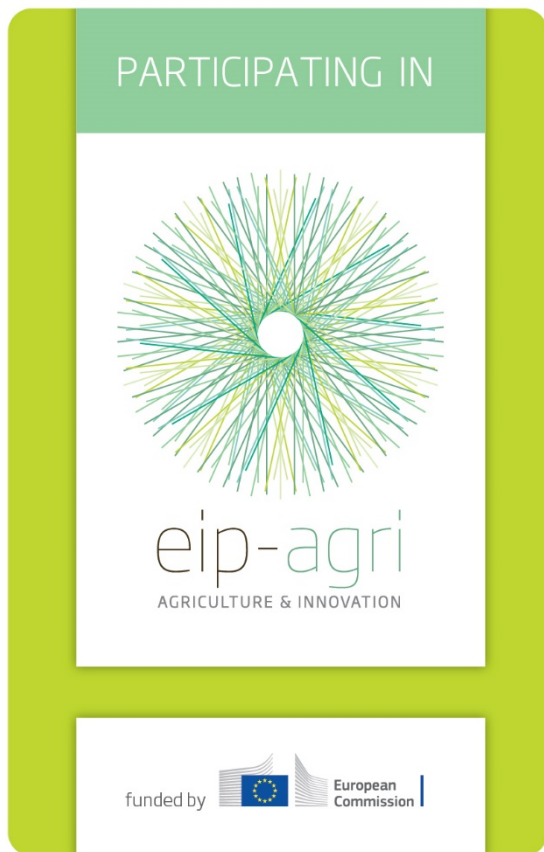


Operationelle Gruppe: Nährstoffrückhalt durch Produktion Nachwachsender Rohstoffe in Constructed Wetlands



Tierproduktion
Haffküste GmbH



Ministerium für
Landwirtschaft und Umwelt



Operationelle Gruppe:

Institut DUENE e.V.

Stadt Loitz

Subterra Pflanzenkläranlagen GmbH

TP Haffküste GmbH

Universität Greifswald

Greifswald, der 18.10.2019

Abschlussbericht des Projektes Operationelle Gruppe Nährstoffrückhalt durch Produktion Nachwachsender Rohstoffe in Constructed Wetlands

Projektdauer: November 2015 bis Juni 2019

Gefördert durch das Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern

Aus Mitteln der Europäischen Innovationspartnerschaft "Landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit" (EIP-Agri).

Autoren und Projektbeteiligte

Henning Holst (Projektleitung), Maximilian Wenzel, Nora Köhn, Joachim Krüger, Biota, Christian Schröder, Leonie Korbach

Weitere Informationen zum Projekt

Institut für Dauerhaft Umweltgerechte Entwicklung der Erde e.V. (DUENE e.V.)

c/o Institut für Botanik und

Landschaftsökologie Universität Greifswald

Soldmannstr. 15

17487 Greifswald

E-Mail: info@duene-greifswald.de

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abbildungen	4
1 Zusammenfassung	6
2 Fazit und Politikempfehlungen	7
3 Einführung / Hintergrund.....	8
3.1 Nährstoffemission	9
3.2 Ökonomische Folgen – eine Frage der Effizienz	10
3.3 Nutzung der Nährstofffrachten in Constructed Wetlands	10
4 Neue Produktionsstandorte Constructed Wetlands.....	11
4.1 Ansätze zur Nutzung der Nährstofffrachten in Constructed Wetlands.....	11
5 Markfähigkeit von Innovationen.....	12
5.1 Kurzbeschreibung der Methode mit den fünf Ebenen	12
5.2 Das MARTEC Constructed Wetland	13
5.3 Innovationen für eine nachhaltige Nutzung	16
5.4 Innovationsprojekt A Klärung von betrieblichen Hofabflüssen (Größenordnung: Ca.1.000 qm).....	16
5.5 Innovationsprojekt B Nutzung der Nährstoffe aus kleinen Vorflutern (Größenordnung: 0,5-2 ha) ...	18
5.6 Innovationsprojekt C Nutzung der Nährstofffrachten größerer Vorfluter oder nährstoffreicher Gewässer auf landwirtschaftlichen Nutzflächen (Größenordnung: 2-10ha)	19
6 Geeignete Nutzpflanzen für den Anbau in Constructed Wetlands.....	20
7 Produkte aus Constructed Wetlands	22
8 Untersuchungen/Experimente OG MeerGewinn.....	24
8.1 Versuchsfläche Rochow.....	24
8.1.1 Durchführung	24
8.1.2 Ergebnisse	25
8.2 Versuchsbecken Duckwitz	26
8.2.1 Ergebnisse	27
8.3 Akzeptanz und Umsetzungschancen	29
8.3.1 Interviews mit Landwirten	30
8.3.2 Ergebnisse zur Akzeptanz nach Projektgröße	31
9 Geplante und teilweise umgesetzte Projekte aus MeerGewinn.....	32
9.1 Klärung des Abflusses einer Hofentwässerung	33
9.2 Nutzung der Nährstoffe aus kleinen Vorflutern	33
9.2.1 Grünower See.....	33
9.3 Nutzung der Nährstofffrachten größerer Vorfluter oder nährstoffreicher Gewässer	36
9.3.1 Teichweide	36
9.3.2 Ziese-Mühlgraben	37
9.3.3 Fläche an der Ziese Ortslage Rappenhagen	39
9.3.4 Kamp – Polder Bargischow.....	41
9.3.5 Heilgeisthof	43

10	Spülfelder der WSV	45
11	Wissenstransfer	46
11.1	Abwassertagung in Duckwitz (09.03.17)	46
11.2	Workshop "Nährstoffausträge - ein Problem als Chance" in Loitz	46
11.2.1	Ergebnisse aus Umfragen innerhalb des Workshops:	47
11.3	Besuch nationaler und internationaler Tagungen, Kongresse und Workshops	48
12	Ausgewählte Literatur	49

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1:	Nährstoffe der Landwirtschaft werden zu Schadstoffen für Artenvielfalt und Trinkwasser	8
Abbildung 2:	Geroge W. Shannon Wetland Water Reuse Project, Tarrant Regional Water District.	8
Abbildung 3:	Beispiel einer CW - Anlage in Irland an einem landwirtschaftlichen Betrieb. © Vesi Environmental Ltd 2018, https://www.vesienviro.com/	9
Abbildung 4:	Stellung und Funktionen von Böden in der Ökosphäre (nach Brümmer 1978, aus Scheffer/Schachtschabel Lehrbuch der Bodenkunde, Blume et al. 2010)	9
Abbildung 5:	Reinigung und anschließende Nutzung des Wassers	10
Abbildung 6:	Das Grundmodell MARTEC (traintool consult, Der Werkzeugkasten interaktiv)	12
Abbildung 7:	Beispiel eines kleinen CW mit Zierpflanzen	16
Abbildung 8:	Ein CW zur Reiniung der Abflüsse aus der Landwirtschaft	16
Abbildung 9:	Reinigung und Nutzung von Hofabwässern mit zwei Klärbecken	17
Abbildung 10:	Technische Darstellung eines Klärbeckens	17
Abbildung 11:	In CW können Zierpflanzen für den regionalen Markt angebaut werden. Oder die Fläche dient als Verschönerung und Blickfang für Höfe.	17
Abbildung 12:	Anbau wasserliebender Pflanzenarten in Constructed Wetlands	18
Abbildung 13:	Umsetzung eines CW mit einem Fangbecken zur Sedimentation (offene Wasserfläche vorne im Bild) und einem Denitrifikationsbecken das, in diesem Fall, von dem Wasser aus dem Fangbecken durchströmt wird.	18
Abbildung 14:	Beispiel für die Einrichtung eines Constructed Wetland in der Landschaft. Hier mit dem Ziel dem Zulaufwasser zu einem See Nährstoffe zu entziehen.	19
Abbildung 15:	beispielhafte Planung eines ca. 9ha großen CW in Kamp (Polder Bargischow) am Peenestrom ..	19
Abbildung 16:	Innovationspfade für Produkte aus Constructed Wetlands	20
Abbildung 17:	Übersicht der Versuchsbecken mit dem Becken E für den Schwertlilienversuch.	25
Abbildung 18:	Becken E während des Baus	25
Abbildung 19:	Becken E ein Monat nach der Ansaat (links) und drei Monate nach der Ansaat (mitte, rechts)...	25
Abbildung 20:	: Becken E mit (links), ohne Begleitvegetation inkl. der eingesetzten Pflanzen (mitte) und ca. vier Monate nach der Pflanzung (rechts)	26
Abbildung 21_:	Versuchsaufbau der Becken. Links: Vogelperspektive auf ein Becken (blaue Pfeile = Wasser, grüne Punkte = Bepflanzung); rechts: Seitenansicht eines Beckens mit Bepflanzung (braun = Substrat)	27
Abbildung 22:	Schema der Beckenbepflanzung ab der 2. Vegetationsperiode (2018). Arten in den Beckenhälften von links nach rechts: Erzengelewurz, Beinwell, Wasserdost, Referenzbepflanzung Rohrkolben, Apfelbeere, Hirsch-Minze.	27
Abbildung 23:	Vergleich der Pflanzenentwicklung zwischen Abwasser (linke Beckenhälfte) und Seewasser (rechte Beckenhälfte für die Arten Erzengelewurz, Hirsch-Minze und Wasserdost (von links nach rechts).	28
Abbildung 24:	Vergleich des Nitratgehaltes (links) und des Ortho-Phosphatgehaltes (rechts) in Zufluss und Abfluss der Versuchsbecken mit Bewässerung durch Abwasser.	28
Abbildung 25:	Vergleich des Nitratgehaltes (links) und des Ortho-Phosphatgehaltes (rechts) in Zufluss und Abfluss der Versuchsbecken mit Bewässerung durch Seewasser	28
Abbildung 26:	Diagramme zum Nährstoffentzug in Prozent (unten: Nitrat-N, oben: Ortho-Phosphat).	29
Abbildung 27:	Einteilung der Betriebe nach bewirtschafteter LN	30
Abbildung 28:	Interesse der befragten Landwirte an neuen Erwerbszweigen, z.B. CWs.	31

