

Handlungsempfehlungen für die Anlage von Reinigungsteichen zum Rückhalt von Nährstoffausträgen aus landwirtschaftlichen Dränsystemen als Maßnahme zum Gewässerschutz

Jörg Steidl und Thomas Kalettka



agrathaer
Strategische Landnutzung

Geschäftsführung:

Frau Anita Beblek
Eberswalder Str. 84
15374 Müncheberg
Tel: 033432 82 141

Email: anita.beblek@agrathaer.de

Müncheberg, Juni 2016

INHALT

Einführende Bemerkungen	1
Was ist das Problem landwirtschaftlicher Dränsysteme?	1
Welche Maßnahmen zum Schutz von Gewässern gegen Stoffeinträge aus landwirtschaftlichen Dränsystemen kommen in Frage?	4
1. Landwirtschaftliche Maßnahmen auf der dränierten Fläche.....	4
2. Technische Maßnahmen im Dränsystem.....	4
3. Maßnahmen durch Anlegen bzw. Reaktivieren von Feuchtgebieten	5
Was ist ein Dränteich?	6
Wer kann einen Dränteich anlegen?	7
Wo kann ein Dränteich angelegt werden?	7
Standortauswahl und Dränteichvarianten	7
Grundvariante Senkenreaktivierung	9
Grundvariante Grabenaufweitung.....	10
Grundvariante Niederung mit Verwallung.....	11
Flächenverfügbarkeit	12
Wie funktioniert ein Dränteich?.....	12
Wasserrückhalt, Fließgeschwindigkeit, Aufenthaltszeit	12
Nährstoffrückhalt	13
Zu Beginn.....	15
Dränteiche als Feuchtbiotop	15
Wie sollte ein Dränteich bemessen und gestaltet werden?	17
Bemessung	17
Gestaltung.....	21
An die Bewirtschaftung angepasste Form	21
Einlass	22
Auslass	22
Design-elemente	22
Versickerungsflächen oder –elemente	24
Profilierung	24
Ansiedlung von Makrophyten	24
Wie sind Dränteiche zu bewirtschaften?	27
Mahd	27
Sedimententnahme	28
Regulierung des Wasserstandes	28
Zuständigkeit.....	29

Reinigungsteiche zum Rückhalt von Nährstoffausträgen aus Dränsystemen

Was kostet der Stoffrückhalt durch Dränteiche?	29
Kosten der Flächenbereitstellung und des Baus von Dränteichen	29
Kosten der Bewirtschaftung von Dränteichen	29
Kostenwirksamkeit von Dränteichen	30
Wer trägt die Kosten?	30
Pilotprojekt JÜRGENSHAGEN	33
Literatur.....	37

TABELLEN

Tabelle 1: Beispiele Geeigneter heimischer Arten der Makrophyten für Dränteiche 27

Tabelle 2: Kosten aus der Installation und den Betrieb von Dränteichen verschiedener Größen und Ausführungen (Preisniveau um 2010)..... 30

ABBILDUNGEN

Abbildung 1: Karte der Entwässerungswahrscheinlichkeiten für Landwirtschaftsflächen in Mecklenburg-Vorpommern nach hydrologischen Wirkungstypen (Institut biota 2010)	2
Abbildung 2: Stickstoffeintrag in die Oberflächengewässer über Dränabfluss in Mecklenburg-Vorpommern (Wendland et al. 2015).....	3
Abbildung 3: Phosphoreintrag in die Oberflächengewässer über Dränabfluss in Mecklenburg-Vorpommern (Wendland et al. 2015).....	4
Abbildung 4: Längsschnitt durch einen Dränsteich	7
Abbildung 5: Grundvarianten der Anordnung und Gestaltung eines Dränsteiches zwischen Dränanlage und Gewässer.....	9
Abbildung 6: Beispiel der Grundvariante Senkenreaktivierung – Dränsteich „Dünne Wiese“ aus Steidl et al (2011)	9
Abbildung 7: Beispiele der Grundvariante Grabenaufweitung – oben Dränsteich „Heinersdorf“ aus Steidl et al (2011) und unten Pilotanlage des Dränsteiches Jürgenshagen	10
Abbildung 8: Beispiel der Grundvariante Niederung mit Verwallung – oben: Dränsteich „Prädikow“ aus Steidl et al (2011) unten: Feuchtgebiet am Neuklostersee (Fotos: biota - Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH)	11
Abbildung 9: Prozesse des Rückhalts und der Freisetzung von Nährstoffen in einem Dränsteich.....	15
Abbildung 10: Gesamtstickstoff- und Gesamtphosphor-Rückhalt in Dränsteichen als Funktion des Verhältnisses der Fläche des Dränsteiches und der Dränfläche unter Verwendung von Daten aus der Literatur und Daten aus eigenen Untersuchungen (Steidl et al. 2011)	19
Abbildung 11: Gesamtstickstoff- und Gesamtphosphor-Rückhalt in Dränsteichen als Funktion der Stoffbelastung unter Verwendung von Daten aus der Literatur und Daten aus eigenen Untersuchungen (Steidl et al. 2011)	20
Abbildung 12: Schematische Darstellung einer herkömmlichen (oben) und mäandrierenden (unten) Teichausführung mit Zonierung (Blau = aquatische Zone ; Grün = amphibische Zone)	21
Abbildung 13: Prinzip der Fließleitsysteme in den verschiedenen Teichzonen (braun = aquatisch; grün = amphibische Zone)	23
Abbildung 14: Beispiele für Fließleitsysteme in Dränsteichen (li. Querbauwerk, re. Quer- und Leitbauwerke)	23
Abbildung 15: Natürliche Entwicklung der Makrophyten des Dränsteiches „Dünne Wiese“ (Müncheberg, Brandenburg)	25
Abbildung 16: Entwicklung der aquatischen Makrophyten des Dränsteiches „Jürgenshagen“ (Mecklenburg-Vorpommern) nach Bepflanzung	26
Abbildung 17: Lage der Dränfläche und des Dränsteiches Jürgenshagen	33
Abbildung 18: Blick auf den Dränsteich Jürgenshagen	34
Abbildung 19: Dränsteich Jürgenshagen mit Messstellen	35

EINFÜHRENDE BEMERKUNGEN

Das vorliegende Handbuch gibt Handlungsempfehlungen zur Anlage von Reinigungsteichen zum Rückhalt von Nährstoffausträgern aus landwirtschaftlichen Dränsystemen als eine von mehreren gebotenen Maßnahmen zum Gewässerschutz (Fier et al. 2012), um einen Beitrag zur Erreichung der Gewässerqualitätsziele im Sinne der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL 2000) zu leisten. Reinigungsteiche für Dränwässer sind von Oberflächenwasser dominierte teichartige Feuchtgebiete, für die es verschiedene Gestaltungsmöglichkeiten gibt. Sie werden im Folgenden als „Dränteich“ bezeichnet. Ausgehend von der Darstellung der Funktionsweise und der Wirkungen eines Dränteiches werden Empfehlungen für dessen Einrichtung, Gestaltung und Bewirtschaftung gegeben sowie die dabei anfallenden Kosten diskutiert.

Diese Handlungsempfehlungen richten sich an Landwirte, Planer sowie Landwirtschafts- und Naturschutzbehörden, aber auch an Verbände, Vereine oder Personen, deren Verpflichtung oder Interesse die Minderung von Stoffeinträgen aus landwirtschaftlichen Dränsystemen in die Oberflächengewässer ist.

WAS IST DAS PROBLEM LANDWIRTSCHAFTLICHER DRÄNSYSTEME?

Auf vielen staunassen Standorten in Mecklenburg-Vorpommern ist ein effizienter Ackerbau nur mit einer künstlichen Bodenentwässerung möglich. Dazu verwendet die Landwirtschaft bereits seit vielen Generationen unterirdische Rohrdränsysteme. Die letzten landesweiten und bisher umfangreichsten Dränmaßnahmen fanden in den 1970er bis 1980er Jahren statt. Neben der Neuanlage von Dränsystemen wurden dabei auch ältere überbaut oder erweitert. Auch mit dem Ziel größere zusammenhängende Ackerflächen zu schaffen wurden bei dieser Gelegenheit zahlreiche kleinere Bäche, die den Abfluss aus den Dränflächen aufnahmen, unterirdisch in Rohrleitungen verlegt. Landesweite Übersichten zur Lage und Umfang solcher und weiterer Dränsysteme fehlen allerdings. Für Mecklenburg-Vorpommern existiert seit 2010 zumindest eine Karte, die die wahrscheinlich künstlich entwässerten Flächen differenziert nach hydrologischen Wirkungstypen darstellt (**Abbildung 1**).

In Mecklenburg-Vorpommern werden demnach etwa 885.000 ha – das entspricht 65 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche – künstlich entwässert. Insgesamt sind 53 % der Ackerfläche (rd. 580.000 ha) und 83 % der Grünlandfläche (rd. 307.000 ha) mit künstlichen Entwässerungssystemen ausgestattet. Durch landwirtschaftliche Entwässerungsmaßnahmen beeinflusst wird mit ca. 1,6 Millionen ha fast die doppelte Fläche der direkt entwässerten Gebiete. Vorherrschende Entwässerungsart ist die Rohrdränung auf Acker- und Grabenentwässerung auf Grünlandflächen.

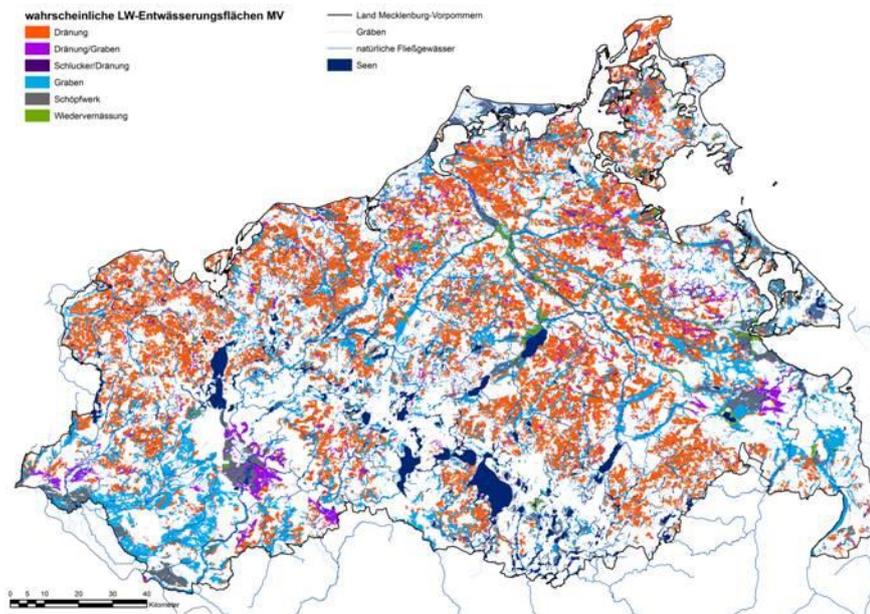


ABBILDUNG 1: KARTE DER ENTWÄSSERUNGSWAHRSCHEINLICHKEITEN FÜR LANDWIRTSCHAFTSFLÄCHEN IN MECKLENBURG-VORPOMMERN NACH HYDROLOGISCHEN WIRKUNGSTYPEN (INSTITUT BIOTA 2010)

Diese Vorteile für die Landwirtschaft werden aber mit Nachteilen für die Gewässer erkaufte, die die Abflüsse aus den Dränsystemen abführen müssen. Zuvor sehr träge Abflüsse wurden durch die Dränung beschleunigt und führen zu unnatürlichen Abflussspitzen in den unterliegenden Gewässern. Ein Teil der eigentlich für den Ackerbau benötigten Dünge- und Pflanzenschutzmittel wird mit diesen Abflüssen aus dem Boden ausgewaschen und gelangt ungemindert in die Gewässer, wo sie in erhöhter Konzentration als Nähr- bzw. Schadstoffe schädigend auf die Lebensgemeinschaften wirken. Das durch die Verrohrung kleiner Bäche verlorengegangene Potenzial zum Abbau bzw. Rückhalt von Nähr- und Schadstoffen trägt ebenfalls dazu bei.

Die eingetragenen Nährstoffe erhöhen in den in den Gewässern den Trophiegrad (Nährstoffstatus), steigern also den dort bereits enthaltenen Vorrat an Nährstoffen wie Phosphor und Stickstoff deutlich und fördern damit ein übermäßiges Wachstum von höheren Wasser- und Sumpfpflanzen sowie Algen. In der Folge nimmt die gegenseitige Beschattung und Konkurrenz um die Nährstoffe zu, bis diese üppige Vegetation zeitweilig abstirbt und von Mikroorganismen unter Verbrauch von Sauerstoff zersetzt wird. Damit verbunden sind ein verstärktes periodisches Auftreten von Sauerstoffmangel und damit eine Anreicherung von toxisch wirkenden Stoffen (Ammoniak, Nitrit, Schwefelwasserstoff) im Gewässer, wodurch wiederum vermehrt auch Gewässertiere absterben können.

Schadstoffe, die in den Dränsystemen mitgeführt werden, können direkt akut oder chronisch toxisch auf die Lebewesen der Gewässer wirken. Hierzu gehören z. B. Pflanzenschutzmittel (Herbizide, Fungizide) sowie in Düngern und Gülle vorhandene Schwermetalle.

Die wertvollen Lebensräume in den dadurch auf Dauer betroffenen Gewässern und die ehemals vielfältig vorhanden Arten der Wasserpflanzen und -tiere mit höheren

Reinigungsteiche zum Rückhalt von Nährstoffausträgen aus Dränsystemen

Ansprüchen an die Wasserqualität sind seltener geworden. Im Ergebnis sind viele Gewässer durch artenarme Lebensgemeinschaften mit einer Dominanz weniger konkurrenzstarker Arten geprägt. Neben diesen Effekten erfordert das üppige Wachstum an Wasser- und Sumpfpflanzen oft auch höhere Aufwendungen für die Unterhaltung dieser Gewässer zur Gewährleistung schadloser Abflüsse.

Für Mecklenburg-Vorpommern wiesen Wendland et al. (2015) im Ergebnis von Modellrechnungen die Stickstoff- und Phosphoreinträge in die Oberflächengewässer über Dränabflüsse aus (**Abbildung 2** und **Abbildung 3**). Danach gelangen aktuell etwa 71 % aller Stickstoffeinträge über die landwirtschaftliche Dränung in die Oberflächengewässer des Landes. Beim Phosphor beträgt dieser Anteil 18 %. Die Dränagen bilden somit den Haupteintragspfad für Stickstoff und den zweitwichtigsten Eintragspfad für Phosphor in die Oberflächengewässer. Greifen Maßnahmen zur Reduzierung der Gewässerbelastungen aus anderen Quellen, können sich diese Anteile künftig erhöhen, wenn die Nährstoffeinträge aus landwirtschaftlichen Quellen nicht auch reduziert werden.

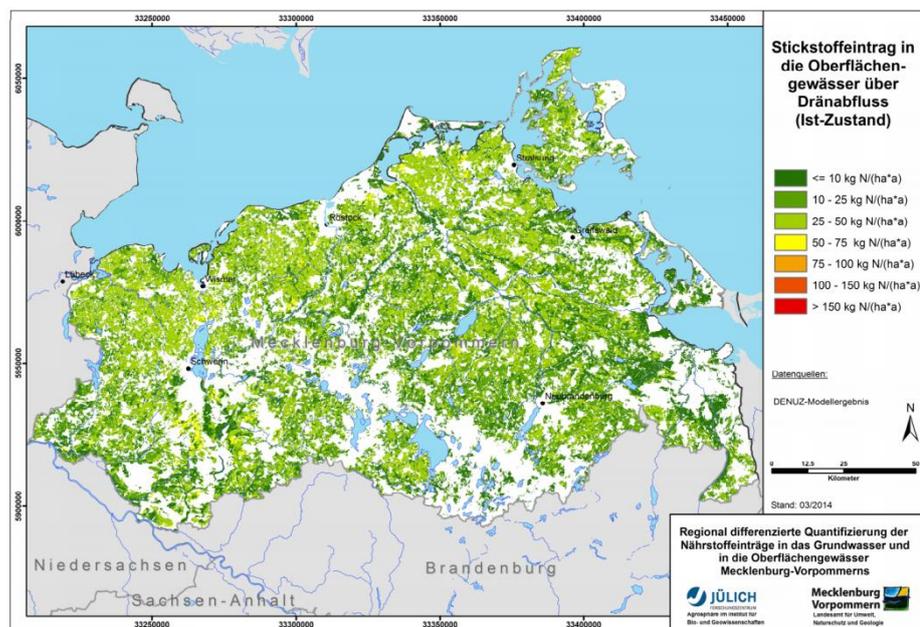


ABBILDUNG 2: STICKSTOFFEINTRAG IN DIE OBERFLÄCHENGEWÄSSER ÜBER DRÄN-ABFLUSS IN MECKLENBURG-VORPOMMERN (WENDLAND ET AL. 2015)

Zunehmend werden in den Landesmessnetzen Erhebungen zu weiteren Stoffen wie z. B. den Pflanzenschutzmitteln durchgeführt. Handlungsbedarf für die Minderung dieser Nähr- und Schadstoffeinträge in die Gewässer besteht vor allem in Einzugsgebieten mit einem sehr hohen Flächenanteil an landwirtschaftlicher Dränung. So können häufig in den kleinen Bächen und Fließsen dieser Gebiete die Zielvorgaben der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL 2000) nicht erfüllt werden. Ebenso betroffen sind schließlich die Ostsee-Küstengewässer. In Mecklenburg-Vorpommern ist daher die Erprobung von Dränteichen als ergänzende Maßnahme im Konzept zur Minderung der diffusen Nährstoffeinträge (LU2011) verankert.

