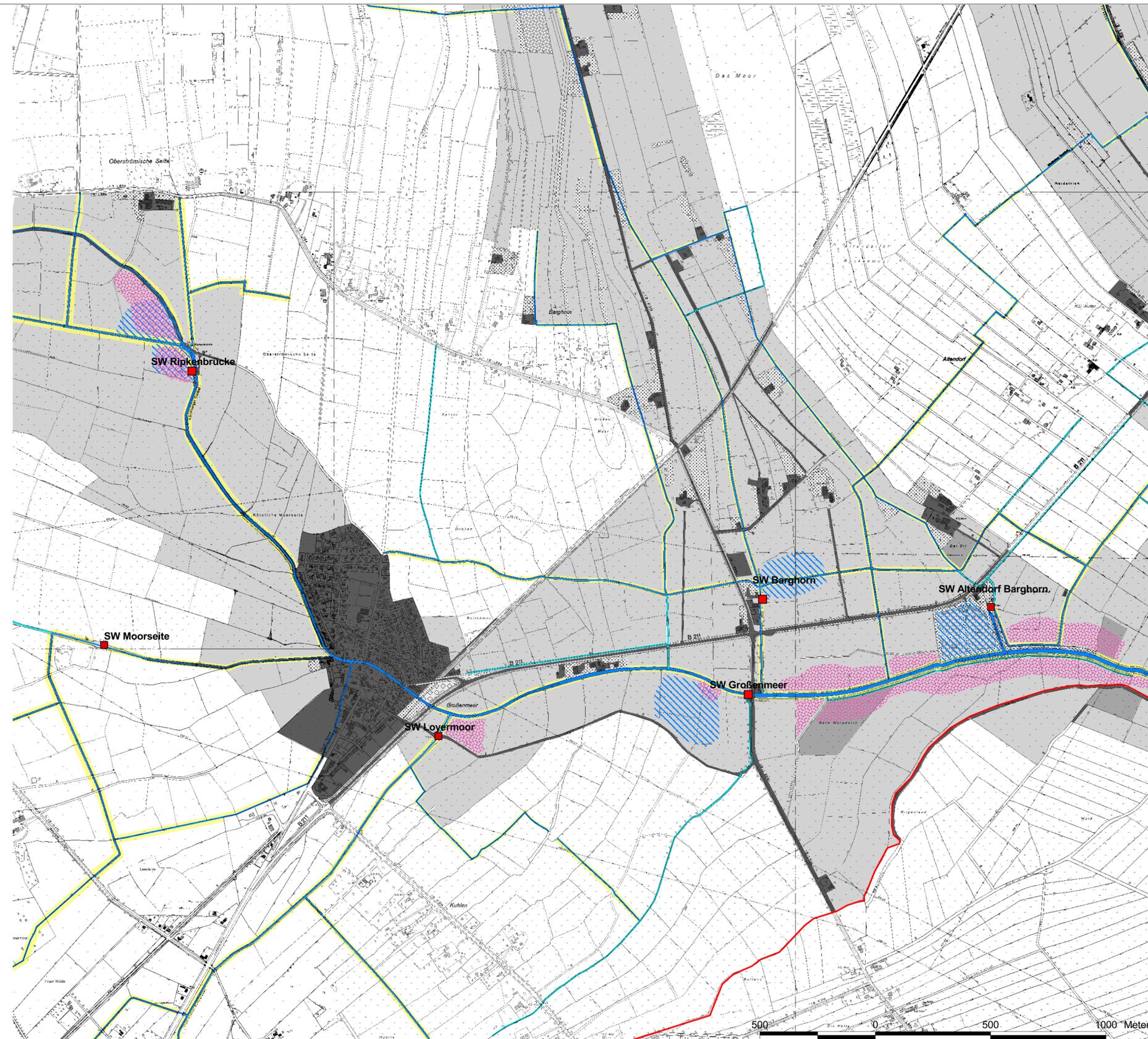


- Abstände: max. 2 km
- Größen zwischen 0,15 ha und 2 ha
- Sohlschwelle ca. 0,2 - 0,3 m unter mittlerem Hochwasser
- mit ausgeprägten Flachufern
- mit frostsicheren Tiefwasserzonen
- ggf. beschattende sporadische Gehölzpflanzungen

Sohlschwellen zur Haltung von Mindestwasserständen



- mind. 4 Sohlschwellen im gesamten Gewässerverlauf
- ca. 0,6 bis 1,0 m über der Gewässersohle
- mit Niedrigwasserrinne (0,5 m breit, 0,25 m hoch)



Pilotprojekt Marschgewässer Regionaler Maßnahmenplan für das Käseburger Sieltief Planung - Oberlauf

Braker Sielacht

M. 1 : 10.000

Generallegende

Hinweis: es sind nicht alle Darstellungen der Legende auf diesem Blatt vorhanden

- Grenze Einzugsgebiet des Käseburger Sieltiefs
 - Schöpfwerke
- bestehende Flächennutzung (Datengrundlage: Luftbilder 2004)
- Grünland
 - Acker
 - Gehölze
 - versiegelte Fläche (Siedlung, Strasse etc.)
 - Stillgewässer
 - Torfabbau
 - Moor
 - Brache

Fließgewässer

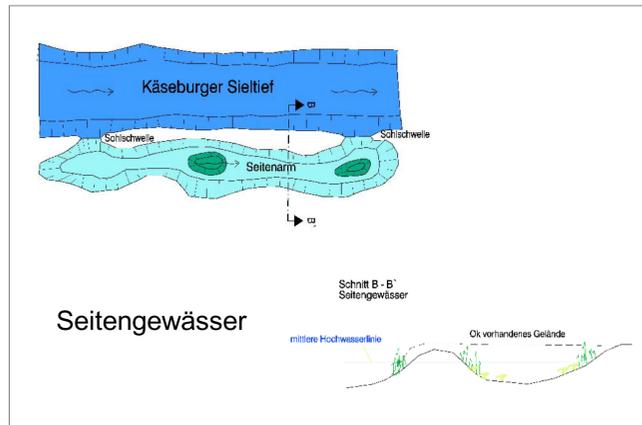
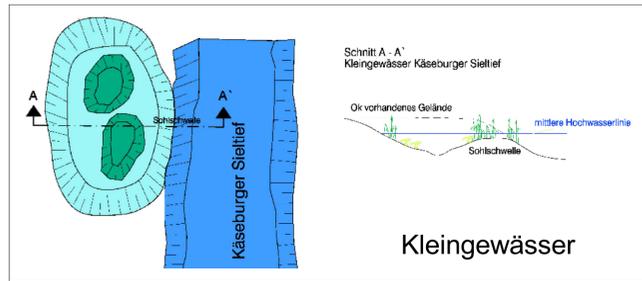
- Käseburger Sieltief
- Gewässer II. Ordnung
- Gewässer III. Ordnung

Maßnahmenplanung

- Suchraum für Klein- und Seitengewässer (günstige Standorte nach Höhenlage)
- Mahlbusen (günstige Standorte)
- Gewässerrandstreifen an Gewässern II. Ordnung
- Sohlschwellen (günstige Standorte)

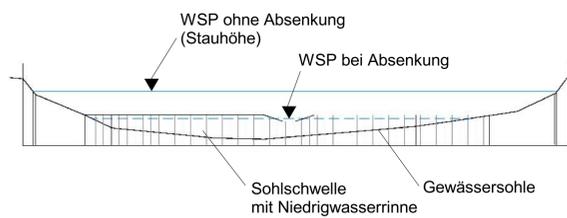
Johann Köhler, Martin Spröge, Gotthard Storz Landschaftsarchitekten, Stadtplaner, Ingenieure	Projekt Pilotprojekt Marschgewässer Regionaler Maßnahmenplan für das Käseburger Sieltief Auftraggeber		28203 Bremen rembertstraße 29/30 tel 0421/33752-0 fax 33752-33 email bremen@pgg.de
	Braker Sielacht		26939 Ovelgönne Klein-Zetel 22 tel 04737/8113-0 fax 8113-29 email frieschenmoor@pgg.de
	Teilvorhaben		internet: www.pgg.de
	Plandarstellung Planung - Oberlauf		
Projekt-Nr. 1894	Datum 15.08.2007	Datei Projekt1894 Plan01-01 Käseburger-Sieltief_01-08-07.rvt	<p>Planungsgruppe grün Johann Köhler Martin Spröge Gotthard Storz</p>
bearbeitet Sp/Me	Maßstab 1 : 10.000	Blatt Karte 5a	
gezeichnet vS	gezeichnet vS	gezeichnet vS	
geprüft	geändert	geändert	

Klein- und Seitengewässer

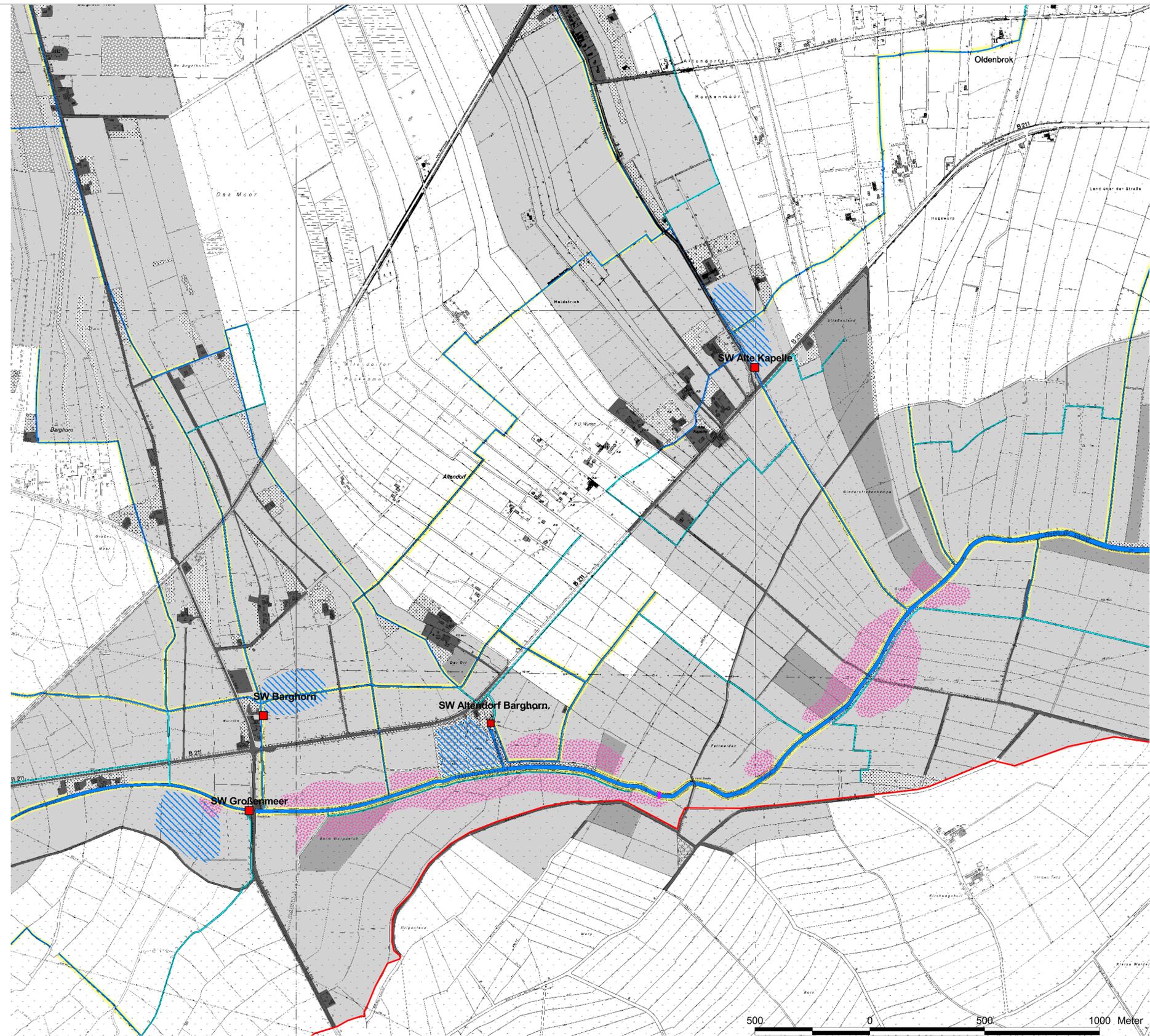


- Abstände: max. 2 km
- Größen zwischen 0,15 ha und 2 ha
- Sohlenschwelle ca. 0,2 - 0,3 m unter mittlerem Hochwasser
- mit ausgeprägten Flachufern
- mit frostsicheren Tiefwasserzonen
- ggf. beschattende sporadische Gehölzpflanzungen

Sohlschwellen zur Haltung von Mindestwasserständen



- mind. 4 Sohlenschwellen im gesamten Gewässerverlauf
- ca. 0,6 bis 1,0 m über der Gewässersohle
- mit Niedrigwasserrinne (0,5 m breit, 0,25 m hoch)



Pilotprojekt Marschgewässer Regionaler Maßnahmenplan für das Käseburger Sieltief Planung - Mittellauf

Braker Sielacht

M. 1 : 10.000

Generallegende

Hinweis: es sind nicht alle Darstellungen der Legende auf diesem Blatt vorhanden

- Grenze Einzugsgebiet des Käseburger Sieltiefs
 - Schöpfwerke
- bestehende Flächennutzung
(Datengrundlage: Luftbilder 2004)
- Grünland
 - Acker
 - Gehölze
 - versiegelte Fläche (Siedlung, Strasse etc.)
 - Stillgewässer
 - Torfabbau
 - Moor
 - Brache

Fließgewässer

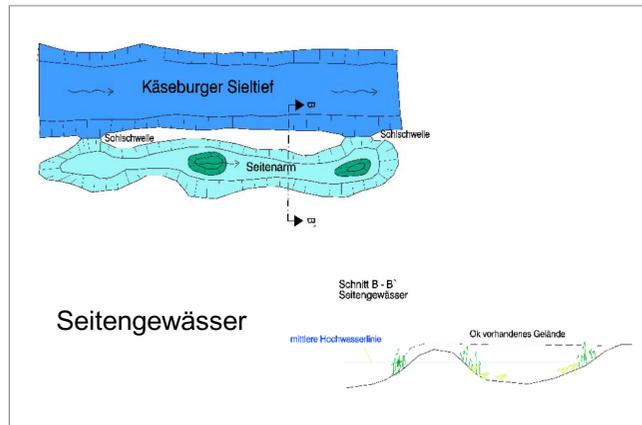
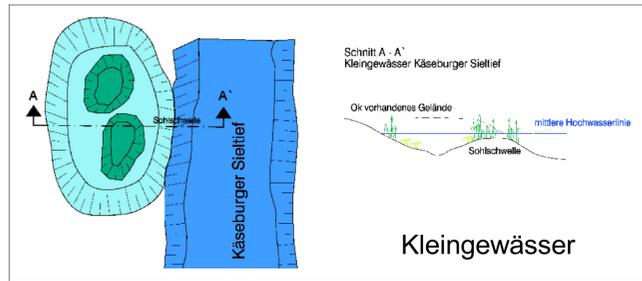
- Käseburger Sieltief
- Gewässer II. Ordnung
- Gewässer III. Ordnung

Maßnahmenplanung

- Suchraum für Klein- und Seitengewässer (günstige Standorte nach Höhenlage)
- Mahlbussen (günstige Standorte)
- Gewässerrandstreifen an Gewässern II. Ordnung
- Sohlenschwellen (günstige Standorte)

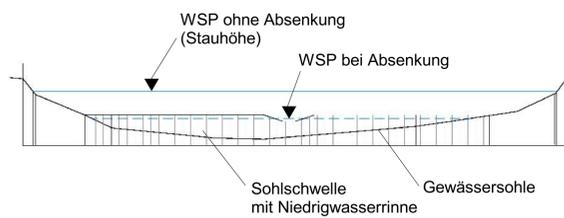
Johann Köhler, Martin Sprötge, Gothard Storz Landschaftsarchitekten, Stadtplaner, Ingenieure	Projekt Pilotprojekt Marschgewässer Regionaler Maßnahmenplan für das Käseburger Sieltief Auftraggeber		28203 Bremen rembertstraße 29/30 tel 0421/33752-0 fax 33752-33 email bremen@pgg.de
	Braker Sielacht		26939 Ovelgönne Klein-Zetel 22 tel 04737/8113-0 fax 8113-29 email frieschenmoor@pgg.de
	Teilvorhaben		internet: www.pgg.de
	Plandarstellung Planung - Mittellauf		
Projekt-Nr. 1894	Datum 15.08.2007	Datei Projekt1894 Planung_Sp_Me Käseburger-Sieltief_07-08-08.gpr	<p>Planungsgruppe grün johann köhler martin sprötge gothard storz</p>
bearbeitet Sp/Me	Maßstab 1 : 10.000	Blatt Karte 5b	
gezeichnet vS	Blatt Karte 5b	Plottedatei Projekt1894 Planung-Karte-5b.rtf	
geprüft	geändert		

Klein- und Seitengewässer

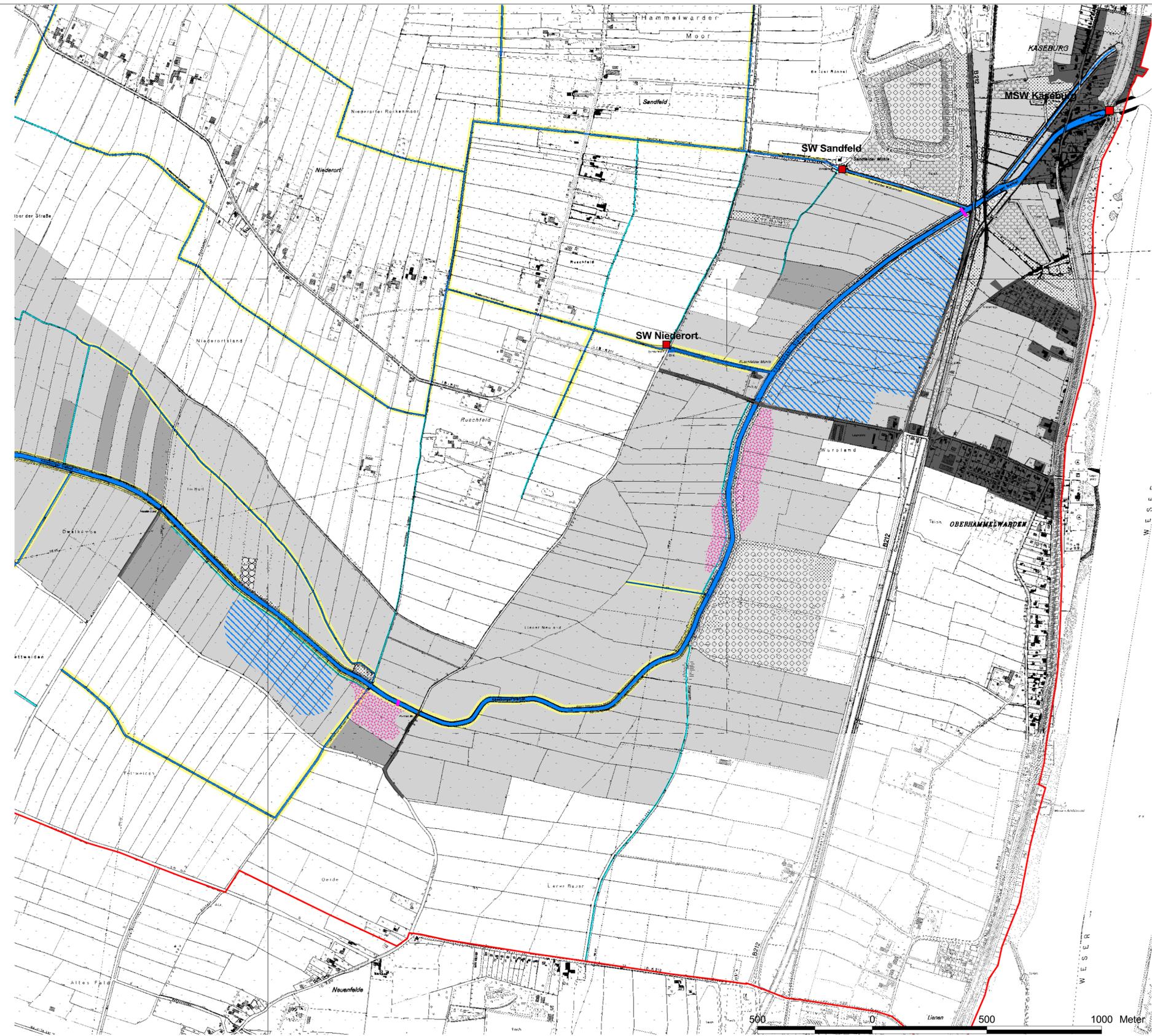


- Abstände: max. 2 km
- Größen zwischen 0,15 ha und 2 ha
- Sohlschwelle ca. 0,2 - 0,3 m unter mittlerem Hochwasser
- mit ausgeprägten Flachufern
- mit frostsicheren Tiefwasserzonen
- ggf. beschattende sporadische Gehölzpflanzungen

Sohlschwellen zur Haltung von Mindestwasserständen



- mind. 4 Sohlschwellen im gesamten Gewässerverlauf
- ca. 0,6 bis 1,0 m über der Gewässersohle
- mit Niedrigwasserrinne (0,5 m breit, 0,25 m hoch)



Pilotprojekt Marschgewässer Regionaler Maßnahmenplan für das Käseburger Sieltief Planung - Unterlauf

Braker Sielacht

M. 1 : 10.000

Generallegende

Hinweis: es sind nicht alle Darstellungen der Legende auf diesem Blatt vorhanden

- Grenze Einzugsgebiet des Käseburger Sieltiefs
 - Schöpfwerke
- bestehende Flächennutzung
(Datengrundlage: Luftbilder 2004)
- Grünland
 - Acker
 - Gehölze
 - versiegelte Fläche (Siedlung, Strasse etc.)
 - Stillgewässer
 - Torfabbau
 - Moor
 - Brache

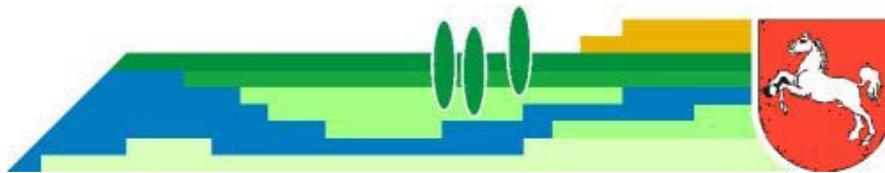
Fließgewässer

- Käseburger Sieltief
- Gewässer II. Ordnung
- Gewässer III. Ordnung

Maßnahmenplanung

- Suchraum für Klein- und Seitengewässer (günstige Standorte nach Höhenlage)
- Mahlbusen (günstige Standorte)
- Gewässerrandstreifen an Gewässern II. Ordnung
- Sohlschwellen (günstige Standorte)