Abbildung 29: Integrated wetland bufferzone. Ein Beispiel aus Schweden. http://www.wetlands.se	32
Abbildung 30: Fachplanung Klärbeet für Hofentwässerung	33
Abbildung 31: Übersicht über die Planung zum Grünower See. Aus: Gutachten	36
Abbildung 32: Vurzbach. Rot umrandet Teilfläche des Polders die als Constructed Wetland für die Nährstoffretention und Anbau genutzt werden könnte. Blau Überströmungsstrecke. Zahlen siehe Text.	37
Abbildung 33: mögliche Umsetzungsfläche im Ziesetal.....	38
Abbildung 34: Plan für die Einrichtung des CW Ziese-Mühlgraben	38
Abbildung 35: Ziesegraben mit der angrenzenden Fläche Ortslage Rappenhagen	39
Abbildung 36: Bodenkarten potentielle CW-Fläche Ortslage Rappenhagen	40
Abbildung 37: Luftbild der Fläche bei Kamp im Polder Bargischow © 2019 Google,Bilder.....	41
Abbildung 38: mögliche Umsetzung einer Pilotfläche für CW	42
Abbildung 39: Alder van Weeren zeigt die jungen Rhizome des Rohrkolbens. Die stärkehaltigen Wurzelsprosse waren früher eine wichtige Nahrungsquelle und gelten heute als Delikatesse	43
Abbildung 40: Aus dem Moor geernteter Rohstoff für die Weiterverarbeitung als Baustoff. Bild: © Rob Builder	43
Abbildung 41: Lage der Fläche im Luftbild	44
Abbildung 42: Plan für eine mögliche Umsetzung	44
Abbildung 43: Spülfeld Drigge.....	45
Abbildung 44: Einschätzungen der Veranstaltungsteilnehmer zur Frage: "Für welches Problem brauchen wir aus Ihrer Sicht besonders dringend Lösungen?"	48
Abbildung 45: Erste Einschätzung der Veranstaltungsteilnehmer zu Constructed Wetlands.	48
Abbildung 46: Interessante Idee?	48

Nährstoffrückhalt durch Produktion Nachwachsender Rohstoffe in Constructed Wetlands

1 Zusammenfassung

Das Projekt Operationelle Gruppe MeerGewinn (Nährstoffrückhalt durch den Anbau nachwachsender Rohstoffe in Constructed Wetlands) startet mit den Zielen: Diffus und punktuell ausgetragene Nährstoffe zurückzuhalten und damit Oberflächengewässer zu entlasten. Die zurückgehaltenen Nährstoffe sollen für den Anbau von Pflanzen und damit auch wirtschaftlich genutzt werden. Aus den Schadstoffen N und P werden so wieder wirtschaftlich wertvolle Betriebsmittel. Es wurden unterschiedliche Arten von Sumpfpflanzen für Anbau und Produktion getestet. Auf diesem Weg sollten gemeinsam mit Partnern innovative Lösungen gefunden werden, die einerseits das Problem der Umweltbelastung durch Eutrophierung in den primären Fokus nimmt und andererseits die Retentionsleistung von Constructed Wetlands (in erster Linie die Nährstoffe Stickstoff und Phosphor) durch den Anbau wirtschaftlich interessanter Arten erhöht.

Besonders geeignet hierfür sind Constructed Wetlands die sowohl als Anbaufläche dienen können als auch Becken für die Denitrifikation von Nitrat-N sind und in denen sich Phosphor ablagern und pflanzenbaulich genutzt werden kann.

Für eine konzeptionell strukturierte Vorgehensweise wurden die betrachteten Constructed Wetlands (CW) in drei unterschiedliche Größenordnungen unterteilt, die sich, auch abhängig von den örtlichen Gegebenheiten, auch in ihrer technischen Umsetzung und Führung (Hemerobie) deutlich unterscheiden. Die kleinste Variante ist ein auf die Wasserreinigung optimierter Klärteiche mit deren Hilfe es möglich ist punktuelle Nährstoffemissionen zu senken. Die entstehenden Flächen von einigen hundert bis wenigen Tausend m² können für den Anbau hochwertiger Pflanzen gärtnerisch genutzt werden. Die mittlere Variante sind naturnahe Standorte mit einem für die Produktion optimierten hydrologischen System. Die größte Variante sind große Niedermoorflächen ebenfalls mit für die Produktion optimierten Wasserständen. Die mittlere und große Variante nutzt vor allem natürliche und naturnahe Niedermoor Standorte. Durch die Entwässerung seit dem zweiten Weltkrieg (Komplexmelioration) wurde die Nutzung dieser Standorte intensiviert. Dies führte zu einer chemisch-physikalischen Degradierung der organischen Moorböden, dem Verlust des funktionalen Zusammenspiels von Wasser, Pflanzen und Torf und damit zu einem Verlust vielfältiger Ökosystemleistungen der Moore. So wurden sie von Senken für Kohlenstoff und Nährstoffe zu Emittenten und damit zu einer Quelle erheblicher Umweltbelastungen.

Die Zusammenarbeit mit Praxispartnern stellte einen Schwerpunkt in der wissenschaftlich fundierten Arbeit dar. Dadurch wurden Umsetzungsstandorte gefunden und die Frage nach der Akzeptanz zur Neuausrichtung der Flächennutzung hin zu einer Nutzung nasser Standorte (Paludikultur) wurde geprüft. Es hat sich gezeigt, dass die Kombination aus einer kontrollierten Bewässerung für den Anbau mit einer wirtschaftlich interessanten Nutzung zu einer deutlichen Erhöhung der Akzeptanz in der landwirtschaftlichen Praxis führt. Die Möglichkeit neuer, nachhaltiger, innovativer Nutzungsideen war gerade für junge Landwirte interessant, da sie nach Lösungen suchen, die einerseits betriebswirtschaftlich tragend sein sollen und andererseits den aktuellen ökologischen Problemen Rechnung tragen. In der Zusammenarbeit mit einem Büro für Pflanzenkläranlagen, Landwirten sowie einem Landschaftsplanungsbüro wurden innovative Lösungen und technische Umsetzungsideen entwickelt.

2 Fazit und Politikempfehlungen

Aus den in diesem Bericht vorgestellten Ergebnissen lassen sich folgende Empfehlungen an die Politik ableiten. Um einen falschen Zungenschlag zu vermeiden, sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, die Verantwortung für die Umsetzung einer nachhaltigen Landnutzung bei allen handelnden Akteuren liegt. Die Landnutzer können also sehr wohl heute schon Dinge tun und verändern und brauchen dafür nicht auf die Signale aus der Politik zu warten. Landwirte, Politiker, Verbraucher, Interessensvertreter und alle anderen haben, jeder für sich und alle gemeinsam, das Ziel für eine Landwirtschaft ohne oder mit deutlich geringeren negativen Effekten auf Natur- und Umwelt. Damit die nationalen und internationalen Nachhaltigkeitsziele erreicht werden können und um negative Auswirkungen von Struktur- bzw. Investitionsentscheidungen der Vergangenheit zu mildern werden folgende Schritte empfohlen.

1. **Förderung und Bau von Constructed Wetlands zur Nährstoffretention.** Hierbei wird empfohlen dem Grundsatz „Das einfache zuerst“ zu folgen. Für die Etablierung von CW ist es entscheidend Partner zu haben, die wollen. Die Investitionsförderung ist ein politisch sehr effektives Mittel, um neue Strukturen und Systeme zu etablieren.
2. **CW können als Paludikulturflächen** bewirtschaftet werden. Hier gilt es wirtschaftliche Hemmnisse in den Bereichen der Förderung abzubauen, die bislang einer Umsetzung der Paludikulturbewirtschaftung entgegenstehen.
3. **Entwässerung an die neuen klimatischen Bedingungen anpassen.** Über Jahrhunderte wurde die trockene Bewirtschaftung angestrebt. Nasse Flächen galten als Unland oder Ödland und eine wirtschaftlich interessante Nutzung war, so die überwiegende Meinung, auf solchen Standorten nicht möglich. Die Bedingungen für die Entwässerung der Landschaft haben sich verändert. Die klimatischen Bedingungen sind heute ganz andere als noch vor 100 Jahren. Vor diesem Hintergrund sollte zusammen mit der Umsetzung von Constructed Wetlands und Paludikultur die Entwässerungsmaßnahmen der Vergangenheit überprüft und gegebenenfalls angepasst werden.
4. **Partizipation bei der Umsetzung.** Die Landwirte und Flächenbesitzer sollten persönlich, individuell und lokalspezifisch in die Überlegungen, die Planung und den Bau einbezogen werden. Hierfür steht mit der WRRL Beratung ein gut funktionierendes Netzwerk zur Verfügung.

3 Einführung / Hintergrund

Die Nitratbelastung des Oberflächen- und Grundwassers ist zu hoch. Das EuGH hat die Bundesrepublik Deutschland wegen Vertragsverletzung verurteilt (Rechtssache C-543/16). Die Verbesserung der Wasserqualität ist somit eine staatliche und gesamtgesellschaftliche Verantwortung und Aufgabe. Aktuell sind die Nährstoffüberschüsse aus der Landwirtschaft laut Umweltbundesamt

(<https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/naehrstoffeintraege-aus-der-landwirtschaft#textpart-3>) zu hoch. Dadurch werden angrenzende Lebensräume und, zeitverzögert auch das Grundwasser, eutrophiert. Die Reduktion der Stickstoff und Phosphoreinträge gehört zu den vordringlichen Herausforderungen der Umwelt- und Naturschutzziele.

Für die Landwirtschaft entsteht somit ein indirekter Schaden durch den Verlust von Artenvielfalt (z.B. Reduktion der Nützlings Population), der ökonomisch schwer zu beziffern ist und ein direkter wirtschaftlicher Schaden durch die Verschwendung, bzw. ineffiziente Nutzung zugekaufter Nährstoffe. Außerhalb des

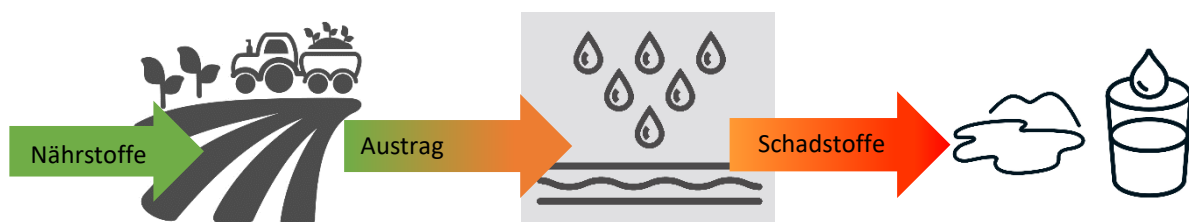


Abbildung 1: Nährstoffe der Landwirtschaft werden zu Schadstoffen für Artenvielfalt und Trinkwasser

landwirtschaftlichen Systems werden (gekaufte) Nährstoffe zu Schadstoffen.