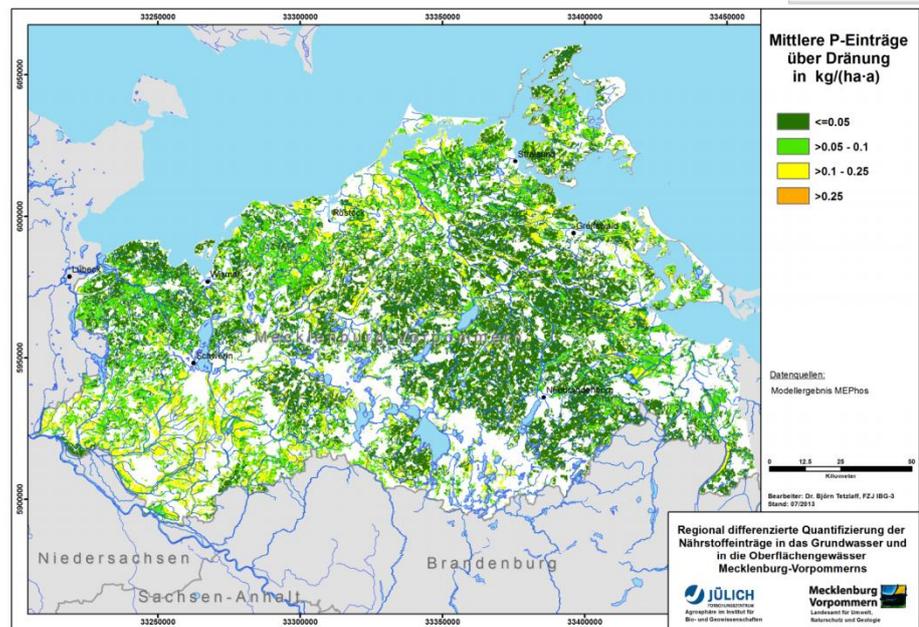


ABBILDUNG 3: PHOSPHOREINTRAG IN DIE OBERFLÄCHENGEWÄSSER ÜBER DRÄN-ABFLUSS IN MECKLENBURG-VORPOMMERN (WENDLAND ET AL. 2015)

WELCHE MAßNAHMEN ZUM SCHUTZ VON GEWÄSSERN GEGEN STOFFEINTRÄGE AUS LANDWIRTSCHAFTLICHEN DRÄNSYSTEMEN KOMMEN IN FRAGE?

Für die Reduzierung der Nähr- und Schadstoffausträge aus den Dränsystemen in Gewässer gibt es einige Maßnahmen, die die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) bereits thematisiert hat (Fier et al. 2012). Welche Maßnahmen davon geeignet sind, ist von sehr vielen Faktoren abhängig. In jedem Fall sollte bei der Auswahl der geeigneten Maßnahme in der Reihenfolge der nachfolgend erläuterten Maßnahmen vorgegangen werden.

1. LANDWIRTSCHAFTLICHE MAßNAHMEN AUF DER DRÄNIERTEN FLÄCHE

Die Maßnahmen zum Gewässerschutz sollten immer bei den Quellen, d. h. vor allem bei der Reduzierung des Einsatzes von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln auf das unbedingt notwendige Maß im Rahmen des Ackerbaus beginnen. Dazu stellt das Land Mecklenburg-Vorpommern im Rahmen der WRRL-Forschung und Beratung umfangreiche Informationen und Empfehlungen bereit (z. B. <http://www.wrrl-mv-landwirtschaft.de/node/6> (letzter Zugriff 24.06.2016)). Da der Rückbau eines Dränsystems oft ausgeschlossen wird, sollten bereits hier alle Möglichkeiten zur Reduzierung der Verluste dieser Stoffe über die Dränung ausgeschöpft werden.

2. TECHNISCHE MAßNAHMEN IM DRÄNSYSTEM

Weitere Maßnahmen betreffen die technische Lösung in der Dränanlage selbst.

a) Kontrollierte Dränung

Bislang eingebaute Dränagen entwässern den Boden auf eine Tiefe von 80 Zentimetern und tiefer und damit oft über das notwendige Maß hinaus. Um die Befahrbarkeit der Böden und die im durchwurzelten Bodenbereich für ein optimales Pflanzenwachstum ausreichende Sauerstoffverfügbarkeit zu sichern, ist für viele Böden eine Entwässerung bis in eine Tiefe von höchstens 60 cm ausreichend. Zur Realisierung von Drängen, die eine Entwässerung auf dieses unbedingt notwendige Maß ermöglichen, werden gegenüber den herkömmlichen Anlagen zusätzliche Staulemente benötigt, mit denen die Entwässerungstiefe der Dränsauger begrenzt werden kann. Gegenüber herkömmlichen Lösungen steht mehr Wasser mit den darin enthaltenen Nährstoffen für die Ackerkulturen zur Verfügung und es gelangt eine geringere Nährstofffracht in ein Gewässer. In ebenen Gebieten ist der Wirkungsbereich dieser Elemente nahezu unendlich. Sobald Geländegefälle zu berücksichtigen sind, verringert sich dieser Wirkungsbereich und die Zahl der benötigten Staulemente nimmt zu. Erfahrungsgemäß ist die Wirtschaftlichkeit solcher Lösungen bei einem Gefälle von mehr als 4 % schnell erreicht.

b) Filterlösungen

Im Weiteren bieten sich Filterlösungen an den Dränsaugern an, die das Nitrat im Bodenwasser mineralisieren und dadurch im Filter zurückhalten bevor es in den Dränsauger gelangen kann. Ähnliche Filter sind ebenfalls für Phosphat möglich. Solche Filterlösungen sind in der Praxis kaum erprobt und lassen eine geringere Lebensdauer erwarten als die der Dränanlage.

Alle diese Maßnahmen sollten für die jeweiligen örtlichen Bedingungen getestet werden, um die jeweils geeignetste oder auch Kombinationen davon auswählen zu können. Da mit den technischen Lösungen in der Dränanlage immer auch ein Anlagenneubau verbunden ist, werden sie dann besonders interessant, wenn eine Anlage ihre Lebensdauer erreicht hat.

3. MAßNAHMEN DURCH ANLEGEN BZW. REAKTIVIEREN VON FEUCHTGEBIETEN

Wenn keine der oben beschriebenen Maßnahmen machbar ist oder aussichtsreich erscheint bzw. zusätzliche Minderungseffekte erzielt werden sollen, dann sind weitere Maßnahmen zwischen dem Ablauf einer Dränanlage und dem Gewässer möglich. Dazu gehören verschiedene Feuchtgebiete, die einen Teil der aus der Dränanlage kommenden Stofffrachten zurückhalten können, bevor diese das Gewässer erreichen:

- natürliche Feuchtgebiete
- Retentions-Feuchtgebiete (**Dränteiche**)
- Hufeisenförmige Feuchtgebiete an Dränauslässen
- Infiltrationsfeuchtgebiete

Prinzipien und Wirksamkeit der vier genannten Maßnahmen wurden durch Fier et al. (2012) kurz zusammengefasst. Von den vier Maßnahmen ist die Errichtung von

Dränteichen zum Gewässerschutz am universellsten anwendbar. Nachfolgend wird daher ausschließlich die Maßnahme „Dränteich“ beschrieben.

Aktuelle Studien zeigen, dass Nährstoffe aus Dränsystemen nachweislich, aber mit unterschiedlichem Erfolg, mit Hilfe von Dränteichen zurück gehalten werden (Borin & Tocchetto 2007, Braskerud et al. 2005, Fier et al. 2012, Kovacic et al. 2000, Mehl & Kästner 2012, Reinhardt et al. 2005, Steidl et al. 2011, Tanner et al. 2003). Basierend auf diesen Kenntnissen sollen im Folgenden Handlungsempfehlungen für die Anlage, die Gestaltung, die Bewirtschaftung und die damit verbundenen Kosten von Dränteichen zum Erreichen einer möglichst hohen Effektivität gegeben werden.

WAS IST EIN DRÄNTEICH?

Als Dränteich wird eine mit Wasser bespannte sowie mit Wasser- und Sumpfpflanzen (sogenannte Makrophyten) bewachsene Feuchtfläche bezeichnet, in der Stoffe eines durchgeleiteten Dränabflusses zum Schutz nachfolgender Gewässer zurückgehalten werden können (Fier et al. 2012). Makrophyten sind alle mit bloßem Auge erkennbaren Pflanzen, die zumindest teilweise im Wasser wachsen. Dazu gehören Gefäßpflanzen (Tracheophyta), Moose (Bryophyta), Armeleuchteralgen (Characeae) und fädige Grünalgen (van de Weyer & Schmidt 2011), die verschiedene Lebens- und Wuchsformen ausbilden (Wiegand 1991).

Ein Dränteich kann die Belastung von Gewässern durch Nähr- und Schadstoffe aus einem Dränabfluss mindern. Er besitzt einen Zulauf, der den Dränabfluss aufnimmt, und einen Ablauf, der den Abfluss aus dem Dränteich in ein Gewässer ermöglicht. Zur Erzielung eines effektiven Stoffrückhalts gibt es verschiedene Varianten für verschiedene standörtliche Gegebenheiten. Idealerweise sollte in der vorherrschenden Fließrichtung einer aquatischen Zone, mit tieferen Wasserständen und einer ausgeprägten Unterwasservegetation, eine amphibische Zone, mit flacheren Wasserständen und einer ausgeprägten Flachwasservegetation, folgen (**Abbildung 4**). Hierbei dient der tiefere Anlagenteil vor allem dem Stoffrückhalt durch den Einbau von gelösten Stoffen in Wasserpflanzen sowie durch die Sedimentation partikulärer Stoffe aus dem Dränablauf und abgestorbener Pflanzenteile. Hinzu kommt die Entfernung von Stickstoff aus dem Wasser durch Entgasung als Folge mikrobieller Denitrifikation. Der nachfolgende flachere Anlagenteil dient dem Stoffrückhalt durch den Einbau in Sumpfpflanzen (amphibische Makrophyten), vorzugsweise Arten der Röhrichte wie Schilf. Gleichzeitig ermöglicht er die Sedimentation abgeschwemmter Partikel und Bindung rückgelöster Stoffe aus dem tiefen Teil des Dränteiches. Die Entnahme der im hinteren flachen Anlagenteil akkumulierten Nährstoffe durch Mahd des Röhrichts vereinfacht als Vorzugsvariante das Management des Dränteiches.

Die für den Stoffrückhalt im Dränteich wichtigen Prozesse werden an späterer Stelle erläutert (siehe **Wie funktioniert ein Dränteich?**).

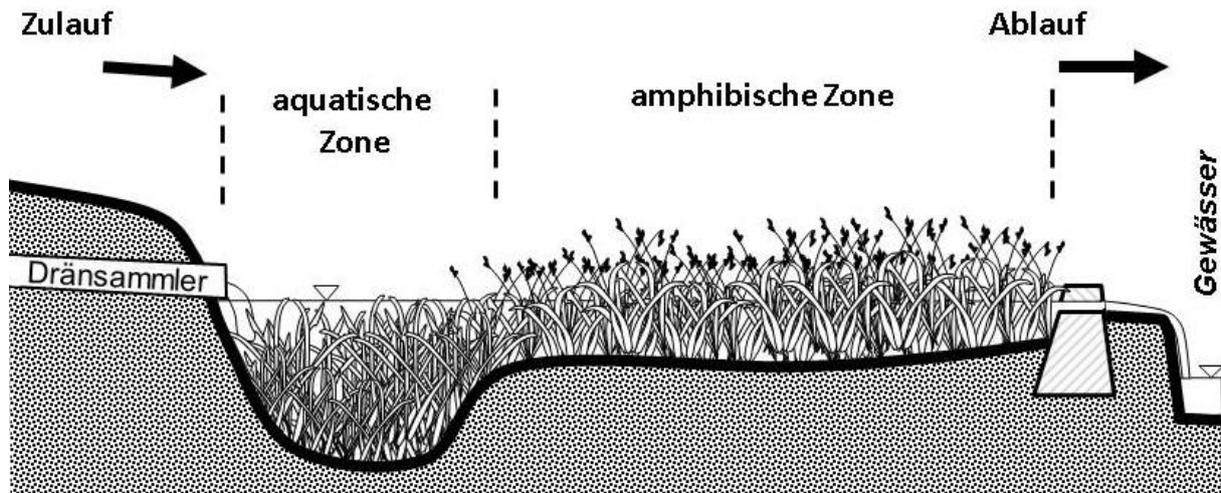


ABBILDUNG 4: LÄNGSSCHNITT DURCH EINEN DRÄNTEICH

WER KANN EINEN DRÄNTEICH ANLEGEN?

Einen Dränteich kann jeder anlegen, der Nährstoffeinträge aus landwirtschaftlichen Dränanlagen in die Gewässer mindern will. Das sollte zunächst der Landwirt sein, der die Dränflächen bewirtschaftet. Er kann dieses Vorhaben auch an den zuständigen Wasser- und Bodenverband übergeben und gemeinsam mit ihm umsetzen. Naturschutzverbände oder -behörden können aber auch interessiert sein, die mit den Dränabflüssen verbundenen Belastungen in ihrer Verantwortung liegender schützenswerter Ökosysteme zu mindern.

Das Eigentum der gewählten Fläche oder ein Nutzungsrecht für die Fläche zur Errichtung eines Dränteiches sind primäre Voraussetzungen für die Planungen. Ob eine wasserrechtliche oder naturschutzrechtliche Genehmigung erforderlich ist, muss in jedem Einzelfall geprüft werden. Voraussetzung für das Gelingen der Belastungsminderung mit dem Dränteich ist jedoch eine ausreichende fachliche Beratung.

WO KANN EIN DRÄNTEICH ANGELEGT WERDEN?

STANDORTAUSWAHL UND DRÄNTEICHVARIANTEN

Ein Dränteich kann dort sinnvoll eingerichtet werden, wo die Umweltqualitätsziele eines Gewässers infolge seiner Nährstoffbelastung aus landwirtschaftlichen Dränungen nicht eingehalten werden können. Einen landesweiten Überblick über die Situation der Nährstoffeinträge in die Oberflächengewässer Mecklenburg-Vorpommerns geben Wendland et al. (2015) (**Abbildung 2** und **Abbildung 3**).

Die im Dränteich zurückhaltbaren Nährstoffe nehmen mit der Nährstofffracht aus dem Dränsystem zu (**Abbildung 11**). Auch bei höheren Nährstoffkonzentrationen in den Dränabflüssen kann ebenfalls ein höherer Nährstoffrückhalt erwartet werden. Welcher Anteil der Nährstofffracht zurückgehalten werden kann, wird auch durch das Verhältnis zwischen der Fläche eines Dränteiches und der Fläche des Dränsystems (**Abbildung 10**) beeinflusst. Diese Zusammenhänge sind allerdings nur gültig, wenn der Nährstoffrückhalt im Dränteich ausreichend funktioniert (s. Wie funktioniert ein Dränteich?).

Reinigungsteiche zum Rückhalt von Nährstoffausträgern aus Dränsystemen

Angesichts der Aufwendungen, die für die Einrichtung eines Dränteiches erforderlich sind, sind die in der eiszeitlich geprägten Landschaft natürlicherweise vorhandenen Geländesenken anderen möglichen Flächen vorzuziehen. Voraussetzung zur Auswahl eines Standorts für einen Dränteich ist jedoch die Verfügbarkeit einer Nährstofffracht aus Dränabflüssen an diesem Ort. Ist die Verfügbarkeit von Dränabflüssen a priori nicht gegeben, muss geprüft werden, ob Dränabflüsse einem sonst als geeignet erscheinenden Standort mit einem vertretbaren Aufwand zugeführt werden können. Auch für den Abfluss aus dem Dränteich in ein Gewässer müssen Voraussetzungen vorhanden sein. Neben der Möglichkeit der Einleitung in ein Gewässer ist zu beachten, dass der Abfluss aus der Dränanlage in keiner Weise behindert wird. Das ist möglich, wenn durch den Wasserstand im Dränteich oder im Gewässer kein Rückstau in das Dränsystem entstehen kann. Nur so können Schäden an der Dränanlage vermieden und sichergestellt werden, dass ihre Dränwirkung nicht unerwünscht eingeschränkt wird.

Weiterhin wirken sich die Bodenverhältnisse eines Standorts auf die Effektivität des Stoffrückhalts eines Dränteiches aus. Für den Rückhalt von Stickstoff sind organische Substrate von Feuchtgebieten (Torfe, Mudden) sehr gut geeignet. Sie bieten als Kohlenstoffquelle mit einem oft bereits aktiven mikrobiellen Milieu eine gute Voraussetzung für die Minderung der Konzentration des gelösten Stickstoffs durch die mikrobiell bedingte Umwandlung in gasförmigen Stickstoff. Für den Rückhalt von Phosphor ist das Bindungsvermögen des Sediments zu beachten. Gut durchlässige Böden bzw. Sedimente ermöglichen darüber hinaus einen unterirdischen Abfluss aus dem Dränteich, wobei möglicherweise weitere Frachtreduktionen während der Bodenpassage vor dem Eintritt in ein Oberflächengewässer wirken können. Schließlich muss die benötigte Fläche verfügbar, also alle rechtlichen Voraussetzungen für deren Nutzung erfüllbar sein.

Für die Standortauswahl und Gestaltung eines Teiches bieten sich viele Möglichkeiten. Ein wichtiges Ziel sollte dabei die Auswahl einer geeigneten Variante zur standortgerechten Eingliederung des Teiches in seine Umgebung sein. Die folgende Abbildung zeigt dazu drei mögliche Grundvarianten, die eine Vielzahl konkreter Varianten abdecken können (**Abbildung 5**).