Johann Köhler, Martin Spröge, Gothard Storz Landschaftsarchitekten, Stadtplaner, Ingenieure	Projekt Pilotprojekt Marschgewässer Regionaler Maßnahmenplan für das Käseburger Sieltief		28203 Bremen rembertstraße 29/30 tel 0421/33752-0 fax 33752-33 email bremen@pgg.de
	Auftraggeber Braker Sielacht		26939 Ovelgönne Klein-Zetel 22 tel 04737/8113-0 fax 8113-29 email frieschenmoor@pgg.de
	Teilvorhaben		internet: www.pgg.de
	Plandarstellung Planung - Unterlauf		
Projekt-Nr. 1894	Datum 15.08.2007	Datei Projekt1894 Planungsplan Käseburger-Sieltief_07-08-07.rvt	<p>Planungsgruppe grün Johann Köhler Martin Spröge Gothard Storz</p>
bearbeitet Sp/Me	Maßstab 1 : 10.000	Blatt Karte 5c	
gezeichnet vS	gezeichnet Karte 5c	Blatt Karte 5c	
geprüft	geändert	gezeichnet Planung-Karte-5c.rvt	



Pilotprojekt Marschgewässer

**Hydraulische Untersuchungen
am Käseburger Sieltief**

Hydraulische Untersuchungen am Käseburger Sieltief

Inhaltsverzeichnis

1	ANLASS UND AUFGABENSTELLUNG	4
2	GRUNDLAGEN.....	5
2.1	BESCHREIBUNG DES EINZUGSGEBIETES.....	5
2.2	ALLGEMEINE BESCHREIBUNG DES TIDEBEEINFLUSSTEN ABFLUSSGESCHEHENS	6
2.2.1	<i>Funktionsweise</i>	6
2.2.2	<i>Abflüsse, Speicherraum und Sielzugverhältnisse im Käseburger Sieltief</i>	7
2.2.3	<i>Mündungsschöpfwerk Käseburg.....</i>	9
2.3	BEMESSUNGSABFLÜSSE.....	9
2.4	STATIONIERUNG	11
2.5	GERINNEGEOMETRIE.....	11
3	HYDRAULISCHE BERECHNUNG	11
3.1	IST-ZUSTAND.....	12
3.2	VARIANTE 1	15
3.3	VARIANTE 2	16
3.4	VARIANTE 3	17
3.5	VARIANTE 4	18
4	SPEICHERRAUMBETRACHTUNG	19
4.1	BERECHNUNGSGRUNDLAGEN	20
4.2	WASSERWIRTSCHAFTLICHE AUSWIRKUNGEN DES ZIELWASSERSTANDES VON NN -1,00M.....	20
4.3	STEUERUNGSOPTIMIERUNG DURCH AUTOMATISIERUNG	24
5	BETRACHTUNG DER NEBENGEWÄSSER	25
5.1	OBERLAUF KÄSEBURGER SIELTIEF	26
5.2	BARGHORNER ZUGGRABEN.....	26
5.3	ALTENDORFER MOORKANAL.....	27
	ZUSAMMENFASSUNG	27

Anlagen

Anlage 1: Übersichtsplan 1:25.000

Anlage 2: hydraulische Längsschnitte

Anlage 3: Ergebnislisten hydraulische Berechnung

Anlage 4: Abflussermittlung aus Sielzugmengen, NLWK 2004

Anlage 5: Speicherkennlinien und Abflusskurven

Stand 15.08.2007

Aufgestellt:

Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
-Betriebsstelle Brake - Oldenburg-

im August 2007



Knuth
(Bearbeiter)



Vollmerding
(Aufgabenbereichsleiter)

1 ANLASS UND AUFGABENSTELLUNG

Im Rahmen des vom Niedersächsischen Umweltministerium geförderten Pilotprojektes „Marschgewässer“ wurden in der bis Ende 2006 abgeschlossenen Phase I die Defizite an den Untersuchungsgewässern ermittelt und Maßnahmenvorschläge daraus abgeleitet [ARGE WRRL, 2006]. In der Phase II sollen vor allem die Entwicklung von kosten- und nutzenorientierten Maßnahmen und modellhaften Bewirtschaftungsplänen erfolgen.

Als ein wesentliches Defizit zur Erreichung des ökologisch guten Potenzials in den Marschgewässern wurden die starken Wasserstandsschwankungen genannt. So werden während der Vegetationsperiode oftmals sehr hohe Wasserstände im Vorflutersystem gehalten, während im Winterhalbjahr die Entwässerung der Flächen durch möglichst niedrige Wasserstände in den Gewässern erfolgen soll. Die Änderung der Wasserstände ist dabei stark von der Tidesituation und dem dadurch möglichen Sielzug abhängig.

Am Beispiel des Käseburger Sieltiefs (Landkreis Wesermarsch) und seinen beiden WRRL-Nebengewässern Altendorfer Moorkanal und Barghorner Zuggraben sollen in Phase II Planungen und Berechnungen zur Optimierung des Wasserstandsmanagements in Sinne der ökologischen Zielvorgaben durchgeführt werden. Vorab steht hierbei die Beschreibung des vorhandenen Systems aus Hauptvorflutern, Nebengewässern, Unter- und Mündungsschöpfwerken sowie der derzeitigen Betriebsweise.

Die Abbildung der Wasserstandsänderungen während des Sielschlusses und während des Sielzuges erfolgt vereinfacht mit Hilfe einer Speicherkennlinie des Käseburger Sieltiefs. Zuflüsse in den Speicher (z.B. durch Unterschöpfwerke) und Abflüsse aus dem Speicher (Sielzug, Mündungsschöpfwerk) werden über einen längeren Zeitraum simuliert bzw. bilanziert. Dadurch können unter Annahme idealisierter Bedingungen die Wasserstandsverläufe während des Sielschlusses und während des Sielzuges für verschiedene Abflüsse berechnet werden. Auch die Auswirkungen verschiedener Steuerungsvorgaben für die Unterschöpfwerke und das Mündungsschöpfwerk können mit diesem vereinfachten Ansatz abgeschätzt werden.

Durch die geplanten Maßnahmen (Seitengewässer, Mahlbusen) ergibt sich ein größeres Speichervolumen im Käseburger Sieltief. Nach der Vorgabe einer aus ökologischer Sicht einzuhaltenden Wasserstandsamplitude kann der erforderliche Speicherraum ermittelt und Vergleichsrechnungen zwischen Planungszustand und Ist-Zustand vorgenommen werden.

Ein weiterer Schwerpunkt der hydraulischen Untersuchungen ist die Ermittlung der derzeitigen Leistungsfähigkeit des Käseburger Sieltiefs und der Schöpfwerksleistungen im Hochwasserfall. Diese stellen eine wichtige Randbedingung dar, da die Hochwassersicherheit durch die geplanten Maßnahmen und Entwicklungen nicht verschlechtert werden soll. In einem weiteren Schritt werden die Auswirkungen unterschiedlicher Bewuchsszenarien auf die heutige Abflusssituation untersucht. Hierbei wird davon ausgegangen, dass durch eine ausgeglichene Wasserstandssituation Pflanzenwachstum im Gewässer möglich wäre.

Im Zuge der Projektbearbeitung wurde als eine Maßnahme zur Verhinderung des vollständigen Trockenfallens des Sieltiefs die Errichtung von Sohlschwellen angedacht. Deren Einfluss auf die Wasserstände wird ebenfalls berechnet.

Weitere Maßnahmen, die zur Speicherraumvergrößerung beitragen bzw. aus ökologischen Gründen sinnvoll sind, werden im Hinblick auf die Abflusssituation qualitativ beschrieben.

Die Untersuchungen konzentrieren sich auf den Abschnitt des Käseburger Sieltiefs zwischen dem Unterschöpfwerk Großenmeer und dem Mündungsschöpfwerk Käseburg. Einerseits liegt für diesen Abschnitt die beste Datenbasis (Querprofile, Wasserstandsaufzeichnungen, Abflussmessungen) zugrunde, andererseits sind hier die komplexesten Bedingungen für das Wasserstandsmanagement gegeben. Neben den Zuflüssen aus den frei entwässernden Gebieten und den Unterschöpfwerken sind die Wasserstände dort vorrangig von den Tidewasserständen in der Weser und der Leistung und Betriebsweise des Mündungsschöpfwerkes abhängig. Für die Nebengewässer Altendorfer Moorkanal und Barghorner Zuggraben sowie dem Oberlauf des Käseburger Sieltiefs oberhalb Großenmeer liegen weniger verwertbare Daten vor, so dass für diese Gewässerabschnitte die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen übertragen und qualitativ dargestellt werden.

2 GRUNDLAGEN

2.1 Beschreibung des Einzugsgebietes

Das Einzugsgebiet des Käseburger Sieltiefs befindet sich in der naturräumlichen Region der Watten und Marschen der norddeutschen Tiefebene im Landkreis Wesermarsch. Es erstreckt sich in west-östlicher Richtung vom Geestrand östlich Oldenburgs bis zur Weser zwischen den Städten Elsfleth und Brake. Die Geländehöhen reichen von unter -1,00 mNN bei Oldenbrok-Niederort bis zu knapp über 5,00 mNN bei Barghorn-Nord, wobei die mündungsnahen Gebiete parallel zur Weser höher liegen und die Moorböden im hinteren Einzugsgebiet größtenteils geringere Geländehöhen besitzen. Auf Grund der niedrigen Geländehöhen würde es bereits bei mittleren Tiden (MThw ca. +1,82 mNN) ohne Deiche und Sielbauwerke zu flächigen Überflutungen kommen.

Die Entwässerung des Einzugsgebietes erfolgt aufgrund des sehr geringen Geländegefälles und der geringen Durchlässigkeit der Marschböden über ein dichtes, künstlich angelegtes System von Gräben und größeren Vorflutern, die ins Käseburger Sieltief als Hauptvorfluter einmünden. Durch die niedrigen Geländehöhen der Mooregebiete werden große Teile des Gebietes über Unterschöpfwerke entwässert. Die Wasserstände in den Unterschöpfwerksgebieten liegen demnach unter den Wasserständen im vom Mündungsschöpfwerk gesteuerten Abschnitt des Käseburger Sieltiefs. Der Anteil der über Unterschöpfwerke entwässerten Einzugsgebiete liegt mit ca. 53 km² bei rund 73 % des insgesamt ca. 72 km² großen Gesamtgebietes (siehe Tab. 2).

An der Mündung des Sieltiefs zur Weser befindet sich das Mündungsschöpfwerk Käseburg. Hier erfolgt die Entwässerung zur Weser in Abhängigkeit der Tidewasserstände über freien Sielzug bzw. durch zwei Schöpfwerkspumpen.

Bei den im Modellprojekt behandelten Gewässern handelt es sich um das **Käseburger Sieltief** –unterteilt in den vom Mündungsschöpfwerk beeinflussten Abschnitt zwischen Großenmeer und Weser sowie den Abschnitt in den Unterschöpfwerksgebieten– den **Barghorner Zuggraben** und den **Altendorfer Moorkanal**, beides Gewässer, die bis auf kurze Verbindungsstücke unterhalb der Schöpfwerke vollständig in Unterschöpfwerksgebieten liegen.

2.2 Allgemeine Beschreibung des tidebeeinflussten Abflussschehens

2.2.1 Funktionsweise

Das Mündungsschöpfwerk mit Sielbauwerk in Käseburg wurde 1958 erbaut und hat zwei Sielläufe mit je 5,00 m Breite sowie zwei Schöpfwerkspumpen mit einer Nennleistung von je 6,50 m³/s. Das Käseburger Siel entwässert das gesamte Einzugsgebiet von rd. 72 km². Es hat eine Drenpelhöhe von NN – 2,90 m. Das im Hauptdeich gelegene Sielbauwerk ist mit einem selbsttätig öffnenden und schließenden Stemmtorpaar ausgestattet. Zusätzlich zum Stemmtorpaar ist im Mündungsbauwerk noch ein Hubtor vorhanden, mit dem insbesondere in den Sommermonaten ein Mindestwasserstand im binnen liegenden Sieltief gehalten werden kann. Das Hubtor dient auch zur Regulierung einer Zuwässerung aus der Weser in das Käseburger Sieltief und in das abzweigende Grabensystem.

Das Abflussverhalten des Sieltiefs im freien Sielzug ist ein instationärer Fließvorgang, auf den mehrere Faktoren wirken:

- Abmessungen und Konstruktion des Sielbauwerks,
- Geometrie und hydraulische Eigenschaften des Sieltiefs, Speicherraum, Mahlbussen
- Einzugsgebiet mit Grabensystem und Unterschöpfwerken
- Verlauf des Tidewasserstandes

In Abb. 1 sind die Vorgänge beispielhaft darstellt.

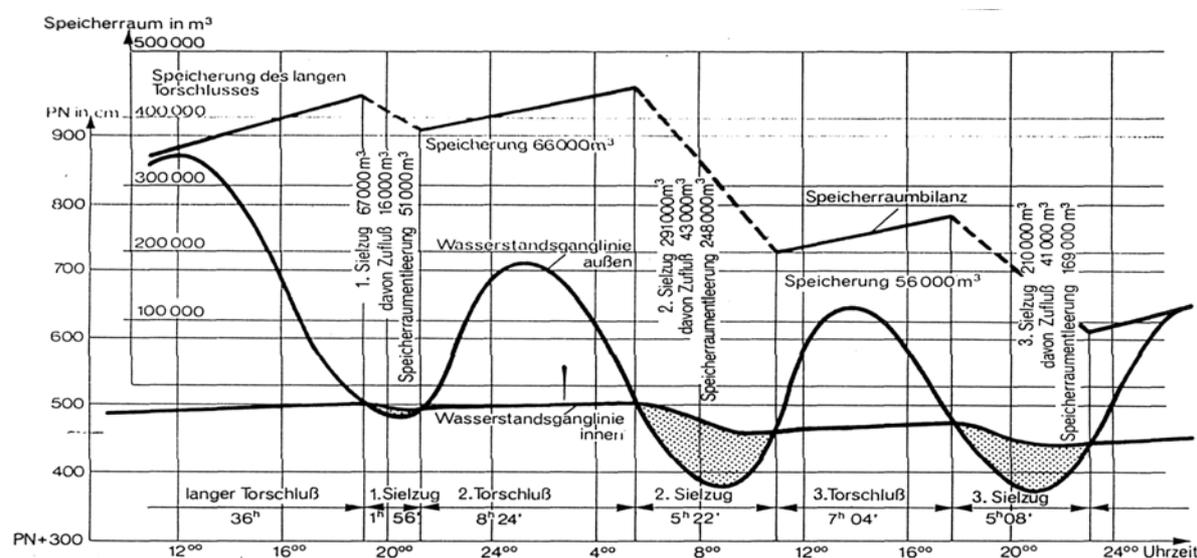


Abb. 1: Sielzug und Speicherraum [aus: ERCHINGER, 1982]

Der Sielzug beginnt, wenn der Binnenwasserstand am Sielbauwerk über dem Außenwasserstand liegt. Dem weiteren Absinken des Außenwasserstands folgt der Binnenwasserstand, bis nach Durchlaufen des Tideniedrigwassers der Außenwasserstand wieder den Wert des Binnenpegels erreicht. Mit dem weiteren Anstieg des Außenwasserstands bricht der Sielzug ab (Kenterpunkt). Während der folgenden Tidehochwasserphase in der Weser steigt der

Binnenwasserstand infolge des Zulaufs aus dem Einzugsgebiet wieder an. Das Sieltief wirkt in der Sielstauphase wie ein Speicherbecken. Der freie Zufluss aus dem Einzugsgebiet und die Pumpmengen aus den Unterschöpfwerks- bzw. Meliorationsgebieten werden im Gewässerstauraum bis zum nächsten Sielzug gespeichert. Die Anstiegsgeschwindigkeit und die Höhe des Binnenwasserstandes sind abhängig vom Zuflussvolumen in der Sielstauphase.

Wenn das Tideniedrigwasser in der Weser nicht unter den Binnenwasserstand im Sieltief fällt, ist kein Sielzug möglich. Ist der Speicherraum im Sieltief infolge sehr hoher Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet oder durch Sperrtiden (kein Sielzug möglich) nicht ausreichend, wird zusätzlich das Mündungsschöpfwerk in Betrieb genommen.

2.2.2 Abflüsse, Speicherraum und Sielzugverhältnisse im Käseburger Sieltief

Der gesamte Gewässerstauraum im Käseburger Sieltief zwischen NN - 0,20 m (Höchstwasserstand Sommer) und NN -2,00 m beträgt rd. 800.000 m³, einschl. der Nebengewässer bis zu den Unterschöpfwerken und einschl. des Oberhammelwarder Tiefs.

Das Volumen wurde durch die Auswertung von Sielzugmessungen vom damaligen Wasserwirtschaftsamt Brake bzw. nachfolgend vom Geschäftsbereich III des NLWKN Betriebsstelle Brake-Oldenburg ermittelt. Eine im Rahmen der hydraulischen Berechnung durchgeführte Vergleichsermittlung auf Grundlage der Querprofile bestätigte die ermittelte Volumenkennlinie.

In Abhängigkeit vom Binnenwasserstand und vom Tideverlauf bzw. vom Tideniedrigwasserstand in der Unterweser gibt es hinsichtlich der Dauer der Sielstau- und Sielzugphase am Sielbauwerk große Schwankungen. Die Sielzugdauer hat eine Spanne von wenigen Minuten bis zu 3,5 Stunden.

Beim Betrieb des Käseburger Sieles sind zu unterscheiden:

- a) Ein Sielzug ist möglich, da der Tidewasserstand unter den Binnenwasserstand abfällt. Der Sielzug verläuft normal und ungedrosselt.
- b) Ein Sielzug ist möglich, wird jedoch durch Steuerung des Hubtores gedrosselt oder wird ganz unterbunden.
- c) Ein Sielzug ist unmöglich, da der Tidewasserstand am Siel nicht unter den Binnenwasserstand im Käseburger Sieltief abfällt.

In Phasen mit hohen Abflüssen wird der Sielzug voll ausgenutzt, um für die folgende im Mittel 9 bis 10 Stunden dauernde Sielstauphase einen möglichst großen Speicherraum vorhalten zu können. Durch die optimale Nutzung des Speicherraumes und der Sielzüge können die Pumpkosten des Mündungsschöpfwerkes Käseburg reduziert werden.

Im Sommerhalbjahr wird ein großer Teil der Sielzüge verhindert, da ansonsten der Wasserstand zu stark abgesenkt würde. Gemäß KUNZ (1975) wurden im Sommerhalbjahr 1973 lediglich 26 % der möglichen Sielzüge voll ausgenutzt. 11,5 % wurden zur Bewässerung verwendet, 62,5 % verhindert oder gedrosselt. Im Winterhalbjahr wurden nur rd. 20 % der möglichen Sielzüge verhindert oder gedrosselt. Die Ergebnisse gemessener Sielzüge sind in folgender Tabelle dargestellt.

Tab. 1: Gemessene Sielzüge Käseburger Sieltief

lfd. Nr.	Datum	Sielzugvolumen	BThw zu Sielzugbeginn	BTnw Ke	hm mittlere Wassertiefe	Bemerkung
		m ³	m NN	m NN	m	
1	23.03.1992	290.183	-0,26	-0,87	2,20	zwei Sielläufe
2	24.03.1992	198.899	-0,68	-1,18	1,89	zwei Sielläufe
3	25.03.1992	121.596	-1,08	-1,40	1,57	zwei Sielläufe
4	26.03.1992	65.307	-1,22	-1,38	1,57	ein Siellauf
5	09.04.1992	51.829	-1,42	-1,58	1,36	ein Siellauf
6	27.01.1993	278.961	-0,34	-0,88	2,15	zwei Sielläufe
7	20.04.1993	95.386	-1,08	-1,38	1,59	zwei Sielläufe
8	18.11.1996	56.874	-1,32	-1,48	1,48	ein Siellauf

Aus insgesamt 126 Abflussmengen wurde vom NLWKN (2004) eine Sielzugformel ermittelt. Mit dieser Sielzugformel kann anhand des Sielzugfalls und der mittleren Wassertiefe im Sielbauwerk die Sielzugmenge berechnet werden.

$$V_z = 22,561 \cdot H_z \cdot h_m \quad (\text{Sielzugmenge})$$

$$H_z = BThw - Ke \quad (\text{Sielzugfall}) \text{ in cm}$$

$$H_m = \text{mittlere Wassertiefe über Drenpelhöhe im Sielbauwerk in cm}$$

Einen Sonderfall stellen Phasen der Zuwässerung dar. Zum Einlass von Wasser aus der Weser in das binnenseitige Grabensystem werden die Stemmtore festgesetzt. Durch Steuerung des Hubtores im Sielbauwerk kann in der Tidehochwasserphase das erforderliche Zuwässerungsvolumen in das Käseburger Sieltief eingelassen werden. Um das Wasser aus dem Käseburger Sieltief in die seitlich angeschlossenen Gebiete einleiten zu können, ist ein möglichst hoher Wasserstand im Käseburger Sieltief erforderlich. Die Steuerung dieser Vorgänge wird vom Sielwärter vor Ort in Abhängigkeit von den Tideverhältnissen vorgenommen.

Die Binnenwasserstände unterliegen kurzfristigen, aus dem Sielzug oder Pumpbetrieb resultierenden Schwankungen sowie jahreszeitlichen Schwankungen, die sich aus den wasserwirtschaftlichen Anforderungen des Einzugsgebietes ergeben.

Mittlerer Binnenwasserstand MW: NN - 1,16 m (Käseburger Sieltief, Abflussjahr 1993)

Mittleres Tideniedrigwasser MTnw NN - 1,81 m (Pegel Brake Unterweser, Zeitreihe 1996-2005)

Der Wert für den Binnenwasserstand gilt für den Pegel am Mündungsbauwerk in Käseburg. Dabei ist zu beachten, dass sich der Wasserstand im Käseburger Sieltief auch entlang der Fließstrecke ändert. Während des Sielzuges bzw. Pumpbetriebes stellt sich ein Gefälle in Richtung Mündungsbauwerk ein (siehe auch Kap. 3). Durch instationäre Fließvorgänge ist die Absenkung in Siel- bzw. Schöpfwerksnähe besonders stark. Hier kann ein ausreichend großer Mahlbussen dämpfend wirken.