Die Landwirtschaft kann mit unterschiedlichen Ansätzen zur Erreichung des Ziels einer effizienteren Nährstoffnutzung beitragen und hat als größter Flächennutzer die Verantwortung für den eigenen Wirkungs- und Tätigkeitsbereich. Landwirte haben sowohl ökonomische als auch ökologische Interessen daran einen Beitrag zur Verbesserung der Situation zu leisten. Dies zeigen auch die Interviews mit Landwirten. Die Umsetzung der Ziele bedarf aus Sicht der Landwirtschaft neue, innovative Ansätze und Denkweisen. Es liegt auf der Hand, dass eine bessere Verwertung der Nährstoffe verhindern kann, dass sie zu ökologischen Schadstoffen werden. Die Einrichtung und, wo möglich, wirtschaftliche Nutzung von Constructed Wetlands, ist ein solcher Ansatz, der ein hohes Innovationspotential birgt. Dieser Ansatz zeigt die Chancen einer Reinigung des Wassers bei gleichzeitiger Nutzung von Nährstoffen durch den Anbau von Pflanzen, die wiederum im Wasser vorhandene Nährstoffe durch den Aufbau von Biomasse entziehen. Die positive Wirkung von CW ist weltweit erprobt. Zahlreiche große und kleinere Anlagen zeigen, dass CW einen wesentlichen Beitrag liefern können Stickstoff und Phosphor zurückzuhalten und Kohlenstoff festzulegen. In den meisten Fällen wird jedoch der Aufwuchs nicht wirtschaftlich genutzt, sondern dient der Wiederherstellung und Schaffung von Sumpflandschaften und damit der Biodiversität.



Abbildung 2: George W. Shannon Wetland Water Reuse Project, Tarrant Regional Water District.



Abbildung 3: Beispiel einer CW - Anlage in Irland an einem landwirtschaftlichen Betrieb. © Vesi Environmental Ltd 2018, <https://www.vesienviro.com/>

Die meisten Anlagen dienen vornehmlich der Nährstoffretention und sollen die negativen Auswirkungen der modernen intensiven Landwirtschaft mildern. Die Leistungen so eines CW gehen über diese Funktionen hinaus, je nach Design und Ort dienen sie dem Schutz und der Verbesserung zahlreicher Ökosystemdienstleistungen wie, der Verbesserung der Wasserqualität, der Erhöhung der Biodiversität oder auch dem Aufbau von Kohlenstoffsinken.

3.1 Nährstoffemission

Der Austrag von Nährstoffen aus der landwirtschaftlichen Nutzung ist unvermeidbar. Gut beeinflussbar ist die Höhe der Austräge und die Wahrscheinlichkeit, da diese Faktoren in erster Linie mit dem Input von Nährstoffen (v.a. Dünger und Futtermittel) zusammenhängen. In Böden als Naturkörper finden laufend Veränderungs- und Verlagerungsprozesse statt. Die Verlagerung wasserlöslicher Stoffe, gehört zu den natürlichen Eigenschaften von Böden (vgl. Abbildung 4). Der bewusste Umgang mit den komplexen Zusammenhängen mit den Prozessen im Boden ist eine wichtige Grundlage zu Veränderungen in der landwirtschaftlichen Nutzung von Böden.

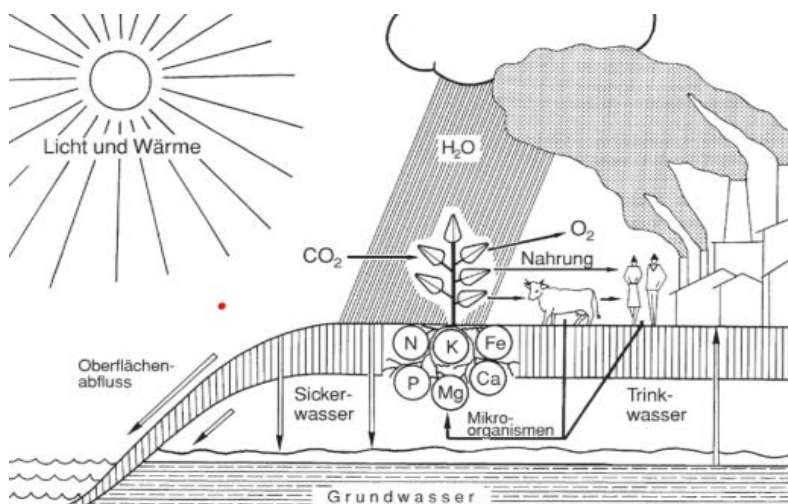


Abbildung 4: Stellung und Funktionen von Böden in der Ökosphäre (nach Brümmer 1978, aus Scheffer/Schachtschabel Lehrbuch der Bodenkunde, Blume et al. 2010)

Etwas ausführlicher wird hier zunächst der Hauptnährstoff N betrachtet. Die geschieht auch vor dem Hintergrund, dass Stickstoff sowohl aus betriebswirtschaftlicher als auch aus ökologischer Sicht eine hohe Bedeutung hat.

Hampicke 2018 hat in seinem Buch „Kulturlandschaft Äcker, Wiesen, Wälder und ihre Produkte“ eine ausführliche Berechnung der Stickstoffflüsse in der deutschen Agrarlandschaft vorgelegt. Danach betragen die mittleren Austräge von landwirtschaftlichen Flächen in Deutschland im Mittel 66 Kg N. Hier gibt es naturgemäß starke regionale und auch jährliche Schwankungen. So sind in den trockenen Jahren 2017 und 2018 die Ernteerträge deutlich geringer ausgefallen und damit auch die Abfuhr von Stickstoff und allen anderen Nährstoffen, durch die Ernteprodukte. Vorsichtige Schätzungen von Landwirten liegen bei über 70 Kg N/ha.

3.2 Ökonomische Folgen – eine Frage der Effizienz

Für einen üblichen 1000 ha Ackerbaubetrieb in Mecklenburg-Vorpommern ergibt sich daraus ein Verlust von mindesten 70 t Stickstoff, der nutzlos von den Flächen abfließt. Wendland et al. 2015 errechneten für die Jahre 2005 bis 2010 mittlere Flächenbilanzsalden zwischen 53,9 und 74,3 kg N/(ha*a). Hinzu kommen noch die atmosphärischen Stickstoffdepositionen von etwa 19 kg N (nach Gauger 2008 aus Wendland et al.). Zusammen ergibt sich demnach ein N-Überschuss von 74 bis 94 kg /ha*a. Nach Abzug aller N-Austräge (v.a. durch Denitrifizierung) gelangen nach Wendland et al. Etwa 15 kg N/(ha*a) in die Oberflächengewässer was einer Gesamtmenge von 30.800 t/a N und 95% der gesamt N-Einträge entspricht.

Stickstoff der ungenutzt aus der Landwirtschaft abfließt hat auch ökonomische Folgen. 1 t Stickstoff kosten etwa 1000 Euro. Wenn man von einer ungenutzten N-Menge von 75 kg/a ausgeht, ergibt sich, bezogen auf das in MV bewirtschaftete Ackerland von ca. 1,07 Mio Hektar ein Gesamtüberschuss von 80.618 t N. Für die Volkswirtschaft ergibt sich damit ein Verlust von 80, 62 Mio Euro/a. Für einen landwirtschaftlichen Betrieb von 1.000 ha ergibt sich ein Verlust von 74.000 bis 94.000 Euro/a. Die Kosten der Schädigung des emittierten Stickstoffs sind schwer quantifizierbar, aber vermutlich noch weit höher.

3.3 Nutzung der Nährstofffrachten in Constructed Wetlands

In Constructed Wetlands können Nährstoffe durch den Anbau von Pflanzen genutzt werden. Das saubere Wasser kann anschließend in die natürlichen Oberflächengewässer abgegeben oder landwirtschaftlich bzw. gärtnerisch (z.B. in Gewächshäusern) genutzt werden.

Für die Umsetzung wurde die Idee einer „Kaskadennutzung von Nährstoffen und Wasser“ entwickelt, bei der es konkret um eine verbesserte Nutzung der punktuell oder diffus ausgetragenen Nährstoffe sowie, wenn möglich, des gereinigten Wassers geht. Die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten steigen wenn z.B.

- die Landwirte oder andere Flächennutzer ihre Kosten reduzieren können,
- eine Frucht angebaut werden kann, die wirtschaftlich attraktiv ist und zu den jeweiligen Unternehmensstrukturen passt,
- der Landwirt zusätzliche Einnahmen über die Inwertsetzung ökologischer oder gesellschaftlicher Leistungen generieren kann.
- für das Unternehmen ein weiterer Zusatznutzen entsteht.

Für eine nachhaltige Umsetzung dieser Idee ist es daher erforderlich einen gesamtheitlichen Blick zu haben. Es müssen unterschiedliche Fachgebiete und Themen gemeinsam gedacht und umgesetzt werden. Hierbei geht es darum das größte gemeinsame Ziel zu verfolgen. Hierzu gehören der Umwelt- und Naturschutz sowie der Schutz des Trinkwassers. Zum Erreichen dieser Ziele müssen die technischen Umsetzungsmöglichkeiten verbessert werden.

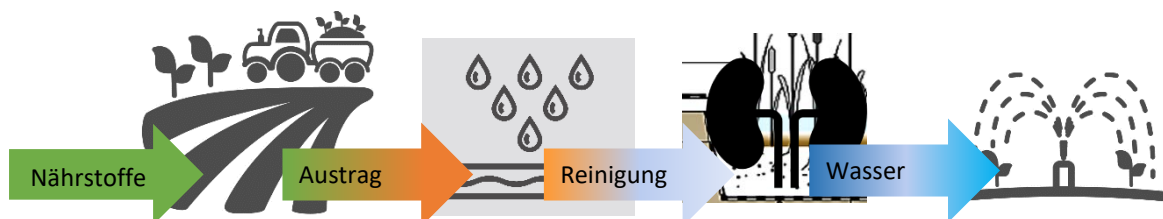


Abbildung 5: Reinigung und anschließende Nutzung des Wassers



4 Neue Produktionsstandorte Constructed Wetlands

Constructed Wetlands (CWs) sind (künstlich) angelegte Feuchtgebiete. Sie umfassen eine große Bandbreite von künstlich angelegten Becken bis zu Systemen, die einen natürlich gewachsenen Standort nutzen. Auch die methodische bzw. konzeptionelle Umsetzungen des Wasserregimes richtet sich nach den Anforderungen und Möglichkeiten des jeweiligen Standortes. Constructed Wetlands werden klassischerweise dafür genutzt urbanes Schmutzwasser und Abwässer zu klären.

Ihre Reinigungsleistung betrifft viele organischen und anorganischen Stoffe und Verbindungen. Im Vordergrund steht in diesem Projekt ihre Leistung dem Wasser Nährstoffe entziehen zu können. Damit können CW einen wesentlichen Beitrag zur Lösung eines der Kernumweltprobleme der Landwirtschaft leisten. Der diffuse und punktuelle Austrag von Nährstoffen über das Oberflächen-, Drainage- und Grundwasser ist nicht grundsätzlich vermeidbar.

Kurz zur Begrifflichkeit und Wirkweise sowie unsere methodische bzw. konzeptionelle Erweiterung:

- abgedichtet/nicht abgedichtet;
- vertikale Filter (Wurzelfilter \Rightarrow Perkolations- bzw. Durchströmung/ horizontale Filter Überströmung);
- aktiv (Energieinput durch pumpen) / passiv (strömen entlang natürlichen Gefälle)
- Biomassenutzung/Nicht-Nutzung

Natürliche und künstliche (constructed) Feuchtgebiete spielen, aufgrund ihrer vielfältigen ökologischen Leistungen, eine wichtige Rolle in der Landschaft. Hierzu gehören das Wasser Management (Rückhaltebecken für Hochwassersituationen und der Wasserrückhalt), die Biomasse Produktion, als Kohlenstoffsenken, zur Ab- und Schmutzwasserreinigung und als bedeutender Lebensraum. Wasser verbindet Lebensräume und Landschaften miteinander und kann sie damit sowohl positiv (Erhalt und Sicherung) als auch negativ (Veränderung und Zerstörung) beeinflussen.