Senkenreaktivierung Niederung mit Verwallung Grabenaufweitung

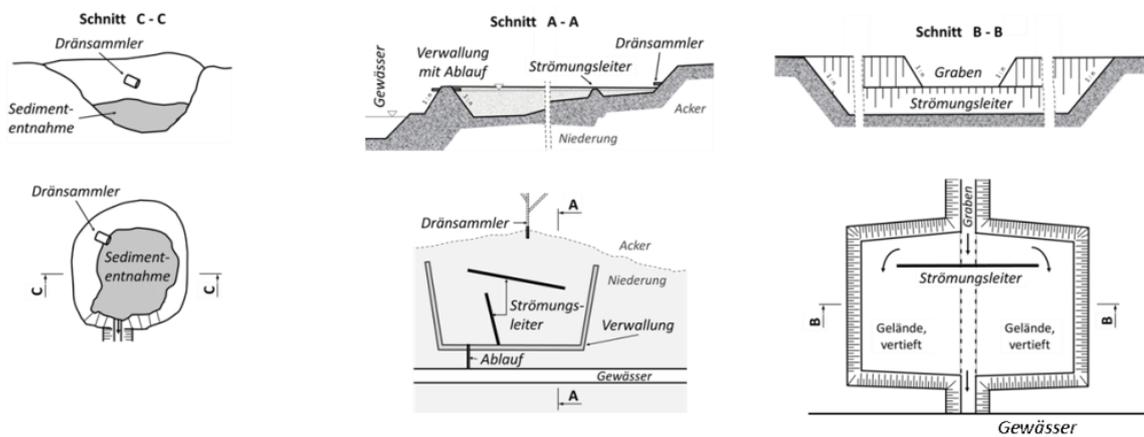


ABBILDUNG 5: GRUNDVARIANTEN DER ANORDNUNG UND GESTALTUNG EINES DRÄNTEICHES ZWISCHEN DRÄNANLAGE UND GEWÄSSER

GRUNDVARIANTE SENKENREAKTIVIERUNG

Natürliche Geländesenken, kleinere Niederungen oder andere in der Landschaft bereits vorhandene Hohlformen sind besonders geeignet für die Einrichtung eines Dränteiches durch die Reaktivierung solcher Senken (**Abbildung 6**). Das sind häufig feuchtere Standorte oder Reste früherer Feuchtgebiete, die mit ihren Standortbedingungen den Ansprüchen der für einen Dränteich geeigneten Vegetation genügen. Die genannten Geländeformen ermöglichen ebenfalls eine gute, dem Naturraum adäquate Einpassung des Dränteiches in die Landschaft. Ihr Geländere relief bietet oft günstige Voraussetzungen, um den Aufwand für die Einrichtung des Dränteichs möglichst gering halten zu können. Wenn so eine Senke für den Dränteich erst baulich angelegt werden muss, dann ist der Aufwand deutlich höher.



ABBILDUNG 6: BEISPIEL DER GRUNDVARIANTE SENKENREAKTIVIERUNG – DRÄNTEICH „DÜNNE WIESE“ AUS STEIDL ET AL (2011)

GRUNDVARIANTE GRABENAUFWEITUNG

Ebenfalls geeignet sind Standorte auf gewässernahen Flächen, über die Dränabflüsse in einem offenen Graben oder verrohrt in einem Sammler abgeführt werden. Hier kann durch eine ein- oder beidseitige Entnahme des Bodenmaterials und ggf. der teilweisen Entfernung des Dränsammlers eine Mulde als Grabenerweiterung (**Abbildung 7**) angelegt werden, die später aus Dränabflüssen mit Wasser gefüllt wird und die mitgeführten Nährstofffrachten reduzieren kann, bevor diese in das Gewässer gelangen.



ABBILDUNG 7: BEISPIELE DER GRUNDVARIANTE GRABENAUFWEITUNG – OBEN DRÄNTEICH „HEINERSDORF“ AUS STEIDL ET AL (2011) UND UNTEN PILOTANLAGE DES DRÄNTEICHES JÜRGENSHAGEN

GRUNDVARIANTE NIEDERUNG MIT VERWALLUNG

Weist eine gewässerbegleitende Niederung, die Dränabflüsse an Ihren Rändern empfängt, ein ausreichendes Gefälle von dort bis zum Gewässer auf, kann oft mit einfachen Mitteln durch Verwallung und Überstau (**Abbildung 8**) ein Dränteich angelegt werden. Bei unzureichendem Gefälle kann das Gelände auch leicht vertieft werden. Wenn dort Moor- oder noch Anmoorböden vorhanden sind, dann sollte dort in kurzer Zeit ohne weiteres Zutun auch eine für einen Dränteich geeignete Vegetation entstehen.



ABBILDUNG 8: BEISPIEL DER GRUNDVARIANTE NIEDERUNG MIT VERWALLUNG – OBEN: DRÄNTEICH „PRÄDIKOW“ AUS STEIDL ET AL (2011) UNTEN: FEUCHTGEBIET AM NEUKLOSTERSEE (FOTOS: BIOTA - INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE FORSCHUNG UND PLANUNG GMBH)

FLÄCHENVERFÜGBARKEIT

Bevor der Bau eines Dränteiches beginnen kann, muss eine geeignete Fläche verfügbar sein. Diese Fläche sollte möglichst direkt zwischen der Rohrleitung bzw. dem Dränauslass und dem zu schützenden Gewässer liegen.

Ein Konfliktpotenzial für die Verfügbarkeit der Fläche kann sich aus konkurrierenden Besitz- und Nutzungsansprüchen an die Fläche sowie rechtlichen Vorgaben, z. B. zum Naturschutz und Wasserrecht sowie zur Haftungssicherung im öffentlichen Raum ergeben. Ein vergleichsweise geringes Konfliktpotenzial ist bei Flächen zu erwarten, die nur eingeschränkt für die landwirtschaftliche Nutzung geeignet sind oder gar nicht erst dafür verwendet wurden. Das trifft z. B. auf natürliche Geländesenken, kleinere Niederungen oder andere in der Landschaft bereits vorhandene Hohlformen zu, die in den durch die letzte Eiszeit geprägten Landschaften (Jungpleistozän) Norddeutschlands in einer Vielzahl existieren. Bei landwirtschaftlich genutzten Flächen sieht das anders aus. Da der Nutzungsdruck in der jüngeren Vergangenheit wieder stärker angestiegen ist, ist hier auch ein deutlich höheres Konfliktpotential bei der Nutzung solcher Flächen für einen Dränteich zu erwarten. Letztlich ist immer eine an den Standort angepasste Lösung gefragt, die oft auch einen Kompromiss aus verschiedenen, teilweise konkurrierenden Nutzungsansprüchen und Interessen berücksichtigen muss.

Da die Einrichtung eines Dränteiches eine Maßnahme zum Gewässerschutz im Sinne der Ziele der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL 2000) ist, wird die Inanspruchnahme öffentlicher Fördermittel zur Verfügbarmachung der Fläche möglich (siehe **Wer trägt die Kosten?**).

WIE FUNKTIONIERT EIN DRÄNTEICH?

WASSERRÜCKHALT, FLIEßGESCHWINDIGKEIT, AUFENTHALTSZEIT

Ein Dränteich hält den Dränabfluss dadurch zurück, dass sich zuerst der Dränteich füllt, bevor eine Zunahme des Abflusses aus dem Teich erfolgen kann. Dabei wird die Abflussganglinie verändert, d. h. das Maximum des Abflusses aus dem Teich tritt erst nach dem des Dränabflusses und wesentlich kleiner auf. Diese zeitliche Verzögerung kann Stunden bis mehrere Tage dauern und der reduzierte Abfluss aus dem Dränteich kann um mehr als die Hälfte unter dem des Dränabflusses liegen. Die Verzögerung und Reduktion des Abflusses sind umso stärker, je größer das Verhältnis zwischen den Flächen des Dränteiches und der Dränung ist. Alleine dieser Prozess des Wasserrückhalts entlastet das den Dränabfluss aufnehmende Gewässer bereits hydraulisch und verringert die hydraulischen Nachteile für das Gewässerökosystem durch die Dämpfung des Abflusses (vgl. Was ist das Problem landwirtschaftlicher Dränsysteme?).

Eine weitere Entlastung erfolgt, wenn die Sohle des Dränteiches ausreichend durchlässig und die Versickerung bzw. ein unterirdischer Abfluss möglich ist.

Während der Dränteichpassage des Dränabflusses stellen sich sehr kleine Fließgeschwindigkeiten mit geringen Turbulenzen ein, so dass im Dränabfluss mitgeführte Schwebstoffe mit den enthaltenen Nährstoffen absinken und sedimentieren können.

Im Weiteren verbleibt das Dränwasser für die Dauer von einigen Stunden bis zu mehreren Tagen im Dränteich. Je länger die Aufenthaltszeit ist, desto besser können auch langsame Stoffumsetzungsprozesse, wie die Aufnahme in die pflanzliche Biomasse wirken und die Nährstofffracht reduzieren.

NÄHRSTOFFRÜCKHALT

Zum Rückhalt der Nährstoffe Phosphor und Stickstoff tragen im Dränteich die Akkumulation in vorwiegend pflanzlicher und wenig in tierischer Biomasse, die Sedimentation von Partikeln und der unterirdische Abfluss bei. Hinzu kommt die Minderung der Konzentration des im Wasser gelösten Stickstoffs durch mikrobielle Denitrifikation, d. h. Abbau von Nitrat (NO_3) zu Stickstoff (N_2), der in die Luft entgast. Gegenläufige Prozesse sind die Freisetzung von Stickstoff und Phosphor aus abgestorbener Biomasse, durch Resuspension (Aufwirbelung) und Rücklösung an der Sedimentoberfläche sowie durch Grundwasserzufluss (**Abbildung 9**).

Nährstoffe wie Stickstoff oder Phosphor, die in Gewässern eutrophierend wirksam werden können, sind im Dränabfluss vorwiegend in gelöster Form enthalten. Werden auch Schwebstoffe mitgeführt, haben diese als Substrat oftmals zahlreiche Nähr- und Schadstoffe adsorbiert und angereichert.

Nährstoffe in gelöster Form können von den Makrophyten des Dränteiches ganzjährig über die Wurzeln sowie während der Vegetationsperiode über Sprosse und Blätter aufgenommen und in ihre Biomasse eingebaut werden. Bei wurzelnden Arten der Makrophyten werden die meisten Nährstoffe über die Wurzeln aufgenommen (Carignan & Kalff 1980, Barko & Smart 1981). Nicht wurzelnde Arten können dagegen ihren Bedarf ausschließlich aus dem Freiwasser decken (Barko et al. 1988). Das durch das nährstoffreiche Dränwasser hervorgerufene starke Wachstum der Makrophyten ist ein erwünschter Prozess zum Stoffrückhalt im Dränteich. Daran ist außerdem noch der Aufwuchs von Algen (Periphyton) auf den Makrophyten beteiligt. Die Makrophyten dienen nicht nur dem Stoffrückhalt durch Aufnahme in die Biomasse, sondern auch durch Verringerung der Fließgeschwindigkeit und damit Erhöhung der Aufenthaltszeit des Dränwassers.

Mit dem Absterben der oberirdischen Biomasse, vor allem zum Ende der Vegetationsperiode, wird bei wurzelnden Makrophyten ein Teil der Nährstoffe in deren Wurzeln überführt und dort gespeichert, was zum längerfristigen Stoffrückhalt beiträgt. Der Nährstoffrückhalt in Algen sowie Sprossen und Blättern der Makrophyten ist jedoch überwiegend nur temporär. So beginnen mit dem Absterben dieser Biomasse erste Abbauprozesse durch Kleintiere und Mikroorganismen unter Sauerstoffverbrauch und erneuter Freisetzung der in der Vegetation zurückgehaltenen Nährstoffe. Aus Nährstoff-Massen-Verhältnissen schlossen z. B. Reinhardt et al. (2005), dass ca. 80 % des in den Pflanzen gebundenen Phosphors mit dem Absterben rückgelöst wird. Teile der abgestorbenen Biomasse sinken jedoch zum Gewässergrund und bilden dort den sogenannten Detritus, der weiterhin Teile der Nährstoffe aus dem Dränwasser enthält und somit zum Stoffrückhalt beiträgt. Außerdem stellt der Detritus einen Vorrat an organischer Masse bereit, der über einen längeren Zeitraum als die leichter zersetzbare aquatische Vegetation als Kohlenstoffquelle für Mikroorganismen verfügbar ist (z. B. Hume et al. 2002). Zudem wird mit zunehmender Dicke der Detritusschicht auch die Sauerstoffversorgung der darunterliegenden Sedimentschicht eingeschränkt und

es entsteht dort ein sauerstoffarmes Milieu. Unter diesen Bedingungen können einige Arten der Mikroorganismen den Sauerstoff des Nitrats für ihre Atmung beim Abbau des Detritus unter Nutzung des Kohlenstoffs nutzen und damit das Nitrat zu gasförmigem Stickstoff reduzieren (Denitrifikation), der in die Atmosphäre entgast und damit dauerhaft aus den Gewässern entfernt wird (Saunders & Kalff 2011). Allerdings ist die Denitrifikation temperaturabhängig. Nach Kadlec (2012) steigt der Rückhalt von Nitrat um den Faktor 2 mit einer Zunahme der Wassertemperatur um 7 °C. Im Winterhalbjahr, in dem die höchsten Dränabflüsse auftreten, geht jedoch die Aktivität der denitrifizierenden Mikroorganismen bei unter 10 °C sinkenden Wassertemperaturen stark zurück und kommt unter 5 °C zum Erliegen. Eine größere Wassertiefe und ein größeres Wasservolumen in der aquatischen Zone des Dränteiches sind daher förderlich, um die Wassertemperatur in der kalten Jahreszeit langsamer sinken zu lassen. Das Wachstum der Kolonien von Mikroorganismen ist wiederum vom dafür verfügbaren und vorzugsweise leicht abbaubaren Kohlenstoff abhängig. Der verfügbare Kohlenstoff sollte allerdings bei üppigem Pflanzenbewuchs im Zusammenhang mit einer stark organisch geprägten Sedimentstruktur im Dränteich für die Bildung von Mikroorganismenkolonien ausreichend sein. Das bedeutet aber auch, dass sowohl der üppige Pflanzenbewuchs als auch das organische Sediment bei Unterhaltungsmaßnahmen am Dränteich in ausreichendem Maße erhalten bleiben müssen.

Der Rückhalt des gelösten Phosphors aus dem Dränwasser wird neben dem Einbau in die pflanzliche Biomasse und der Sedimentation in hohem Maße von den Bindungspartnern an der Sedimentoberfläche bestimmt. So kann Phosphor durch Eisen im Sediment gebunden werden. Dieser Prozess des Rückhalts von Phosphor ist allerdings von der Verfügbarkeit des Eisens abhängig und sehr redoxsensitiv. Bei reduzierenden Verhältnissen unter Sauerstoffmangel kann die Bindung des Phosphors an Eisen wieder gelöst werden und der Phosphor in Lösung gehen. Das ist sowohl bei der Anlage (Entfernung von Boden mit hoher Phosphor-Verfügbarkeit) als auch beim Management (Entschlammung) von Dränteichen zu berücksichtigen.

Zu beachten ist weiterhin, dass vor allem in Situationen mit geringer biologischer Aktivität und geringen Aufenthaltszeiten des Dränabflusses im Teich ein Teil der gelösten Nährstoffe den Dränteich ohne weitere Abbauprozesse wieder verlassen kann.

Schwebstoffe gelangen mit dem Dränabfluss in den Dränteich, entstehen aber mit der Besiedlung des Dränteiches auch dort. Bei geringen Turbulenzen des Teichwassers können sie absinken und sedimentieren. Aber nur ein Teil der Schwebstoffe bleibt als Sediment stabil. Teile der sedimentierten Schwebstoffe können sofort oder später durch Resuspension infolge von Wind oder erhöhter Wasserströmung wieder in die Wassersäule gelangen. Ob, wie und wann der Transport der Schwebstoffe durch den Teich und aus dem Teich heraus erfolgt, hängt vor allem von den Strömungsgeschwindigkeiten und -richtungen sowie den Turbulenzen ab, die sich im Teich örtlich sehr differenziert einstellen können. Dichte Bestände von Wasserpflanzen können die Resuspension vermindern und die Sedimentation erhöhen (Barko et al. 1991, Madsen & Warncke 1983). Eine dichte Vegetation bewirkt außerdem eine Verminderung der Fließgeschwindigkeit, wodurch sich die Aufenthaltszeit des Wassers erhöht, was wiederum zur Erhöhung des Stoffrückhalts beiträgt.

Der Nährstoffrückhalt kann ebenfalls aus der Versickerung oder dem Grundwasserabfluss aus dem Dränteich resultieren. Ein Teil der löslichen Verbindungen des Stickstoffs und des Phosphors gelangen so nicht über den Abfluss des Dränteiches in das Gewässer, sondern sehr viel langsamer und unter dafür günstigen sauerstoffarmen Bedingungen über den Grundwasserpfad.