2.2.3 Mündungsschöpfwerk Käseburg

Das Mündungsschöpfwerk Käseburg hat eine mittlere Förderleistung von 13,00 m³/s, aufgeteilt auf zwei Propellerpumpen mit je 6,5 m³/s. Bezogen auf das Einzugsgebiet von 72 km² ergibt sich eine Abflussspende von 180 l/s*km². Das Mündungsschöpfwerk ist so ausgelegt, dass der Zufluss auch bei vollem Betrieb der Unterschöpfwerke beherrscht werden kann (siehe Kap. 2.3). Die maximale Förderhöhe beträgt nach Angaben der Braker Sielacht rd. 3,10 m. Steigt der Wasserstand in der Weser höher, muss der Pumpbetrieb solange eingestellt werden, bis der Tidewasserstand wieder unter diesen Wert fällt. In dieser Phase muss der Zufluss aus dem Einzugsgebiet im Käseburger Sieltief gespeichert werden. (siehe Kap. 4). Im Normalfall erfolgt die Entwässerung durch freien Sielzug. Um Pumpkosten zu sparen, wird das Mündungsschöpfwerk nur eingesetzt, wenn der freie Sielzug nicht ausreicht.

2.3 Bemessungsabflüsse

Die hydraulische Auslegung der Schöpfwerke und Gewässerabschnitte erfolgt in der Regel auf die maßgebliche Hochwassersituation. Im Gegensatz zu natürlich entwässernden Einzugsgebieten, in denen allgemein ein Hochwasserereignis mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von einmal in hundert Jahren zu Grunde gelegt wird, muss bei den künstlich entwässerten Gebieten der Marschen eine andere Vorgehensweise gewählt werden.

Im Fall des Käseburger Sieltiefs mit dem größtenteils über Unterschöpfwerke entwässerten Einzugsgebiet ist der Abfluss im Gewässer selber vorrangig vom Zufluss aus den Unterschöpfwerken abhängig. Hierbei ist die tatsächliche Niederschlagsmenge bzw. Abflussspende im Hochwasserfall in den Meliorationsgebieten unbedeutend, da aus den Unterschöpfwerksgebieten nur die der Pumpenleistung entsprechende Menge ins Käseburger Sieltief geleitet werden kann. Eine Entwässerung durch die teilweise vorhandenen Freifluten wird im Hochwasserfall und bei hohen Wasserständen im Käseburger Sieltief nicht möglich sein. Liegt die abflusswirksame Niederschlagsmenge in den Unterschöpfwerksgebieten über der Pumpenleistungsfähigkeit, wird die überzählige Wassermenge im Gebiet durch erhöhten Anstau in den Gräben bzw. im Extremfall durch flächigen Überflutungen zurückgehalten.

Für den Bemessungsabfluss wird folglich davon ausgegangen, dass alle Unterschöpfwerke mit maximaler Leistung pumpen. Für die frei entwässernden Meliorationsgebiete, die hauptsächlich südlich des Käseburger Sieltiefs liegen, wird eine Hochwasserabflussspende von 200 l/s*km² angesetzt.

Die Auflistung der Zuflüsse aus den Unterschöpfwerksgebieten und den frei entwässernden Meliorationsabteilungen sind in Tab. 2 wiedergegeben.

Die Gesamtabflussmenge des Käseburger Sieltiefs am Mündungsschöpfwerk beträgt für den **Hochwasserbemessungsfall** somit **12,96 m³/s**. Damit ist der Zufluss zum Schöpfwerk fast identisch mit der maximalen Leistungsfähigkeit der beiden Pumpen mit 13 m³/s, ohne dass wesentliche Reserven vorhanden wären (siehe auch Kap. 4.2).

Die Ermittlung der mittleren Abflüsse bzw. Abflussspenden wurde vom NLWK, 2004 anhand von Sielzugmessungen und der Auswertung des Abflusspegel Käseburger Siel BP vorgenommen, der bis 2002 vom Geschäftsbereich III des damaligen NLWK betrieben wurde (siehe auch Anlage 4).

Hierbei ergeben sich bezogen auf den Zeitraum 1973 bis 1993 am Mündungsschöpfwerk ein **Sommer-MQ** von **0,417 m³/s** bzw. eine Spende von $Mq_{so} = 5,8 \text{ l/s km}^2$ sowie ein **Winter MQ** von **0,840 m³/s** bzw. $Mq = 11,78 \text{ l/s km}^2$.

In niederschlagsarmen Sommermonaten kann die aus dem Einzugsgebiet anfallende Abflussmenge auf Werte nahe null fallen bzw. durch die durchgeführten Zuwässerungen auf rechnerisch negative Werte sinken.

Tab. 2: Einzugsgebietsunterteilung und Bemessungsabflüsse

Gebiet Nr.	Name	Fläche [km ²]		SW-Leistung bzw. Zufluss [l/s]	Spende [l/s km ²]
9	Sandfeld	6.176	<i>USW</i>	1185	191.86
10	Oberhammelwarden	6.377	<i>freie Vorflut</i>	1275	200
11	Dwelkämpfe	5.153	<i>freie Vorflut</i>	1031	200
12	Die Groden	2.468	<i>freie Vorflut</i>	494	200
13	Niederort	5.988	<i>USW</i>	1200	200.41
14	Mittelort	2.505	<i>USW</i>	400	159.70
15	Mittelort-Süd	4.472	<i>freie Vorflut</i>	894	200
16	Alte Kapelle	6.499	<i>USW</i>	1000	153.88
17	Barghorn-Nord ¹	2.455	<i>USW</i>	420	171.05
18.1	Altend. Barghorn ²	10.572	<i>USW</i>	800	269.59
18.2	Barghorn ²		<i>USW</i>	2050	
19	Ripkenbrücke ³	6.921	<i>USW</i>	1500	216.73
20	Moorseite ³	5.658	<i>USW</i>	1100	194.42
21	Loyermoor ³	6.139	<i>USW</i>	1250	203.61
22	Barghorn-Süd	0.679	<i>freie Vorflut</i>	136	200
	Stufen-SW Großenmeer	18.718	<i>Stufen-SW</i>	2500	133.56
	Summe Unterschöpfwerksgebiete	52.912 (73 %)		9135	
	Gebiete mit freier Vorflut	19.148 (27 %)		3830	
	gesamtes Einzugsgebiet	72.060		12965	
	max. Pumpleistung Mündungsschöpfwerk			13000	

1: Entwässerung in Meliorationsgebiet 16

2: Entwässerung des Meliorationsgeb. über 2 Schöpfwerke

3: Zufluss ins Käseburger Sieltief über Stufen-SW Großenmeer, $Q_{i,ges} = 3850 \text{ l/s}$

2.4 Stationierung

Für die hydraulische Berechnung wurde die Stationierung des Braker Sielacht verwendet, da die Querprofilpläne und Längsschnitte in den vorliegenden Unterlagen auf dieser Stationierung aufgebaut sind.

Im Zuge der Umsetzung der WRRL empfiehlt sich jedoch die Verwendung der Gewässerstationierung des GEOSUM-Datenbestands. Diese Stationierung ist einheitlich für sämtliche Gewässer Niedersachsens nach den Kriterien der LAWA aufgebaut. Hierbei werden die Gewässer von der Mündung (km 0+000) entgegen der Fließrichtung stationiert, während die Stationierung der Braker Sielacht am Schöpfwerk Riepkenbrücke mit km 0+000 beginnt und in Fließrichtung bis zum Mündungsschöpfwerk bei km 15+768 ansteigt. Der oberhalb des SW Riepkenbrücke liegende Verlauf des Käseburger Sieltiefs wurde in den vorliegenden Querprofildaten nicht mit erfasst. In Anlage 1 sind beide Stationierungen zum Vergleich aufgeführt.

2.5 Gerinnegeometrie

Die für die hydraulische Berechnung verwendeten Querprofildaten wurden als analoge Darstellung von der Braker Sielacht zur Verfügung gestellt. Die Erstellung der Querprofilblätter erfolgte 1989 vom Wasserwirtschaftsamt Brake. Der mittlere Abstand der Profile beträgt 50 m; die Querprofile umfassen dabei das Gewässerbett und die angrenzenden Uferbereiche mit eventuell vorhandener Verwallung.

Die Übernahme der Querprofile in das hydraulische Modell erfolgte durch manuelle Eingabe der jeweiligen Geländepunkt-Wertepaare. Zur Reduzierung des Datenumfangs und auf Grund des relativ einheitlichen Ausbauprofils wurde nur jedes zweite Profil im Abstand von 100 m übernommen, wobei jedoch im Bereich des Mündungsschöpfwerkes zur besseren Abbildung der geometrischen Verhältnisse jedes vorliegende Profil digitalisiert wurde.

3 HYDRAULISCHE BERECHNUNG

Das Abflussverhalten des Sieltiefs im freien Sielzug ist ein relativ komplexer, instationärer Fließvorgang, auf den mehrere Faktoren wirken (siehe Kap.2.2). Neben der möglichen Sielzugdauer, die abhängig ist von den Tidewasserständen in der Weser, und den Pumpenzeiten der Unterschöpfwerke sowie den Abflussspenden aus den frei entwässernden Gebieten kann auch der Windstau eine Rolle bei den sich örtlich einstellenden Wasserständen spielen. Weiterhin werden die Abflussbedingungen und Wasserstände durch den im Hochwasserfall nötigen Betrieb der Mündungsschöpfwerkspumpen beeinflusst.

Die Ermittlung der tatsächlichen Wasserstände über den Fließweg in verschiedenen Abflusssituationen erfordert folglich eine instationäre, hydraulische Modellierung. Um die sich einstellenden Verhältnisse treffend wieder zu geben, sind zahlreiche Randbedingungen über Messungen und anschließende Eichung des Modells zu erfassen. Neben der Messung maßgeblicher Sielzüge am Mündungsschöpfwerk und den dazugehörigen Wasserstandsganglinien in der Weser wären auch die Pumpenzeiten der Unterschöpfwerke zu erfassen sowie zeitlich differenzierte Wasserstandsmessungen an verschiedenen Orten im Sieltief

erforderlich. Da diese Daten zurzeit in ausreichender Qualität nicht vorliegen und ferner der Aufbau eines instationären Modells erheblichen Zeitaufwand erfordert, wurde im Rahmen des vorliegenden Projektes darauf verzichtet.

In der durchgeführten Untersuchung wurden demnach nur Abflussszenarien betrachtet, bei denen von stationären, d.h. zeitlich unveränderlichen Abflussbedingungen ausgegangen werden kann. Hinsichtlich der Aufgabenstellung, dass die Leistungsfähigkeit des Gewässers ermittelt und Auswirkungen von Bewuchsszenarien auf die Leistungsfähigkeit dargestellt werden sollte, ist eine stationäre Betrachtung jedoch vorerst ausreichend. Genauere Untersuchungen können dann im Rahmen eventueller Detailplanungen nachfolgen, wenn eine ausreichende Datenbasis vorliegen sollte.

Für die Berechnung von Wasserspiegellagen aus den Eingangsgrößen Gewässergeometrie, stationärer Abfluss und Rauheit stehen verschiedene Modellansätze zur Verfügung. In der Praxis haben sich die Annahme der eindimensionalen, stationär ungleichförmigen Abflussbetrachtung und die iterative Berechnung aus dem Kontinuitätsgesetz, der Energiegleichung und dem allgemeinen Fließgesetz als hinreichend genau für die eingangs beschriebene Aufgabenstellung erwiesen. Mit den 1-D-hydroneumerischen Modellen stehen Hilfsmittel zur Verfügung, die eine WSP - Berechnung größerer Gewässerabschnitte unter vertretbarem Aufwand ermöglichen.

Als Berechnungsmodell kam das in der Wasserwirtschaftsverwaltung des Landes Niedersachsen verwendete Programm WSPWIN (BJÖRNSSEN) mit dem Rechenkern HYDRA-WSP (KNAUF) zum Einsatz, welches die Berechnung der Wasserspiegellage gegliederter Flussprofile mit Vorländern und gegebenenfalls durchströmten Bewuchs ermöglicht. Mit diesem Programm erfolgt eine iterative Wasserspiegellagenberechnung auf der Grundlage des allgemeinen Fließgesetzes von DARCY-WEIßBACH unter Berücksichtigung des Bewuchses nach MERTENS. Genaue Angaben zum Berechnungsprinzip und den verwendeten Formeln können der gängigen Fachliteratur entnommen werden [SCHRÖDER, 1994; KNAUF, BJÖRNSSEN, 1999].

1-D hydroneumerische Modelle sind durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- Strömungen werden senkrecht zur Fläche der betrachteten Profile ermittelt,
- innerhalb eines betrachteten Querschnittes wird eine mittlere Fließgeschwindigkeit über die Wassertiefe sowie eine einheitliche Energiehöhe angesetzt,
- Sekundär- und Ausbreitungsströmungen können nur näherungsweise über Parameter berücksichtigt werden,
- zwischen zwei benachbarten Profilen wird eine lineare Abnahme der Energiehöhe vorausgesetzt.

Mit diesen Voraussetzungen können der Ist-Zustand und die zu untersuchenden Varianten mit einer ausreichenden Genauigkeit berechnet und miteinander verglichen werden.

3.1 Ist-Zustand

Im Zuge der in 2006 abgeschlossenen ersten Phase des Modellprojektes Marschgewässer wurde das Fehlen von Makrophyten im Gewässer als wesentliches Defizit für die Erreichung des guten ökologischen Potenzials dargestellt. Folglich lag einer der Schwerpunkte der hyd-

raulischen Berechnung in der Untersuchung des Einflusses von Wasserpflanzen auf die Leistungsfähigkeit des Käseburger Sieltiefs.

Hierzu ist vorab die Berechnung des heutigen, weitgehend unbewachsenen Zustandes notwendig. Zur Ermittlung der Gerinneleistungsfähigkeit wurden einige Annahmen getroffen:

- ⇒ Als maßgeblicher Abfluss wurde der in Kap. 2.3 erläuterte Hochwasserbemessungsabfluss mit vollständigen Pumpenbetrieb der Unterschöpfwerke und einer Abflussspende von 200 l/s km² aus den frei entwässernden Gebieten angenommen.
- ⇒ Bei lang anhaltende Starkniederschlagsereignissen, die zu hohen abflusswirksamen Spenden führen, kann im Projektgebiet sehr häufig von Nordwestwind-Wetterlagen ausgegangen werden, die zu erhöhten Tide-Niedrigwasserständen in der Weser führen. In solchen Fällen ist oftmals kein Sielzug bzw. nur ein sehr kurzer Sielzug möglich und die Entwässerung muss ausschließlich über die Pumpen des Mündungsschöpfwerkes erfolgen (siehe Kap. 4.2).
- ⇒ Da die Zuflussmenge zum Schöpfwerk Käseburg im Hochwasserbemessungsfall mit der dortigen Pumpenleistungsfähigkeit ungefähr identisch ist, kann somit von stationären Abflussbedingungen ausgegangen werden.
- ⇒ Als Startwasserstand für die Berechnung wurden vier unterschiedliche Wasserstände von -2,00 mNN, -1,50 mNN, -1,00 mNN bis -0,50 mNN am Mündungsschöpfwerk angenommen, die sich je nach Vorereignis (Zuflussmenge, Sielzugdauer und -volumen) einstellen können.

Maßgeblich für die ermittelten Wasserstände bei einer hydraulischen Berechnung sind neben Abflüssen und Gerinnegeometrie die Sohl bzw. Böschungsrauheiten. Liegen bei bestimmten Abflussbedingungen Einmessungen der Wasserspiegellagen an verschiedenen Orten vor, kann das hydraulische Modell über die Variation der Rauheitsparameter geeicht werden. Im vorliegenden Fall musste jedoch auf Literatur- und Erfahrungswerte für die Rauheitsparameter zurückgegriffen werden, da keine Wasserspiegellagenmessungen über den Fließweg vorlagen. Die Werte sind in Tab. 3 aufgeführt.

Tab. 3: Rauheitsparameter (äquivalente Sandrauheit k_s):

• Gewässersohle	$k_s = 10 \text{ mm}$
Böschungen mit Hochstaudenvegetation	$k_s = 400 \text{ mm}$
Spundwände Bauwerke	$k_s = 600 \text{ mm}$
Schüttsteinsicherungen	$k_s = 500 \text{ mm}$

Unter den genannten Annahmen wurde die Berechnung der Leistungsfähigkeit des Käseburger Sieltiefs durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Anlage 2 und 3 als Längsschnitt bzw. Ergebnislisten aufgeführt. Je nach Startwasserstand am Mündungsschöpfwerk ergeben sich unterschiedliche Situationen im weiteren Verlauf des Sieltiefs.

Bei einem sehr niedrigen Startwasserstand von -2,00 mNN kommt es durch die dann sich einstellenden hohen Fließgeschwindigkeiten und damit verbunden hohen Reibungsverlusten relativ schnell zu einer Erhöhung der Wassertiefe (siehe Abb. 2 und Tab. 4). Nach ungefähr der Hälfte der Berechnungsstrecke bei km 11+000 liegt der Wasserstand dieser Berechnungsvariante nur noch 12 cm unterhalb der nächsten Variante, bei der ein Startwasserstand von -1,50 mNN zu Grunde gelegt wurde. Bis zum Schöpfwerk Großenmeer wird die Differenz auf 3 cm reduziert (Abb. 3).

Die Differenzen zwischen den beiden Varianten mit Startwasserständen von -1,50 mNN und -1,00 mNN bleiben auf der Betrachtungsstrecke länger erhalten. Bis zum Schöpfwerk Großenmeer ist der Unterschied jedoch auch auf 4 cm gesunken. Bei beiden Varianten ist auf der gesamten Fließstrecke ein ausreihend hoher Freibord zu den Ufern bzw. den Uferverwaltungen vorhanden. Auch bei den ohne Unterschöpfwerke entwässernden Meliorationsgebieten käme es bei diesen Varianten nicht zu flächigen Ausuferungen.

Betrachtet man hingegen die Variante mit einem Startwasserstand von -0,50 mNN, wird ersichtlich, dass hierbei die Leistungsfähigkeit des Käseburger Sieltiefs ausgeschöpft bzw. in tief liegenden Gebieten wie unterhalb des SW Großenmeer schon überschritten wird. Durch die hohen Wasserstände ist auch davon auszugehen, dass sich ein Rückstau in die frei zufließenden Nebengewässer einstellen wird. Auf Grund der teilweise niedrigen Geländehöhen können dort lokale Überschwemmungen die Folge sein.

Zusammenfassend wird ersichtlich, dass sehr niedrige Wasserstände von -2,00 mNN und tiefer am Mündungsschöpfwerk für die durchgeführte stationäre Leistungsfähigkeitsbetrachtung nicht erforderlich sind, da sich die Wasserstände im Gewässerverlauf relativ schnell wieder angleichen. Andererseits wird bei einem zu hohen Wasserstand von -0,50 mNN die Leistungsfähigkeit des Gewässersystems überschritten. Die für die schadlose Abführung des Bemessungshochwassers einzuhaltenden Wasserstände am Mündungsschöpfwerk sollten demnach zwischen -1,00 und -1,50 mNN liegen.

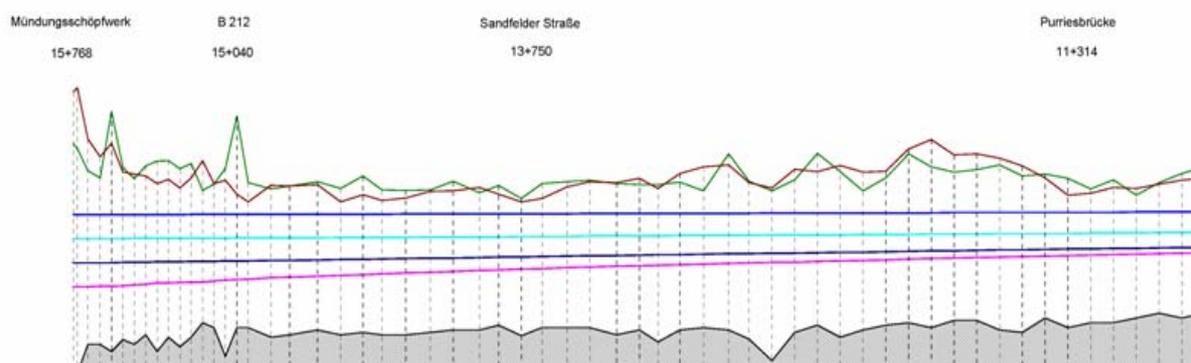


Abb. 2: Bemessungshochwasser im mündungsnahen Abschnitt des Sieltiefs

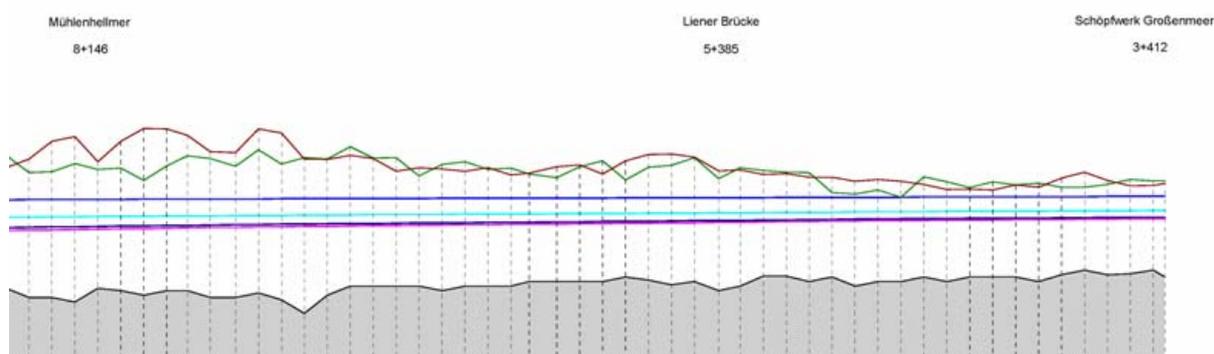


Abb. 3: Bemessungshochwasser im Abschnitt unterhalb SW Großenmeer

Tab. 4: Wasserstände beim BHQ im Ist-Zustand mit verschiedenen Startwasserständen

W [mNN]	MSW Käseburg 15+768	Sandfelder Str. 13+710	Purriesbrücke 11+300	Mühlenthellmer 8+100	Liener Brücke 5+395	SW Großenmeer 3+450
BHQ Ist-Zustand	-2.00	-1.61	-1.33	-1.04	-0.87	-0.79
	-1.50	-1.36	-1.20	-0.97	-0.83	-0.75
	-1.00	-0.95	-0.87	-0.76	-0.67	-0.61
	-0.50	-0.47	-0.44	-0.39	-0.34	-0.31

3.2 Variante 1

Bewuchsszenario 1: seitliche Röhrichtsäume

Um das gute ökologische Potenzial der Marschgewässer zu erreichen, ist nach den Ergebnissen der Defizitanalyse eine Erhöhung des Wasserpflanzenbestandes anzustreben. Hierzu ist eine Verringerung der im Ist-Zustand teilweise sehr großen Wasserstandsamplitude notwendig. Vor allem extrem niedrige bzw. hohe Wasserstände sind zu vermeiden, um das Trockenfallen ganzer Sohlbereiche sowie lang anhaltende Überstauungen zu verhindern.