4.1 Ansätze zur Nutzung der Nährstofffrachten in Constructed Wetlands

Für die Umsetzung wurde die Idee einer „Kaskadennutzung von Nährstoffen und Wasser“ entwickelt, bei der es konkret um eine verbesserte Nutzung der punktuell oder diffus ausgetragenen Nährstoffe sowie, wenn möglich, des gereinigten Wassers geht. Die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten steigen wenn z.B.

- die Landwirte oder andere Flächennutzer ihre Kosten reduzieren können,
- eine Frucht angebaut werden kann, die wirtschaftlich attraktiv ist und zu den jeweiligen Unternehmensstrukturen passt,
- der Landwirt zusätzliche Einnahmen über die Inwertsetzung ökologischer oder gesellschaftlicher Leistungen generieren kann.
- für das Unternehmen ein weiterer Zusatznutzen entsteht.

Für eine nachhaltige Umsetzung dieser Idee ist es daher erforderlich einen gesamtheitlichen Blick einzunehmen. Es müssen unterschiedliche Fachgebiete und Themen gemeinsam gedacht und umgesetzt werden. Hierzu gehören der Umweltschutz, Schutz und Förderung von Naturschutz und Artenvielfalt, die produktionstechnischen Umsetzungsmöglichkeiten, die ökonomischen Chancen für Unternehmen und Regionen sowie die einzelbetrieblichen Möglichkeiten.

Weil insbesondere die Nitratbelastung zu hoch ist hat das EuGH die Bundesrepublik Deutschland wegen Vertragsverletzung verurteilt (Rechtssache C-543/16). Die Verminderung der N und P Austräge aus der Landwirtschaft kann über unterschiedliche Ansätze erreicht werden. Der hier vorgestellte Ansatz zeigt die Chancen einer Reinigung des Wassers bei gleichzeitiger Nutzung von Nährstoffen durch die Anlage von bewirtschaftbaren Constructed Wetlands.

Für unterschiedliche Anwendungsgebiete und im Sinne einer übersichtlichen Gliederung wurden Innovationsprojekte in drei unterschiedliche Größenordnungen (A/B/C) unterteilt. Dadurch konnte interessierten Landwirten, Klein und Mittelständischen Unternehmern, Kommunalen und Behörden Vertretern das Konzept der nutzbaren CWs strukturiert nähergebracht werden. Folgende Einteilung hat sich als sinnvoll ergeben:

- A. Kleine Constructed Wetlands
 Klärung von punktuellen Emissionen z.B. von Betriebs-, Silage- oder auch Dunglagerflächen mit Hilfe von CW (Größenordnung: 1000 qm).
 Anlage eines bepflanzten Bodenfilters
- B. Mittlere CW
 Nährstoffrückhalt und Nutzung von Biomasse in CW (Größenordnung: 0,5-2 ha)
- C. Große CW
 Nährstoffrückhalt und Anbau von Biomasse in CW (Größenordnung: 2-10 ha), Umwandlung von landwirtschaftlichen Nutzflächen zu Retentionsflächen unter Beibehalt einer landwirtschaftlichen und damit gewinnorientierten Nutzung.

In den folgenden Kapiteln werden die drei unterschiedlichen Größenordnungen näher beschrieben.

5 Markfähigkeit von Innovationen

Um Innovationen hinsichtlich ihrer ökonomischen Chancen zu prüfen und um sie erfolgreich etablieren zu können, müssen fünf unterschiedliche Ebenen betrachtet/geprüft werden.

Welcher regionale Markt könnte CW aufnehmen?

Zur Klärung der Marktfähigkeit nutzen wir die MARTEC-Methode (© traintool consult), da sich diese gut eignet, um die ökonomischen Chancen einer Innovation zu prüfen. MARTEC ist ein Kunstwort aus den Begriffen MARKt und TECHNOlogie. Im Folgenden wird diese Methode kurz vorgestellt.

Die MARTEC-Methodik hilft dabei, alle notwendigen Felder für ein erfolgreiches Produkt, eine sinnvolle Dienstleistung oder eine gesuchte Problemlösung zu erfassen und komprimiert und zweckmäßig darzustellen. Hierbei gilt die Grundregel, dass eine neue Idee in jedem Feld (Vertrieb, Marketing, Produktion, Entwicklung, Forschung) entstehen kann. Sie muss aber in allen angegebenen Feldern möglichst vollständig „durchdekliniert“ werden, wenn sie als Basis einer möglichen Innovation diskussionsfähig werden will.

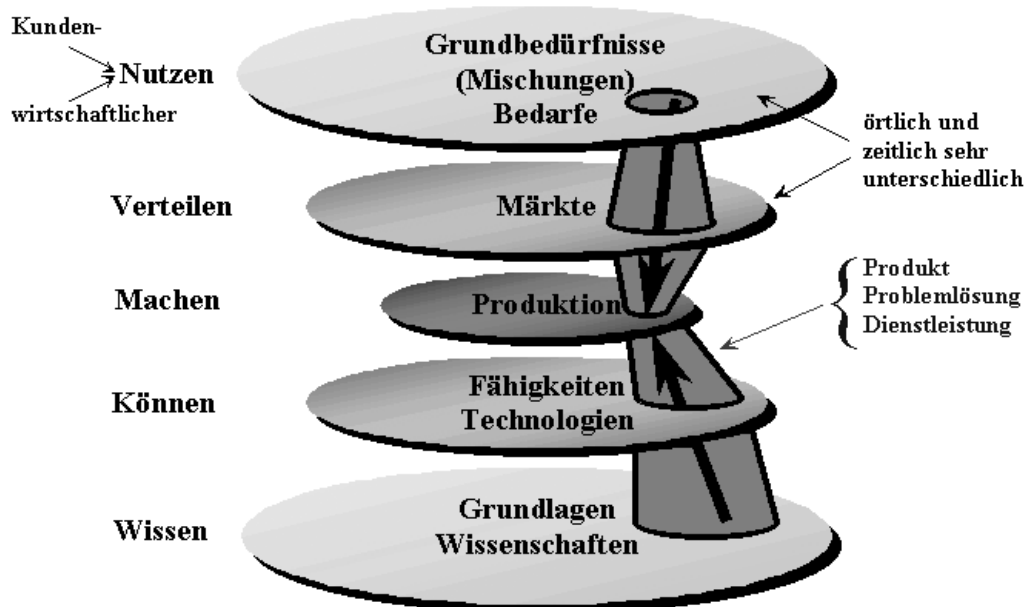


Abbildung 6: Das Grundmodell MARTEC (traintool consult, Der Werkzeugkasten interaktiv)

5.1 Kurzbeschreibung der Methode mit den fünf Ebenen

NUTZEN: Nach Meinung der Soziologie und Psychologie haben sich die Grundbedürfnisse der Menschen seit Jahrtausenden nicht geändert. Eine wichtige Erkenntnis ist hierbei, dass wir auf Umweltschäden, obwohl sie in Umfragen meist eine sehr hohe Priorität haben, erst dann sensitiv reagieren, wenn sie unsere Gesundheit

bedrohen. Bekanntermaßen gehen Darstellungen der Bedürfnisse davon aus, dass „höhere“ Bedürfnisse erst erfahrbar sind, wenn die „fundamentaleren“ befriedigt sind.

Je nach der aktuellen Situation eines Individuums oder einer Gruppe, setzen sich die Bedürfnisse in konkrete Bedarfe/Bedarfs- Kombinationen oder momentane „Wünsche“ um, welche natürlich auch von den am Markt angebotenen und von anderen („Zeitgeist, Mode“) propagierten Lösungen mitgeprägt werden.

Es erscheint z.B. jedem informierten Beobachter evident, dass für den Umweltschutz und das Wohlbefinden von Menschen u.a. die folgenden Wünsche in einer großen Bevölkerungsgruppe eine bedeutende Rolle spielen:

- Wunsch, die Natur nicht zu gefährden
- Wunsch, das eigene Lebensumfeld zu stärken
- Wunsch, Natur und Landschaft prophylaktisch zu schützen
- Wunsch, in der Natur Ruhe und Entspannung zu finden
- Wunsch nach klaren Flüssen und Seen
- ... und andere mehr

Für die Etablierung von Constructed Wetlands bedeutet dies, dass deren Grundprodukte wie sauberes Wasser, erhöhte Artenvielfalt oder auch Erhalt und Verbesserung der Situation gefährdeter Naturräume den Bedürfnissen der Mehrheit der Menschen entsprechen.

Der Nutzen der landwirtschaftlichen Erzeugnisse aus CW müssen auf einen Bedarf des Marktes treffen.

MÄRKTE: Hier geht es um die Beschreibung der Besonderheiten des Marktes (z.B. Marktentwicklung oder Segmentierung), auf dem die Produkte verteilt werden sollen.

Bei den hier vorgestellten Produkten geht es nicht in erster Linie um die Entwicklung neuer Abnahme- Märkte, sondern um die Beschreibung vorhandener Märkte, die die Rohstoffe oder Produkte aus den Constructed Wetlands aufnehmen können.

PRODUKTE: Produkte sind für die Kunden eine Hilfe bei der Lösung eines Problems oder wie oben beschrieben, der Stillung eines Bedürfnisses. Für Innovationen ist es meist der beste Weg, einen neuen Namen mit neuen Wert- und Qualitätsmaßstäben zu finden. So kann vermieden werden, dass neue Produkte mit schon bestehenden identifiziert werden (*Das gibt es doch schon!*)- oder das Produkt droht durchzufallen (*Das will doch keiner!*).

Zur Vorstellung des Produktes empfiehlt es sich, die Innovation über eine Simulation (z.B. Video) erlebbar zu machen.

KÖNNEN: Hier geht es um die Fähigkeiten und Technologien, die für eine erfolgreiche Produktion notwendig sind. Unter diesem Punkt wird aufgeführt, welche Schlüsselfähigkeiten für die wirtschaftlich erfolgreiche Umsetzung bzw. Herstellung eines Produktes notwendig sind. Dabei werden sowohl die technologischen Fähigkeiten als auch die u.U. wichtigen kommunikativen Fähigkeiten betrachtet.