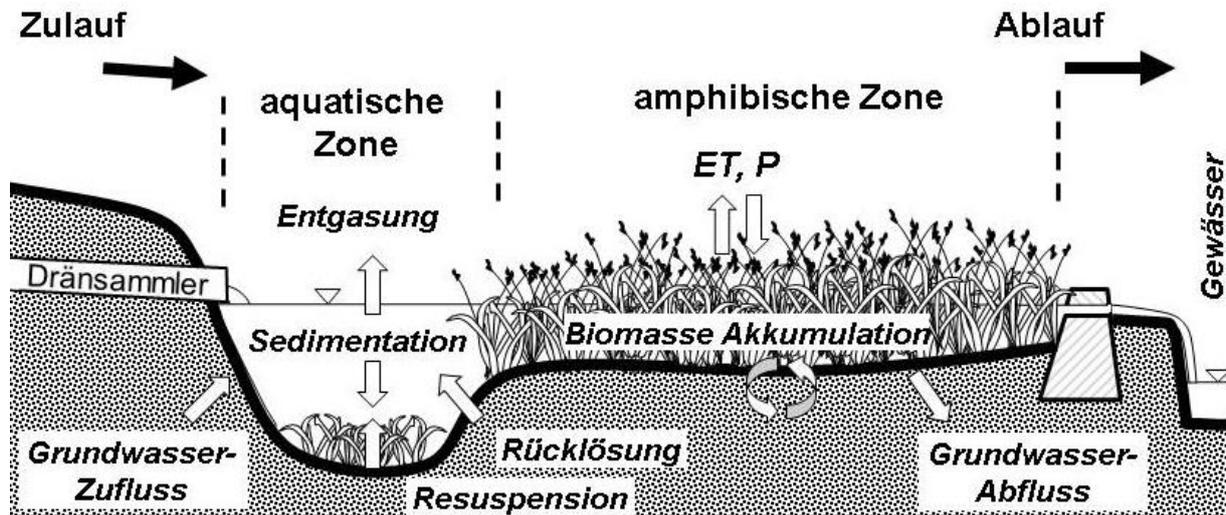


ABBILDUNG 9: PROZESSE DES RÜCKHALTS UND DER FREISETZUNG VON NÄHRSTOFFEN IN EINEM DRÄNTEICH

ZU BEGINN

Nach der Neuanlage eines Dränteiches und erstmaliger Befüllung stellen sich eine Trübung des Wassers durch Schwebstoffe sowie eine Algenblüte ein. Ursache sind die Prozesse der Nährstofffreisetzung infolge der Zersetzung vorhandener pflanzlicher Biomasse sowie der Resuspension von Schwebstoffen und der Rücklösung von Nährstoffen am Gewässerboden. Die Schwebstoffe können bei Beruhigung des Wassers innerhalb weniger Tage bis Wochen sedimentieren. Andererseits können zu diesem Zeitpunkt die noch stark dezimierten oder als Initialpflanzung eingebrachten Makrophyten noch nicht als Nahrungs- und Lichtkonkurrenten für die Algen wirksam werden. Auch die Mikroorganismen sind noch nicht mit ausreichender Biomasse vorhanden, um überschüssige Nährstoffe hinreichend aufnehmen zu können. Stärke und Dauer der Algenblüte sind von der Konzentration und Nachlieferung der freigesetzten Nährstoffe abhängig. Diese Algenblüte kann sich solange mehrmals einstellen bis die Makrophyten ausreichend herangewachsen sind und sich ausreichend Mikroorganismen entwickelt haben, so dass sich ein biologisches Gleichgewicht eingestellt hat. Die stärkste Algenblüte nach der erstmaligen Befüllung des Dränteiches dauert jedoch in der Regel nur wenige Wochen bis Monate.

DRÄNTEICHE ALS FEUCHTBIOTOP

Vor der Intensivierung der Landwirtschaft war die Landschaft viel reicher an Feuchtgebieten, die ein multifunktionales Netzwerk von Lebensräumen vieler Pflanzen und Tiere bildeten. Eine Vielfalt an Vermehrungs-, Nahrungs- und Rückzugsräumen ermöglichte die Entwicklung artenreicher robuster Lebensgemeinschaften, die auch für den Menschen nützlich sind. Mit der Entwässerung, Beseitigung und Eutrophierung von

Feuchtgebieten sinken ständig die Überlebenschancen für feuchteliebende Arten in der Agrarlandschaft. Andererseits wird die hohe Bedeutung der Feuchtgebiete, insbesondere auch der Kleingewässer, im Naturhaushalt zunehmend erkannt. Förderung der Entstehung sowie Schutz und Management von Feuchtgebieten in der Agrarlandschaft sind daher wichtig. Dazu kann auch die Errichtung von Dränteichen sowie deren naturgerechte Gestaltung und Bewirtschaftung beitragen. Dabei schließen sich die Nutzung von Dränteichen als technische Anlage zum Stoffrückhalt und ihre naturschutzfachliche Bedeutung als Feuchtbiotop nicht aus. Durch naturgerechte Gestaltung und Bewirtschaftung kann die Artenvielfalt an sich, aber auch bestimmte Zielarten gefördert werden (Feuerbach & Strand 2010, Hansson et al. 2005). Dabei haben von den verschiedensten Design-Kriterien die Fläche, die Tiefe und die Komplexität der Uferlinie eine besonders hohe, aber auch manchmal gegensätzliche Bedeutung für die Biodiversität und den Stoffrückhalt (Hansson et al. 2005). Auch das Management zur Beschränkung des Wachstums von Großröhrichten zugunsten der Arten- und Strukturvielfalt kann zu einem suboptimalen Stoffrückhalt führen (Weisner & Thiere 2010).

Nachfolgend werden Möglichkeiten zur Förderung von Vögeln und Amphibien aufgeführt:

1) Vögel

Wichtige Faktoren für Vögel der Feuchtgebiete sind in der Reihenfolge ihrer Bedeutung (Feuerbach & Strand 2010):

- Fläche des Feuchtgebiets (je größer, umso besser)
- Art und Termine des Managements Regime
- Umgebende Landschaft (Biotopverbund)
- Dynamik des Wasserstandes
- Ufergefälle sowie Arten und Struktur der Vegetation
- Wassertiefe, Flachwasserbereiche (Gefälle 1:10) und Inseln

In Feuchtgebieten lebende Vogelarten können in die drei Hauptgruppen nach ihrem bevorzugten Lebensraum eingeteilt werden:

Wasservögel (z. B. Enten, Schwäne, Haubentaucher) benötigen größere offene Wasserflächen mit ausgeprägter Unterwasser- und Schwimmblattvegetation sowie lückigen Röhrichten. Diese Situation ist, wenn überhaupt, nur bei großen Dränteichen vorhanden. Auch ist die Abgabe von Kot durch die Wasservögel unerwünscht für den Stoffrückhalt der Dränteiche.

Ufervögel (z. B. Störche, Reiher, Watvögel) gehen im Flachwasser der Ufer auf Nahrungssuche und bevorzugen eine lückige Ufervegetation, die nicht von dichten und hohen Röhricht- und Gehölzbeständen dominiert wird. Diese Arten können durch Anlegen von Flachwasserzonen und rotierende Mahd von Teilen der Ufer gefördert werden. Auch dieser Fall ist eher nur an großen Dränteichen gegeben.

Röhrichtvögel (z. B. Rohrsänger) sind an Bestände mit dichter Röhrichtvegetation gebunden. Einige Arten leben nur im Röhricht, während andere Arten im Röhricht brüten und auf Nahrungssuche außerhalb des Röhrichts gehen. Diese Artengruppe kann

sich in Röhrichten der Ufer und Flachwasserzonen an Dränteichen ansiedeln, wenn die Mahd rotierend und nach Abschluss der Brut erfolgt.

2) Amphibien

Zu den Amphibien gehören Frösche, Kröten, Unken und Molche. Ihr Lebenszyklus ist durch mehrmalige und meist regelmäßige Wechsel zwischen Wasser- und Landlebensräumen gekennzeichnet.

Wichtige Faktoren zur Förderung der Ansiedlung von Amphibien sind (Berger et al. 2011):

- Offene, sich schnell erwärmende, zum Teil pflanzenreiche Flachwasserbereiche im Frühjahr (Vermehrung, Nahrung, Schutz)
- Tiefere, sich langsamer erwärmende Gewässerbereiche im Sommer, vor allem für Arten mit längerer Gewässerbindung im Jahr (Kammolch, Teichfrosch, Kleiner Wasserfrosch)
- Fehlen von Fischen
- Vorhandensein geschützter Uferzonen als Sommerlebensraum für erwachsene Tiere
- Vorhandensein gut erreichbarer Winterlebensräume für erwachsene Tiere

An weitgehend gehölzfreien Dränteichen in der Agrarlandschaft mit genannten Bedingungen können sich bevorzugt Knoblauchkröte, Erdkröte, Teichfrosch, Kleiner Wasserfrosch, Moorfrosch, Rotbauchunke, Teichmolch und Kammolch ansiedeln.

WIE SOLLTE EIN DRÄNTEICH BEMESSEN UND GESTALTET WERDEN?

Für die Bemessung und Gestaltung von Dränteichen gibt es bisher kein offizielles oder allgemein anerkanntes Regelwerk. Die folgenden Empfehlungen wurden aus den Erfahrungen des Betriebes einiger Pilotanlagen von Dränteichen sowie aus einer Analyse der internationalen Literatur abgeleitet und zielen auf eine möglichst effiziente Wirkung eines Dränteiches. In der Praxis wird es häufig nicht möglich sein, alle Empfehlungen auch tatsächlich umsetzen zu können. So kann die verfügbare Fläche ein limitierender Faktor sein. In solchen Fällen können die folgenden Empfehlungen aber auch Anhaltspunkte für die unter den konkreten örtlichen Verhältnissen erreichbaren Wirkungen geben.

BEMESSUNG

Die maßgebenden Zielgrößen für die Bemessung eines Dränteiches sind mit den angestrebten Leistungen zum Stoffrückhalt gegeben. Allerdings fällt die Bestimmung der dafür erforderlichen Fläche und des Volumens eines Dränteiches schwer.

Erfahrungsgemäß nimmt der Wirkungsgrad eines Dränteiches mit der Teichgröße bzw. mit dem Verhältnis zwischen Teichfläche und angeschlossener Dränfläche zu. Hinweise zum Flächenverhältnis, das für einen bestimmten Wirkungsgrad benötigt wird, gibt die in der **Abbildung 10** gezeigte Funktion. Sie beruht auf Ergebnissen des Betriebes hiesiger Pilotanlagen sowie auf ergänzenden Daten aus der Literatur (Steidl et al. 2011).

Dränabflüsse variieren regional und saisonal sowohl quantitativ als auch qualitativ. Die Rückhaltleistung eines Dränenteiches ist auch von dessen Stoffbelastung abhängig. Deshalb kann die in **Abbildung 10** dargestellte Funktion nur grobe Schätzwerte liefern. Ein engerer Zusammenhang scheint zwischen der Dränenteichbelastung und seiner Rückhaltleistung für einzelne Komponenten der Stofffrachten möglich (**Abbildung 11**). Die Kenntnis des Dränabflusses und seiner Stoffkonzentrationen ist allerdings Voraussetzung für die Anwendung. Beide Zusammenhänge für die Bemessung eines Dränenteiches gehen von einem funktionierenden Nährstoffrückhalt im Dränenteich aus.

Sind neben den Dränabflüssen weitere mit Nährstoffen belastete Abflüsse verfügbar, können diese ebenfalls in den Dränenteich geleitet werden. Diese sollten bereits bei der Planung eines Dränenteiches berücksichtigt werden, um hydraulische Überlastungen auszuschließen oder ein zeitweises Austrocknen des Dränenteiches zu verhindern. Stehen z. B. Klarwässer aus einem Kläranlagenablauf zur Verfügung, so bietet sich die Möglichkeit zur Beschränkung der Einleitung auf die Zeit mit keinen oder geringen Dränabflüssen. Ein Beispiel für die hydrologische Optimierung einer solchen Konstellation liefert die Maßnahme an einem Feuchtgebiet am Neuklostersee in Mecklenburg-Vorpommern (Mehl & Kästner 2012).

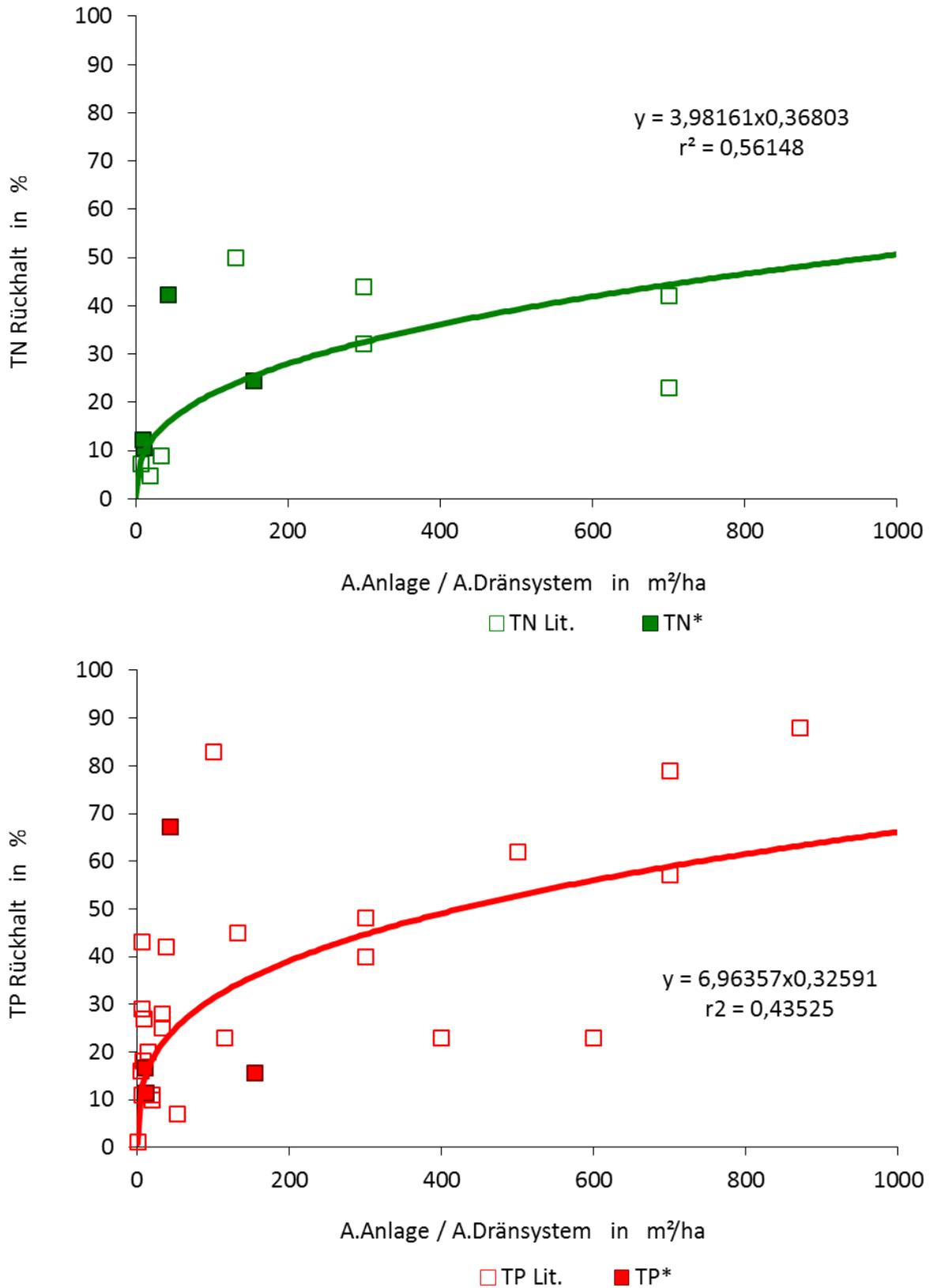


ABBILDUNG 10: GESAMTSTICKSTOFF- UND GESAMTPHOSPHOR-RÜCKHALT IN DRÄNTEICHEN ALS FUNKTION DES VERHÄLTNISSES DER FLÄCHE DES DRÄNTEICHES UND DER DRÄNFLÄCHE UNTER VERWENDUNG VON DATEN AUS DER LITERATUR UND DATEN AUS EIGENEN UNTERSUCHUNGEN (STEIDL ET AL. 2011)