Zur Erreichung der genannten Ziele wurde ein einzuhaltender Wasserstand von -1,00 mNN mit einer Amplitude von 50 cm, d. h. von -0,75 bis -1,25 mNN vorgeschlagen, bei dem sowohl die Kriterien des Hochwasserschutzes, der Landwirtschaft wie auch der Ökologie berücksichtigt werden können. Die weiteren hydraulischen Untersuchungen beziehen sich daher in der Regel auf das Bemessungshochwasser mit einem Wasserstand von -1,00 mNN am Schöpfwerk Käseburg.

Betrachtet man die Ausbauprofile des Käseburger Sieltiefs, so sind durchgehend steile Ufer bei sehr breiter und nur leicht geneigter Sohle vorhanden. Geht man davon aus, dass sich ein Röhrichtsaum durch die relativ hohe Trübung der Marschgewässer nur bis in eine Wassertiefe von rund 0,50 m bis 0,75 m ausbilden kann, ergäbe sich unter Annahme des genannten Wasserspiegels von -1,00 mNN nur ein relativ schmaler Saum an den Ufern als potenzielle Bewuchszone (siehe Abb. 4).

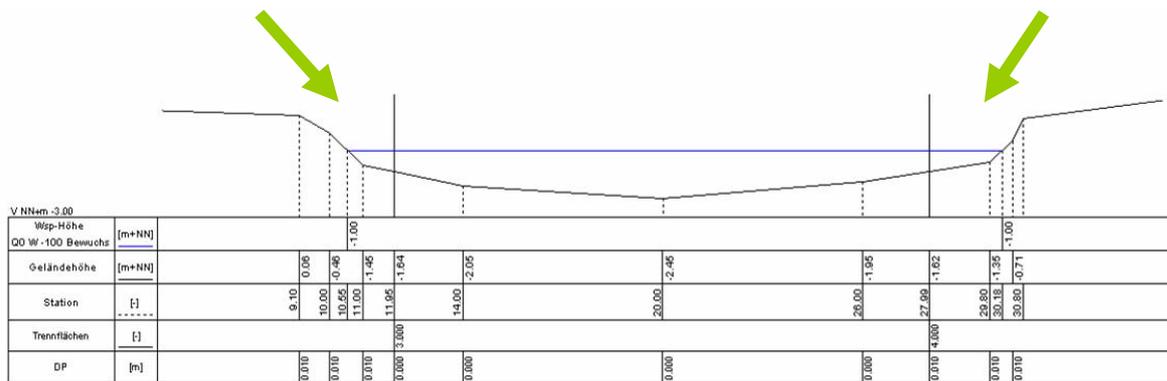


Abb. 4: Querprofil mit potenziellen Bewuchszonen

Der Anteil der potentiellen Bewuchszonen am Gesamtquerschnitt würde dabei im Mittel nur zwischen 3 und 6 % liegen, wobei der Anteil in Richtung Schöpfwerk Großenmeer durch die dort geringere Wassertiefe bei ebenfalls sehr breiten Profilen auf maximal 8 % ansteigt.

In der hydraulischen Simulation wurde für die seitlichen Bewuchszonen die Geometriewerte für dichten Röhrichtbewuchs (Stängeldurchmesser 1 cm, Abstand in x- und y-Richtung 3 cm) angenommen sowie die Sohlrauigkeit von $k_s = 10$ mm auf 400 mm erhöht. Für den bewuchslosen Sohlbereich wurde der k_s -Wert von 10 mm wie im Ist-Zustand beibehalten.

Aufgrund der Tatsache, dass durch die instationären Fließvorgänge beim Sielzug die Einhaltung der geforderten Wasserstandsamplitude im mündungsnahen Bereich auch durch zusätzlich zu schaffendes Speichervolumen in einem Mahlbusen (siehe Kap. 4.2) nicht dauerhaft eingehalten werden könnte, wurde für die hydraulische Berechnung der Abschnitt zwischen dem Mündungsschöpfwerk und der Brücke Sandfelder Straße weiterhin als bewuchsfrei angesehen. Die beidseitigen Bewuchszonen beginnen daher im Modell erst oberhalb der Brücke Sandfeld.

Die Ergebnisse für die Berechnung des Bemessungshochwassers mit dem Startwasserstand von -1,00 m sind in Tab. 5 dargestellt. Durch den niedrigen Anteil der Bewuchszone gegenüber dem breiten Gesamtquerschnitt ergeben sich nur geringe Änderungen der Wasserspiegellage. Innerhalb der Querschnitte erfolgt in erster Linie eine leichte Erhöhung der Fließgeschwindigkeit im unbewachsenen Hauptgerinne, die sich nicht wesentlich auf die Wasserspiegellage auswirkt.

3.3 Variante 2

Bewuchsszenario 2: seitliche Röhrichtsäume und Sohlbewuchs

In einer weiteren Variante wurde zusätzlich zu den Röhrichtsäumen der Variante 1 eine mit Makrophyten bewachsene Gewässersohle im gesamten Querschnitt betrachtet. Gegenüber der Berechnung von durchströmten, starren Bewuchselementen wie Ufergehölzen oder auch Röhrichten gibt es keine allgemein anwendbaren Berechnungsansätze für die Simulation verschiedener Wasserpflanzenwuchsformen. Einerseits sind die grundsätzlichen Wuchsformen der Makrophyten sehr unterschiedlich und reichen von Schwimmblattpflanzen bis zu dichten, polsterbildenden Arten, wobei die jeweilige Wuchsform einzelner Arten auch von den örtlichen Strömungsbedingungen abhängig ist. Andererseits ändert sich wiederum je nach Fließgeschwindigkeit der hydraulische Widerstand von überströmten, flexiblen Bewuchselementen, so dass eine eindeutige Klassifizierung der möglichen Rauigkeitswerte bzw. eine allgemein handhabbare, mathematische Modellierung des Strömungsverhaltens bislang noch nicht existieren. Im Hinblick auf die zunehmende Bedeutung der Gewässerunterhaltung für die Erreichung der Ziele der WRRL bestünde hierzu jedoch ein erheblicher Untersuchungsbedarf.

Um die Auswirkung des Sohlbewuchses nachbilden zu können, verbleibt folglich nur die Berücksichtigung über die Erhöhung der Sohlrauigkeitsparameter k_s . Die Rauigkeitsparameter k_s beim allgemeinen Fließgesetz bzw. k_{st} bei der Manning-Strickler-Formel stellen grundsätzlich Summenparameter dar, in die nicht nur die tatsächliche Wandungsrauigkeit, sondern auch nicht näher erfassbare hydraulische Widerstände mit einfließen. In der Betrachtung der Variante 2 wurde demnach die Sohlrauigkeit im Hauptquerschnitt zwischen den Röhrichtsäumen von 10 mm auf 250 mm angehoben.

Durch die Erhöhung der Rauigkeit infolge des angenommenen Pflanzenbewuchses an der Sohle ergibt sich eine wesentliche Änderung in den Wasserspiegellagen bei der stationären

Betrachtung im Modell. Bis zum Schöpfwerk Großenmeer resultiert daraus ein Anstieg beim Bemessungshochwasser von 38 cm (siehe Tab. 5), wodurch es in tiefer liegenden Gebieten südlich des Sieltiefs zu Überflutungen kommen könnte.

Tab. 5: Wasserstände beim BHQ im Ist-Zustand und bei 2 Bewuchsszenarien

W [mNN]	MSW Käse- burg 15+768	Sandfelder Str. 13+710	Purries- brücke 11+300	Mühlen- hellmer 8+100	Liener Brücke 5+395	SW Großenmeer 3+450
Ist-Zustand	-1.00	-0.95	-0.87	-0.76	-0.67	-0.61
Var. 1	-1.00	-0.95	-0.86	-0.76	-0.65	-0.58
Var.2	-1.00	-0.95	-0.74	-0.49	-0.34	-0.23

Bei Berücksichtigung der instationären Fließvorgänge beim Sielzug würde sich ein solches Bewuchsszenario auch verzögernd auf den Abflussvorgang im Sieltief zum Sielbauwerk hin auswirken. Eine höhere Wasserstandsamplitude im mündungsnahen Abschnitt wäre die Folge, da das oberhalb gespeicherte Wasservolumen durch die erhöhten Widerstände nicht ausreichend schnell nachlaufen könnte. Eine Quantifizierung dieser Vorgänge ist jedoch nur durch eine detaillierte, instationäre Modellberechnung möglich und war im Rahmen des Pilotprojektes nicht vorgesehen.

3.4 Variante 3

Einbau von Sohlschwelen ohne Bewuchs im Gerinne (Var. 3a) bzw. mit seitlichen Röhrichtsäumen (Var. 3b)

Für die ökologische Situation im Käseburger Sieltief sind nicht nur die dauerhaften Wasserstände und die Schwankungsamplitude von Bedeutung, sondern auch die extremen Niedrig- bzw. Hochwasserstände. Erstere werden z.B. durch ein beabsichtigtes Entleeren des Sieltiefs im Zuge von Unterhaltungsarbeiten herbeigeführt. Werden hierbei sehr niedrige Wasserstände an mündungsnahen Bauwerken benötigt, kann es zu einem vollständigen Trockenfallen der Sohle in den oberen Abschnitten kommen.

Um eine gewisse Restwassermenge in den oberen Abschnitten zurückzuhalten, die ein Trockenfallen verhindern soll, können niedrige Sohlschwelen aus Schüttsteinen ins Gewässer eingebaut werden. Diese bewirken durch den Rückhalt des Wassers eine Aufteilung des Gefälles in Stufen, so dass oberhalb der Schwelen ein Mindestwasserstand von 40 - 50 cm gehalten werden kann (siehe Anlage 2.2). Die Absenkung oberhalb der Schwelen bliebe trotzdem in einer Größenordnung, dass Unterhaltungsarbeiten bis zum Böschungsfuß, der bei den gewählten Höhen weiterhin trocken liegen würde, wie bisher möglich wären.

Anhand der vorhandenen Sohlhöhen und des Sohlgefälles würden insgesamt 4 Sohlschwelen benötigt, um die ausreichende Minimalwassertiefe einzuhalten.

Die Höhe der Schwelen wurde mit ca. 60 – 100 cm über der vorhandenen Gewässersohle angenommen, wobei eine um 25 cm niedrigere Niedrigwasserrinne mit 0,5 m Sohlbreite integriert wurde, die einen Fischaufstieg durch eine ausreichende Fließtiefe in der Rinne auch bei geringen Abflüssen ermöglicht (Abb. 5).

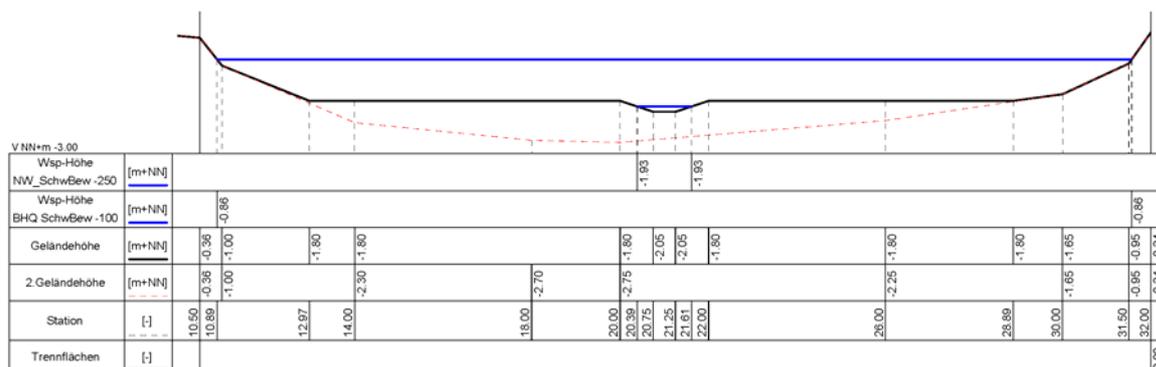


Abb. 5: Querprofil mit Sohlschwelle

In der Berechnung der Variante 3 wurde nun die Auswirkung dieser Schwellen auf die Wasserstände beim Bemessungshochwasser überprüft. Hierbei wurden in Variante 3a die Schwellen in den Datensatz des Ist-Zustandes ohne Bewuchs eingefügt, während in Variante 3b die Auswirkung der Schwellen und der seitlichen Röhrichtsäume überprüft wurden.

Wie in Tab. 6 dargestellt, werden durch die im Vergleich zum Bemessungswasserstand niedrigeren Schwellen nur sehr geringe Auswirkungen von 1 cm auf den Wasserstand berechnet. Auch bei der Variante 3b erhöht sich der Wasserstand nur um 1 cm gegenüber der Vergleichsvariante mit seitlichem Bewuchs. Die Sohlschwellen würden demnach aus hydraulischer Sicht keine Verschlechterung der Abflussverhältnisse darstellen.

Tab. 6: Wasserstände beim BHQ im Ist-Zustand und mit Sohlschwellen

W [mNN]	MSW Käseburg 15+768	Sandfelder Str. 13+710	Purriesbrücke 11+300	Mühlenthellmer 8+100	Liener Brücke 5+395	SW Großenmeer 3+450
Ist-Zustand	-1.00	-0.95	-0.87	-0.76	-0.67	-0.61
Schwellen Var. 3a	-1.00	-0.94	-0.87	-0.75	-0.66	-0.60
Bewuchs Var. 1	-1.00	-0.95	-0.86	-0.76	-0.65	-0.58
Schwellen Var. 3b	-1.00	-0.94	-0.86	-0.74	-0.64	-0.57

3.5 Variante 4

Um die Standortvoraussetzungen für Wasserpflanzen zu verbessern, bietet sich eine Abflachung des Ufers bzw. Aufweitung im oberen Böschungsbereich ein- oder beidseitig an. Diese Abflachungen oder gewässerparallele Aufweitungen können durch eine Überlaufschwelle ans Käseburger Sieltief angebunden werden, deren Höhe geringfügig über der Sohlhöhe in den Aufweitungen liegt (Abb. 6). Hierdurch wird die Wasserstandlamelle in den Aufweitungen begrenzt und ein Trockenfallen verhindert, auch wenn der Wasserstand im Käseburger Sieltief z.B. aus Gründen der Gewässerunterhaltung und Bauwerkssanierung tiefer abgesenkt werden muss.

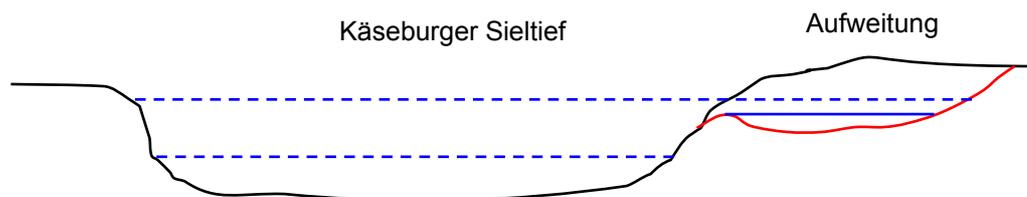


Abb. 6: Prinzipskizze Aufweitung im Böschungsbereich

Die Aufweitungen und Böschungsabflachungen stellen grundsätzlich eine Vergrößerung der Querschnittsfläche dar, die eine Erhöhung der hydraulischen Leistungsfähigkeit bewirkt. Unter der Voraussetzung, dass sich Bewuchs nur in den Aufweitungsbereichen einstellt, bleibt der bisherige Abflussquerschnitt unbeeinflusst, wodurch die Wasserstände im Hochwasserbemessungsfall durch die Vergrößerung des Abflussquerschnitts leicht abgesenkt würden. Nimmt man einen zusätzlichen seitlichen Bewuchssaum wie in Variante 1 oder sogar eine mit Wasserpflanzen teilweise oder vollständig bewachsene Sohle im Hauptquerschnitt wie in Variante 2 an, kann durch die Aufweitung die Anhebung der Wasserstände kompensiert werden. Da der sich tatsächlich einstellende Umfang der Bewuchsdeckung neben dem ausgeglichenen Wasserstandsmanagement auch von anderen Faktoren (Trübung, Nährstoffsituation) abhängig ist und genauere Aussagen dazu nur im Rahmen eines operativen Monitorings nach Umsetzung erster Maßnahmen getroffen werden können, ist die genaue Dimensionierung der Aufweitung nur im Rahmen von nachfolgenden Detailplanungen möglich und sinnvoll.

4 SPEICHERRAUMBETRACHTUNG

Um ein Wasserpflanzenwachstum im Käseburger Sieltief zu ermöglichen, sollen die Wasserspiegelschwankungen im Sieltief möglichst gering gehalten werden. Untersucht wird hier die Auswirkung der begrenzten Schwankungsbreite von 0,50 m auf das Speichervermögen des Käseburger Sieltiefs, d.h. der Binnenwasserstand soll nur noch zwischen NN -0,75 m und NN -1,25 m schwanken.

Die Berechnung der Wasserstandsänderungen im Käseburger Sieltief während des Sielschlusses und während des Sielzuges erfolgt vereinfacht mit Hilfe einer Speicherkennlinie des Käseburger Sieltiefs. Zuflüsse in den Speicher (z.B. durch Unterschöpfwerke) und Abflüsse aus dem Speicher (Sielzug, Pumpbetrieb Mündungsschöpfwerk) werden bilanziert. Dadurch kann unter der idealisierten Annahme eines horizontalen Wasserspiegels im Käseburger Sieltief der Wasserstandsverlauf während des Sielschlusses und während des Sielzuges für verschiedene Abflüsse berechnet werden. Für die hier durchgeführten grundsätzlichen Betrachtungen ist die Vorgehensweise ausreichend. Für eine Ausführungsplanung sind zusätzliche Niederschlags-Abfluss Berechnungen und instationäre hydraulische Berechnungen erforderlich, um die Fließzeiten und Speichervorgänge in den Unterschöpfwerksgebieten und im Käseburger Sieltief genauer abbilden zu können.

4.1 Berechnungsgrundlagen

Der gesamte Gewässerstauraum im Käseburger Sieltief zwischen NN – 0,20 m (Höchstwasserstand Sommer) und NN -2,00 m beträgt rd. 800.000 m³ einschl. der Nebengewässer bis zu den Unterschöpfwerken und einschl. des Oberhammelwarder Tiefs. In Abhängigkeit vom Tideverlauf bzw. vom Tideniedrigwasserstand in der Unterweser gibt es hinsichtlich der Dauer der Sielstau- und Sielzugphase im Käseburger Sieltief große Schwankungen. Bei höheren Tidewasserständen in der Unterweser und geschlossenem Sielbauwerk wird das zufließende Wasser im Gewässersystem des Käseburger Sieltiefes gespeichert bzw. bei hohen Zuflüssen durch das Schöpfwerk Käseburg mit einer max. Förderleistung von 13 m³/s abgepumpt. Nur 27 % des rd. 72 km großen Einzugsgebietes entwässern frei in das Käseburger Sieltief. Die übrigen Meliorationsgebiete werden überwiegend durch den Einsatz der Unterschöpfwerke entwässert. Das Abflussgeschehen im Käseburger Sieltief wird daher durch den Einsatz der Unterschöpfwerke stark beeinflusst. Über längere Zeiträume betrachtet ergeben sich aber wieder die mittleren Abflussspenden.

4.2 Wasserwirtschaftliche Auswirkungen des Zielwasserstandes von NN -1,00m

Gemäß Speicherkennlinie des Käseburger Sieltiefes ergibt sich zwischen NN -0,75 m und NN -1,25 m ein nutzbares Speichervolumen von rd. 200.000 m³. Unterhalb eines Wasserstandes von NN -1,25 m soll der Speicherraum im Käseburger Sieltief bei dieser ökologisch optimierten Steuerung nicht mehr genutzt werden. Das zwischen NN-1,25 m und NN -2,00 m vorhandene Speichervolumen von rd. 250.000 m³ steht dann nicht mehr zur Verfügung (siehe Abb. 7).

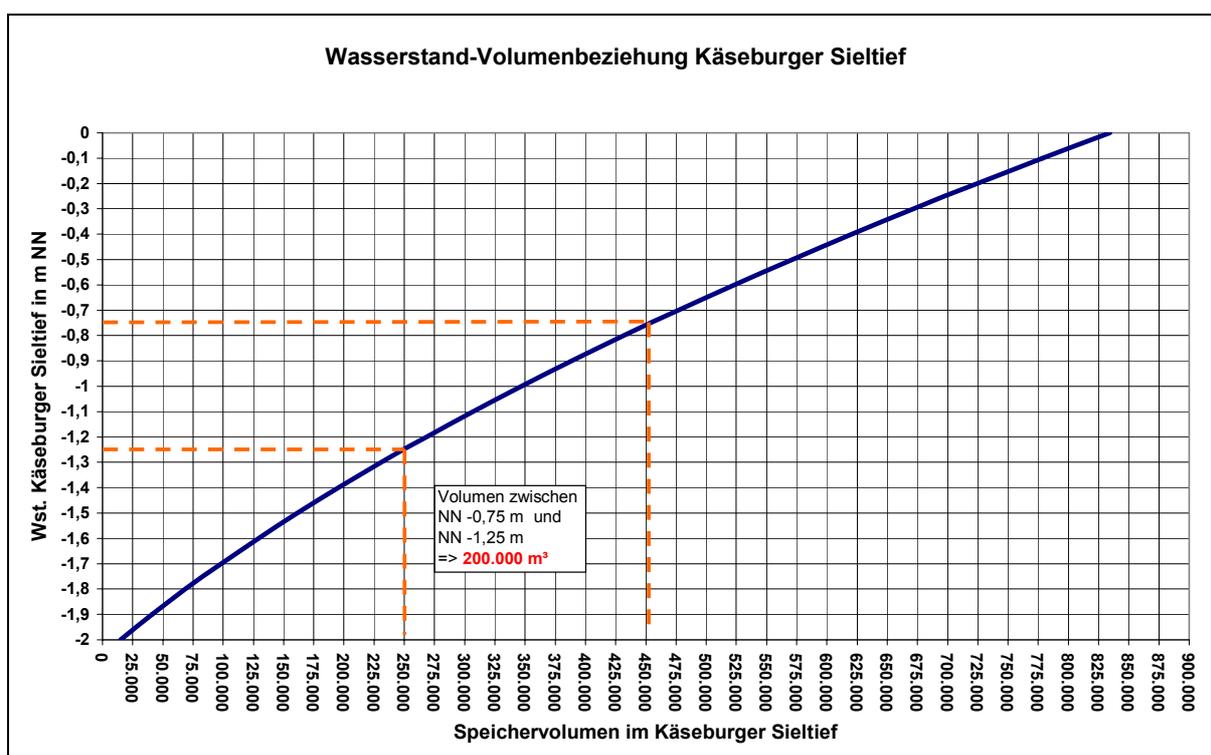


Abb. 7: Wasserstands-Speichervolumenbeziehung

Die Sielstauphase beträgt bei einem Binnenwasserstand von NN -1,00 m unter Annahme einer mittleren Tidekurve in der Weser rd. 9,5 Stunden. Der anschließende Sielzug hat eine Dauer von rd. 3 Stunden. Je nach Tideverlauf kann der Sielzug eine Dauer von wenigen Minuten bis zu 3,5 Stunden haben.