WISSEN: Dies ist die Ebene der Grundlagen bzw. des Grundlagenwissens. Hier wird (möglichst spezifisch) angegeben, auf welche Grundlagenbereiche und welche Vernetzungen sich das vorhandene MARTEC stützt. Hier können ggf. vorhandene Wissenslücken aufgedeckt und neue Forschungsfragen benannt werden, die dann wiederum von vorhandenen oder neuen Netzwerkpartnern beantwortet werden. So kann das Netzwerk, wenn nötig, für die Innovation (im Sinne einer Erhöhung der Wahrscheinlichkeit eines wirtschaftlichen Erfolgs) gezielt erweitert werden.

5.2 Das MARTEC Constructed Wetland

in der folgenden Tabelle wird zunächst der Markt für CW überblicksartig dargestellt. Hierbei werden die Produkte, die auf diesen neuen Flächen geerntet und verkauft werden können zunächst nicht betrachtet, da für jedes dieser Produkte eine eigene Analyse erfolgen muss.

Ebene	Beschreibung
Nutzen	<p>Umwelt: Bedarf an einer Reduktion der Nährstofffrachten in die Oberflächengewässer und in die Ostsee; Bedarf des Schutzes empfindlicher Ökosysteme und Biotop vor Eutrophierung.</p> <p>Landwirtschaft: Bedarf an Einkommensquellen gerade auf marginalen Standorten; Bedarf einer wirtschaftlich interessanten Lösung der Vermeidung punktueller Nährstoffeinträge in Oberflächengewässer; Bedarf einer wirtschaftlich interessanten Lösung zur Nutzung diffus ausgetragener Nährstoffe - Nährstoffe sind (teure) Betriebsmittel.</p>
Markt (Verteilen)	<p>Umwelt und Biodiversität sind öffentliche Güter, für die es keinen klassischen Markt gibt. Der Schutz dieser Güter soll durch die Anerkennung und Monetarisierung ökologischer Leistungen erreicht werden. Für den Markt von Constructed Wetlands bedeutet dies, dass ihre (wünschenswerte) Verbreitung durch Zahlungen aus öffentlichen Kassen unterstützt wird.</p> <p>Dieser politisch und ökonomisch zu gestaltende Markt wird durch den Bedarf zahlreicher Betriebe an Lösungen für das akute Problem der Nährstoffausträge gefördert. Landwirtschaftliche und andere Betriebe mit problematischen Abwässern sind potentielle "Abnehmer" von CW, da sie durch das Betreiben solcher Anlage Probleme, die sich aus der Neufassung der DüV (Düngeverordnung) für ihren Betrieb ergeben.</p> <p>Im Einzelnen zählen hierzu für die Größe A z.B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● viehhaltende Betriebe mit Gülle-, Mist- oder Silagelagern ● Biogasanlagenbetreiber ● Kompostwerke ● Industrieunternehmen, die landwirtschaftliche Produkte (z.B. Zuckerrüben oder Kartoffeln) aufnehmen und weiterverarbeiten und dabei nährstoffbelastetes Abwasser "produzieren" ● ... <p>Für die Größe B beispielsweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Betriebe mit intensiv genutzten Flächen, die an Senken und/oder empfindliche Biotopengrenzen ● Betriebe, die ein Interesse an der Bewirtschaftung solcher (kleinerer) Flächen mit Nischenprodukten haben ● Industrieunternehmen, die landwirtschaftliche Produkte (z.B. Zuckerrüben oder Kartoffeln) aufnehmen und weiterverarbeiten und dabei nährstoffbelastetes Abwasser "produzieren" ● Kompostwerke ● ... <p>Und für die Größe C beispielsweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Betriebe mit intensiv genutzten Flächen, die an Senken oder Fließgewässern grenzen ● Betriebe, die ein Interesse an der Bewirtschaftung großer Flächen mit hohen Wasserständen haben und sich in diesem Bereich einen eigenen Betriebszweig aufbauen wollen ● Unternehmer, die ein Interesse an den in CWs produzierten Rohstoffen haben und diese für die Weiterverarbeitung aufkaufen ● ... <p>Die ökonomischen Risiken, die Märkte für Innovationen beinhalten, können z.B. durch vertraglich abgesicherte Kooperationen verringert werden.</p>
Produkte (Machen)	<p>In Constructed Wetlands können sehr unterschiedliche Pflanzen angebaut werden. Ihr Nutzen reicht von der Verwendung als Tierfutter bis hin zum Einsatz als menschliches Nahrungsmittel (Stichwort "Superfood") oder auch als Medizinalpflanze.</p>

Ebene	Beschreibung
	<p>Im Projekt MeerGewinn betrachten wir folgende Pflanzen näher: Erzengelwurz, Wasserdost, Hirschminze, Schwertlilie, Beinwell und Aronia- Beere. Ihre Fähigkeit, dem Wasser Nährstoffe zu entziehen, wird dabei mit dem Rohrkolben verglichen, aus dem wiederum Produkte für Nahrungsmittel-, Tierfutter- und Baustoffe gewonnen werden können.</p> <p>Liste der Produkte, die in und durch CW produziert werden können:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Medizinalpflanzen ● Nahrungspflanzen für Nischenmärkte (Stichwort "Superfood") ● Dekorpflanzen ● Schnittblumen ● Tierfutterpflanzen ● Nachwachsende Rohstoffe zur energetischen Verwertung ● Nachwachsende Rohstoffe zur stofflichen Verwertung ● Spezielle Pflanzenteile oder Pflanzensäfte ● ...
Können	<p>Schlüsselfähigkeiten für die wirtschaftlich erfolgreiche Umsetzung eines Constructed Wetlands für den Anbau von Nachwachsenden Rohstoffen oder Spezialfrüchten sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Know-how in der Bewirtschaftung nasser Flächen ● die technische Ausstattung für die Bewirtschaftung großer nasser Flächen (B und C) muss im Betrieb oder z.B. in einem Maschinenring zur Verfügung stehen ● Know-how in der Vermarktung ● Know-how in der Erschließung neuer Märkte ● Kommunikationsfreude und -fertigkeit, die bei der Bildung von Netzwerken Strukturen unterstützt ● Verhandlungsgeschick ● Wissen und Fähigkeiten in der Aufbereitung der geernteten Rohstoffe ● Wissen technische Fähigkeiten zum "Inverkehrbringen" der Rohstoffe und Produkte, also konkret z.B. in der Verpackung und der Logistik ● Vermarktung von ökologischen Leistungen und Ökosystem- Dienstleistungen
Wissen	<p>Die Bewirtschaftung von CW ist eine junge Idee, die entstanden ist aufgrund der Notwendigkeit, Maßnahmen für einen Nährstoffrückhalt zu ergreifen; aufgrund der Möglichkeit, speziell angelegte und bewirtschaftete Flächen zu nutzen und aus der Paludikultur. Folgendes Wissen erscheint nach aktuellem Stand für einen erfolgreichen Betrieb und eine erfolgreiche Bewirtschaftung von Constructed Wetlands unbedingt erforderlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● optimale technische Bewirtschaftung eines CW zur Optimierung des Nährstoffrückhaltes des Substrates ● Wirkungseffizienz über die Zeit - Monitoring ● Wirkungsprinzipien und Wirkungsweise am konkreten Standort und für unterschiedliche Nährstoffe ● Klärung der Risiken ● Pflege der Anlage ● Optimierung und Verbesserung der Anlage im Laufe der Jahre so weit wie möglich ● Befahrbarkeit der Flächen ● Marktsituation ● Berechnung der laufenden Kosten ● ...

5.3 Innovationen für eine nachhaltige Nutzung

Innovationen in der Landnutzung sollten heute mehr denn je den Anspruch haben nachhaltige Wirtschaftsweisen und Systeme zu stärken. Sie sollten, wenn möglich, Lösungen anbieten, die neben betriebswirtschaftlichen Vorteilen vor allem auch ökologische Chancen aufzeigen.



Abbildung 7: Beispiel eines kleinen CW mit Zierpflanzen

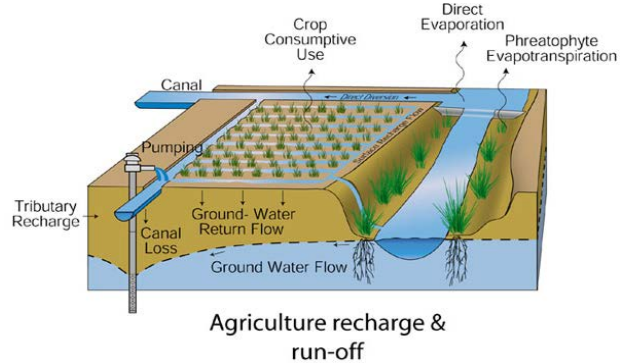


Abbildung 8: Ein CW zur Reinigung der Abflüsse aus der Landwirtschaft

Je nach Größe des CW ergeben sich unterschiedliche Möglichkeiten zur wirtschaftlichen Nutzung der Fläche. Sie reichen von der gärtnerischen Nutzung für Zierpflanzen, Heilkräuter oder auch speziellen Gemüse- oder Obstsorten bis hin zu einer landwirtschaftlichen Nutzung als Energie- oder Futterpflanzen oder als nachwachsende Rohstoffe für die Bauindustrie.

Im Folgenden werden die drei Größenkategorien und die Nutzungsoptionen näher beschrieben.

5.4 Innovationsprojekt A

Klärung von betrieblichen Hofabflüssen (Größenordnung: Ca.1.000 qm)

Hintergrund: Mit der Novellierung der Düngemittel Verordnung (DüMV) 2017 verschärft sich der Umgang mit Sickersäften, Jauche und, abhängig z.B. vom BSB 5, Hofabflüssen. Für die landwirtschaftlichen Unternehmen hat dies oft auch ökonomische Konsequenzen. Die Novellierung macht z.B. erhöhte Lagerkapazitäten auch für Hofabwässer erforderlich, was wiederum zu erhöhten Kosten bei Lagerung und Ausbringung führt.

In der Landwirtschaft gibt es daher einen konkreten Bedarf, der

- zu einem rechtssicheren Umgang mit Hofabwässern führt,
- dem konkreten Landwirt / Betrieb Möglichkeiten für eine wirtschaftliche Nutzung
 - der Nährstoffe und
 - des Wassers eröffnet,
- bei Bedarf den Grundstein für einen neuen, lukrativen Betriebszweig legt.

Für die Reinigung der Abflüsse von Hofflächen eignen sich Pflanzenkläranlagen. Durch die Lagerung der Hofabwässer ergibt sich für diese Anlagen die Chance, das Wasser und die darin gebundenen Nährstoffe eines Jahres während der Vegetationsperiode zu reinigen und/oder zu nutzen.

Technische Umsetzung: Die Constructed Wetlands werden als Pflanzenkläranlagen gestaltet. So ist von vornherein sichergestellt, dass die Anlagen für den Entzug von Nährstoffen optimiert werden. Hierfür werden sie horizontal und vertikal abgedichtet. Das zu reinigende Wasser wird in einem Sammelbehälter gespeichert und dann während der Vegetationsperiode gezielt über ein Schlauchsystem über die Fläche verteilt. Der Bodenfilter wird dann vertikal durchströmt. Der Wasserfluss, also die Überrieselung und die vertikale Durchströmung erfolgt technisch mit Schläuchen und Pumpen und entlang der vorgegebenen Gradienten.