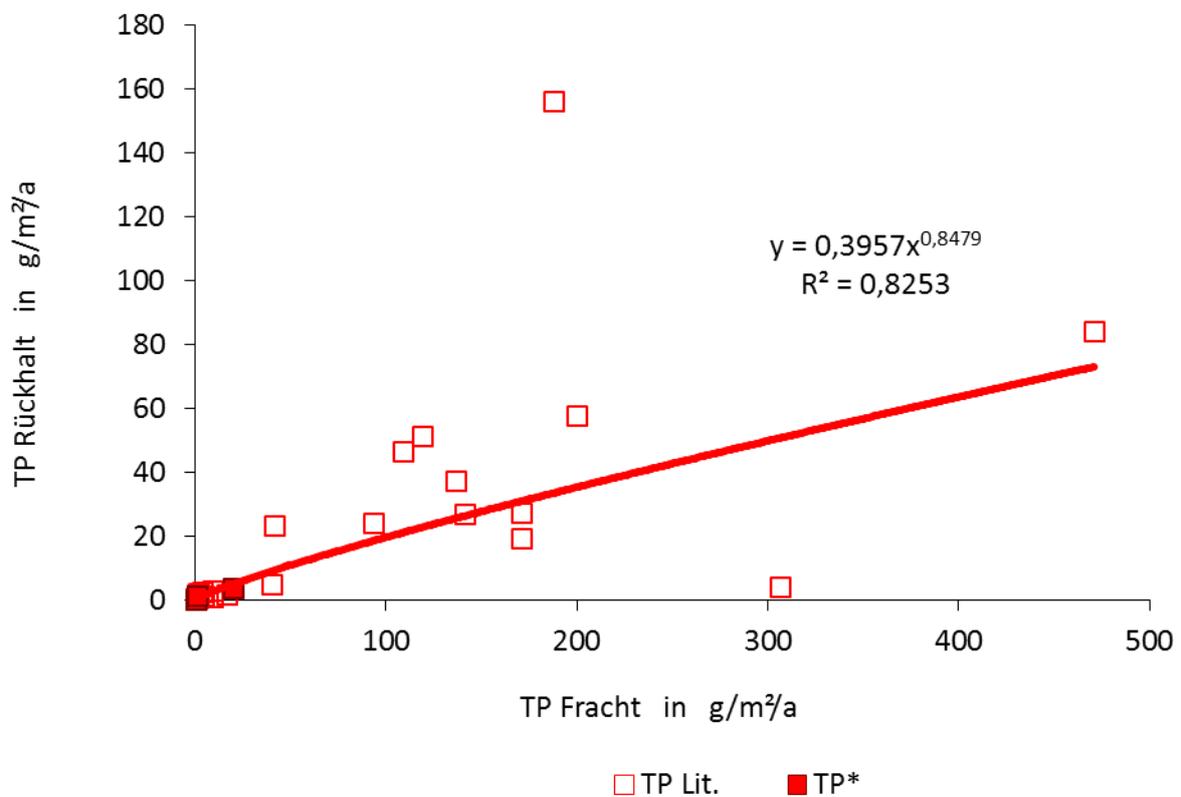
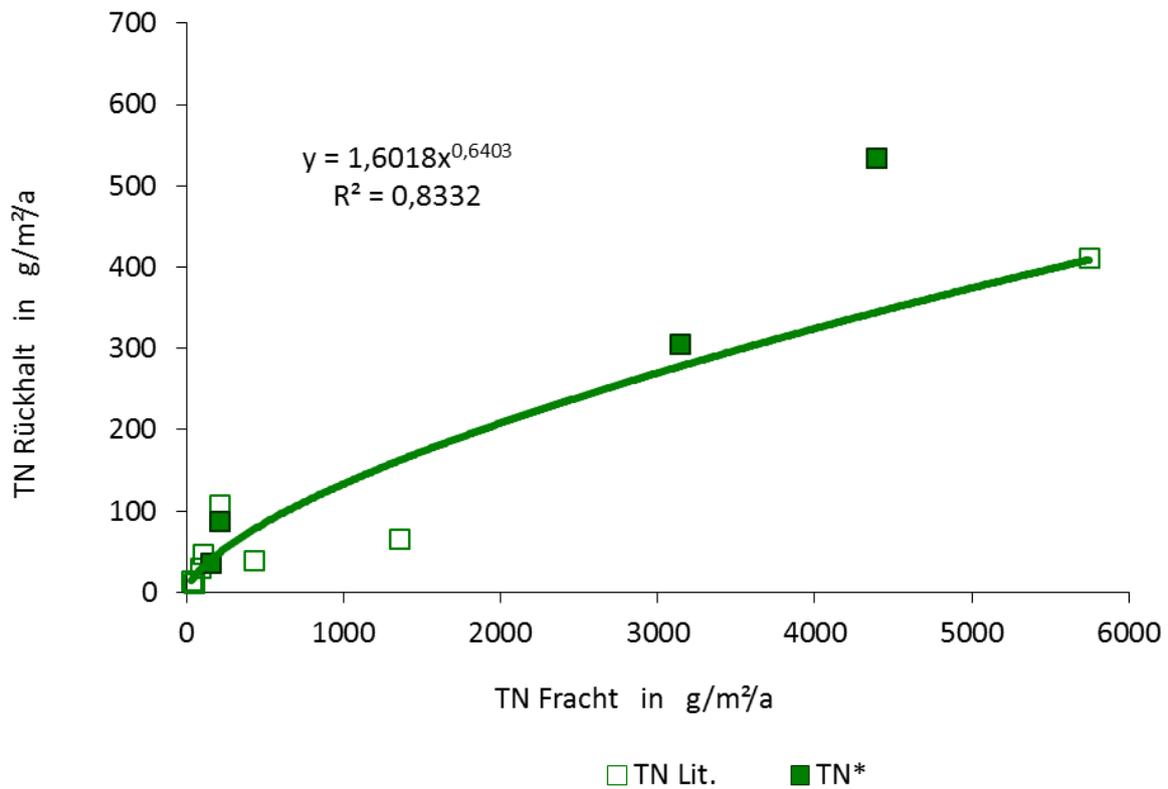


ABBILDUNG 11: GESAMTSTICKSTOFF- UND GESAMTPHOSPHOR-RÜCKHALT IN DRÄNTEICHEN ALS FUNKTION DER STOFFBELASTUNG UNTER VERWENDUNG VON DATEN AUS DER LITERATUR UND DATEN AUS EIGENEN UNTERSUCHUNGEN (STEIDL ET AL. 2011)

GESTALTUNG

AN DIE BEWIRTSCHAFTUNG ANGEPASSTE FORM

Bei der Formgestaltung eines Dränteiches sollten neben der erforderlichen Teichfläche und der optimalen Ausnutzung der vorhandenen Standortfläche ebenfalls die Vorgaben aus der möglichst effizienten Bewirtschaftung berücksichtigt werden. So sollte eine Mahd vom Ufer aus möglich sein. Bei herkömmlicher Mähtechnik ergibt sich daraus der längste Dränteichdurchmesser oder die größte Dränteichbreite von 12 m, wenn die Befahrbarkeit der Ufer in vollem Umfang gegeben ist. Damit sind herkömmliche Teichformen (**Abbildung 12**) allenfalls für sehr kleine Dränanlagen geeignet. An die Größe einer Dränanlage nahezu beliebig anpassbar ist die mäandrierende Form des Dränteiches (**Abbildung 12**).

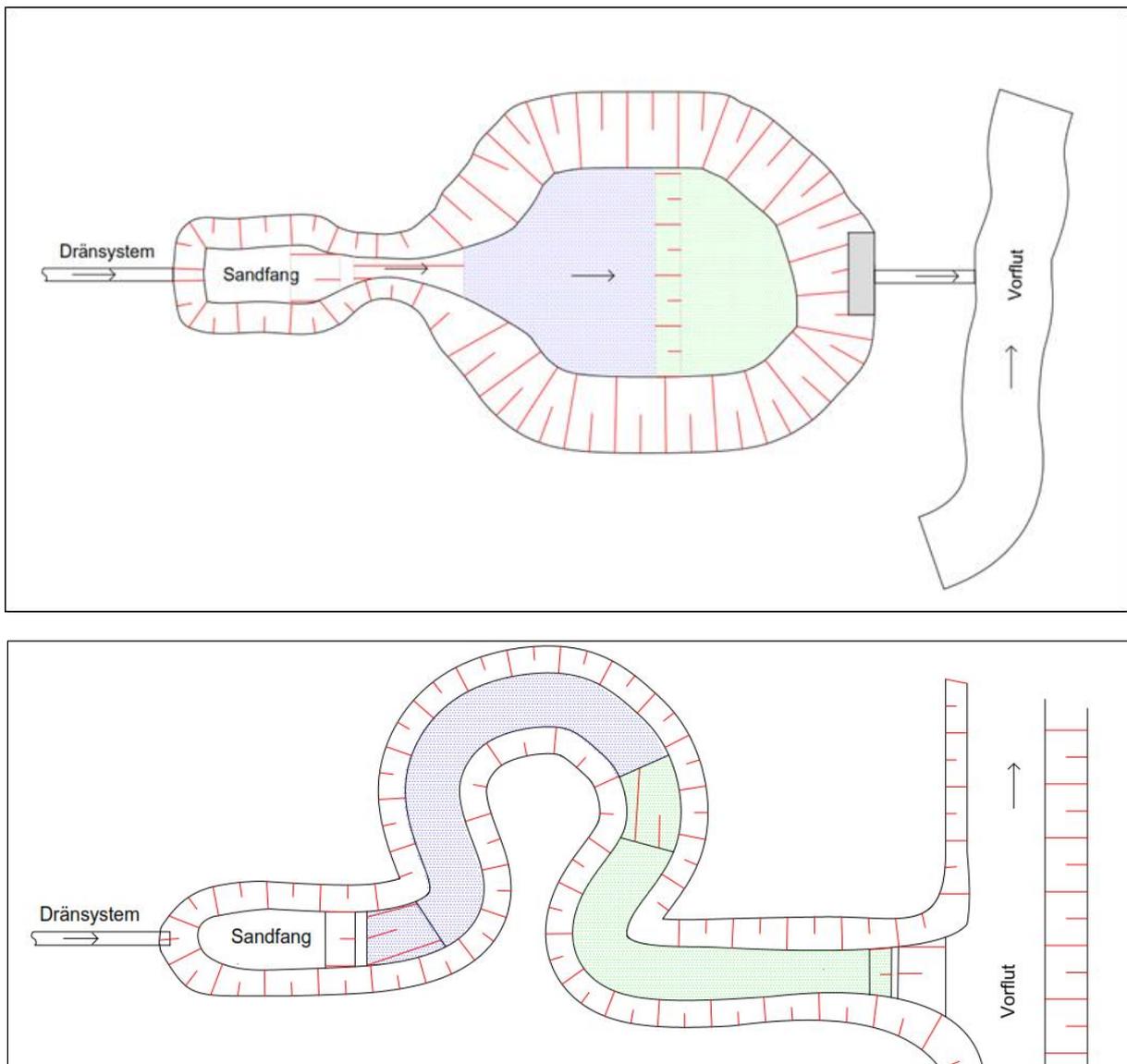


ABBILDUNG 12: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG EINER HERKÖMMLICHEN (OBEN) UND MÄANDRIERENDEN (UNTEN) TEICHAUSFÜHRUNG MIT ZONIERUNG (BLAU = AQUATISCHE ZONE ; GRÜN = AMPHIBISCHE ZONE)

Dieses Prinzip wurde für den Dränteich Jürgenshagen gewählt. In einem Einzugsgebiet von etwa 130 ha befinden sich dort auf 92 ha mehrere Dränabteilungen, die über eine

gemeinsame Rohrleitung in die Beke entwässern. Auf der im Beke-Tal verfügbaren Fläche war mit diesem Prinzip unter Berücksichtigung der geneigten Geländeoberfläche eine Dränteichfläche von maximal 4600 m² möglich. Das Verhältnis der Dränteichfläche zur Dränfläche beträgt also ca. 0,4 % (s. **Pilotprojekt JÜRGENSHAGEN**).

Zur effektiven Mahd kann die Absenkung des Wasserstandes erforderlich sein. Hierzu können flache Gräben an der Gewässersohle angelegt werden, die das Wasser am tiefsten Punkt konzentrieren (Feuerbach & Strand 2010).

EINLASS

Bei der Gestaltung des Einlasses sollten starke Turbulenzen und damit verbundene Sauerstoffeinträge und Sohlbeschädigungen vermieden werden. Das ist bereits möglich, wenn das Dränrohr bündig an die Sohle anschließt und die Einlaufböschung eine Neigung zwischen 1:2 bis 1:3 erhält. Der Einlaufbereich sollte mit einem Sandfang ausgestattet sein, der im Dränabfluss mitgeführte Sedimente auffangen kann. Damit kann bereits ein Teil der partikulär an das Sediment gebundenen Nährstoffe, insbesondere des Phosphors, zurückgehalten werden. Das ist besonders dann bedeutsam, wenn das Dränsystem die Entwässerung von Nassstellen und Kleingewässer einschließt. In abflussintensiven Phasen können dort durch Oberflächenabflüsse Erosionsfrachten eingetragen und durch das Dränsystem transportiert werden. Diese können später konzentriert aus dem Sandfang entfernt werden und nicht mehr zur Verlandung des Teiches beitragen. Bei geringen Sandfanglängen sind Sicherungsmaßnahmen an der Sandfangsohle und dem Sohlschwellenfuß zu empfehlen.

AUSLASS

Am Teichauslass soll der im Dränteich erwünschte Wasserstand gewährleistet werden. Dazu ist bereits eine Sohlschwelle geeignet. Aufwendiger ist ein Wehr, das bei Bedarf aber auch eine Regulierung des Wasserstandes sowie das Ablassen des Teiches ermöglichen kann (siehe unten: **Regulierung des Wasserstandes**).

DESIGN-ELEMENTE

Zum Erreichen eines möglichst hohen Stoffrückhalts im Dränteich sind eine gleichmäßige Durchströmung aller Bereiche sowie eine möglichst lange Aufenthaltszeit des Dränwassers anzustreben. Hierzu können Design-Elemente durch Verbesserung der hydraulischen Bedingungen beitragen, wie z. B. Fließleitsysteme, Tiefzonen und Inseln (Bendoricchio et al. 2000, Persson 2005, Feuerbach & Strand 2010).

a) Fließleitsysteme

Querbauwerke am Beginn des Dränteiches dienen der Verteilung des aus dem Dränabfluss zufließenden Wassers über die gesamte Breite des Dränteiches. Nachfolgende alternierend vom Ufer aus angeordnete Leitbauwerke müssen als Hindernisse umströmt werden und dienen somit der Verlängerung der Aufenthaltszeit des Wassers im Dränteich (**Abbildung 13** und **Abbildung 14**).

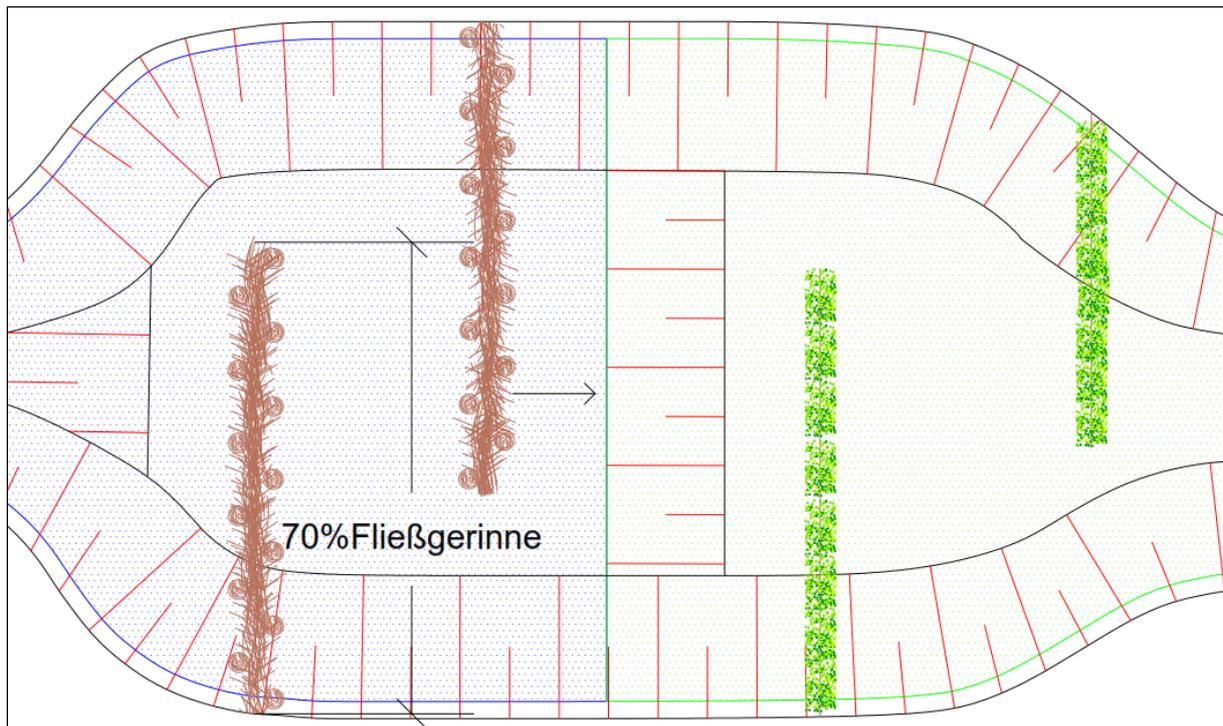


ABBILDUNG 13: PRINZIP DER FLIEßLEITSYSTEME IN DEN VERSCHIEDENEN TEICHZONEN (BRAUN = AQUATISCH; GRÜN = AMPHIBISCHE ZONE)



ABBILDUNG 14: BEISPIELE FÜR FLIEßLEITSYSTEME IN DRÄNTEICHEN (LI. QUERBAUWERK, RE. QUER- UND LEITBAUWERKE)

c) Tiefzonen

Tiefzonen dienen als Sedimentationsfallen. Sie werden bevorzugt am Beginn des Teiches angeordnet, so dass Partikel aus dem Zufluss bereits dort sedimentieren können. Sie sollten etwa 1-1,5 m tiefer als die anderen vorwiegend 0,7-1,5 m tiefen Bereiche sein, damit bei hohen Durchflüssen keine Aufwirbelung erfolgt. Weiterhin tragen Tiefzonen zum Stoffrückhalt durch die bevorzugte Ansiedlung submerser Makrophyten und denitrifizierender Bakterien bei.

d) Inseln

Zulauf und Ablauf sollten nicht zu nah beieinander liegen, da sonst die Gefahr besteht, dass nicht alle Bereiche des Teiches gleichmäßig durchströmt werden. Wenn das dennoch aus praktischen Gründen der Fall ist, dann kann die gleichmäßige Durchströmung durch Anordnung einer Insel zwischen Zu- und Ablauf erreicht werden.

VERSICKERUNGSFLÄCHEN ODER –ELEMENTE

Dränteiche können bei ausreichend guten Versickerungsbedingungen auch als Versickerungs- oder Teilversickerungsanlagen fungieren. Dadurch kann einerseits Grundwasser angereichert werden, andererseits aber auch mindestens im Fall des Nitrat-Stickstoffs eine mögliche Denitrifikation und damit Frachtreduktion durch Entgasung von Stickstoff im anaeroben Grundwasser genutzt werden. Für eine explizite Versickerung müssen aber auch die rechtlichen Voraussetzungen aus der Sicht des Grundwasserschutzes gegeben sein und in der Genehmigung eines Dränteiches berücksichtigt werden.