Nachfolgend wird der Wasserspiegelanstieg im Käseburger Sieltief ausgehend von einem Wasserstand im Sieltief von NN – 1,00 m für verschiedene Abflussspenden bzw. Abflussmengen berechnet. Wasserwirtschaftlich interessieren vor allem die Mittelwerte der Tages-, Monats- und Jahresabflüsse. Die Hauptzahlen 1973 / 1993 sind der Anlage 4 zu entnehmen.

Berechnungsansätze:

Mittlere Abflussspende:	$Mq = 11,70 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$
Sommerhalbjahr:	$Mq_{so} = 5,80 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$
Winterhalbjahr:	$Mq_{wi} = 17,60 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$
Höchster Monatsmittelwert:	$HMq = 59,0 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2 \text{ (} 4,25 \text{ m}^3/\text{s)}$
Leistung Mündungsschöpfwerk:	$\max q = 180 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$

Berechnungsbeispiel:

Jahresmittel Abflussspende Mq :	$11,70 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2 = 0,0117 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$
Einzugsgebiet:	72 km^2
Abflussvolumen Sielstauphase:	$9,5 \text{ h} \cdot 3600 \text{ s/h} \cdot 0,0117 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2 \cdot 72 \text{ km}^2 = 28.810,08 \text{ m}^3$

In Tab. 7 werden die Berechnungsergebnisse für verschiedene Abflussspenden dargestellt.

Tab. 7: Berechnungsergebnisse Speicherraumbetrachtung für verschiedene Abflüsse

Abflussspende	Abfluss	Sielstaudauer	Volumen	Wsp.-Anstieg in der Sielstauphase	Wsp. Sieltief Start Wsp. NN -1,00 m	Bemerkungen
<i>in l/s*km²</i>	<i>m³/s</i>	<i>in Stunden</i>	<i>m³</i>	<i>in cm</i>	<i>m NN</i>	
5,80	0,42	9,50	13.530	4	-0,96	mittlere Abflussspende Sommer
11,70	0,84	9,50	28.810	8	-0,92	Jahresmittel Abflussspende
17,60	1,27	9,50	43.434	11	-0,89	mittlere Abflussspende Winter
59,00	4,25	9,50	145.350	34	-0,66	höchster Monatsmittelwert
100,00	7,20	9,50	246.240	55	-0,45	Mittleres kurzzeitiges Hochwasserereignis (Tageswerte)
180,00	13,00	9,50	444.600	91	-0,09	Förderleistung Mündungsschöpfwerk

Erläuterung der Berechnungsergebnisse

Nutzung des Speichervolumens im Sieltief bei mittleren Abflüssen aus dem Einzugsgebiet

Bei geringen und mittleren Abflussspenden ist der Wasserspiegelanstieg während der im Mittel 9 bis 10 Stunden dauernden Sielstauphase gering. Der Wasserspiegelanstieg beträgt bei einer mittleren Abflussspende von $11,7 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ ($\Rightarrow \text{MQ} = 0,84 \text{ m}^3/\text{s}$) ca. 8 cm. Das Zuflussvolumen hat eine Größe von rd. 29.000 m^3 . Wird die mittlere Abflussspende des Winterhalbjahres von $17,6 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ zugrunde gelegt, steigt der Wasserstand durch das Zuflussvolumen von rd. 43.000 m^3 in 9,5 Stunden um 11 cm. Der Wasserspiegel würde bei einem Ausgangswasserstand von NN $-1,00 \text{ m}$ auf NN $-0,89 \text{ m}$ ansteigen. Der Einsatz des Mündungsschöpfwerkes Käseburg ist nicht erforderlich. Das Wasser kann bis zum nächsten freien Sielzug gespeichert werden. Auch eine Sperrtide, d.h. der Tidewasserstand in der Weser fällt nicht unter den Binnenwasserstand (freier Sielzug ist nicht möglich) und der Zufluss aus dem Einzugsgebiet muss bis zum nächsten Tideniedrigwasser gespeichert werden, kann überbrückt werden.

Das erforderliche Speichervolumen für längere Sielstauphasen in Kombination mit unterschiedlichen Abflüssen aus dem Einzugsgebiet kann mit Hilfe von Abb. 8 bzw. Anlage 5.2 ermittelt werden.

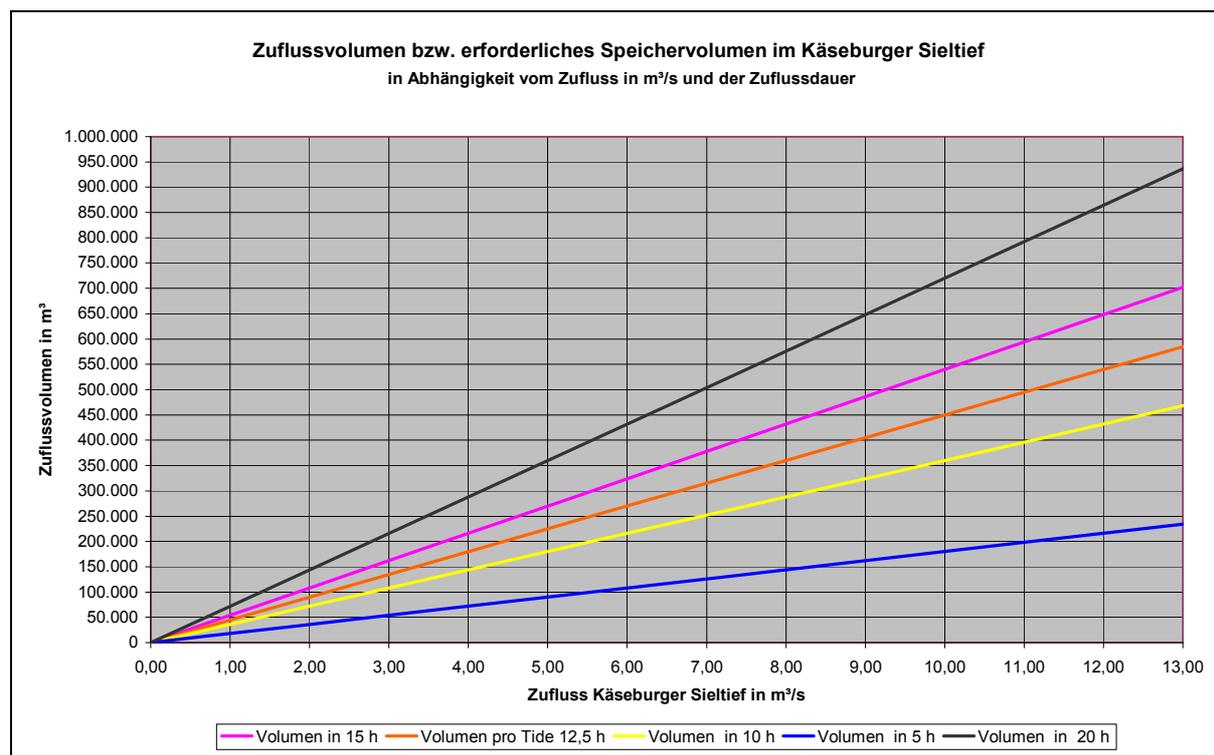


Abb. 8: Zuflussvolumen in Abhängigkeit der Zuflussdauer

Im Sommerhalbjahr tritt bei geringen Abflüssen aus dem Einzugsgebiet eher das Problem auf, dass der Wasserstand durch den Sielzug zu stark abgesenkt wird und der angestrebte mittlere Wasserstand von NN $-1,00 \text{ m}$ bzw. der min. Wasserstand von NN $-1,25 \text{ m}$ unterschritten wird. Eine zu starke Absenkung des Binnenwasserstandes im Käseburger Sieltief

muss dann durch eine Unterbrechung des Sielzuges (Schließen der Hubtore im Mündungsbauwerk) verhindert werden. Dies ist auch bisher schon eine übliche Betriebsweise zur Sicherung der Mindestwasserstände im Sommerhalbjahr.

Einige Entwässerungsverbände bauen in die Sieltore zusätzlich kleine Hubschütze ein, um bei geringen und mittleren Abflüssen das Wasser gleichmäßiger und ohne starke Binnenwasserspiegelschwankungen im Sieltief abschlagen zu können. Der Öffnungsquerschnitt der Hubschütze wird auf den Mittelabfluss MQ ausgelegt. Der volle Öffnungsquerschnitt des Mündungsbauwerks braucht dann nur bei hohen Abflüssen freigegeben werden.

Für die Zuwässerung wird im Käseburger Sieltief ein Wasserstand von bis zu NN $-0,20$ m gefahren, um ein ausreichendes Wasservolumen und ein ausreichendes Wassergefälle für die Verteilung des Wassers in die seitlich angeschlossenen Gebiete zu erhalten. Je nach Bedarf kann die Zuwässerung mehrere Tage andauern. Der max. Wasserstand von NN $-0,75$ m wird während der Zuwässerung überschritten.

Inanspruchnahme des Speichervolumens im Sieltief bei hohen Abflüssen in Verbindung mit Sperrtiden (Sielzug nicht möglich)

Das in der Lamelle zwischen NN $-0,75$ m bis NN $-1,25$ m vorhandene Speichervolumen von 200.000 m³ ist für hohe Monatsmittelwerte von 50 bis 60 l/s*km² bei optimaler Steuerung noch knapp ausreichend. Der höchste mittlere monatliche Abfluss hat gemäß Auswertung des NLWK ein Größe von $4,25$ m³/s ($\Rightarrow 59$ l/s*km², Zeitreihe von 1973 bis 1993). Das Zuflussvolumen in $9,5$ Stunden beträgt rd. 145.000 m³. Der Wasserspiegel im Käseburger Sieltief steigt in der Sielstauphase um rd. 34 cm. Wenn gute Sielzugverhältnisse vorhanden sind, kann das Wasservolumen noch ohne Einsatz des Mündungsschöpfwerkes in Käseburg mit freiem Sielzug abgeleitet werden.

Die höchsten Abflussspenden treten vorwiegend im Winterhalbjahr auf. Da in diesem Zeitraum aber auch verstärkt mit hohen Tidewasserständen und Sturmfluten zu rechnen ist, kann nicht immer von optimalen Sielzugsverhältnissen ausgegangen werden. Wenn ein Sielzug beeinträchtigt oder nicht möglich ist, reicht der Speicherraum von 200.000 m³ bei sehr hohen Abflüssen nicht aus und der Wasserstand im Käseburger Sieltief steigt über den max. Zielwasserstand von NN $-0,75$ m. Um dies zu verhindern, wäre der Einsatz des Mündungsschöpfwerkes in Käseburg erforderlich. Dies würde die Energiekosten gegenüber der bisherigen Betriebsweise erhöhen. Alternativ könnte auch ein kurzfristiger Anstieg des Wasserspiegels über das ökologisch gewünschte Ziel von NN $-0,75$ m zugelassen werden.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass das Mündungsschöpfwerk nach Angabe der Braker Sielacht nur bis zu einer Förderhöhe von $3,10$ m pumpen kann. Wird ein Binnenwasserstand von NN $-1,00$ m angenommen, ergibt sich eine maximale Förderhöhe von NN $+2,10$ m. Wenn der Tidewasserstand in der Weser während einer Sturmflut höher aufläuft, können die Pumpen nicht mehr gegen die hohen Außenwasserstände fördern. Auch in den Sperrstunden mit hohen Tarifen des Energieversorgungsunternehmens werden die Pumpen ausgeschaltet. Der Zufluss muss dann im Gewässerstauraum gespeichert werden. Eine sehr lange Kettentide mit erhöhten Tideniedrigwasserständen trat im Oktober 1998 auf. Hier fiel der Tideniedrigwasserstand über vier Tiden nicht unter NN $\pm 0,00$ m, d.h. der Speicherraum im Käseburger Sieltief konnte für diesen Zeitraum nicht über Sielzug entlastet werden (s. Abb. 9). Das Mündungsschöpfwerk Käseburg musste in diesem Fall in mehreren Tidehochwasserphasen jeweils 5 bis $5 \frac{1}{2}$ Stunden ausgeschaltet werden.

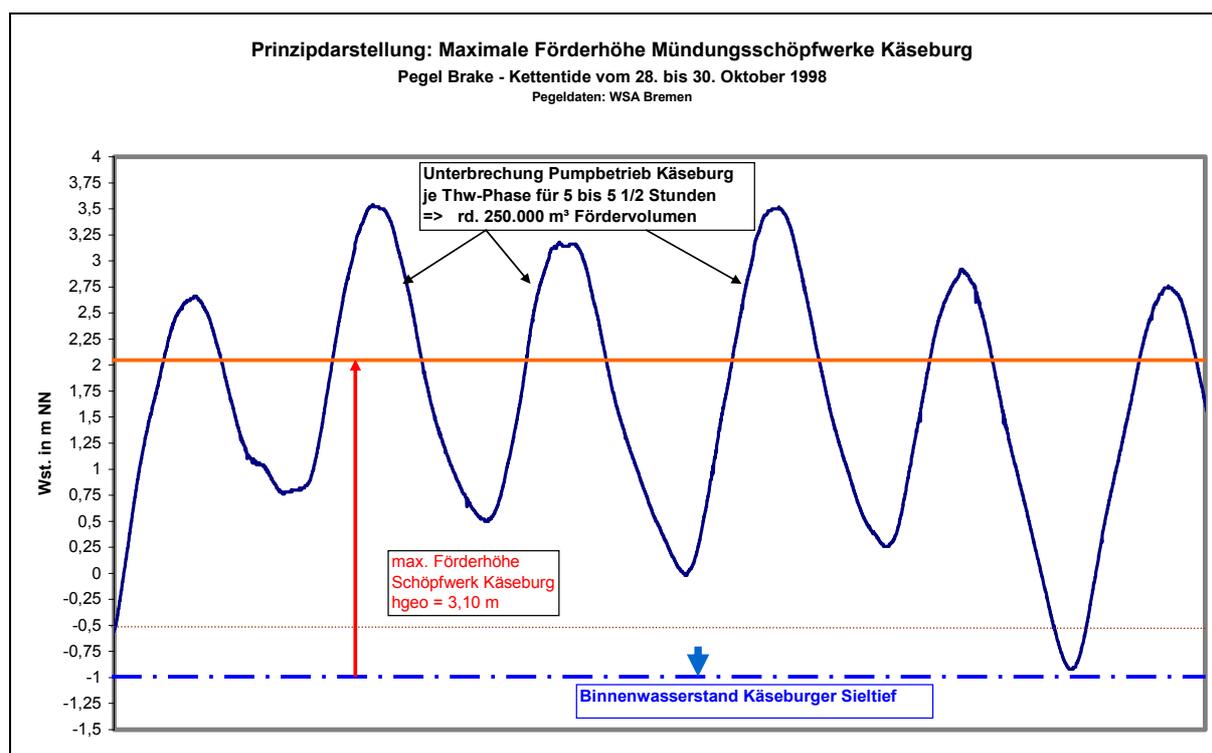


Abb. 9: Tideverhältnisse Oktober 1998

Bei einer Fördermenge von $13 \text{ m}^3/\text{s}$ und einer Ausfalldauer der Pumpen von 5 Stunden geht ein Fördervolumen von $13 \text{ m}^3/\text{s} * 5 \text{ h} * 3600 \text{ s/h} = 234.000 \text{ m}^3$ verloren. Bei extremen Sturmfluten (z.B. 1962) kann sich dieser Zeitraum auf bis zu 10 Stunden verlängern. Für die beschriebenen Szenarien ist ein möglichst großer Speicherraum im Gewässernetz wichtig.

Es wird daher vorgeschlagen, den Stauraumverlust von rd. 250.000 m^3 unterhalb von NN – 1,25 m durch die Anlage von Seitengewässern im Oberlauf und durch einen leistungsfähigen Mahlbussen in der Nähe des Mündungsbauwerkes zu kompensieren. Bei dieser Betrachtung wird davon ausgegangen, dass der unterhalb von NN -1,25 m vorhandene Gewässerstauraum zu Beginn der Pumpenausfallzeit bereits gefüllt ist und nicht zur Verfügung steht, der oberhalb von NN –0,75 m vorhandene Speicherraum aber bei einem längeren Ausfall des Mündungsschöpfwerkes in Anspruch genommen würde.

4.3 Steuerungsoptimierung durch Automatisierung

Eine weitere Möglichkeit zur Reduzierung der Wasserstandsamplitude bestünde in einer aufeinander abgestimmten, automatisierten Steuerung der Unter- und Mündungsschöpfwerke. Nach Auskunft der Braker Sielacht werden die Schöpfwerke Barghorn, Sandfeld und Niederort zurzeit mit einer Fernwirktechnik ausgerüstet. Die Kosten für die Ausrüstung eines Schöpfwerkes mit der erforderlichen Mess- und Regelungstechnik belaufen sich auf rd. 35.000,- bis 40.000,- €. Der Betrieb der genannten Schöpfwerke kann dann pegelgesteuert anhand festgelegter Ein- und Ausschaltpunkte erfolgen. Die Pumpen können aber auch von einer Zentrale aus ferngesteuert werden. Die übrigen Unterschöpfwerke sowie das Siel- und Mündungsschöpfwerk Käseburg werden durch Schöpfwerkswärter vor Ort betrieben.

Generell ist für eine optimierte Steuerung des gesamten Entwässerungssystems wie oben beschrieben die Kenntnis aller Zuflüsse und Abflüsse in den Speicherraum des Käseburger Sieltief erforderlich. Hier sind insbesondere die Betriebsdaten der Unterschöpfwerke von Bedeutung. Der Abruf der Pegel- und Betriebsdaten der Unterschöpfwerke kann durch Online-Zugriff mit automatischem Datenabruf und Datenspeicherung in eine Steuerungszentrale (z.B. Betriebshof, Verwaltungsgebäude) erfolgen. Eine graphische System- und Messwertvisualisierung (z.B. Wasserstandsganglinien im Käseburger Sieltief, Tideganglinie, Binnenwasserstand in den Unterschöpfgebieten, Betriebsdaten der Schöpfwerkspumpen) erleichtert für den Anwender die Beurteilung der aktuellen Situation. Im Hochwasserfall können kritische Wasserstände und Abflusssituationen frühzeitig erkannt werden. Auch die gewünschten Zielwasserstände können durch einen zentral gesteuerten Einsatz der Unterschöpfwerke und des Mündungsbauwerkes leichter eingehalten werden.

Zusätzlich sollten Daten zum Tideverlauf und Informationen zum Niederschlagsgeschehen im Einzugsgebiet abrufbar sein. Prognosen für die zu erwartenden Tidewasserstände in der Unterweser für den Pegel Brake liefert das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), Niederschlagsvorhersagen sind z.B. beim Deutschen Wetterdienst (DWD) abrufbar.

Aus den aufgezeichneten Mess- und Betriebsdaten können bei Bedarf auch Steuerungs- und Vorhersagemodelle für einen optimierten Betrieb der Anlagen entwickelt werden. Hierzu reicht der derzeit vorhandene Datenbestand (z.B. Betriebsweise der Unterschöpfwerke, Speichervolumen und Fließzeiten in den Untergebieten) nicht aus.

5 BETRACHTUNG DER NEBENGEWÄSSER

In den vorigen Kapiteln wurden die Abflussverhältnisse im Käseburger Sieltief zwischen dem Stufenschöpfwerk Großenmeer und dem Mündungsschöpfwerk Käseburg im Ist-Zustand sowie bei verschiedenen Planungsvarianten beschrieben. Durch die unterschiedlichen Randbedingungen wie

- ⇒ Tideverhältnisse
- ⇒ Zufluss durch Unterschöpfwerke
- ⇒ Zufluss aus frei entwässernden Gebieten
- ⇒ Pumpenzeiten des Mündungsschöpfwerks

liegen hier komplexere Abflussverhältnisse vor als in den Gewässerabschnitten in den Unterschöpfwerksgebieten. Dort wird das Wasserstandsmanagement vorrangig durch den Zufluss aus den frei entwässernden Gebieten sowie die Pumpenzeiten bzw. an einigen Unterschöpfwerken auch die Möglichkeit des Sielzuges beeinflusst. Gegenüber dem Käseburger Sieltief liegen auch erheblich weniger Grundlagendaten wie Querprofile, Wasserstände, Pumpenzeiten, Sielzugzeiten etc. vor, so dass im Folgenden die Situation an den WRRL-relevanten Nebengewässern für den Ist-Zustand als auch für die angedachten Planungsszenarien qualitativ beschrieben wird.

5.1 Oberlauf Käseburger Sieltief

Der Abschnitt des Käseburger Sieltiefs oberhalb des Stufenschöpfwerks Großenmeer wird in zwei Abschnitte unterteilt. Der ca. 3,4 km lange Abschnitt zwischen dem Unterschöpfwerk Riepenbrücke und dem Stufenschöpfwerk Großenmeer besitzt kein frei entwässerndes Einzugsgebiet, sondern wird allein durch den Zufluss aus drei Unterschöpfwerken beaufschlagt. Die Entwässerung erfolgt am Schöpfwerk Großenmeer je nach Unterwasserstand über freien Sielzug oder Pumpenbetrieb. Die Gewässerprofile sind ähnlich wie im unteren Abschnitt sehr großzügig als Speicherraum dimensioniert.

Auch in diesem Abschnitt kann eine Vergleichmäßigung der Wasserstände durch die Anlage eines seitlichen Speicherraumes erreicht werden. Durch die angestrebte, geringere Wasserstandsamplitude im Unterlauf werden auch die Zeiten des freien Sielzuges im Großenmeer sinken. Ein schöpferksnaher Speicherraum könnte sowohl den Sielzug verbessern helfen als auch die Absenkung des Wasserstandes beim Anfahren der Pumpen vermindern.

Durch die breiten Querprofile wird die Auswirkung von seitlichem Röhrichtbewuchs ebenfalls nur sehr gering sein. Allerdings verringert sich die Gewässertiefe zum Oberlauf hin, so dass sich die potentielle, seitliche Bewuchszone vergrößert. Auch das Aufkommen von submersen Makrophyten würde –bei geringerer Wasserstandsamplitude und verringertem Trübungsgad– durch die geringere Wassertiefe tendenziell ansteigen. Eine starke Verkrautung der Sohle würde auch in diesem Abschnitt den Wasserabfluss beeinträchtigen und müsste über seitliche Parallelgewässer kompensiert werden.

Oberhalb des Schöpfwerkes Riepenbrücke verringern sich die Gewässerabmessungen. Die Möglichkeit für seitlichen Röhricht- bzw. Sohlbewuchs steigen daher grundsätzlich an, der Einfluss wird allerdings auch zunehmend größer.