Nutzen: Die Nährstofffracht wird auf natürliche Weise durch Sedimentation (P-Immobilisierung) und Denitrifizierung (Abbau von NO₃ - Stickstoff) sowie durch die Bindung der Nährstoffe in Pflanzen (Einbindung der Nährstoffe in Stoffströme zur Produktion) reduziert. Ein zusätzlicher Nutzen, entsteht für den Bewirtschafter, wenn es gelingt betriebswirtschaftlich attraktive Spezialpflanzen oder Nischenprodukte

anzubauen. In der Praxiserprobung in Duckwitz wurden hierfür der Anbau von Wasserdost und Erzengelezwurz getestet.

Neben dem Nutzen durch den Anbau von Pflanzen, entsteht ein weiterer betriebswirtschaftliche relevanter Vorteil durch die Verringerung der Kosten für die Ausbringung der lagerpflichtigen Hofabwässer. Sie müssen sonst, genauso wie Gülle, mit Güllewagen auf den landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht werden.

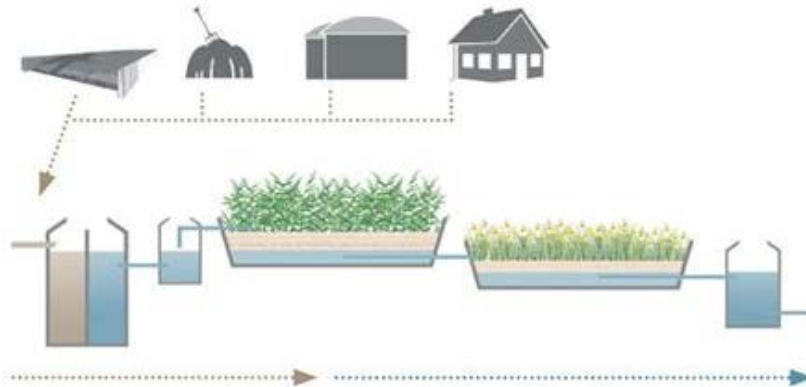


Abbildung 9: Reinigung und Nutzung von Hofabwässern mit zwei Klärbecken

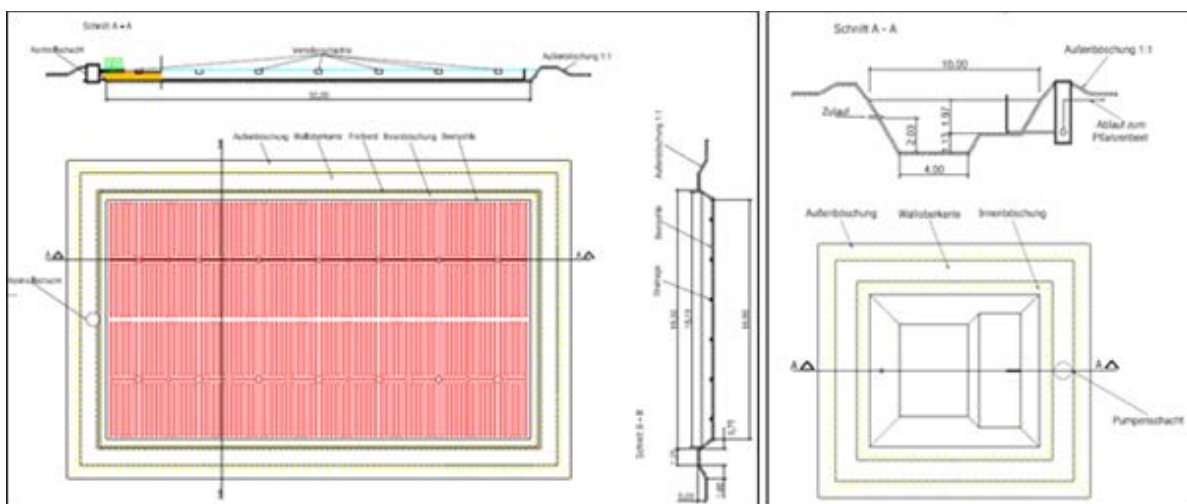


Abbildung 10: Technische Darstellung eines Klärbeckens



Abbildung 11: In CW können Zierpflanzen für den regionalen Markt angebaut werden. Oder die Fläche dient als Verschönerung und Blickfang für Höfe.

5.5 Innovationsprojekt B

Nutzung der Nährstoffe aus kleinen Vorflutern (Größenordnung: 0,5-2 ha)

Hintergrund: CWs, der Größenordnung B haben eine Flächengröße von einem halben bis zu zwei Hektar und unterscheiden sich von den CWs der Größenordnung A durch ihre Lage und in ihrer technischen Umsetzung.

- der Wasserfluss - also die Überrieselung und/oder der Durchfluss erfolgt entlang natürlich vorgegebener Gradienten, das Wasser wird also nicht über Schlauchsysteme auf der Fläche verteilt
- es werden natürliche Standorte genutzt
- es können naturnahe Verhältnisse (wieder) hergestellt werden
- z.B. Wetland Buffer Zones (WBZ)
- sehr individuelle Anforderungen und Kosten je nach Standort

Die Untersuchungen zu diesem Innovationsprojekt fanden in einem zu diesem Zweck eingerichteten Becken im Polder Rochow statt.

Technische Umsetzung: Für die technische Umsetzung solcher Constructed Wetlands gibt es vor allem in Skandinavien zahlreiche Beispiele. Für eine optimale Funktion brauchen sie einen tieferen offenen Wasserbereich für die Sedimentation („Fangbecken“) sowie über einen flach überströmten mit Pflanzen bewachsenen Bereich. Je nach vorhandener Topographie ist die Verweilzeit und die Durchströmungstrecke durch bauliche Maßnahmen (Riegel) zu vergrößern. Im Hochwasserfall muss ein zügiges Abfließen des Wassers durch Überströmen der Riegel gegeben sein, um etwaige Schäden auf angrenzenden Flächen zu vermeiden. Weiterhin ist die Durchgängigkeit zu erhalten. Dies kann durch Konzentration des Abflusses in Trockenzeiten in einem vertieften Bereich gewährleistet werden.



Abbildung 12: Anbau wasserliebender Pflanzenarten in Constructed Wetlands



Abbildung 13: Umsetzung eines CW mit einem Fangbecken zur Sedimentation (offene Wasserfläche vorne im Bild) und einem Denitrifikationsbecken das, in diesem Fall, von dem Wasser aus dem Fangbecken durchströmt wird.

Standort: Dänemark bei Aarhus

Nutzen: Für die CWs der mittleren Größenordnung gibt es weniger vergleichbare Beispiele in der Literatur, zumindest in der Praxisanwendung und den gezielten Anbau von nachwachsenden Rohstoffen (NRW). Eine Nutzung erfolgt also hauptsächlich nur zum Nährstoffrückhalt und für einen wirtschaftlichen Anbau von Pflanzen und den Aufbau von Infrastruktur ist die Fläche vergleichsweise klein.

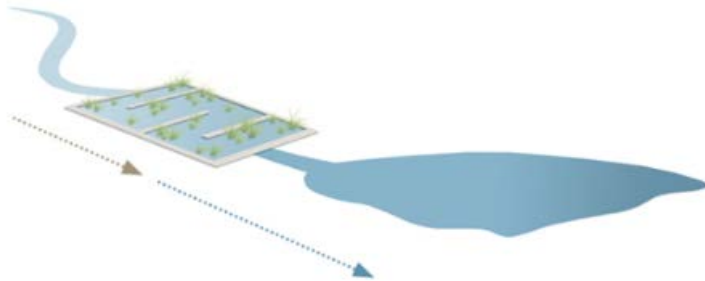


Abbildung 14: Beispiel für die Einrichtung eines Constructed Wetland in der Landschaft. Hier mit dem Ziel dem Zulaufwasser zu einem See Nährstoffe zu entziehen.

5.6 Innovationsprojekt C

Nutzung der Nährstofffrachten größerer Vorfluter oder nährstoffreicher Gewässer auf landwirtschaftlichen Nutzflächen (Größenordnung: 2-10ha)

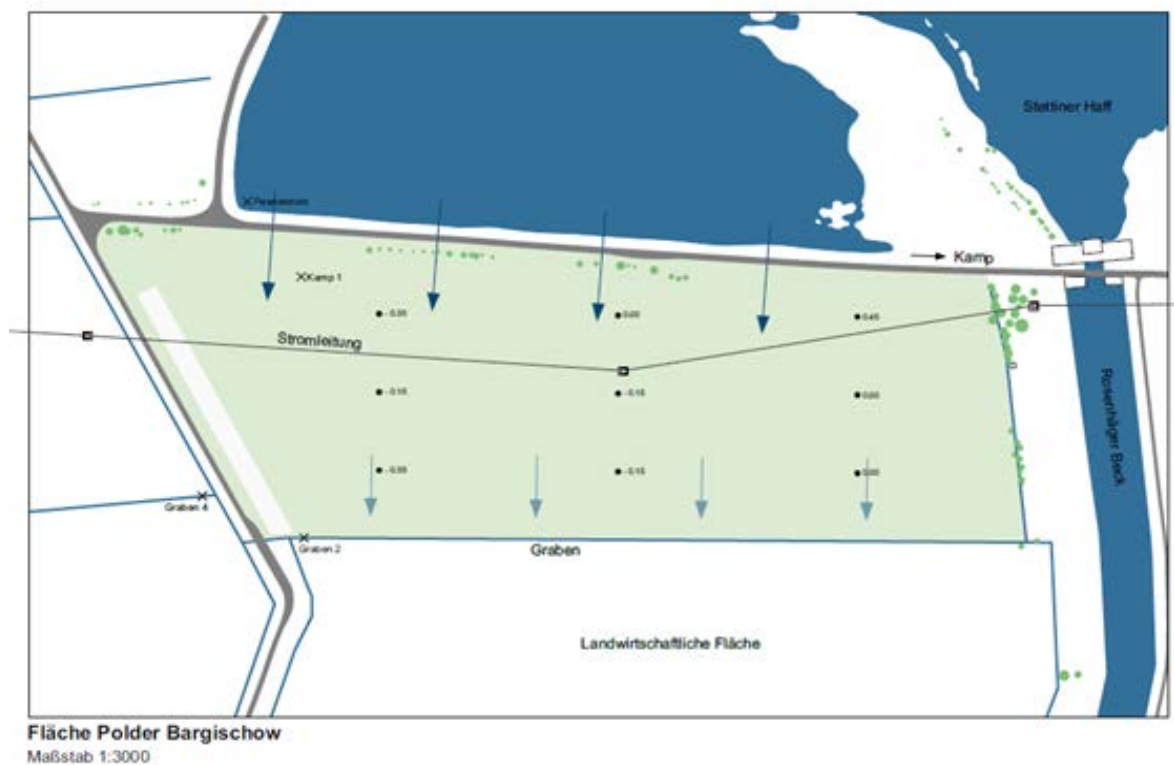


Abbildung 15: beispielhafte Planung eines ca. 9ha großen CW in Kamp (Polder Bargischow) am Peenestrom