PROFILIERUNG

a) Geländevertiefung oder Aufweitung eines Grabens

Häufig wird das Ausheben eines vorhandenen Geländeprofiles oder auch eine zusätzliche Vertiefung bei der Nutzung vorhandener Senken oder Grabenerweiterungen erforderlich sein, um einen Teich anzulegen. Böschungsneigungen mit 1:2...1:3 ermöglichen angemessene Gewässerbreiten bei gleichzeitiger Bewirtschaftungsfähigkeit. Diese Bauweise ist auf ein relativ flaches Geländeprofil begrenzt und bei größeren Geländegefällen beschränkt.

b) Verwallung

Verwallungen sind auch bei größerem Geländegefälle geeignet, um das Dränteichbecken anzulegen. Besonders bei Niederungen nach relativ großem Gefälle oder nach Geländekanten können Verwallungen zur Dränteichprofilierung genutzt werden.

c) Kombinierte Bauweise aus Eindeichen und Ausheben

Bei der kombinierten Bauweise aus Ausheben und Verwallen sollten die Vorteile beider Bauweisen genutzt werden, um größere Wassertiefen zu realisieren und bei größeren Gefällen tiefe Aushebungen zu vermeiden. Außerdem kann ausgehobenes mineralisches Bodenmaterial für den Verwallungskörper genutzt werden.

ANSIEDLUNG VON MAKROPHYTEN

Nach dem Bau eines Dränteiches können sich Makrophyten bei geeigneten Bedingungen natürlich ansiedeln. Das sind keimfähige Samenbänke im Sediment, am Standort befindliche Restbestände von Makrophyten und der natürliche Eintrag vermehrungsfähiger Einheiten von Makrophyten. Potenziell ist noch nach 20-40 Jahren eine Regeneration submerser Makrophyten aus Samenbanken möglich (Kaplan & Muer 1990). Die natürliche Entwicklung der Artenzusammensetzung der Makrophyten im Dränteich ist zwar nicht genau voraus zu sagen, führt aber an geeigneten Standorten in der Regel zu einem dichten Bestand an Wasser- und Sumpfpflanzen um einen ausreichenden Nährstoffrückhalt zu gewährleisten. Solche Standorte sind Feuchtgebiete wie z. B. verlandete Kleingewässer oder Nasswiesen auf Niedermoor, wie sie für die

Anlage von Dränteichen im Gebiet Müncheberg genutzt wurden (**Abbildung 15**) (Steidl et al. 2011).



ABBILDUNG 15: NATÜRLICHE ENTWICKLUNG DER MAKROPHYTEN DES DRÄNTEICHES „DÜNNE WIESE“ (MÜNCHEBERG, BRANDENBURG)

Eine gezielte künstliche Ansiedlung von Makrophyten in Dränteichen ist dann sinnvoll, wenn der Bau auf einem Standort erfolgt, der keine oder nur eine eingeschränkte Vegetation an Wasser- und Sumpfpflanzen aufweist und wenn geeignete Standortbedingungen geschaffen werden (Wassertiefe, Morphologie, Substrat, Licht etc.). Bei der Auswahl der Makrophyten ist darauf zu achten, dass es sich um Arten handelt, die der heimischen Vegetation angehören sowie für die Standortbedingungen des jeweiligen Dränteiches geeignet sind und ausreichend Biomasse bilden können. Zur Ansiedlung kommen je nach Pflanzenart sexuell entstandene Vermehrungseinheiten, vegetativ vermehrbare Fragmente von Pflanzen oder ganze Pflanzen in Frage. Zu den sexuellen Vermehrungseinheiten gehören Samen (z. B. von Seggen) und Oosporen (von Armleuchteralgen). Zu den vegetativen Fragmenten zählen Sprosssteile und Ruheknospen (Turionen).

Die Ansiedlung mit sexuellen Vermehrungseinheiten ist prinzipiell bei allen Arten der Makrophyten möglich. Nach SenStadtUm (2013) wird eine Ansaatstärke von 2 g pro Quadratmeter empfohlen. Problematisch ist jedoch oft die Beschaffung des Materials in ausreichender Menge. Zur Ansiedlung kann daher auch das Einbringen von Sediment und abgemähten Pflanzen mit Samen und Pflanzenfragmenten genutzt werden. Bei einigen Arten ist jedoch die Vermehrung aus Fragmenten nur schwer möglich. In diesem Fall bleibt nur die Pflanzung ganzer Pflanzen mit oder ohne Wurzelsystem je

Reinigungsteiche zum Rückhalt von Nährstoffausträgern aus Dränsystemen

nach Pflanzenart. Die Anzucht sollte unter ähnlichen Bedingungen erfolgen, wie sie im Dränteich herrschen (Licht, pH, Leitfähigkeit etc.), da plötzliche Veränderungen zu einer Schädigung führen können (Hussner et al. 2010b). Das Ausbringen ganzer Pflanzen sollte im Frühjahr bei einer Wassertiefe von maximal 1 m erfolgen. Die Pflanzdichte sollte 0,18-0,25 vegetative Pflanzenteile, zehn Pflanzenfragmente mit wenigen cm Länge oder 0,4-0,8 vollständige Pflanzen pro Quadratmeter betragen (Moss et al. 1996, Smart & Dick 1999, Cooke et al. 2005). Nach SenStadtUm (2013) werden 10 Pflanzen pro Quadratmeter für Röhrichte empfohlen. Ganze Pflanzen sollten in verrottbaren Töpfen angezogen und gepflanzt werden. Das verwendete Pflanzenmaterial sollte keine Neophyten enthalten, die sich unerwünscht über den Teichabfluss im nachfolgenden Gewässer verbreiten und dort einheimische Arten verdrängen könnten. Hierzu gehören insbesondere die Kanadische Wasserpest (*Elodea canadensis*) und Nuttall's Wasserpest (*Elodea nuttallii*) (Hussner et al. 2010a)

Geeignete heimische Arten und ihre Möglichkeiten zur Ansiedlung sind in **Tabelle 1** aufgeführt. Die Angaben basieren auf DGL (2014) und SenStadtUm (2013). In DGL (2014) werden auch weitere Details zur Ansiedlung submerser Makrophyten diskutiert, wenn auch unter dem Blickwinkel einer Restaurierung von Flachseen.

Für die Auswahl, Anzucht und Ausbringen der Makrophyten müssen geeignete Spezialisten beauftragt werden, um den Erfolg der Ansiedlung zu garantieren. Ein Beispiel für die gelungene Entwicklung aquatischer Makrophyten nach Pflanzung ist die Pilotanlage des Dränteiches „Jürgenshagen“ (**Abbildung 16**).



ABBILDUNG 16: ENTWICKLUNG DER AQUATISCHEN MAKROPHYTEN DES DRÄNTEICHES „JÜRGENSHAGEN“ (MECKLENBURG-VORPOMMERN) NACH BEPFLANZUNG

TABELLE 1: BEISPIELE GEEIGNETER HEIMISCHER ARTEN DER MAKROPHYTEN FÜR DRÄNTEICHE

Wiss. Artname	Deutscher Artname	Methode zur Ansiedlung
Wasserpflanzen (Hydrophyten)		
<i>Ceratophyllum submersum</i>	Zartes Hornblatt	Sp, Ru
<i>Potamogeton natans</i>	Schwimmendes Laichkraut	Pf, Rh, Ru, Sa
<i>Persicaria amphibia</i>	Wasserknöterich	Pf, Sa
<i>Myriophyllum spicatum</i>	Ähriges Tausendblatt	Sp, Pf
<i>Potamogeton lucens</i>	Spiegelndes Laichkraut	Sp, Pf, Rh, Ru
<i>Potamogeton crispus</i>	Krauses Laichkraut	Sp, Pf, Ru
<i>Ranunculus subg. Batrachium</i>	Wasserhahnenfuß	Sp, Pf, Sa
Sumpfpflanzen (Helophyten)		
<i>Phragmites australis</i>	Gemeines Schilf	B, Rh, Sp, Ha
<i>Carex spec.</i>	Segge	B, Pf, Sa
<i>Typha latifolia</i>	Breitblättriger Rohrkolben	B, Rh, Sa
<i>Typha anustifolia</i>	Schmalblättriger Rohrkolben	B, Rh, Sa
<i>Sparganium erectum</i>	Ästiger Igelkolben	B, Rh, Sa
<i>Glyceria maxima</i>	Großer Wasserschwaden	B, Rh
<i>Phalaris arundinacea</i>	Rohrglanzgras	B, Rh, Pf, Rs, Sa

Pf – Ganze Pflanzen ohne Ballen, B - Ganze Pflanzen mit Ballen, Rh - Rhizome und Wurzeln, Sp – Sprosssteile, Sprösslinge, Ha - Halmstecklinge, Rs - Rasensoden, Sa – Samen, Ru -Ruheknospen

WIE SIND DRÄNTEICHE ZU BEWIRTSCHAFTEN?

MAHD

Um die Speicherwirkung der Pflanzen zur Reduzierung der Nährstofffrachten optimal zu nutzen, ist eine rechtzeitige Entnahme der Pflanzen aus der Retentionsanlage vor dem Einsetzen der Zersetzungsprozesse erforderlich. Die Entnahme sollte sich vorrangig auf die Mahd von amphibischen Makrophyten konzentrieren, insbesondere Röhrichtbestände mit Schilf und Rohrkolben, da diese im Vergleich zu den aquatischen Makrophyten eine höhere Biomasseproduktion aufweisen und somit auch eine größere Nährstoffmenge aufnehmen können. Weiterhin ist die Mahd von Röhricht ein schonenderer Eingriff in die Vegetation des Dränsteiches als insbesondere die Mahd wurzelnder aquatischer Makrophyten, deren Mahd auch immer mit einer Störung der Sedimentoberfläche und Resuspension sedimentierter Stoffe verbunden ist. Die Entnahme nicht wurzelnder Arten der Schwebematten (z. B. Hornblatt) aus der oberen Wasserschicht ist dagegen neben der Röhrichtmahd ebenfalls eine schonende Methode zur Entnahme von Nährstoffen.

Das anfallende Mähgut insbesondere der aquatischen Makrophyten ist kurzzeitig in geeigneter Weise zu lagern, um dem Beifang von Tieren die Möglichkeit zur Abwanderung in den Dränsteich oder ein anderes geeignetes Gewässer zu geben. Nach der Mahd muss außerdem alles Mähgut abtransportiert werden, um den Rücktransport von Pflanzenteilen und frei werdenden Nährstoffen in den Dränsteich zu vermeiden. Neben dem unerwünschten Rücktransport können diese Stoffe im Dränsteich durch ihren Abbau eine Sauerstoffzehrung hervorrufen, die eine zusätzliche Rücklösung akkumulierter Nährstoffe aus dem Sediment hervorrufen kann. Das anfallende Mähgut mit den darin enthaltenen Nährstoffen könnte idealerweise über eine Beimischung

der Biomasse zum Wirtschaftsdünger oder Verteilung auf dem Acker dem Landwirtschaftsbetrieb wieder zur Nutzung zugeführt werden, dem die Dränanlage gehört.

Eine Mahd und Entnahme von Makrophyten kann jedoch nicht nur einseitig unter dem Aspekt der Nährstoffentfernung und eventuellen Weiterverwertung bewertet werden. Ebenso sind mit dem Verbleib der Pflanzen in der Retentionsanlage und ihrer Zersetzung auch Vorteile für den Stoffrückhalt in der Anlage verbunden. So können durch die Mahd auch die positiven Effekte der Pflanzen auf die Sedimentation und Denitrifikation reduziert werden (Reinhardt et al. 2006, Uusi-Kämpää et al. 2000). Letztendlich kann eine Entscheidung für die Bewirtschaftungsvariante Mahd mit der damit verbundenen Nährstoffentnahme oder für die Variante Verbleib der Pflanzen zur Bereitstellung organischer Masse nur unter Berücksichtigung der jeweils an einer Retentionsanlage individuellen Situation getroffen werden.

SEDIMENTENTNAHME

Sedimente sollten grundsätzlich nur teilweise und in Abhängigkeit von der Sedimentationsrate aus einer Retentionsanlage entfernt werden. Dabei müssen noch genügend ausreichend kohlenstoffhaltige Sedimente verbleiben, um ein Potenzial für die Denitrifikation aufrecht zu erhalten sowie die Wiederbesiedlung mit pflanzlicher Biomasse zu ermöglichen. Eine teilweise Sedimententnahme steht an, wenn durch längere anaerobe Phasen (insbesondere bei hoher Primärproduktion auf und nach dem Höhepunkt der Vegetationsperiode) die Phosphorkonzentrationen im Ablauf höher werden als im Zulauf. Das ist ein Indiz für eine mögliche Phosphorrücklösung aus dem Sediment. Vor der Entscheidung zur Sedimententnahme könnte die obere Sedimentschicht auf Akkumulation von Phosphor und organischen Kohlenstoff sowie auf das Bindungsvermögen für Phosphor untersucht werden, um weitere Entscheidungssicherheit zu bekommen. Ohne Phosphorproblem sollte die teilweise Sedimententnahme spätestens dann erfolgen, wenn das hydraulische System der Retentionsanlage durch das akkumulierte Sediment eingeschränkt wird.

REGULIERUNG DES WASSERSTANDES

Durch Regulierung des Wasserstandes mit einer Schwankungsbreite von mindestens 0,5 m kann die unerwünschte Ausbreitung schnell wachsender Arten der Röhrichte über Wurzelaufläufer eingeschränkt werden. Das betrifft insbesondere den Rohrkolben, weniger das Schilf. Bei konstantem Wasserstand können sich diese Arten etablieren, mit ihren Wurzeln in die tieferen Bereiche der aquatischen Zone ausbreiten und dort die aquatischen Makrophyten verdrängen. Bei schwankendem Wasserstand werden diese Arten gestresst und können sich nicht so stark ausbreiten. Zur effektiven Einschränkung der Ausbreitung sind bestimmte Wasserstände in den verschiedenen Jahreszeiten förderlich. Hoher Wasserstand im Frühjahr stresst die Pflanzen durch den erhöhten Energieaufwand zum Wachstum bis über die Wasseroberfläche. Niedriger Wasserstand im Spätsommer/Frühherbst erlaubt die Mahd. Erhöhter Wasserstand im Spätherbst verringert die Überlebensfähigkeit der Samen. Niedriger Wasserstand im Winter und Eisbildung ermöglicht die Mahd über Eis und Zerstörung von Rhizomen durch Eindringen von Wasser in die Halme bei ansteigendem Wasserstand. Geringe Wasserstände im Spätherbst bis Winter können außerdem eine Dämpfung von Spitzen erhöhter Dränabflüsse im Winter ermöglichen (Feuerbach & Strand 2010).

ZUSTÄNDIGKEIT

Zuständig für die Bewirtschaftung des Dränenteiches ist grundsätzlich der Eigentümer. Er kann die oben beschriebenen Maßnahmen selbst durchführen, den Auftrag dazu an einen Fachbetrieb geben oder als Mitglied des Wasser- und Bodenverbandes durch diesen durchführen lassen. In vielen Fällen wird mit einem Dränenteich ein neues Gewässer entstehen, dessen Bewirtschaftung (Unterhaltung) noch in keiner Budgetplanung verzeichnet ist. Dann muss schließlich ein Weg gefunden werden wer die Kosten für die Bewirtschaftung übernimmt. Das muss bereits bei der Planung eines Dränenteiches berücksichtigt werden (siehe **Wer trägt die Kosten?**).

WAS KOSTET DER STOFFRÜCKHALT DURCH DRÄNTEICHE?

KOSTEN DER FLÄCHENBEREITSTELLUNG UND DES BAUS VON DRÄNTEICHEN

Für die Bereitstellung der Fläche zum Bau eines Dränenteiches können Kosten anfallen, z. B. wenn die Fläche erworben werden muss oder im Flächentauschverfahren ein Werteausgleich notwendig wird. Ist ein Flächenerwerb nicht erforderlich, so sind aber trotzdem die möglichen Folgekosten nach Ausgliederung der eigenen Fläche aus der Produktion zu bedenken. Auf die dann als Dränenteich genutzte Fläche eventuell anfallenden Gebühren, Steuern, Verbandsbeiträge u. ä. sollten in die Kostenkalkulation einbezogen werden. Welche Kostenstrukturen und Beträge wirklich zu berücksichtigen sind, hängt sehr stark von den konkreten Verhältnissen und Möglichkeiten ab.

Die Baukosten für einen Dränenteich können je nach den erforderlichen Bauleistungen, der Erreichbarkeit der Fläche und anderen örtlichen Gegebenheiten stark schwanken. Steidl et al. (2011) haben solche Kosten für verschiedene Teichflächengrößen und Varianten der Bauausführung ermittelt. Auf dieser Grundlage ist in der **Tabelle 2** ein möglicher Rahmen dieser Kosten für zwei Teichflächen und Varianten der Bauausführung abgesteckt. Die Variante „günstig“ steht für die Dränenteichanlage unter Nutzung einer vorhandenen Senke (vgl. **Abbildung 12** oben) und die Variante „erschwert“ steht für größere Aufwendungen zur Geländevertiefung (vgl. **Abbildung 12** unten). Zusätzlich zu den Baukosten entstehen Kosten für die Bauplanung und Überwachung der Ausführung, die hier als 10 % Planungspauschale berücksichtigt sind. Unter der Voraussetzung einer Abschreibung des Dränenteiches über 50 Jahre und einem kalkulatorischen Zins von 3,5 % lassen sich dann die jährlichen Kapitalkosten berechnen.