Auch hier kann eine Verringerung der Wasserstandsamplitude durch zusätzlichen Speicherraum erreicht werden. Einerseits kann so der Unterschied zwischen Sommer- und Winterwasserstand reduziert werden, andererseits wird der instationäre Absenkungsvorgang beim Einschalten der großzügig dimensionierten Pumpe (Auslegung auf ca. 215 l/s*km²) durch einen Mahlbusen verringert.

5.2 Barghorner Zuggraben

Das 10,57 km² große Einzugsgebiet des Barghorner Zuggraben wird ausschließlich über die Pumpen des Unterschöpfwerkes entwässert. Auf Grund der niedrigen Wasserstände im Zuggraben gegenüber dem Käseburger Sieltief besteht keine Möglichkeit des Sielzuges.

Für den Barghorner Zuggraben sind ähnliche Maßnahmen denkbar wie für die anderen Gewässerabschnitte in den Unterschöpfwerksgebieten. Auch hier lässt sich eine Verringerung der Wasserstandsamplitude nur durch einen zusätzlichen Speicherraum, der möglichst nahe am Schöpfwerk liegen sollte, erreichen. Grundsätzlich bleibt jedoch zu prüfen, ob die sehr niedrigen Wasserstände von bis zu NN - 2,60 m im Winter- bzw. NN - 2,30 m im Sommerhalbjahr notwendig sind.

5.3 Altendorfer Moorkanal

Die Entwässerung des Altendorfer Moorkanals kann am Schöpfwerk Alte Kapelle über eine Pumpe oder freien Sielzug erfolgen. Der Zufluss erfolgt hier neben der Entwässerung der Einzugsgebietsflächen über Seitengräben noch über ein weiteres Unterschöpfwerk Barghorn-Nord.

Genau wie an den vorab beschriebenen Gewässern sind auch hier Maßnahmen wie Parallelgewässer, Seitengewässer, und Mahlbusen sinnvoll, um die Wasserstandsschwankungen zu reduzieren. Genauere Aussagen zur Größe und Lage der Maßnahmen lassen sich erst bei einer Verbesserung der Datenbasis treffen. Vor allem Aufzeichnungen über Pumpendauer, Sielzug und die Unter- bzw. Oberwasserstände sind hierfür –genau wie an den anderen Gewässern– notwendig.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Umsetzung der EG-WRRL fordert die Erreichung eines guten ökologischen Zustand bzw. guten ökologischen Potenzials an den Fließgewässern. Für den Gewässertyp der Marschgewässer sollen hierfür im Rahmen eines vom Niedersächsischen Umweltministerium geförderten Pilotprojektes „Marschgewässer“ kosten- und nutzenorientierte Maßnahmen und modellhafte Bewirtschaftungspläne entwickelt werden. Im Vorfeld (Phase I) wurden die starken Wasserstandsschwankungen als ein wesentliches Defizit zur Erreichung des ökologisch guten Potentials in den Marschgewässern genannt.

Am Beispiel des Käseburger Sieltiefs (Landkreis Wesermarsch) und seinen beiden WRRL-Nebengewässern Altendorfer Moorkanal und Barghorner Zuggraben sollen in Phase II Planungen und Berechnungen zur Optimierung des Wasserstandsmanagements in Sinne der ökologischen Zielvorgaben durchgeführt werden.

Hierfür wurden grundsätzliche Überlegungen zu den Verhältnissen in den schöpfwerks- und sielzugbeeinflussten Gewässern vorangestellt und die Situation am Käseburger Sieltief beschrieben.

Um die hydraulische Leistungsfähigkeit des Sieltiefs im Ist-Zustand sowie bei verschiedenen Planungsvarianten mit Bewuchs und mit Sohlschwellen zu ermitteln, wurden stationäre Wasserspiegellagenberechnungen durchgeführt. Hierbei zeigte sich, dass die Leistungsfähigkeit im Ist-Zustand für ein Bemessungshochwasser ausreichend ist und auch seitliche Bewuchssäume in geringem Umfang keine Erhöhung der Wasserstände verursachen. Großflächiges Wasserpflanzenwachstum an der Gewässersohle hingegen würde die Hochwassersituation in tief liegenden Gebieten durch den Anstieg der Wasserstände verschlechtern.

Um die heutigen Wasserstandsschwankungen zu reduzieren, ist die Anlage von zusätzlichem Speicherraum in Form von Seitengewässern notwendig. Hierzu wurde eine Speicherraumbetrachtung des heutigen Zustandes und des geplanten Zustandes durchgeführt. Die aus ökologischer Sicht gewünschte Amplitude von 0,5 m bei einem mittleren Wasserstand von NN -1,0 m erfordert ein zusätzliches Speichervolumen von 250.000 m³, um beim Bemessungshochwasser einen ausreichenden Retentionsraum zur Verfügung zu haben und die Entwässerung des Einzugsgebietes sicher zu stellen.

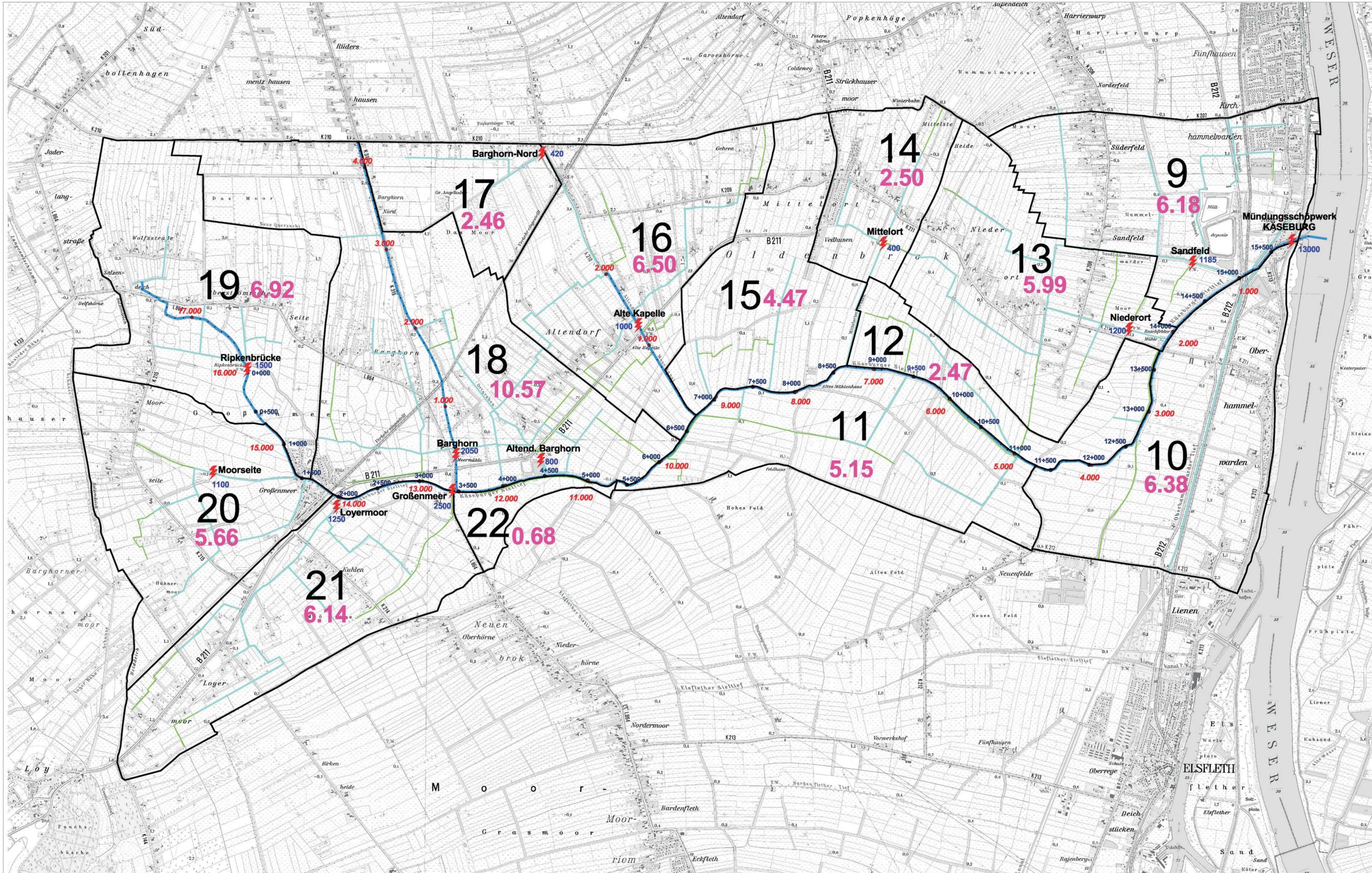
Überlegungen zu einer Optimierung des Entwässerungssystems durch eine Steuerung der Schöpfwerke ergänzen die Untersuchung.

Für die WRRL-relevanten Nebengewässer und den Oberlauf des Käseburger Sieltiefs wurden qualitative Betrachtungen der vorgeschlagenen Maßnahmen durchgeführt.

Die vorliegende Untersuchung kann als Grundlage für weitere Planungen dienen. Eine exakte, aufwändigere Berechnung der Auswirkung einzelner, konkret in Lage und Ausdehnung geplanter Maßnahmen wäre ein nächster Schritt zur Umsetzung der Ziele der WRRL, die dabei im Rahmen eines operativen Monitorings zu überprüfen sind.

Literaturverzeichnis

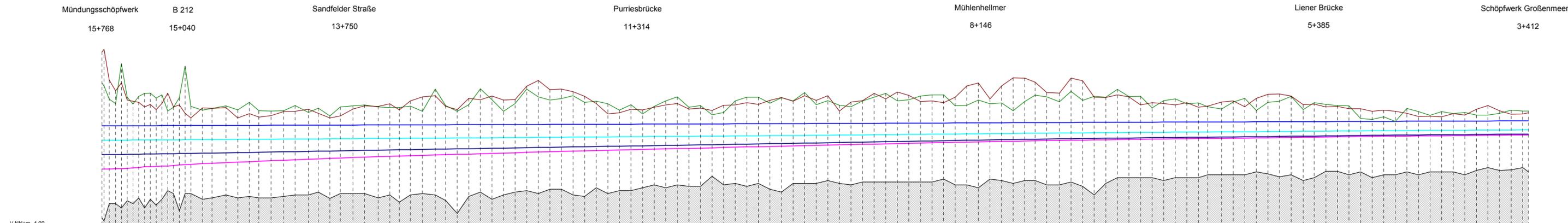
- | | |
|----------------------------------|--|
| ARGE WRRL (2006) | Pilotprojekt Marschgewässer, Maßnahmenvorschläge für Marschgewässer Phase 1; http://www.pilotprojekt-marschgewaesser.de |
| BWK, (1999) | Hydraulische Berechnung von naturnahen Fließgewässern, Teil 1; Merkblatt 1/BWK; Eigenverlag, Düsseldorf |
| BWK, (2000) | Hydraulische Berechnung von naturnahen Fließgewässern, Grundlagen für stationäre, eindimensionale Wasserspiegellagenberechnung; Berichte 1/2000; Eigenverlag, Düsseldorf |
| DVWK (Hrsg.), (1991) | Hydraulische Berechnung von Fließgewässern; Merkblätter 220, Parey-Verlag, Hamburg/Berlin |
| Erchinger, H.F.(1982) | Küsteningenieurwesen in: Taschenbuch der Wasserwirtschaft, 6. Auflage; Parey-Verlag; Hamburg, Berlin |
| Knauf, D. (1997) | Anwenderbeschreibung HYDRA- WSP-PC - Wasserspiegellagenberechnung für gegliederte Flussprofile mit Vorländern und Bewuchs; Programm Service Wasserwirtschaft; Eigenverlag, Darmstadt |
| Kunz, H. (1975) | Wasserhaushaltsberechnungen in tidebeeinflussten Gebieten. In: Mitt. des Instituts für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau der TU Hannover, Heft 35 |
| NLWK Betriebsstelle Brake (2004) | Abflussermittlung am Käseburger Siel, Zwischenbericht; unveröffentlicht |
| Schröder, R.C.M. (1994) | Technische Hydraulik; Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/ New York |



- 2500 Schoepfwerke mit Leistung [l/s]
- 10.000 Stationen WRRL
- 3+500 Stationen Braker Sielacht
- WRRL-Gewässer
- sonst. Gewässer 2. Ordnung
- Gewässer 3. Ordnung
- 6.18 Meliorationsgebiete mit Gebietsgröße [km²]

		Braker Sielacht	
		Meliorationsgebiete Käseburger Sieltief	
Übersichtsplan		Anlage: 1	
		Maßstab: 1:25000 Blatt:	
Aufgestellt: NLWKN		Datum	Name
-Betriebsstelle Brake-Oldenburg- im August 2007		Bearb.	05.08.07 Knu
		Zeichn.	05.08.07 Knu

Quelle: Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung © 2005 GLN



Station	[m+NN]
rechte Ausuferungshöhe	15768
linke Ausuferungshöhe	15705
Wasserspiegel BHZ W -050@Sieltief	15600
Wasserspiegel BHZ W -100@Sieltief	15500
Wasserspiegel BHZ W -150@Sieltief	15400
Wasserspiegel BHZ W -200@Sieltief	15300
Sohlhöhe	15200
	15100
	15000
	14900
	14800
	14700
	14600
	14500
	14400
	14300
	14200
	14100
	14000
	13900
	13800
	13700
	13600
	13500
	13400
	13300
	13200
	13100
	13000
	12900
	12800
	12700
	12600
	12500
	12400
	12300
	12200
	12100
	12000
	11900
	11800
	11700
	11600
	11500
	11400
	11300
	11200
	11100
	11000
	10900
	10800
	10700
	10600
	10500
	10400
	10300
	10200
	10100
	10000
	9900
	9800
	9700
	9600
	9500
	9400
	9300
	9200
	9100
	9000
	8900
	8800
	8700
	8600
	8500
	8400
	8300
	8200
	8100
	8000
	7900
	7800
	7700
	7600
	7500
	7400
	7300
	7200
	7100
	7000
	6900
	6800
	6700
	6600
	6500
	6400
	6300
	6200
	6100
	6000
	5900
	5800
	5700
	5600
	5500
	5400
	5300
	5200
	5100
	5000
	4900
	4800
	4700
	4600
	4500
	4400
	4300
	4200
	4100
	4000
	3900
	3800
	3700
	3600
	3500
	3450



Braker Sielacht

WRRL-Pilotprojekt Marschgewässer

Längsprofil Käseburger Sieltief Ist-Zustand

Wasserstand bei BHZ

Anlage 2.1

Blatt

Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
-Betriebsstelle Brake - Oldenburg-



Datum: Aug. 07

Name: Knu

Zeichner: Aug. 07

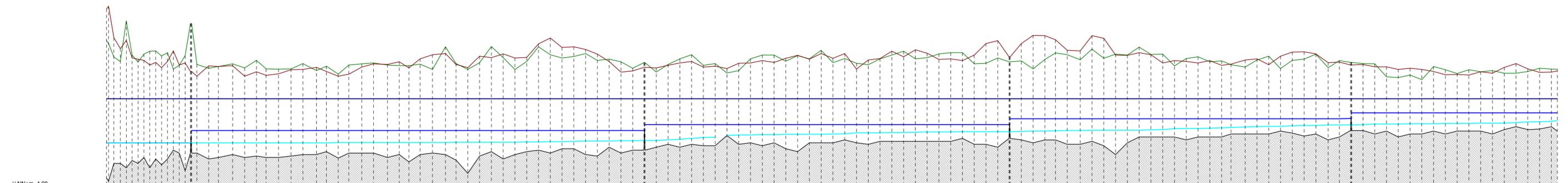
Name: Knu

geändert

Maßstab (L/H) = 1 : 25000 / 100

im August 2007

Mündungsschöpfwerk 15+768 B 212 15+040 Sandfelder Straße 13+750 Purriesbrücke 11+314 Mühlenhellmer 8+146 Liener Brücke 5+385 Schöpfwerk Großenmeer 3+412



Station	[-]
15768	15768
15765	15765
15705	15705
15600	15600
15500	15500
15400	15400
15300	15300
15200	15200
15100	15100
15000	15000
14900	14900
14818	14818
14697	14697
14695	14695
14496	14496
14412	14412
14308	14308
14200	14200
14100	14100
14000	14000
13985	13985
13900	13900
13800	13800
13710	13710
13600	13600
13500	13500
13483	13483
13262	13262
13200	13200
13105	13105
13000	13000
12991	12991
12900	12900
12800	12800
12700	12700
12600	12600
12500	12500
12400	12400
12300	12300
12200	12200
12100	12100
12000	12000
11900	11900
11800	11800
11700	11700
11600	11600
11500	11500
11400	11400
11300	11300
11205	11205
11100	11100
11000	11000
10900	10900
10800	10800
10700	10700
10600	10600
10500	10500
10400	10400
10300	10300
10200	10200
10100	10100
10000	10000
9900	9900
9800	9800
9700	9700
9600	9600
9500	9500
9400	9400
9300	9300
9200	9200
9100	9100
9000	9000
8900	8900
8800	8800
8700	8700
8600	8600
8500	8500
8400	8400
8300	8300
8200	8200
8105	8105
8000	8000
7900	7900
7800	7800
7710	7710
7610	7610
7500	7500
7400	7400
7300	7300
7200	7200
7100	7100
7000	7000
6900	6900
6800	6800
6700	6700
6600	6600
6500	6500
6400	6400
6300	6300
6200	6200
6100	6100
6000	6000
5900	5900
5800	5800
5700	5700
5600	5600
5500	5500
5395	5395
5300	5300
5205	5205
5100	5100
5000	5000
4900	4900
4800	4800
4700	4700
4600	4600
4500	4500
4400	4400
4300	4300
4200	4200
4100	4100
4000	4000
3900	3900
3800	3800
3700	3700
3600	3600
3450	3450



Braker Sielacht

WRRL-Pilotprojekt Marschgewässer

Längsprofil Käseburger Sieltief Variante 3

Wasserstand bei NQ

Maßstab (L/H) = 1 : 25000 / 100

Anlage 2.2

Blatt

<p style="margin: 0; font-size: small;">Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserrwirtschaft, Küsten- und Naturschutz -Betriebsstelle Brake - Oldenburg-</p>		<p style="margin: 0; font-size: x-small;">Datum</p> <p style="margin: 0;">Aug. 07</p>	<p style="margin: 0; font-size: x-small;">Name</p> <p style="margin: 0;">Knu</p>
<p style="margin: 0; font-size: x-small;">im August 2007</p>	<p style="margin: 0; font-size: x-small;">Bearbeiter</p> <p style="margin: 0;">Knu</p>	<p style="margin: 0; font-size: x-small;">Zeichner</p> <p style="margin: 0;">Aug. 07</p>	<p style="margin: 0; font-size: x-small;">geändert</p>

 - Wasserspiegelberechnung -
 Kenngrößenvergleich

Vergleich der Wasserspiegel Ist-Zustand beim Bemessungshochwasser

Var. 1 : BHQ W -050

Var. 2 : BHQ W -100

Var. 3 : BHQ W -150

Var. 4 : BHQ W -200

 Vergleich : WSP-Lage

Station km + m	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Differenz zu Var2	Var1 zu Var3	zu Var4
15 + 768.0	-0.50	-1.00	-1.50	-2.00	-0.50	-1.00	-1.50
15 + 750.0	-0.50	-1.00	-1.50	-2.00	-0.50	-1.00	-1.50
15 + 705.0	-0.50	-1.00	-1.50	-2.00	-0.50	-1.00	-1.50
15 + 650.0	-0.50	-1.00	-1.50	-1.99	-0.50	-1.00	-1.49
15 + 600.0	-0.50	-1.00	-1.50	-1.99	-0.50	-1.00	-1.49
15 + 550.0	-0.50	-1.00	-1.49	-1.97	-0.50	-0.99	-1.47
15 + 500.0	-0.50	-0.99	-1.49	-1.96	-0.49	-0.99	-1.46
15 + 450.0	-0.50	-0.99	-1.48	-1.95	-0.49	-0.98	-1.45
15 + 400.0	-0.50	-0.99	-1.48	-1.92	-0.49	-0.98	-1.42
15 + 350.0	-0.49	-0.99	-1.48	-1.91	-0.50	-0.99	-1.42
15 + 300.0	-0.49	-0.99	-1.47	-1.91	-0.50	-0.98	-1.42
15 + 250.0	-0.49	-0.99	-1.47	-1.89	-0.50	-0.98	-1.40
15 + 200.0	-0.49	-0.99	-1.47	-1.89	-0.50	-0.98	-1.40
15 + 150.0	-0.49	-0.99	-1.47	-1.88	-0.50	-0.98	-1.39
15 + 100.0	-0.49	-0.98	-1.46	-1.85	-0.49	-0.97	-1.36
15 + 50.0	-0.49	-0.98	-1.46	-1.85	-0.49	-0.97	-1.36
15 + 0.0	-0.49	-0.98	-1.45	-1.83	-0.49	-0.96	-1.34
14 + 900.0	-0.49	-0.98	-1.45	-1.81	-0.49	-0.96	-1.32
14 + 818.0	-0.49	-0.98	-1.44	-1.79	-0.49	-0.95	-1.30
14 + 697.0	-0.49	-0.97	-1.43	-1.78	-0.48	-0.94	-1.29
14 + 595.0	-0.49	-0.97	-1.43	-1.76	-0.48	-0.94	-1.27
14 + 496.0	-0.48	-0.97	-1.42	-1.74	-0.49	-0.94	-1.26
14 + 412.0	-0.48	-0.97	-1.41	-1.72	-0.49	-0.93	-1.24
14 + 308.0	-0.48	-0.96	-1.41	-1.71	-0.48	-0.93	-1.23

Datum: 15.08.2007

Seite 1

 - Wasserspiegelberechnung -
 Kenngrößenvergleich

Var. 1 : BHQ W -050
 Var. 2 : BHQ W -100
 Var. 3 : BHQ W -150
 Var. 4 : BHQ W -200