Große CWs werden vornehmlich auf Landwirtschaftlichen Niedermoornutzflächen eingerichtet. Organogene Niedermoorböden verlieren aufgrund ihrer Chemisch-physikalischen Besonderheiten durch die intensive Entwässerung und Bewirtschaftung zunehmend an Ertragskraft. Sie zählen heute zu den landwirtschaftlichen Grenzertragsstandorten. Wichtige Nutzungsformen dieser Flächen sind die extensive Mutterkuhhaltung und z.B. die Produktion von Heu für Pferde und Schafe. Nach einer Analyse der Thüringischen Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) aus dem Jahr 2013 ist die Mutterkuhhaltung ohne die Flächenprämie nicht kostendeckend durchzuführen. Mit den zu erwartenden abnehmenden Erträgen (insbesondere die Energiekonzentration im Futter) wird sich die Situation in Zukunft vermutlich noch

verschärfen. Aus Sicht der Landwirtschaft sind daher alternative Bewirtschaftungsverfahren dringend erforderlich. Abbildung 16 veranschaulicht die grundsätzlichen Nutzungspfade für Produkte aus Constructed Wetlands. Es sind landwirtschaftliche, gärtnerische, technische oder energetische Nutzungen – sowie Kombinationen aus diesen denkbar. So kann das Konzept der Paludikultur auf die individuellen Bedürfnisse des jeweiligen Marktes und der Bewirtschafter angepasst werden.







Abbildung 16: Innovationspfade für Produkte aus Constructed Wetlands

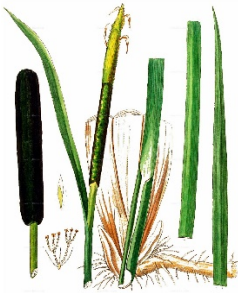
Die Nutzung trocken gelegter Moorstandorte ist mit der Emission erheblicher Treibhausgasemissionen verbunden. Diese machen in Mecklenburg-Vorpommern ca. 30% der Gesamt-Treibhausgasemissionen aus. Intakte Moore regulieren den Landschaftswasserhaushalt, sie tragen als Wasserfilter zur Reinhaltung der Gewässer bei, sind eine Stoffsenke für CO₂ und von Stickstoff- und Phosphorverbindungen sowie von Spurenelementen. Aufgrund Ihrer bedeutenden Funktionen werden sie auch als die "Nieren der Landschaft" bezeichnet. Auch aus der Perspektive von Umwelt- und Naturschutz ist daher eine Bewirtschaftung unter nassen Bedingungen dringend erforderlich. Hierfür bietet das Landnutzungsverfahren der Paludikultur einen innovativen und zukunftsfähigen Ansatz (vgl. hierzu LM M-V 2017).

Die Einrichtung eines großflächigen CWs verknüpft die beiden Probleme und führt sie zu einer gemeinsamen Lösung. Der großflächige Anbau von Sumpfpflanzen (z.B. Schilf oder Rohrkolben) eignet sich für die energetische (z.B. in einem Biomassekraftwerk) oder stoffliche (z.B. als Baustoffe) Verwertung. Für die landwirtschaftlichen Betriebe ergeben sich hieraus neue ökonomische Chancen. Für den Natur- und Umweltschutz die Chance der Regenerierung wichtiger Ökosystemfunktionen der Niedermoore.

6 Geeignete Nutzpflanzen für den Anbau in Constructed Wetlands

Bei der Suche nach Arten, die sich für den Anbau in kleinen CWs eignen wurde die Recherche auf regionaltypische Arten von Feuchtstandorten konzentriert, die unempfindlich sind gegen Staunässe. Hierbei wurden Arten ausgewählt, die auch im kleinflächigen Anbau schon über ein interessantes ökonomisches Potenzial verfügen. Dies sind in erster Linie Kräuter, für die schon heute ein Markt existiert. Hierzu zählen der Anbau von Kräutern für Tees und der Anbau von Medizinalpflanzen. In den Versuchsbecken in Duckwitz wurden das Wachstumsverhalten der Pflanzen und der Einfluss auf die Nährstoffgehalte im Abflusswasser untersucht.

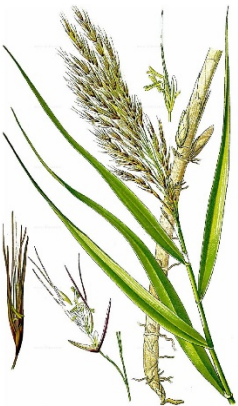
Bild	Beschreibung
	<p>Erzengelwurz (<i>Angelica Archangelica</i>)</p> <p>Aus Engelwurz werden sowohl schul- als auch alternativmedizinische Wirkstoffe gewonnen. Die Pflanze wird bereits von Landwirten angebaut und kultiviert. Die strengen Auflagen für die Nutzung von Arzneimittelpflanzen sind zu beachten, jedoch in einem Constructed Wetland leicht zu kontrollieren.</p> <p>Bei stetiger Beprobung der Bewässerung kann das Einhalten der Richtlinien zu jeder Zeit sichergestellt werden. Die Art des zugeführten Wassers ist ebenfalls anzupassen. Durch den bereits gängigen Anbau der Pflanze ist eine Wirtschaftlichkeit zu erwarten.</p> <p>Wasserdost (<i>Eupatorium cannabinum</i>)</p> <p>Wie bei dem Engelwurz handelt es sich bei dem Wasserdost um eine medizinisch nutzbare Pflanze. Darüber hinaus dient sie zusätzlich als Zierpflanze. Viele Gärtnereien verkaufen die Art und andere Unterarten. Die Richtlinien zum Verkauf von Medizinalpflanzen sind in diesem Fall zu beachten.</p> <p>Vorteilhaft ist die Möglichkeit, die Pflanze auch als Zierpflanze ohne rechtliche Vorgaben zu Substrat und Inhaltsstoffen anzubauen.</p>
	<p>Hirschminze (<i>Mentha cervina</i>)</p> <p>Minze-Arten eignen sich der Theorie nach sehr gut für einen Anbau in Constructed Wetlands. Einige der Arten tolerieren Staunässe, vertragen aber auch Trockenperioden. Sie besitzen ein sehr gutes Nährstoffaufnahme-Potential, bei herkömmlichem Anbau muss zusätzlich gedüngt werden. Der Auswuchs kann zu Tees oder anderen Genussmitteln verarbeitet werden. Hierzu sind jedoch Kontrollen der Inhaltsstoffe notwendig. Es dürfen keine Schadstoffe aus dem Wasser aufgenommen werden.</p>
	<p>Apfelbeere (<i>Aronia melanocarpa</i>)</p> <p>Die Apfelbeere (<i>Aronia</i>) eignet sich auf Grund ihrer Robustheit gegenüber Krankheiten und anderen äußeren Einflüssen hervorragend zum Anbau in Constructed Wetlands. Die Strauchpflanze toleriert durchaus hohe Wasserstände.</p> <p>Die Früchte der Apfelbeere könnten als Saft, Pulver oder getrocknet zurzeit sehr erfolgreich vermarktet werden. Zu klären ist lediglich, ob etwaige Schadstoffe in den Früchten oder wie bei vielen anderen Rosengewächsen in der Rinde akkumuliert werden.</p>
	<p>Beinwell (<i>Symphytum officinale</i>)</p> <p>Der Beinwell eignet sich besonders gut, da er eine Dauerkultur ist. Einmal etabliert, kann er jedes Jahr ohne nachgesät werden zu müssen, oberirdisch geerntet werden.</p> <p>Bei herkömmlichem Anbau wird der Beinwell üblicherweise gedüngt, um einen hohen Ertrag zu gewährleisten. In Constructed Wetlands dürften, nach aktuellem Wissensstand, die verfügbaren Nährstoffe ausreichend vorhanden sein.</p>



Rohrkolben (*Typha latifolia*)

Typha eignet sich zur Abwasseraufbereitung in Kläranlagen, zur Entgiftung und Renaturierung von Böden oder als Heilmittel in der Medizin. Darüber hinaus eignet sich die Wasserpflanze sehr gut als Baumaterial. Sie ist belastbar, schimmelresistent, hochdämmend, energiearm in der Herstellung, rein biologisch und nachhaltig. (<http://www.i-flora.com>)

© Abbildung nach Kops (1800): gesäubert und optimiert durch O. Tackenberg



Gewöhnliches Schilf (*Phragmites australis*)

Schilf ist vor allem als natürlicher Baustoff für Dachbedeckung und wird heute gern als Spezialbaustoff im Naturbaustoffhandel angeboten. Außerdem eignet sich Schilf aufgrund des hohen Lignianteils und der im Vergleich zu anderen Halmgutartigen Pflanzen geringen Salzgehalte gut für eine thermische Nutzung.

© Abbildung nach Thomé (1885): gesäubert und optimiert durch O. Tackenberg (<http://www.i-flora.com>)



Sumpfschwertlilie (*Iris pseudacorus*)

Die Sumpfschwertlilie gehört zusammen mit ihren verwandten Lilien aufgrund ihrer schönen und strahlenden Blüten zu den beliebten Zierpflanzen.

© Abbildung nach Eaton (1916): gesäubert und optimiert durch O. Tackenberg

7 Produkte aus Constructed Wetlands

Für nachwachsende Rohstoffe aus Constructed Wetlands gibt es, in Abhängigkeit zur Pflanzenart, eine Vielzahl an Verwertungsoptionen. Als großen Vorteil bieten die hergestellten Produkte die Möglichkeit umweltschädigende und/oder fossile Produkte teilweise oder vollständig zu substituieren. Als Grundlage für eine Umsetzung müssen zunächst die betriebs- und volkswirtschaftlichen Erfolgsaussichten gegeben sein, welche für einzelne Produkte noch untersucht werden müssen. Für einige Produkte gibt es hier schon Erfahrungen und Berechnungen (z.B. für die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten einzelner Baustoffe).

Die folgende Auswahl ist ein Ergebnis der Recherchetätigkeiten und soll eine erste Übersicht zu ausgesuchten Verwertungsoptionen geben, hauptsächlich für CWs der Größenordnung C. Bei den meisten Verwertungswegen ist eine Verwendung von Pflanzen, die an nasse Standorte angepasst sind noch wenig erprobt, allerdings werden die Verfahren mit Pflanzen ähnlicher Eigenschaften durchgeführt. Eine Übertragbarkeit ist also durchaus gewährleistet. Daneben erfordert eine Etablierung in der Region neben Biomasseproduzenten auch die Ansiedlung weiterer Akteure entlang der Wertschöpfungskette, besonders hinsichtlich der Biomasseveredelung und Produktherstellung.