KOSTEN DER BEWIRTSCHAFTUNG VON DRÄNTEICHEN

Kosten entstehen bei der Mahd des Teiches, die alle ein bis zwei Jahre durchgeführt werden sollte, sowie bei der Entnahme von Sedimenten, die bei Bedarf in größeren Zeitabständen anfällt. **Tabelle 2** führt solche Kosten für günstige und erschwerte Betriebsverhältnisse auf. Erstere sind gegeben, wenn üblicherweise vorhandene Mähtechnik verwendet werden kann und der Dränenteich gut erreichbar ist. Erschwerte Betriebsverhältnisse sind gegeben, wenn z. B. ein Mähboot benötigt wird und die Zugänglichkeit des Dränenteiches erschwert ist.

TABELLE 2: KOSTEN AUS DER INSTALLATION UND DEN BETRIEB VON DRÄNTEICHEN VERSCHIEDENER GRÖßEN UND AUSFÜHRUNGEN (PREISNIVEAU UM 2010)

Wasserfläche	m ²	1000		25000	
		Ausführung		Ausführung	
		günstig	erschwert	günstig	erschwert
Kapitalkosten	€/Jahr	372	683	7.352	11.998
Betriebskosten	€/Jahr	555	955	13.378	23.878
Gesamtkosten	€/Jahr	928	1.238	20.729	25.376

KOSTENWIRKSAMKEIT VON DRÄNTEICHEN

Für die Kosten des Nährstoffrückhalts lässt sich sagen, dass (i) kleinere Flächenverhältnisse (Dränsteich-/Dränfläche) unter der hier angenommenen Retentionsfunktion (s. Abbildung 10) zu einer besseren Kostenwirksamkeit hinsichtlich der N-Reduktion führen als große. Allerdings spielt die Sensibilität des zu betrachtenden Gewässers bei der Auswahl der Flächenverhältnisse eine Rolle, da die Retentionsleistung bei zunehmender Teichgröße steigt. Zudem (ii) können durch die Anpassung des Teiches an die zur Verfügung stehende Mähetechnik Betriebskosten reduziert werden. Steidl et al. (2011) geben einen Überblick über die Kostenwirksamkeit möglicher Konstellationen.

WER TRÄGT DIE KOSTEN?

Die Kosten für die Errichtung und den Betrieb eines Dränsteiches trägt zunächst der Eigentümer, der eine juristische Personen des öffentlichen Rechts sowie natürliche und juristische Personen des Privatrechts sein kann. Da die Einrichtung eines Dränsteiches in der Regel eine Maßnahme zur Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie ist, kommt prinzipiell die Inanspruchnahme öffentlicher Fördermittel in Frage. Die Richtlinien zur Vergabe verschiedener Fördermittel lassen die Förderung von Dränsteichen bisher jedoch nur im Rahmen der WasserFöRL M-V (2016) zu, wie im Folgenden mit Stand Juni 2016 dargestellt wird:

1) Ökologische Vorrangfläche im Sinne der EU-Direktzahlungen-Verordnung

Mit der im Dezember 2013 beschlossenen Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik durch die Europäische Union werden 30 Prozent der Mittel für Direktzahlungen an Landwirte aus der ersten Säule der EU-Förderung – im Rahmen des sogenannten Greenings – an die Einhaltung bestimmter, dem Klima- und Umweltschutz förderlicher Landwirtschaftsmethoden gebunden, die über die bereits heute geltenden Cross-Compliance-Standards noch hinausgehen. Es werden rund 85 Euro pro Hektar für konkrete Umweltleistungen gewährt. In diesem Rahmen müssen Landwirtschaftliche Betriebe mit mehr als 15 ha fünf Prozent ihrer Ackerflächen als ökologische Vorrangflächen bereitstellen und im Umweltinteresse nutzen. Zur Auswahl geeigneter Elemente steht den Landwirten eine Liste EU-rechtlich zulässiger Flächenkategorien zur Verfügung. Diese umfasst unter anderem Stilllegungsflächen, Pufferstreifen und unter Cross Compliance durch ein Beseitigungsverbot geschützte Landschaftselemente wie Feuchtgebiete einschließlich Tümpel und Sölle, die prinzipiell für die Anlage eines Dränsteiches geeignet wären.

Die Festlegungen zur Anerkennung als ökologische Vorrangfläche berücksichtigen jedoch bisher in keiner Weise Dränteiche als Maßnahme zum Gewässerschutz und lassen dies auch nicht zu (siehe BMEL 2015 und http://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Agrarpolitik/_Texte/GAP-FAQs.html (letzter Zugriff 24.06.2016)).

2) Agrarumweltmaßnahme (AUM)

Für die Förderperiode 2014 bis 2020 stehen den Bundesländern finanzielle Mittel des Europäischen Landwirtschaftsfonds für die ländliche Entwicklung (ELER) zur Verfügung. Die Programme und Prämien für Agrarumwelt- und Vertragsnaturschutzmaßnahmen, Kulturlandschaftsprogramme (KULAP), der Ökolandbauförderung und des Tierschutzes der Länder liegen zusammengefasst unter „ELER in Deutschland – Maßnahmensteckbriefe 2014-2020“ vor. Für Mecklenburg-Vorpommern werden im Entwicklungsprogramm für den Ländlichen Raum (EPLR MV 2014-2020) folgende Schwerpunkte ausgewiesen:

- a. Förderung des Anbaus von vielfältigen Kulturen im Ackerbau
- b. Förderung der extensiven Bewirtschaftung von Dauergrünlandflächen
- c. Förderung der naturschutzgerechten Bewirtschaftung von Grünlandflächen
- d. Förderung der Bereitstellung von Strukturelementen auf dem Ackerland
- e. Förderung von umweltschonenden Produktionsverfahren und biodiversitätsfördernden Maßnahmen im Obst- und Gemüsebau
- f. Förderung der Einführung und Beibehaltung des ökologisch/biologischen Landbaus

In den genannten Agrarumweltmaßnahmen von Mecklenburg-Vorpommern aber auch der anderen Bundesländer ist die Förderung von Dränteichen als investive Maßnahme nicht vorgesehen (siehe <http://www.netzwerk-laendlicher-raum.de/themen/eler-2014-2020/agrarumweltschutz-nach-2013/aum-kulap-2015> (letzter Zugriff 24.06.2016)).

3) Naturschutzrechtliche Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahme

Rechtsgrundlage für die Eingriffs-Ausgleichs-Regelung im Sinne des Naturschutzes ist das Bundesnaturschutzgesetz (vom 29.7.2009). Es gilt ein generelles Verschlechterungsverbot von Natur und Landschaft. Mit der Eingriffs-Ausgleichs-Regelung sollen negative Folgen von Eingriffen in Natur und Landschaft vermieden und minimiert sowie unvermeidbare Eingriffe durch Kompensationsmaßnahmen ausgeglichen werden. Hierzu gehören Ausgleichsmaßnahmen (am Ort des Eingriffs) und Ersatzmaßnahmen (entfernt vom Ort des Eingriffs). Für das Land Mecklenburg-Vorpommern sind potenzielle Kompensationsmaßnahmen in der Anlage 11 der Hinweise zur Eingriffsregelung (LUNG 1999) aufgeführt, u. a. Maßnahmen zur Schaffung und Renaturierung von Wasserflächen.

Die Errichtung von Dränteichen ist bisher nicht als Maßnahme vorgesehen (siehe <http://www.lung.mv-regierung.de/dateien/ingriff.pdf> (letzter Zugriff 24.06.2016)).

4) Maßnahme im Sinne der WasserFöRL M-V (2016)

Nach der Richtlinie zur Förderung nachhaltiger wasserwirtschaftlicher Vorhaben (WasserFöRL M-V 2016) werden für die Errichtung eines Dränteiches als investive

Reinigungsteiche zum Rückhalt von Nährstoffausträgen aus Dränsystemen

Maßnahme zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie bis zu 100 Prozent der zuwendungsfähigen Ausgaben erstattet. Wesentliche Voraussetzungen dafür sind die Konfliktfreiheit mit anderen Verordnungen und Richtlinien, die nachweisliche Flächenverfügbarkeit, zweckmäßige und wirtschaftliche Planung sowie die Sicherung eines ordnungsgemäßen Betriebes und die spätere Pflege und Unterhaltung des Gewässers sowie seiner Ufer und Uferrandstreifen. Für die Kosten, die aus der letztgenannten Fördervoraussetzung entstehen, also die Betriebskosten, ist die Inanspruchnahme öffentlicher Fördermittel allerdings kaum möglich.

Die Errichtung von Dränteiches ist als investive Maßnahme bis zu 100 % zuwendungsfähig (siehe [http://www.service.m-v.de/cms/DLP_prod/DLP/Foerderfibel/Schutz_der_natuerlichen_Ressourcen/Wasser_-_Wiederherstellung,_Verbesserung_und_Unterhaltung_von_Gewaessern/Gewaesser_und_Feuchtgebiete/_Foerderungen/Richtlinie_zur_Foerderung_nachhaltiger_wasserwirtschaftlicher_Vorhaben_\(WasserFoeRL\)/index.jsp](http://www.service.m-v.de/cms/DLP_prod/DLP/Foerderfibel/Schutz_der_natuerlichen_Ressourcen/Wasser_-_Wiederherstellung,_Verbesserung_und_Unterhaltung_von_Gewaessern/Gewaesser_und_Feuchtgebiete/_Foerderungen/Richtlinie_zur_Foerderung_nachhaltiger_wasserwirtschaftlicher_Vorhaben_(WasserFoeRL)/index.jsp) (letzter Zugriff 24.06.2016))

PILOTPROJEKT JÜRGENSHAGEN

Unter dem Titel „Entrohrung und Reaktivierung des Retentionsraumes im Unterlauf eines Gewässers 2. Ordnung – Dränteich Jürgenshagen“ wurde im Frühjahr 2013 zwischen Jürgenshagen und Gischow die Pilotanlage eines Dränteiches für Mecklenburg-Vorpommern angelegt (siehe auch LU 2011). Im Jahr 1987 wurden dort auf 92 ha Ackerland mehrere Dränabteilungen eingebaut. Altanlagen waren zwar vorhanden, aber wegen der flachen Verlegung durch die schwerere Technik zerstört. Als Vorflut diente eine ebenfalls vorhandene Rohrleitung, die denselben Zustand aufwies. Schon früher wurde darin vermutlich ein kleiner Bach oder ein anderer mindestens temporärer Gewässerlauf verlegt, der aus dem Gebiet in die Beke abfloss. Diese Rohrleitung wurde ebenfalls erneuert und im Weiteren einige Nassstellen und Sölle angeschlossen (**Abbildung 17**). Schließlich bevorteilt diese Maßnahme eine landwirtschaftliche Fläche von 130 ha.

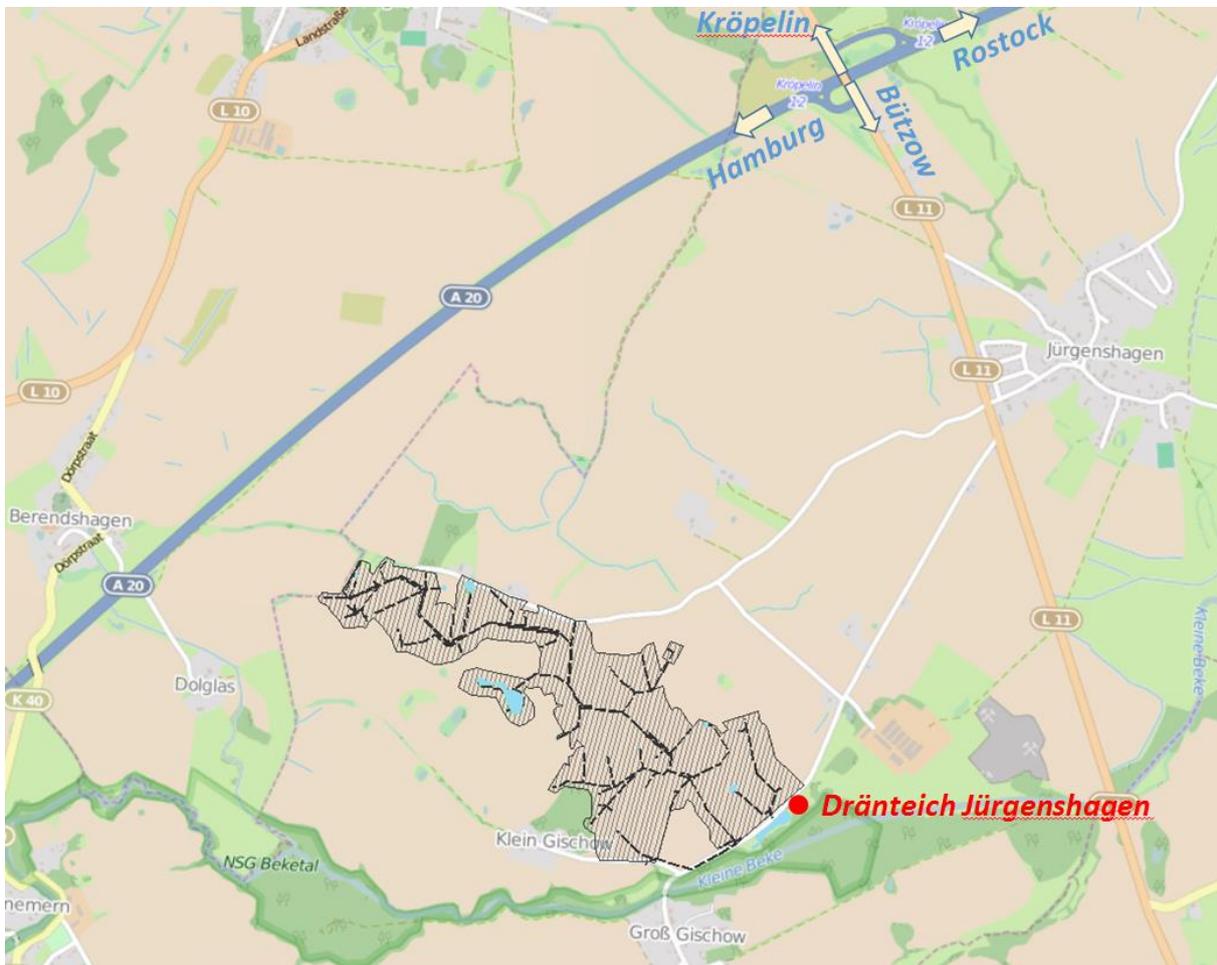


ABBILDUNG 17: LAGE DER DRÄNFLÄCHE UND DES DRÄNTEICHS JÜRGENSHAGEN



ABBILDUNG 18: BLICK AUF DEN DRÄNTEICH JÜRGENSHAGEN

Durch die Reaktivierung des ursprünglichen Retentionsraumes, dessen Stoffrückhaltevermögen mit der Verrohrung verloren ging, entstand auf einer Länge von fast 400 m ein Dränteich mit einem Wasservolumen zwischen 2656 und 4828 m³ und einer Wasserfläche von 3399 bis 4632 m². Das entspricht etwa 0,3 bis 0,4 % der Vorteilsfläche und etwa 0,4 bis 0,5 % der Fläche der Dränabteilungen (**Abbildung 17**).

Nach dem in **Abbildung 4** dargestelltem Prinzip wurde der Dränteich als neues Gewässer auf einem bisherigen Grünlandstandort angelegt. Pilotanlagen in Brandenburg wurden dagegen an bestehenden Gewässern bzw. einem Feuchtgebiet eingerichtet, die im Sinne eines Dränteiches modifiziert bzw. überstaut wurden (Steidl et al. 2011).

Seit dem 01.10.2013 wurde ein Messprogramm gestartet, mit dem die Funktion des Dränteiches quantitativ beurteilt werden soll. Es wird ermittelt, wie viel Stickstoff und Phosphor aus den Dränabflüssen durch diesen Dränteich zurückgehalten werden und welcher Anteil noch die Beke erreicht (**Abbildung 19**).