Vergleich : WSP-Lage

Station km + m	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Differenz Var1 zu Var2 zu Var3 zu Var4		
14 + 200.0	-0.48	-0.96	-1.40	-1.69	-0.48	-0.92	-1.21
14 + 100.0	-0.48	-0.96	-1.39	-1.67	-0.48	-0.91	-1.19
13 + 985.0	-0.48	-0.95	-1.38	-1.65	-0.47	-0.90	-1.17
13 + 900.0	-0.48	-0.95	-1.38	-1.64	-0.47	-0.90	-1.16
13 + 800.0	-0.48	-0.95	-1.37	-1.62	-0.47	-0.89	-1.14
13 + 710.0	-0.47	-0.95	-1.36	-1.61	-0.48	-0.89	-1.14
13 + 600.0	-0.47	-0.94	-1.36	-1.60	-0.47	-0.89	-1.13
13 + 500.0	-0.47	-0.94	-1.35	-1.58	-0.47	-0.88	-1.11
13 + 383.0	-0.47	-0.94	-1.34	-1.56	-0.47	-0.87	-1.09
13 + 282.0	-0.47	-0.93	-1.33	-1.55	-0.46	-0.86	-1.08
13 + 200.0	-0.47	-0.93	-1.33	-1.54	-0.46	-0.86	-1.07
13 + 105.0	-0.47	-0.93	-1.32	-1.53	-0.46	-0.85	-1.06
13 + 0.0	-0.46	-0.93	-1.32	-1.52	-0.47	-0.86	-1.06
12 + 891.0	-0.46	-0.92	-1.31	-1.51	-0.46	-0.85	-1.05
12 + 800.0	-0.46	-0.92	-1.30	-1.50	-0.46	-0.84	-1.04
12 + 700.0	-0.46	-0.92	-1.30	-1.49	-0.46	-0.84	-1.03
12 + 600.0	-0.46	-0.91	-1.29	-1.48	-0.45	-0.83	-1.02
12 + 500.0	-0.46	-0.91	-1.28	-1.47	-0.45	-0.82	-1.01
12 + 400.0	-0.46	-0.91	-1.28	-1.45	-0.45	-0.82	-0.99
12 + 300.0	-0.46	-0.91	-1.27	-1.44	-0.45	-0.81	-0.98
12 + 200.0	-0.45	-0.90	-1.26	-1.43	-0.45	-0.81	-0.98
12 + 100.0	-0.45	-0.90	-1.25	-1.42	-0.45	-0.80	-0.97
12 + 0.0	-0.45	-0.90	-1.25	-1.40	-0.45	-0.80	-0.95
11 + 900.0	-0.45	-0.89	-1.24	-1.39	-0.44	-0.79	-0.94

Datum: 15.08.2007

Seite 2

 - Wasserspiegelberechnung -
 Kenngrößenvergleich

Var. 1 : BHQ W -050
 Var. 2 : BHQ W -100
 Var. 3 : BHQ W -150
 Var. 4 : BHQ W -200

Vergleich : WSP-Lage

Station km + m	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Differenz Var1 zu Var2	zu Var3	zu Var4
11 + 800.0	-0.45	-0.89	-1.23	-1.38	-0.44	-0.78	-0.93
11 + 700.0	-0.45	-0.89	-1.22	-1.37	-0.44	-0.77	-0.92
11 + 600.0	-0.44	-0.88	-1.22	-1.36	-0.44	-0.78	-0.92
11 + 500.0	-0.44	-0.88	-1.21	-1.35	-0.44	-0.77	-0.91
11 + 400.0	-0.44	-0.88	-1.20	-1.34	-0.44	-0.76	-0.90
11 + 300.0	-0.44	-0.87	-1.20	-1.33	-0.43	-0.76	-0.89
11 + 200.0	-0.44	-0.87	-1.19	-1.32	-0.43	-0.75	-0.88
11 + 100.0	-0.44	-0.87	-1.19	-1.31	-0.43	-0.75	-0.87
11 + 0.0	-0.44	-0.87	-1.18	-1.30	-0.43	-0.74	-0.86
10 + 900.0	-0.43	-0.86	-1.17	-1.29	-0.43	-0.74	-0.86
10 + 800.0	-0.43	-0.86	-1.17	-1.29	-0.43	-0.74	-0.86
10 + 700.0	-0.43	-0.86	-1.16	-1.28	-0.43	-0.73	-0.85
10 + 600.0	-0.43	-0.85	-1.15	-1.27	-0.42	-0.72	-0.84
10 + 500.0	-0.43	-0.85	-1.15	-1.26	-0.42	-0.72	-0.83
10 + 400.0	-0.43	-0.85	-1.14	-1.24	-0.42	-0.71	-0.81
10 + 300.0	-0.43	-0.84	-1.13	-1.23	-0.41	-0.70	-0.80
10 + 200.0	-0.42	-0.84	-1.12	-1.22	-0.42	-0.70	-0.80
10 + 100.0	-0.42	-0.84	-1.12	-1.22	-0.42	-0.70	-0.80
10 + 0.0	-0.42	-0.83	-1.11	-1.21	-0.41	-0.69	-0.79
9 + 900.0	-0.42	-0.83	-1.10	-1.20	-0.41	-0.68	-0.78
9 + 800.0	-0.42	-0.83	-1.10	-1.19	-0.41	-0.68	-0.77
9 + 700.0	-0.42	-0.82	-1.09	-1.18	-0.40	-0.67	-0.76
9 + 600.0	-0.41	-0.82	-1.08	-1.17	-0.41	-0.67	-0.76
9 + 500.0	-0.41	-0.81	-1.08	-1.16	-0.40	-0.67	-0.75

Datum: 15.08.2007

Seite 3

 - Wasserspiegelberechnung -
 Kenngrößenvergleich

Var. 1 : BHQ W -050
 Var. 2 : BHQ W -100
 Var. 3 : BHQ W -150
 Var. 4 : BHQ W -200

Vergleich : WSP-Lage

Station km + m	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Differenz Var1 zu Var2 zu Var3 zu Var4		
9 + 400.0	-0.41	-0.81	-1.07	-1.15	-0.40	-0.66	-0.74
9 + 300.0	-0.41	-0.81	-1.06	-1.14	-0.40	-0.65	-0.73
9 + 200.0	-0.41	-0.80	-1.05	-1.13	-0.39	-0.64	-0.72
9 + 100.0	-0.41	-0.80	-1.05	-1.12	-0.39	-0.64	-0.71
9 + 0.0	-0.40	-0.80	-1.04	-1.11	-0.40	-0.64	-0.71
8 + 900.0	-0.40	-0.79	-1.03	-1.11	-0.39	-0.63	-0.71
8 + 800.0	-0.40	-0.79	-1.03	-1.10	-0.39	-0.63	-0.70
8 + 700.0	-0.40	-0.78	-1.02	-1.09	-0.38	-0.62	-0.69
8 + 600.0	-0.40	-0.78	-1.01	-1.08	-0.38	-0.61	-0.68
8 + 500.0	-0.39	-0.77	-1.00	-1.07	-0.38	-0.61	-0.68
8 + 400.0	-0.39	-0.77	-0.99	-1.06	-0.38	-0.60	-0.67
8 + 300.0	-0.39	-0.77	-0.99	-1.05	-0.38	-0.60	-0.66
8 + 200.0	-0.39	-0.76	-0.98	-1.04	-0.37	-0.59	-0.65
8 + 100.0	-0.39	-0.76	-0.97	-1.04	-0.37	-0.58	-0.65
8 + 0.0	-0.38	-0.75	-0.97	-1.03	-0.37	-0.59	-0.65
7 + 900.0	-0.38	-0.75	-0.96	-1.02	-0.37	-0.58	-0.64
7 + 800.0	-0.38	-0.74	-0.95	-1.01	-0.36	-0.57	-0.63
7 + 710.0	-0.38	-0.74	-0.95	-1.00	-0.36	-0.57	-0.62
7 + 610.0	-0.38	-0.74	-0.94	-0.99	-0.36	-0.56	-0.61
7 + 500.0	-0.37	-0.73	-0.93	-0.99	-0.36	-0.56	-0.62
7 + 400.0	-0.37	-0.73	-0.93	-0.98	-0.36	-0.56	-0.61
7 + 300.0	-0.37	-0.73	-0.92	-0.98	-0.36	-0.55	-0.61
7 + 200.0	-0.37	-0.72	-0.92	-0.97	-0.35	-0.55	-0.60
7 + 100.0	-0.37	-0.72	-0.91	-0.96	-0.35	-0.54	-0.59

Datum: 15.08.2007

Seite 4

 - Wasserspiegelberechnung -
 Kenngrößenvergleich

Var. 1 : BHQ W -050
 Var. 2 : BHQ W -100
 Var. 3 : BHQ W -150
 Var. 4 : BHQ W -200

Vergleich : WSP-Lage

Station km + m	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Differenz Var1 zu Var2	zu Var3	zu Var4
7 + 0.0	-0.36	-0.72	-0.91	-0.96	-0.36	-0.55	-0.60
6 + 900.0	-0.36	-0.71	-0.90	-0.95	-0.35	-0.54	-0.59
6 + 800.0	-0.36	-0.71	-0.90	-0.95	-0.35	-0.54	-0.59
6 + 700.0	-0.36	-0.71	-0.89	-0.94	-0.35	-0.53	-0.58
6 + 600.0	-0.36	-0.70	-0.89	-0.94	-0.34	-0.53	-0.58
6 + 500.0	-0.36	-0.70	-0.88	-0.93	-0.34	-0.52	-0.57
6 + 400.0	-0.36	-0.70	-0.88	-0.93	-0.34	-0.52	-0.57
6 + 300.0	-0.35	-0.69	-0.87	-0.92	-0.34	-0.52	-0.57
6 + 220.0	-0.35	-0.69	-0.87	-0.92	-0.34	-0.52	-0.57
6 + 100.0	-0.35	-0.69	-0.87	-0.91	-0.34	-0.52	-0.56
6 + 0.0	-0.35	-0.69	-0.86	-0.91	-0.34	-0.51	-0.56
5 + 900.0	-0.35	-0.68	-0.86	-0.90	-0.33	-0.51	-0.55
5 + 800.0	-0.35	-0.68	-0.85	-0.90	-0.33	-0.50	-0.55
5 + 700.0	-0.35	-0.68	-0.85	-0.89	-0.33	-0.50	-0.54
5 + 600.0	-0.34	-0.67	-0.84	-0.89	-0.33	-0.50	-0.55
5 + 500.0	-0.34	-0.67	-0.84	-0.88	-0.33	-0.50	-0.54
5 + 395.0	-0.34	-0.67	-0.83	-0.87	-0.33	-0.49	-0.53
5 + 300.0	-0.34	-0.66	-0.83	-0.87	-0.32	-0.49	-0.53
5 + 200.0	-0.34	-0.66	-0.82	-0.86	-0.32	-0.48	-0.52
5 + 100.0	-0.33	-0.66	-0.82	-0.86	-0.33	-0.49	-0.53
5 + 0.0	-0.33	-0.65	-0.81	-0.85	-0.32	-0.48	-0.52
4 + 900.0	-0.33	-0.65	-0.81	-0.85	-0.32	-0.48	-0.52
4 + 800.0	-0.33	-0.65	-0.80	-0.84	-0.32	-0.47	-0.51
4 + 700.0	-0.33	-0.64	-0.80	-0.84	-0.31	-0.47	-0.51

Datum: 15.08.2007

Seite 5

 - Wasserspiegelberechnung -
 Kenngrößenvergleich

Var. 1 : BHQ W -050
 Var. 2 : BHQ W -100
 Var. 3 : BHQ W -150
 Var. 4 : BHQ W -200

Vergleich : WSP-Lage

Station km + m	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Differenz Var1 zu Var2	zu Var3	zu Var4
4 + 600.0	-0.33	-0.64	-0.79	-0.83	-0.31	-0.46	-0.50
4 + 500.0	-0.32	-0.64	-0.79	-0.83	-0.32	-0.47	-0.51
4 + 400.0	-0.32	-0.63	-0.79	-0.82	-0.31	-0.47	-0.50
4 + 300.0	-0.32	-0.63	-0.78	-0.82	-0.31	-0.46	-0.50
4 + 200.0	-0.32	-0.63	-0.78	-0.82	-0.31	-0.46	-0.50
4 + 100.0	-0.32	-0.63	-0.78	-0.81	-0.31	-0.46	-0.49
4 + 0.0	-0.32	-0.63	-0.78	-0.81	-0.31	-0.46	-0.49
3 + 900.0	-0.32	-0.62	-0.77	-0.81	-0.30	-0.45	-0.49
3 + 800.0	-0.31	-0.62	-0.77	-0.80	-0.31	-0.46	-0.49
3 + 700.0	-0.31	-0.62	-0.76	-0.80	-0.31	-0.45	-0.49
3 + 600.0	-0.31	-0.62	-0.76	-0.79	-0.31	-0.45	-0.48
3 + 500.0	-0.31	-0.61	-0.76	-0.79	-0.30	-0.45	-0.48
3 + 450.0	-0.31	-0.61	-0.75	-0.79	-0.30	-0.44	-0.48

 - Wasserspiegelberechnung -
 Kenngrößenvergleich

Vergleich der Wasserspiegel beim Bemessungshochwasser, Start-W = -1,0 mNN
 Var. 1 : BHQ W -100 Ist-Zustand
 Var. 2 : BHQ -100 Rand-Bewuchs
 Var. 3 : BHQ -100 Bewuchs vollständig

Vergleich : WSP-Lage

Station km + m	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Differenz zu Var2	Var1 zu Var3
15 + 768.0	-1.00	-1.00	-1.00	0.00	0.00
15 + 750.0	-1.00	-1.00	-1.00	0.00	0.00
15 + 705.0	-1.00	-1.00	-1.00	0.00	0.00
15 + 650.0	-1.00	-1.00	-1.00	0.00	0.00
15 + 600.0	-1.00	-1.00	-1.00	0.00	0.00
15 + 550.0	-1.00	-1.00	-1.00	0.00	0.00
15 + 500.0	-0.99	-0.99	-0.99	0.00	0.00
15 + 450.0	-0.99	-0.99	-0.99	0.00	0.00
15 + 400.0	-0.99	-0.99	-0.99	0.00	0.00
15 + 350.0	-0.99	-0.99	-0.99	0.00	0.00
15 + 300.0	-0.99	-0.99	-0.99	0.00	0.00
15 + 250.0	-0.99	-0.99	-0.99	0.00	0.00
15 + 200.0	-0.99	-0.99	-0.99	0.00	0.00
15 + 150.0	-0.99	-0.99	-0.99	0.00	0.00
15 + 100.0	-0.98	-0.98	-0.98	0.00	0.00
15 + 50.0	-0.98	-0.98	-0.98	0.00	0.00
15 + 0.0	-0.98	-0.98	-0.98	0.00	0.00
14 + 900.0	-0.98	-0.98	-0.98	0.00	0.00
14 + 818.0	-0.98	-0.98	-0.98	0.00	0.00
14 + 697.0	-0.97	-0.97	-0.97	0.00	0.00
14 + 595.0	-0.97	-0.97	-0.97	0.00	0.00
14 + 496.0	-0.97	-0.97	-0.97	0.00	0.00
14 + 412.0	-0.97	-0.97	-0.97	0.00	0.00
14 + 308.0	-0.96	-0.96	-0.96	0.00	0.00

 - Wasserspiegelberechnung -
 Kenngrößenvergleich

Var. 1 : BHQ W -100 Ist-Zustand
 Var. 2 : BHQ -100 Rand-Bewuchs
 Var. 3 : BHQ -100 Bewuchs vollständig

Vergleich : WSP-Lage

Station km + m	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Differenz zu Var2	Var1 zu Var3
14 + 200.0	-0.96	-0.96	-0.96	0.00	0.00
14 + 100.0	-0.96	-0.96	-0.96	0.00	0.00
13 + 985.0	-0.95	-0.95	-0.95	0.00	0.00
13 + 900.0	-0.95	-0.95	-0.95	0.00	0.00
13 + 800.0	-0.95	-0.95	-0.95	0.00	0.00
13 + 710.0	-0.95	-0.95	-0.95	0.00	0.00
13 + 600.0	-0.94	-0.94	-0.94	0.00	0.00
13 + 500.0	-0.94	-0.94	-0.93	0.00	0.01
13 + 383.0	-0.94	-0.93	-0.91	0.01	0.03
13 + 282.0	-0.93	-0.93	-0.91	0.00	0.02
13 + 200.0	-0.93	-0.93	-0.90	0.00	0.03
13 + 105.0	-0.93	-0.93	-0.89	0.00	0.04
13 + 0.0	-0.93	-0.92	-0.88	0.01	0.05
12 + 891.0	-0.92	-0.92	-0.87	0.00	0.05
12 + 800.0	-0.92	-0.92	-0.86	0.00	0.06
12 + 700.0	-0.92	-0.91	-0.86	0.01	0.06
12 + 600.0	-0.91	-0.91	-0.85	0.00	0.06
12 + 500.0	-0.91	-0.91	-0.84	0.00	0.07
12 + 400.0	-0.91	-0.90	-0.83	0.01	0.08
12 + 300.0	-0.91	-0.90	-0.82	0.01	0.09
12 + 200.0	-0.90	-0.90	-0.81	0.00	0.09
12 + 100.0	-0.90	-0.89	-0.80	0.01	0.10
12 + 0.0	-0.90	-0.89	-0.80	0.01	0.10
11 + 900.0	-0.89	-0.88	-0.79	0.01	0.10

 - Wasserspiegelberechnung -
 Kenngrößenvergleich

Var. 1 : BHQ W -100 Ist-Zustand
 Var. 2 : BHQ -100 Rand-Bewuchs
 Var. 3 : BHQ -100 Bewuchs vollständig

Vergleich : WSP-Lage

Station km + m	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Differenz zu Var2	Var1 zu Var3
11 + 800.0	-0.89	-0.88	-0.78	0.01	0.11
11 + 700.0	-0.89	-0.88	-0.77	0.01	0.12
11 + 600.0	-0.88	-0.87	-0.76	0.01	0.12
11 + 500.0	-0.88	-0.87	-0.75	0.01	0.13
11 + 400.0	-0.88	-0.87	-0.74	0.01	0.14
11 + 300.0	-0.87	-0.86	-0.74	0.01	0.13
11 + 200.0	-0.87	-0.86	-0.73	0.01	0.14
11 + 100.0	-0.87	-0.86	-0.72	0.01	0.15
11 + 0.0	-0.87	-0.85	-0.71	0.02	0.16
10 + 900.0	-0.86	-0.85	-0.71	0.01	0.15
10 + 800.0	-0.86	-0.85	-0.70	0.01	0.16
10 + 700.0	-0.86	-0.85	-0.69	0.01	0.17
10 + 600.0	-0.85	-0.84	-0.69	0.01	0.16
10 + 500.0	-0.85	-0.84	-0.68	0.01	0.17
10 + 400.0	-0.85	-0.83	-0.67	0.02	0.18
10 + 300.0	-0.84	-0.83	-0.66	0.01	0.18
10 + 200.0	-0.84	-0.83	-0.66	0.01	0.18
10 + 100.0	-0.84	-0.82	-0.65	0.02	0.19
10 + 0.0	-0.83	-0.82	-0.64	0.01	0.19
9 + 900.0	-0.83	-0.82	-0.63	0.01	0.20
9 + 800.0	-0.83	-0.81	-0.63	0.02	0.20
9 + 700.0	-0.82	-0.81	-0.62	0.01	0.20
9 + 600.0	-0.82	-0.81	-0.61	0.01	0.21
9 + 500.0	-0.81	-0.80	-0.60	0.01	0.21

 - Wasserspiegelberechnung -
 Kenngrößenvergleich

Var. 1 : BHQ W -100 Ist-Zustand
 Var. 2 : BHQ -100 Rand-Bewuchs
 Var. 3 : BHQ -100 Bewuchs vollständig

Vergleich : WSP-Lage

Station km + m	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Differenz zu Var2	Var1 zu Var3
9 + 400.0	-0.81	-0.80	-0.59	0.01	0.22
9 + 300.0	-0.81	-0.79	-0.59	0.02	0.22
9 + 200.0	-0.80	-0.79	-0.58	0.01	0.22
9 + 100.0	-0.80	-0.78	-0.57	0.02	0.23
9 + 0.0	-0.80	-0.78	-0.56	0.02	0.24
8 + 900.0	-0.79	-0.78	-0.56	0.01	0.23
8 + 800.0	-0.79	-0.77	-0.55	0.02	0.24
8 + 700.0	-0.78	-0.77	-0.54	0.01	0.24
8 + 600.0	-0.78	-0.77	-0.53	0.01	0.25
8 + 500.0	-0.77	-0.76	-0.53	0.01	0.24
8 + 400.0	-0.77	-0.76	-0.52	0.01	0.25
8 + 300.0	-0.77	-0.75	-0.51	0.02	0.26
8 + 200.0	-0.76	-0.75	-0.50	0.01	0.26
8 + 100.0	-0.76	-0.74	-0.49	0.02	0.27
8 + 0.0	-0.75	-0.74	-0.48	0.01	0.27
7 + 900.0	-0.75	-0.74	-0.48	0.01	0.27
7 + 800.0	-0.74	-0.73	-0.47	0.01	0.27
7 + 710.0	-0.74	-0.73	-0.46	0.01	0.28
7 + 610.0	-0.74	-0.72	-0.46	0.02	0.28
7 + 500.0	-0.73	-0.72	-0.45	0.01	0.28
7 + 400.0	-0.73	-0.71	-0.44	0.02	0.29
7 + 300.0	-0.73	-0.71	-0.44	0.02	0.29
7 + 200.0	-0.72	-0.71	-0.43	0.01	0.29
7 + 100.0	-0.72	-0.70	-0.43	0.02	0.29

 - Wasserspiegelberechnung -
 Kenngrößenvergleich

Var. 1 : BHQ W -100 Ist-Zustand
 Var. 2 : BHQ -100 Rand-Bewuchs
 Var. 3 : BHQ -100 Bewuchs vollständig

Vergleich : WSP-Lage

Station km + m	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Differenz zu Var2	Var1 zu Var3
7 + 0.0	-0.72	-0.70	-0.42	0.02	0.30
6 + 900.0	-0.71	-0.70	-0.42	0.01	0.29
6 + 800.0	-0.71	-0.70	-0.41	0.01	0.30
6 + 700.0	-0.71	-0.69	-0.40	0.02	0.31
6 + 600.0	-0.70	-0.69	-0.40	0.01	0.30
6 + 500.0	-0.70	-0.69	-0.40	0.01	0.30
6 + 400.0	-0.70	-0.68	-0.39	0.02	0.31
6 + 300.0	-0.69	-0.68	-0.39	0.01	0.30
6 + 220.0	-0.69	-0.68	-0.38	0.01	0.31
6 + 100.0	-0.69	-0.68	-0.38	0.01	0.31
6 + 0.0	-0.69	-0.67	-0.37	0.02	0.32
5 + 900.0	-0.68	-0.67	-0.37	0.01	0.31
5 + 800.0	-0.68	-0.67	-0.36	0.01	0.32
5 + 700.0	-0.68	-0.66	-0.36	0.02	0.32
5 + 600.0	-0.67	-0.66	-0.35	0.01	0.32
5 + 500.0	-0.67	-0.65	-0.34	0.02	0.33
5 + 395.0	-0.67	-0.65	-0.34	0.02	0.33
5 + 300.0	-0.66	-0.65	-0.33	0.01	0.33
5 + 200.0	-0.66	-0.64	-0.33	0.02	0.33
5 + 100.0	-0.66	-0.64	-0.32	0.02	0.34
5 + 0.0	-0.65	-0.64	-0.31	0.01	0.34
4 + 900.0	-0.65	-0.63	-0.31	0.02	0.34
4 + 800.0	-0.65	-0.63	-0.30	0.02	0.35
4 + 700.0	-0.64	-0.62	-0.29	0.02	0.35

 - Wasserspiegelberechnung -
 Kenngrößenvergleich

Var. 1 : BHQ W -100 Ist-Zustand
 Var. 2 : BHQ -100 Rand-Bewuchs
 Var. 3 : BHQ -100 Bewuchs vollständig

Vergleich : WSP-Lage

Station km + m	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Differenz zu Var2	Var1 zu Var3
4 + 600.0	-0.64	-0.62	-0.28	0.02	0.36
4 + 500.0	-0.64	-0.61	-0.28	0.03	0.36
4 + 400.0	-0.63	-0.61	-0.27	0.02	0.36
4 + 300.0	-0.63	-0.60	-0.27	0.03	0.36
4 + 200.0	-0.63	-0.60	-0.26	0.03	0.37
4 + 100.0	-0.63	-0.60	-0.26	0.03	0.37
4 + 0.0	-0.63	-0.60	-0.26	0.03	0.37
3 + 900.0	-0.62	-0.59	-0.25	0.03	0.37
3 + 800.0	-0.62	-0.59	-0.25	0.03	0.37
3 + 700.0	-0.62	-0.59	-0.24	0.03	0.38
3 + 600.0	-0.62	-0.59	-0.24	0.03	0.38
3 + 500.0	-0.61	-0.58	-0.23	0.03	0.38
3 + 450.0	-0.61	-0.58	-0.23	0.03	0.38

 - Wasserspiegelberechnung -
 Kenngrößenvergleich

Vergleich der Wasserspiegel mit Schwellen beim Bemessungshochwasser
 Var. 1 : BHQ W -100 Ist-Zustand
 Var. 2 : BHQ Schw -100 Ist-Zustand + Schwellen
 Var. 3 : BHQ SchwBew -100 Randbewuchs + Schwellen

Vergleich : WSP-Lage

Station km + m	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Differenz zu Var2	Var1 zu Var3
15 + 768.0	-1.00	-1.00	-1.00	0.00	0.00
15 + 750.0	-1.00	-1.00	-1.00	0.00	0.00
15 + 705.0	-1.00	-1.00	-1.00	0.00	0.00
15 + 650.0	-1.00	-1.00	-1.00	0.00	0.00
15 + 600.0	-1.00	-1.00	-1.00	0.00	0.00
15 + 550.0	-1.00	-1.00	-1.00	0.00	0.00
15 + 500.0	-0.99	-0.99	-0.99	0.00	0.00
15 + 450.0	-0.99	-0.99	-0.99	0.00	0.00
15 + 400.0	-0.99	-0.99	-0.99	0.00	0.00
15 + 350.0	-0.99	-0.99	-0.99	0.00	0.00
15 + 300.0	-0.99	-0.99	-0.99	0.00	0.00
15 + 250.0	-0.99	-0.99	-0.99	0.00	0.00
15 + 200.0	-0.99	-0.99	-0.99	0.00	0.00
15 + 150.0	-0.99	-0.99	-0.99	0.00	0.00
15 + 100.0	-0.98	-0.98	-0.98	0.00	0.00
15 + 55.0	-0.98	-0.98	-0.98	0.00	0.00
15 + 50.0	-0.98	-0.99	-0.99	-0.01	-0.01
15 + 45.0	-0.98	-0.98	-0.98	0.00	0.00
15 + 0.0	-0.98	-0.97	-0.97	0.01	0.01
14 + 900.0	-0.97	-0.97	-0.97	0.00	0.00
14 + 818.0	-0.97	-0.97	-0.97	0.00	0.00
14 + 697.0	-0.97	-0.97	-0.97	0.00	0.00
14 + 595.0	-0.97	-0.96	-0.96	0.01	0.01
14 + 496.0	-0.96	-0.96	-0.96	0.00	0.00

 - Wasserspiegelberechnung -
 Kenngrößenvergleich

Var. 1 : BHQ W -100 Ist-Zustand
 Var. 2 : BHQ Schw -100 Ist-Zustand + Schwellen
 Var. 3 : BHQ SchwBew -100 Randbewuchs + Schwellen

Vergleich : WSP-Lage

Station km + m	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Differenz zu Var2	Var1 zu Var3
14 + 412.0	-0.96	-0.96	-0.96	0.00	0.00
14 + 308.0	-0.96	-0.96	-0.96	0.00	0.00
14 + 200.0	-0.95	-0.95	-0.95	0.00	0.00
14 + 100.0	-0.95	-0.95	-0.95	0.00	0.00
13 + 985.0	-0.95	-0.95	-0.95	0.00	0.00
13 + 900.0	-0.95	-0.94	-0.94	0.01	0.01
13 + 800.0	-0.94	-0.94	-0.94	0.00	0.00
13 + 710.0	-0.94	-0.94	-0.94	0.00	0.00
13 + 600.0	-0.94	-0.94	-0.94	0.00	0.00
13 + 500.0	-0.93	-0.93	-0.93	0.00	0.00
13 + 383.0	-0.93	-0.93	-0.93	0.00	0.00
13 + 282.0	-0.93	-0.93	-0.93	0.00	0.00
13 + 200.0	-0.93	-0.93	-0.92	0.00	0.01
13 + 105.0	-0.92	-0.92	-0.92	0.00	0.00
13 + 0.0	-0.92	-0.92	-0.92	0.00	0.00
12 + 891.0	-0.92	-0.92	-0.91	0.00	0.01
12 + 800.0	-0.91	-0.91	-0.91	0.00	0.00
12 + 700.0	-0.91	-0.91	-0.91	0.00	0.00
12 + 600.0	-0.91	-0.91	-0.90	0.00	0.01
12 + 500.0	-0.91	-0.91	-0.90	0.00	0.01
12 + 400.0	-0.90	-0.90	-0.90	0.00	0.00
12 + 300.0	-0.90	-0.90	-0.89	0.00	0.01
12 + 200.0	-0.90	-0.90	-0.89	0.00	0.01
12 + 100.0	-0.89	-0.89	-0.89	0.00	0.00

 - Wasserspiegelberechnung -
 Kenngrößenvergleich

Var. 1 : BHQ W -100 Ist-Zustand
 Var. 2 : BHQ Schw -100 Ist-Zustand + Schwellen
 Var. 3 : BHQ SchwBew -100 Randbewuchs + Schwellen

Vergleich : WSP-Lage

Station km + m	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Differenz zu Var2	Var1 zu Var3
12 + 0.0	-0.89	-0.89	-0.88	0.00	0.01
11 + 900.0	-0.89	-0.89	-0.88	0.00	0.01
11 + 800.0	-0.88	-0.88	-0.88	0.00	0.00
11 + 700.0	-0.88	-0.88	-0.87	0.00	0.01
11 + 600.0	-0.88	-0.88	-0.87	0.00	0.01
11 + 500.0	-0.87	-0.87	-0.86	0.00	0.01
11 + 400.0	-0.87	-0.87	-0.86	0.00	0.01
11 + 300.0	-0.87	-0.87	-0.86	0.00	0.01
11 + 205.0	-0.87	-0.87	-0.86	0.00	0.01
11 + 200.0	-0.86	-0.87	-0.86	-0.01	0.00
11 + 195.0	-0.86	-0.86	-0.85	0.00	0.01
11 + 100.0	-0.86	-0.86	-0.85	0.00	0.01
11 + 0.0	-0.85	-0.86	-0.85	-0.01	0.00
10 + 900.0	-0.85	-0.85	-0.84	0.00	0.01
10 + 800.0	-0.85	-0.85	-0.84	0.00	0.01
10 + 700.0	-0.84	-0.85	-0.84	-0.01	0.00
10 + 600.0	-0.84	-0.85	-0.83	-0.01	0.01
10 + 500.0	-0.84	-0.84	-0.83	0.00	0.01
10 + 400.0	-0.83	-0.84	-0.83	-0.01	0.00
10 + 300.0	-0.83	-0.84	-0.82	-0.01	0.01
10 + 200.0	-0.83	-0.83	-0.82	0.00	0.01
10 + 100.0	-0.82	-0.83	-0.82	-0.01	0.00
10 + 0.0	-0.82	-0.83	-0.81	-0.01	0.01
9 + 900.0	-0.81	-0.82	-0.81	-0.01	0.00

 - Wasserspiegelberechnung -
 Kenngrößenvergleich

Var. 1 : BHQ W -100 Ist-Zustand
 Var. 2 : BHQ Schw -100 Ist-Zustand + Schwellen
 Var. 3 : BHQ SchwBew -100 Randbewuchs + Schwellen

Vergleich : WSP-Lage

Station km + m	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Differenz zu Var2	Var1 zu Var3
9 + 800.0	-0.81	-0.82	-0.81	-0.01	0.00
9 + 700.0	-0.81	-0.82	-0.80	-0.01	0.01
9 + 600.0	-0.80	-0.81	-0.80	-0.01	0.00
9 + 500.0	-0.80	-0.81	-0.79	-0.01	0.01
9 + 400.0	-0.80	-0.80	-0.79	0.00	0.01
9 + 300.0	-0.79	-0.80	-0.79	-0.01	0.00
9 + 200.0	-0.79	-0.79	-0.78	0.00	0.01
9 + 100.0	-0.78	-0.79	-0.78	-0.01	0.00
9 + 0.0	-0.78	-0.79	-0.77	-0.01	0.01
8 + 900.0	-0.77	-0.78	-0.77	-0.01	0.00
8 + 800.0	-0.77	-0.78	-0.77	-0.01	0.00
8 + 700.0	-0.77	-0.78	-0.76	-0.01	0.01
8 + 600.0	-0.76	-0.77	-0.76	-0.01	0.00
8 + 500.0	-0.76	-0.77	-0.76	-0.01	0.00
8 + 400.0	-0.75	-0.76	-0.75	-0.01	0.00
8 + 300.0	-0.75	-0.76	-0.75	-0.01	0.00
8 + 200.0	-0.74	-0.75	-0.74	-0.01	0.00
8 + 105.0	-0.74	-0.75	-0.74	-0.01	0.00
8 + 100.0	-0.74	-0.75	-0.74	-0.01	0.00
8 + 95.0	-0.73	-0.75	-0.73	-0.02	0.00
8 + 0.0	-0.73	-0.74	-0.73	-0.01	0.00
7 + 900.0	-0.73	-0.74	-0.72	-0.01	0.01
7 + 800.0	-0.72	-0.74	-0.72	-0.02	0.00
7 + 710.0	-0.72	-0.73	-0.72	-0.01	0.00

 - Wasserspiegelberechnung -
 Kenngrößenvergleich

Var. 1 : BHQ W -100 Ist-Zustand
 Var. 2 : BHQ Schw -100 Ist-Zustand + Schwellen
 Var. 3 : BHQ SchwBew -100 Randbewuchs + Schwellen

Vergleich : WSP-Lage

Station km + m	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Differenz zu Var2	Var1 zu Var3
7 + 610.0	-0.72	-0.73	-0.71	-0.01	0.01
7 + 500.0	-0.71	-0.72	-0.71	-0.01	0.00
7 + 400.0	-0.71	-0.72	-0.70	-0.01	0.01
7 + 300.0	-0.71	-0.72	-0.70	-0.01	0.01
7 + 200.0	-0.70	-0.71	-0.70	-0.01	0.00
7 + 100.0	-0.70	-0.71	-0.69	-0.01	0.01
7 + 0.0	-0.70	-0.71	-0.69	-0.01	0.01
6 + 900.0	-0.69	-0.70	-0.69	-0.01	0.00
6 + 800.0	-0.69	-0.70	-0.69	-0.01	0.00
6 + 700.0	-0.69	-0.70	-0.68	-0.01	0.01
6 + 600.0	-0.69	-0.69	-0.68	0.00	0.01
6 + 500.0	-0.68	-0.69	-0.68	-0.01	0.00
6 + 400.0	-0.68	-0.69	-0.67	-0.01	0.01
6 + 300.0	-0.68	-0.69	-0.67	-0.01	0.01
6 + 220.0	-0.67	-0.68	-0.67	-0.01	0.00
6 + 100.0	-0.67	-0.68	-0.66	-0.01	0.01
6 + 0.0	-0.67	-0.68	-0.66	-0.01	0.01
5 + 900.0	-0.66	-0.68	-0.66	-0.02	0.00
5 + 800.0	-0.66	-0.67	-0.65	-0.01	0.01
5 + 700.0	-0.66	-0.67	-0.65	-0.01	0.01
5 + 600.0	-0.65	-0.67	-0.65	-0.02	0.00
5 + 500.0	-0.65	-0.66	-0.64	-0.01	0.01
5 + 395.0	-0.65	-0.66	-0.64	-0.01	0.01
5 + 300.0	-0.64	-0.66	-0.64	-0.02	0.00

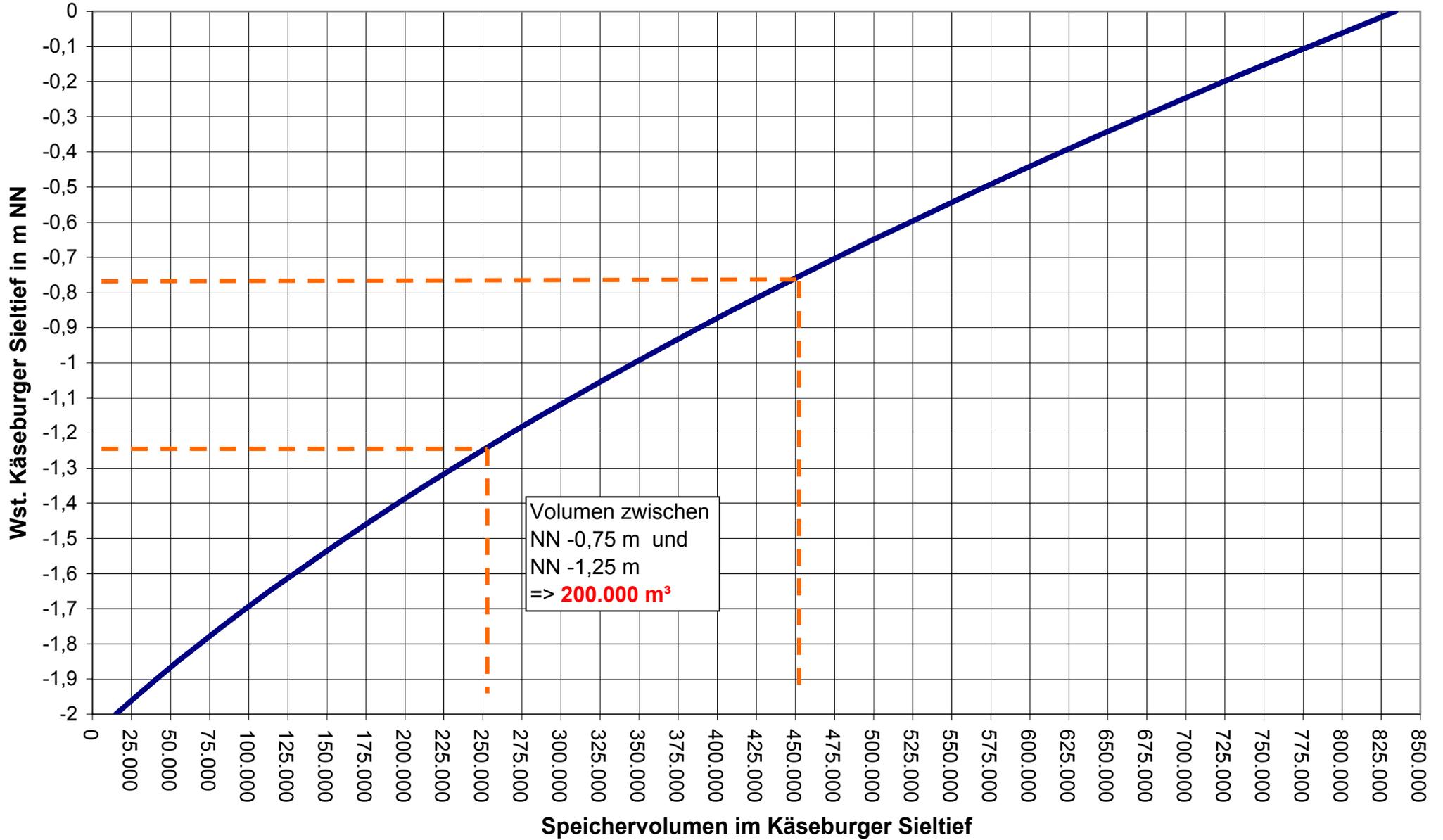
 - Wasserspiegelberechnung -
 Kenngrößenvergleich

Var. 1 : BHQ W -100 Ist-Zustand
 Var. 2 : BHQ Schw -100 Ist-Zustand + Schwellen
 Var. 3 : BHQ SchwBew -100 Randbewuchs + Schwellen

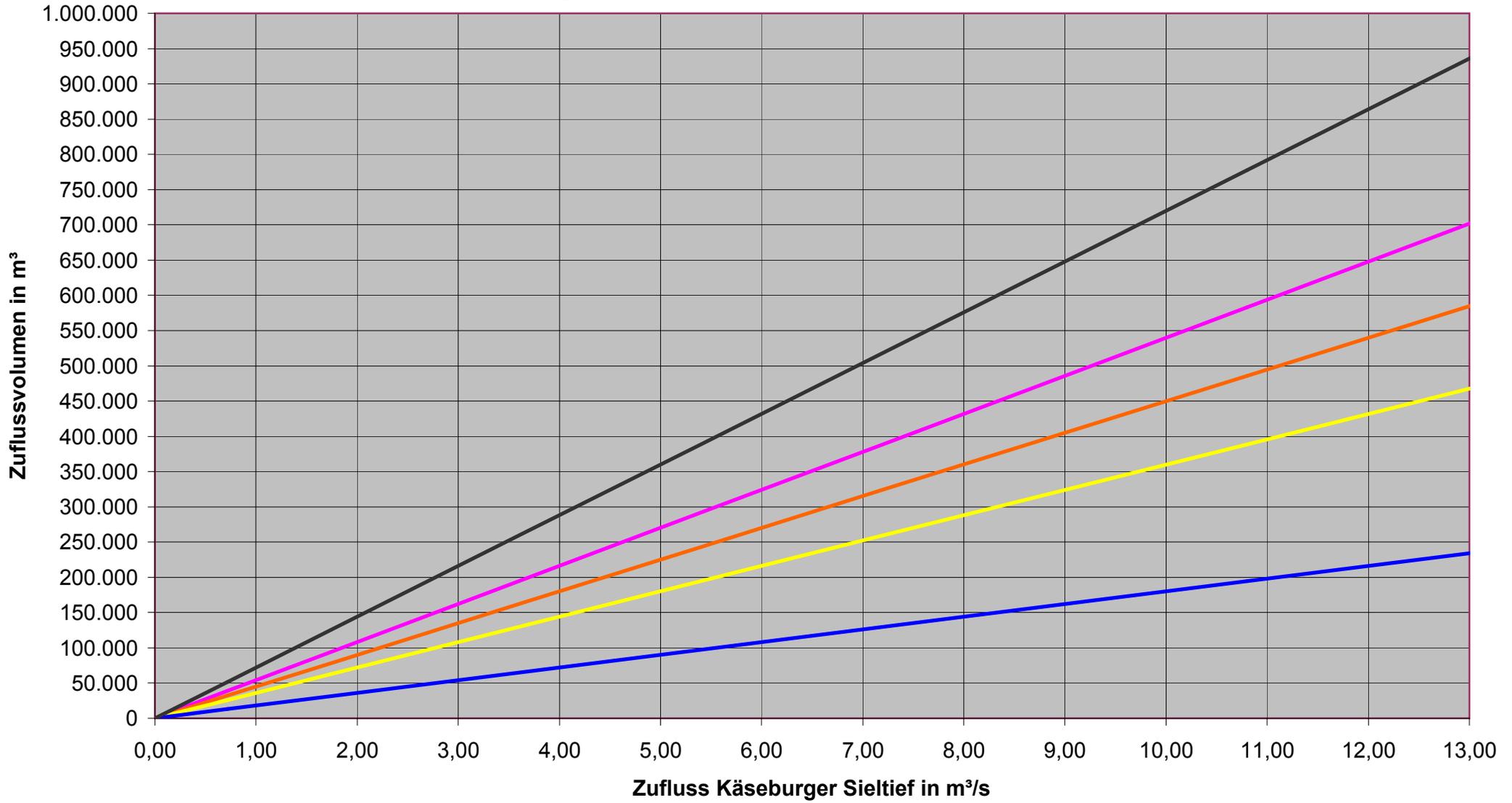
Vergleich : WSP-Lage

Station km + m	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Differenz zu Var2	Var1 zu Var3
5 + 205.0	-0.64	-0.65	-0.63	-0.01	0.01
5 + 200.0	-0.64	-0.65	-0.63	-0.01	0.01
5 + 195.0	-0.63	-0.65	-0.63	-0.02	0.00
5 + 100.0	-0.63	-0.65	-0.63	-0.02	0.00
5 + 0.0	-0.63	-0.64	-0.62	-0.01	0.01
4 + 900.0	-0.63	-0.64	-0.62	-0.01	0.01
4 + 800.0	-0.63	-0.63	-0.61	0.00	0.02
4 + 700.0	-0.62	-0.63	-0.61	-0.01	0.01
4 + 600.0	-0.62	-0.63	-0.60	-0.01	0.02
4 + 500.0	-0.62	-0.63	-0.60	-0.01	0.02
4 + 400.0	-0.62	-0.62	-0.59	0.00	0.03
4 + 300.0	-0.61	-0.62	-0.59	-0.01	0.02
4 + 200.0	-0.61	-0.62	-0.59	-0.01	0.02
4 + 100.0	0.00	-0.62	-0.59	-0.62	-0.59
4 + 0.0	0.00	-0.62	-0.58	-0.62	-0.58
3 + 900.0	0.00	-0.61	-0.58	-0.61	-0.58
3 + 800.0	0.00	-0.61	-0.58	-0.61	-0.58
3 + 700.0	0.00	-0.61	-0.58	-0.61	-0.58
3 + 600.0	0.00	-0.60	-0.57	-0.60	-0.57
3 + 500.0	0.00	-0.60	-0.57	-0.60	-0.57
3 + 450.0	0.00	-0.60	-0.57	-0.60	-0.57

Wasserstand-Volumenbeziehung Käseburger Sieltief



Zuflussvolumen bzw. erforderliches Speichervolumen im Käseburger Sieltief in Abhängigkeit vom Zufluss in m³/s und der Zuflussdauer



— Volumen in 15 h — Volumen pro Tide 12,5 h — Volumen in 10 h — Volumen in 5 h — Volumen in 20 h

Pumpvolumen Schöpfwerk Käseburg