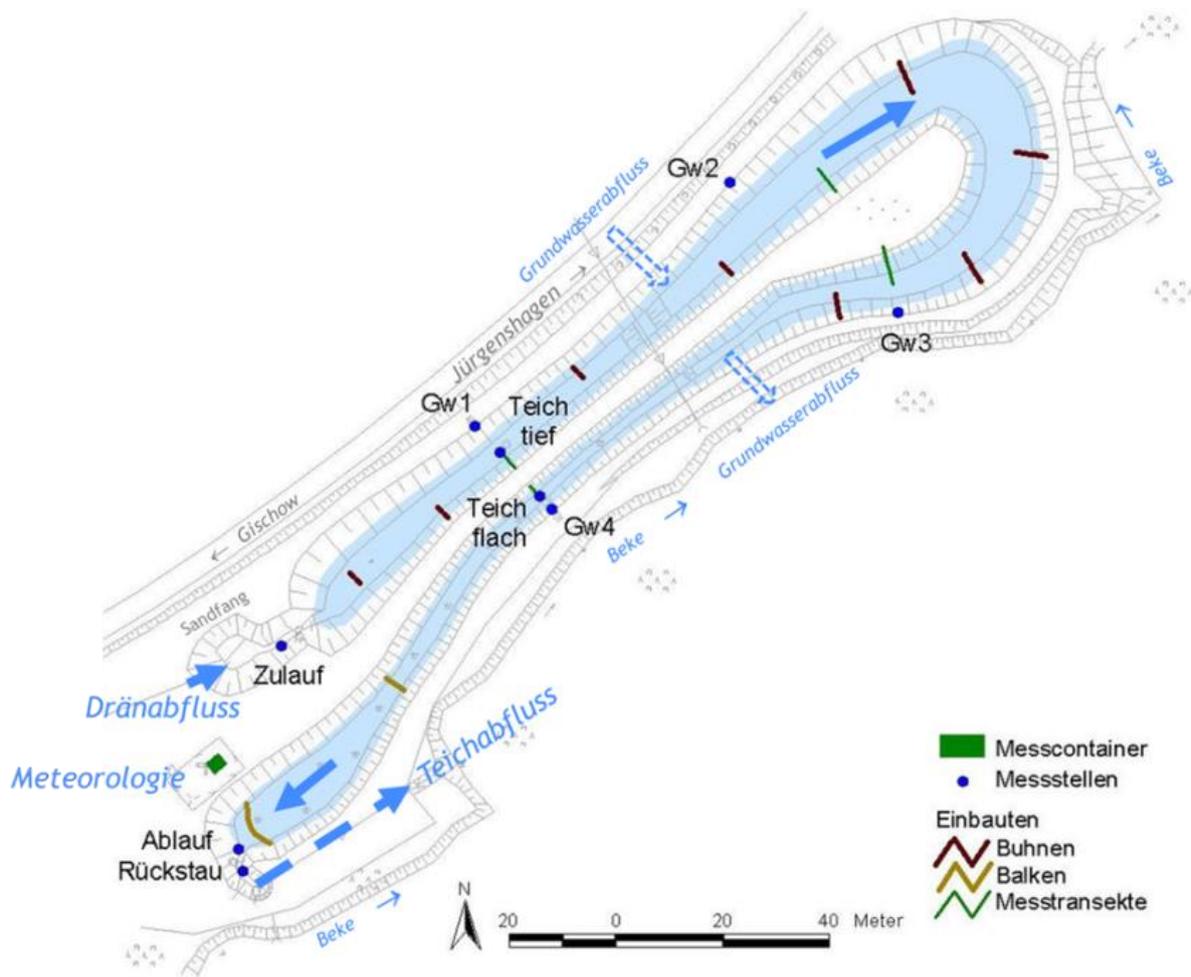


ABBILDUNG 19: DRÄNTEICH JÜRGENSHAGEN MIT MESSSTELLEN

Für die Schaffung der Pilotanlage wurden 139 T€ aus der FöRiGeF (2011) bereitgestellt. Zusätzlich konnten aus dem BMBF-Projekt „RAdOst“ Messgeräte im Wert von 30 T€ zur Verfügung gestellt werden. Von den Mitteln aus der FöRiGeF wurden 45 T€ ebenfalls für das Messprogramm verwendet. Darin enthalten sind die Schaffung der baulichen Voraussetzungen sowie die Anschaffung und den Einbau einiger Teile des Messsystems. Das Land Mecklenburg-Vorpommern übernimmt die Bestimmung der Wasserinhaltsstoffe der im Messprogramm anfallenden Wasserproben. Aus den durch die FöRiGeF bereitgestellten Mitteln wurden also alleine für den Bau des Dränteiches ohne Mehrausgaben für das Messsystem 94 T€ verwendet. Dieser Preis lag bereits deutlich über der vorhergehenden Schätzung in der Planungsphase. Er übersteigt auch die für **Tabelle 2** verwendeten Schätzungen. Für einen Dränteich dieser Ausführung und Größe lägen diese mit 64 T€ (Preisniveau um 2010) also 32 % unter dem tatsächlichen Baupreis.

Die Ergebnisse des Messprogramms zum Nährstoffrückhalt liegen inzwischen für die ersten beiden Jahre vor. Aus dem Vergleich mit den Ergebnissen von Brandenburger Pilotanlagen (Steidl et al. 2011) ergibt sich folgendes Bild:

Die Stickstofffracht im Dränabfluss lag mit 280 g m^{-2} Teichfläche im unteren Bereich der an Brandenburger Pilotanlagen ermittelten ($95\text{-}4637 \text{ g m}^{-2}$ Teichfläche). Trotz eines vergleichsweise mittleren Verhältnisses zwischen der Dränfläche und der Teichfläche von 0,5 % konnten aber nur 1,4 % der Stickstofffracht im Dränabfluss durch den Dränteich zurückgehalten werden. Auch der absolute Stickstoffrückhalt von $3,5 \text{ g m}^{-2}$ Teichfläche war im Vergleich zu den Brandenburger Pilotanlagen ($36\text{-}368 \text{ g m}^{-2}$ Teichfläche) sehr gering, obwohl sich spätestens bis zum Ende der ersten Dränperiode (9/2014) ein deutliches Potenzial für den Stickstoffrückhalt durch einen hohen Deckungsgrad der Makrophyten und die stetig wachsende Sedimentation von Kohlenstoff als eine Voraussetzung für die Denitrifikation entwickelt hatte. Die Ursachen für den sehr geringen Stickstoffrückhalt könnten im Fehlen weiterer Voraussetzungen für die Denitrifikation liegen. Das sind die unzureichende Ausprägung anaerober Mikromilieus an der Sedimentoberfläche infolge hoher Sauerstoffversorgung, eine nicht ausreichende Verfügbarkeit des sedimentierten Kohlenstoffs für die Denitrifikanten sowie eine unzureichende Aktivität der Denitrifikanten wegen des Fehlens organischer Substrate (Mudde, Torf) aus Feuchtgebieten/Gewässern mit standortangepassten Denitrifikanten nach Bau des Teiches. Da der Teich nach dem Ausbaggern eine fast ausschließlich anorganische Teichsohle aufwies, wurde zwar eine 10 cm dicke Schicht des ursprünglichen Oberbodens des Grünlandes mit hohen organischen Anteilen als Startpotenzial für die Denitrifikation auf die Teichsohle aufgebracht, die aber vermutlich nicht ausreichend für die Entwicklung von Denitrifikanten geeignet war. Mudden, z. B. aus den umliegenden Kleingewässern, wären dafür besser geeignet gewesen, waren aber zum Zeitpunkt des Einbaus nicht verfügbar. Mit diesem verfügbaren Startpotenzial könnte auch der Zeitraum seit Inbetriebnahme des Teiches noch nicht ausreichend zur Ausprägung der teichinternen Prozesse für den Rückhalt von Stickstoff sein. Außerdem beschränkt sich der Wasserrückhalt durch den Teich wegen der nur sehr geringen unterirdischen Abflüsse aus dem Teich auf die „Teichretention“.

Die im Dränabfluss ermittelte Phosphorfracht lag mit $0,7 \text{ g m}^{-2}$ Teichfläche ebenfalls im unteren Bereich der an Brandenburger Pilotanlagen festgestellten ($0,3\text{-}18,8 \text{ g m}^{-2}$ Teichfläche). Mit dieser Belastungssituation blieb auch der absolute Phosphorrückhalt mit $0,5 \text{ g m}^{-2}$ Teichfläche in diesem Bereich ($-2,34\text{-}3,13 \text{ g m}^{-2}$ Teichfläche), war jedoch immer positiv. Allerdings entsprach dieser Phosphorrückhalt im Dränteich immerhin 83 % der Phosphorfracht im Dränabfluss der ersten und 54 % der Phosphorfracht im Dränabfluss der zweiten Dränperiode und lag damit im oberen Bereich der Brandenburger Pilotanlagen. Dieser hohe Rückhalt wird durch das hohe Bindungsvermögen des Sedimentes ($\text{Fe/P} > 20$) begünstigt.

Im Ergebnis bleibt festzustellen, dass der Dränteich Jürgenshagen für den Rückhalt von Phosphor bereits wie vorgesehen funktioniert, auch wenn der P-Rückhalt in der zweiten Dränperiode geringer war als in der ersten. Für den Stickstoffrückhalt funktioniert der Dränteich dagegen noch in keiner akzeptablen Weise. Der Zeitraum von zwei Dränperioden seit 2013 ist jedoch zu kurz, um ausreichend fundierte Schlussfolgerungen zu den Ursachen abzuleiten. Die Wirkung des Dränteiches Jürgenshagen wird über Frachtanalysen und Analyse teichinterner Prozesse ein weiteres Jahr beobachtet und analysiert. Ggf. sollen schließlich Maßnahmen vorgeschlagen und getestet werden, die zu einer deutlichen Erhöhung des Rückhalts von Stickstoff führen können.

LITERATUR

Barko, J. W., Smart, R. M., McFarland, D. G. (1991): Interactive effects of environmental conditions on the growth of submersed aquatic macrophytes. *Journal of Freshwater Ecology* 6: 199-207.

Barko, J. W., Smart, R. M. (1981): Sediment-based nutrition of submersed macrophytes. *Aquatic Botany* 10: 339-352.

Barko, J. W., Smart, R. M., McFarland, D. G., Chen, R. L. (1988): Interrelationships between the growth of *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle and sediment nutrient availability. *Aquatic Botany* 32: 205-216.

Bendoricchio, G., Cin, L. D., Persson, J. (2000): Guidelines for free water surface wetland design. *EcoSys* 8: 51-91.

Berger, G., Pfeffer, H., Kalettka, T. (Hrsg.) (2011): Amphibienschutz in kleingewässerreichen Ackerbaugebieten - Grundlagen, Konflikte, Lösungen. Natur & Text, Rangs-dorf: 384 S.

BMEL (2015): Umsetzung der EU-Agrarreform in Deutschland. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Berlin, Ausgabe 2015.

Braskerud, B. C. (2001): The influence of vegetation on sedimentation and resuspension of soil particles in small constructed wetlands. *Journal of Environmental Quality* 30 (4): 1447-1457.

Braskerud, B., C., Tonderski, K. S., Wedding, B., Bakke, R., Blankenberg, A. G. B., Ulin, B., Koskiaho, J. (2005): Can constructed wetlands reduce the diffuse phosphorus loads to eutrophic water in cold temperate regions? *Journal of Environmental Quality* 34 (6): 2145-2155.

Borin, M., Tocchetto, D. (2007): Five year water and nitrogen balance for a constructed surface flow wetland treating agricultural drainage waters. *Science of the Total Environment* 380 (1-3): 38-47.

Carignan, R., Kalff, J. (1980): Phosphorous sources of aquatic weeds: water or sediments. *Science* 207: 987-989.

Cooke, G. D., Welch, E. B., Peterson, S. A., Nichols, S. A. (2005): Restoration and management of lakes and reservoirs. Boca Raton: Taylor and Francis.

DGL (2014): Handlungsempfehlung zur Abschätzung der Chancen einer Wiederansiedlung von Wasserpflanzen bei der Restaurierung von Flachseen Deutschlands. Arbeitskreis „Flachseen“ der Deutschen Gesellschaft für Limnologie (DGL) e. V., DGL-Arbeits-hilfe 1-2014, Eigenverlag der DGL, Hardeggen: 75 S.

Feuerbach, P., Strand, J. (2010): Water and biodiversity in the agricultural landscape – Working with aquatic habitats from a North European perspective..Environmental Protection Agency,Sweden.

Fier, A., Hirt, U., Holsten, B., Kahle, P., Kalettka, T., Koch, F., Krämer, I., Lennartz, B., Litz, N., Mahnkopf, J., Matzinger, A., Rupp, H., Steidl, J., Trepel, M. (2012): Reduktion der Stoffeinträge durch Maßnahmen im Drän- und Gewässersystem sowie durch Feuchtgebiete. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Hennef.

FöRiGeF (2011): Richtlinie zur Förderung der nachhaltigen Entwicklung von Gewässern und Feuchtlebensräumen (FöRiGeF). Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für

Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz vom 7. Februar 2008. VI 650a - 5325.4-0, zuletzt geändert durch Verwaltungsvorschrift vom 06.06.2011 (AmtsBl. M-V 2011 S. 322).

Hansson, L.-A., Brönmark, C., Nilsson, P. A., Abjörnsson, K. (2005): Conflicting demands on wetland ecosystem services: nutrient retention, biodiversity or both? *Freshwater Biology* 50: 705-714.

LU (2011): Konzept zur Minderung der diffusen Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft in die Oberflächengewässer und in das Grundwasser in Mecklenburg-Vorpommern. Herausgeber: Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern.

Hume, N.P., Fleming, M.S., Horne, A.J. (2002): Denitrification potential and carbon quality of four aquatic plants in wetland microcosms. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:1706–1712.

Hussner, A., Hoelken, H. P., Jahns, P. (2010a): Low light acclimated submerged freshwater plants show a pronounced sensitivity to increasing irradiances. *Aquatic Botany* 93: 17-24.

Hussner, A., Van de Weyer, K., Gross, E. M., Hilt, S. (2010b): Comments on increasing number and abundance of non indigenous aquatic macrophyte species in Germany. *Weed Research* 50: 519-526.

Institut biota (2010): Ermittlung von Art und Intensität künstlicher Entwässerung von landwirtschaftlichen Nutzflächen in Mecklenburg-Vorpommern. Biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH, Bützow. 102 S.

Kadlec, R. H. (2012): Constructed Marshes for Nitrate Removal. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 42 (9): 934-1005.

Kaplan, K., Muer, T. (1990): Beobachtungen zum Diasporenreservoir im Bereich ehemaliger Heideweiher. *Floristische Rundbriefe* 24: 38-45.

Kovacic, D. A., David, M. B., Gentry, L. E., Starks, K. M., Cooke, R. a. (2000): Effectiveness of constructed wetlands in reducing nitrogen and phosphorus export from agricultural drainage. *Journal of Environmental Quality* 29 (4): 1262-1274.

LUNG (1999): Hinweise zur Eingriffsregelung. Landesamt für Umwelt, Naturschutz u. Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Güstrow, 1. Auflage: 166 S.

Madsen, T. V., Warncke, E. (1983): Velocities of currents around and within submerged aquatic vegetation. *Archiv für Hydrobiologie* 87: 389-394.

Mehl, D., Kästner, U. (2012): Anlage eines Feuchtgebietes zum Nährstoffrückhalt als Kombinationslösung Dränwasser/gereinigtes Abwasser am Neuklostersee (Mecklenburg-Vorpommern). *Korrespondenz Wasserwirtschaft* 5 (12): 660-666.

Mewes, M (2004): Nährstoffausträge in die Ostsee aus diffusen Quellen Mecklenburg-Vorpommerns und Schleswig-Holsteins. - Rostock. *Meeresbiol. Beitr.* 12: 89-102.

Moss, B., Madgwick, J., Phillips, G. (1996): A guide to the restoration of nutrient-enriched shallow lakes. Norwich, UK: Broads Authority.

Persson, J. (2005): The use of design elements in wetlands. *Nordic Hydrology* 36 (2): 113–120.

Reinigungsteiche zum Rückhalt von Nährstoffausträgern aus Dränsystemen

Reinhardt, M., Gächter, R., Wehrli, B., Müller, B. (2005): Phosphorus retention in small constructed wetlands treating agricultural drainage water. *Journal of Environmental Quality* 34 (4): 1251-1259.

Reinhardt, M., Müller, B., Gächter, R., Wehrli, B. (2006): Nitrogen removal in a small constructed wetland: An isotope mass balance approach. *Environment Science and Technology* 40 (10): 3313-3319.

Saunders, D. L., Kalff, J. (2001): Nitrogen retention in wetlands, lakes and rivers. *Hydrobiologia* 443 (1-3): 205-212.

SenStadtUm (2013): Pflanzen für Berlin – Verwendung gebietseigener Herkünfte. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin.

Smart, R. M., Dick, G. O. (1999): Propagation and establishment of aquatic plants: A handbook for ecosystem restoration projects. U. S. Army Corps of Engineers, Technical report A-99-4.

Steidl, J., Kalettka, T., Ehlert, V., Quast, J., Augustin, J., Zander, P., Saltzmann, J. (2011): Funktionsnachweise und Bemessungsgrundlagen für naturraumangepasste Anlagen zum Rückhalt von Nährstoffen aus Abflüssen von landwirtschaftlichen Dränsystemen. Schlussbericht zum Forschungsauftrag 514-33.81/04HS039 der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Projektträger Agrarforschung, Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V.: 103 S.

Tanner, C. C., Long Nguyen, M., Sukias, J. P. S. (2003): Using constructed wetlands to treat subsurface drainage from intensively grazed dairy pastures in New Zealand. *Water, Science and Technology* 48: 207-213.

Uusi-Kämpää, J., Braskerud, B., Jansson, H., Syversen, N., Uusitalo, R. (2000): Buffer zones and constructed wetlands as filters for agricultural phosphorus. *Journal of Environmental Quality* 29 (1): 151-158.

Van de Weyer, K., Schmidt, C. (2011): Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefäßpflanzen, Armlauchalgen und Moose in Deutschland. Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV) Brandenburg, Potsdam, Fachbeiträge des LUGV Brandenburg 119/120.

WasserFöRL M-V (2016): Richtlinie zur Förderung nachhaltiger wasserwirtschaftlicher Vorhaben. Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz vom 12.02.2016, AmtsBl. M-V 2016 S. 106.

Weisner, S.E.B., Thiere, G. (2010): Effects of vegetation state on biodiversity and nitrogen retention in created wetlands: a test of the biodiversity-ecosystem functioning hypothesis. *Freshwater Biology* 55 (2): 387-396.

Wiegand, G. (1991): Die Lebens- und Wuchsformen der makrophytischen Wasserpflanzen und der Beziehungen zur Ökologie, Verbreitung und Vergesellschaftung der Arten. *Tuexenia* 11: 135-147.

WRRL (2000): EG-Wasserrahmenrichtlinie Nr. 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23.10.2000. Official Journal of the European Communities L327.

Wendland, F., L. Keller, P. Kuhr, R. Kunkel und B. Tetzlaff (2015): Regional differenzierte Quantifizierung der Nährstoffeinträge in das Grundwasser und in die Oberflächengewässer Mecklenburg-Vorpommerns unter Anwendung der Modellkombination GROWADENUZ-WEKU-MEPhos. Endbericht - Forschungszentrum Jülich Institut für Bio- und Geowissenschaften (IBG-3: Agrosphäre) 52425 Jülich. 233 S.