Baustoffe

Für die Herstellung von Baustoffen zeigen besonders Rohrkolben und Schilf gute Eigenschaften und können verwendet werden für Konstruktions- und Dämmplatten, Putzmatten, Einblasdämmung und Dachdeckung. Die Baustoffe erfüllen verschiedene Anforderungen für das ökologische Bauen und lassen sich aufgrund geringfügiger Zusatzstoffe einfach entsorgen oder nach ihrer Verwendung energetisch verwerten. In Bezug auf beispielsweise die Dämmleistung sind die Biobaustoffe durchaus mit herkömmlichen Produkten vergleichbar und ein eventuell höherer Preis kann mit den zusätzlichen ökologischen Leistungen gerechtfertigt werden (Pfadenhauer & Wild 2001). Eine Schwachstelle ist bisher die Zertifizierung der meisten dieser Baustoffe. Hierfür ist ein standardisiertes Herstellungsverfahren notwendig, das nur bei einer ausreichenden Biomasseverfügbarkeit mit gleichbleibender Qualität realisierbar ist. Mit den derzeit aktiven regionalen und überregionalen Akteuren (u.a. Spin-off des Fraunhofer IBP, Wetland Products) ist hinsichtlich der Baustoffe die vielversprechendste Perspektive für eine Etablierung des Produktes gegeben.

Bioraffinerie

Die ökologischen und ökonomischen Vorteile der Bioraffinerie ergeben sich durch eine Koppelnutzung, also die Verarbeitung des Hauptproduktes sowie der anfallenden Nebenprodukte und einer Kaskaden- bzw. Mehrfachnutzung. Innerhalb einer Kaskadennutzung wird der Rohstoff über mehrere Stufen hinweg und einfach bis mehrfach genutzt, dabei nimmt mit fortschreitendem Prozessschritt die Wertschöpfung ab und der Rohstoff wird abschließend einer energetischen Nutzung oder der Kompostierung zugeführt. Dem ethischen Konflikt zwischen energetischer und stofflicher Nutzung von Biomasse an Stelle der Nutzung als Nahrung für Tiere und Menschen, soll diese möglichst effiziente und vollständige Verwertung der Biomasse zusätzlich entgegenwirken (Weingärtner & Graage, 2013).

Für eine Aufbereitung und Weiterverwendung der Biomasse aus CWs eignen sich grundsätzlich die Lignozellulose-Bioraffinerie und die Grüne Bioraffinerie. Bei der Lignozellulose-Bioraffinerie (LCF-Bioraffinerie) wird „naturtrockene“ Biomasse (u.a. Getreide- und Reisstroh, Schilf) in die Bestandteile Zellulose, Hemizellulose und Lignin aufgetrennt und diese dann zu fermentierbaren Kohlenhydraten weiterverarbeitet und/oder isoliert genutzt. Endprodukte können z.B. **Zellulose-Ethanol** und weitere biotechnologische Produkte, Papier- und Chemiezellstoff, Furfural oder energetisch verwertbare Stoffe sein. Bei der Grünen Raffinerie werden grüne „feuchte“ Rohstoffe verarbeitet (grüne Gräser, Luzerne, Klee, unreifes Getreide). Die Biomasse wird in flüssige (Presssaft, Grassaft) und feste Bestandteile (Zellulosefasern, Presskuchen) aufgetrennt, welche dann als getrennte Rohprodukte zur Verfügung stehen. Der Grassaft kann z.B. in einer Biogasanlage energetisch verwertet und der Presskuchen als Brennstoff verwendet werden. Zusätzlich ist eine stoffliche Nutzung der Fasern als Füllstoff oder **Kunststoff** möglich (FNR 2012).

Biokraftstoff

Die Kapazität für die Bio-Ethanol-Produktion hat in Deutschland stark zugenommen und beschränkt sich hauptsächlich auf Getreidekörner von Weizen und Roggen als Ausgangsstoffe. Theoretisch kann Bio-Ethanol aber aus allen Pflanzen oder Pflanzenteilen hergestellt werden, die Kohlenhydrate wie Zucker, Stärke oder Zellulose enthalten (Boese, 2006). Bioethanol aus Lignozellulose besitzt insgesamt eine bessere CO₂-Bilanz als herkömmliches Bioethanol und konkurriert nicht mit der Futter- und Lebensmittelerzeugung. Die Ernte von Dominanzbeständen von z.B. Schilf und Rohrkolben bietet also theoretisch eine Nutzungsperspektive für die Bioethanol-Produktion. Derzeit befindet sich das Verfahren zur Herstellung noch in der Entwicklungsphase und einige Verfahrensschritte sind bisher noch mit einem hohen Aufwand verbunden. In einem kostengünstigen Produktionsverfahren mit konkurrenzfähigen Erzeugungskosten hat Bioethanol einen nahezu unbegrenzt aufnahmefähigen Markt und somit eine hohe Marktrelevanz (Wiedow & Müller 2016). Insgesamt gibt es in Deutschland sechs größere Bioethanolwerke, die in erster Linie regionale Rohstoffe verarbeiten und über eine jährliche Gesamtkapazität von ca. 709.000 Tonnen verfügen. Die deutsche Bioethanolwirtschaft schafft zusätzliche Absatzmöglichkeiten für Landwirte und wichtige Arbeitsplätze im strukturschwachen ländlichen Raum (BDB 2015).

Biokunststoff/Bioplastik

Jährlich werden weltweit etwa 311 Mio. Tonnen erdölbasierter Kunststoff hergestellt (FNR 2012), welcher durch die geringe Abbaubarkeit starke Umweltschäden verursacht. Die Herstellung von biobasierten und pflanzenfaserverstärkten Kunststoffen, die größtenteils biologisch abbaubar sind, stellt eine vielversprechende Lösung dar und die Anwendungsbereiche sind vielfältig (Automobilbau, Verpackungen, Hygieneartikel,

medizinische Artikel, Baustoffe, usw.) (Bioökonomie.de). Es gibt bereits einige überregionale Unternehmen die biokunststoffbasierte Produkte herstellen, hauptsächlich aus Lignozellulosefasern von Biomasse die zu einem frühen Zeitpunkt geerntet wurde (vor der Blüte). Interessante Arten sind hier Rohrkolben, Rohrglanzgras und Schilf. Für diese Verwertungsoption besteht noch weiterer Forschungsbedarf, insbesondere in Bezug auf die Eignung der Sumpfpflanzenarten.

Auch wenn der Anteil von Biokunststoffen im Vergleich zu konventionellen Kunststoffen gering ist, nahm Deutschland 2011 eine führende Rolle im internationalen Vergleich ein. Insgesamt ist die Tendenz steigend und die Marktaussichten für die nächsten 10-20 Jahre sind vielversprechend (Biopos 2015, FNR 2012). Um die Bereitschaft zur Verarbeitung von Lignozellulosefasern und den Bedarf an Biokunststoffen in der Region zu erfassen, könnte es beispielsweise sinnvoll sein mit regionalen Kunststoffverarbeitern in Kontakt zu treten.

Biogas

In der häufig praktizierten Nassvergärung ist die Biomasse von beispielsweise Rohrkolben, Rohrglanzgras und Schilf aus CWs als alleiniges Substrat nicht geeignet. Mit frühen Erntezeitpunkten kann die Biomasse aber zumindest als Co-Substrat verwendet und eine Biogasausbeute erreicht werden, die eine Verwertung lohnenswert macht (Wiedow & Burgstaler 2016). Eine Verwertung der Biomasse über die Trockenvergärung eignet sich hingegen besser und erreicht vergleichsweise hohe Methangehalte im Gasgemisch (Wiedow et al. 2016). Aufgrund geringerer Energieausbeute eignet sich diese Verwertungsoption eher für Reststoffe, z.B. Biomasse die den Qualitätsanforderungen einer Verwertungsoption mit höherer Wertschöpfung nicht entspricht.

Feste Biobrennstoffe

Die energetische Verwertung von Biomasse aus CWs, in Form von gepressten Pellets oder als loser Brennstoff, stellt eine einfache Möglichkeit da den Rohstoff zu verwenden. Für die Verbrennung wird trockene, im Winter geerntete Biomasse benötigt. Zu diesem Zeitpunkt haben sich die Nährstoffe bereits aus den oberirdischen Pflanzenteilen in die Überdauerungsorgane verlagert und die Entnahme der Biomasse hat eine geringere Auswirkung auf die Nährstoffretentionsleistung der CWs. Normalerweise soll über die Ernte ein Großteil der Nährstoffe aus dem System entnommen werden. In Kombination mit der geringen Wertschöpfung ist diese Verwertungsoption also eher von untergeordneter Bedeutung.

Arznei- und Lebensmittel

In den vergangenen Sachberichten (insbesondere dem sechsten) wurde bereits über einzelne, für den Anbau in kleineren CW (Größenordnung A) geeignete, Medizinalpflanzen berichtet. Genannt wurden hier die Arten Erzwengelwurz, Wasserdost, Hirsch-Minze und Beinwell. Darüber hinaus auch die Apfelbeere als Pflanze für die Lebensmittelherstellung. Hinsichtlich der Marktrelevant lässt sich für die Apfelbeere als Superfood ein hohes Potential abschätzen, denn trotz der kontinuierlichen Zunahme der Anbaufläche in Deutschland, übersteigt aktuell die Nachfrage das Angebot (bioPress 2016).

8 Untersuchungen/Experimente OG MeerGewinn

Im Projekt MeerGewinn wurden an einem natürlichen Standort in Rochow und in vier Versuchsbecken in Duckwitz der Anbau unterschiedlichen Pflanzenarten getestet.

8.1 Versuchsfläche Rochow

In einem Polder in der Nähe von Ueckermünde an der Uecker wurde ein Testanbau mit Rohrkolben durchgeführt, um offene Fragen für einen großflächigen Anbau auf dem Standort zu klären. Insgesamt wurden dafür 4 Becken angelegt. Ein weiteres flaches Becken (E) konnte für den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen (Anhang 1 Arten, Deko- oder Medizinalpflanzen) im Rahmen der EU-Zollverordnung eingerichtet und durch die OG MeerGewinn zur Untersuchung der Etablierung von Sumpf-Schwertlilien an einem Niedermoorstandort genutzt werden.

8.1.1 Durchführung

In Becken E wurde der vererdete Oberboden (ca. 30 cm) entnommen und als Substrat befand sich somit gering zersetzte Schilf-Radizellentorfe in dem Becken. Zunächst erfolgte ein Ansaatversuch auf die bestehende Vegetationsdecke, da sich in natürlichen Beständen Sumpf-Schwertlilien häufig gemischt mit Gräsern etc.

zeigen, wenn die Wasserstände vergleichbar hoch sind. Im folgenden Jahr wurde die Begleitvegetation entfernt und ausgewachsene Pflanzen der Wildform eingesetzt, zusätzlich erfolge wieder ein Ausbringen von Samen, ebenfalls aus Wildbeständen entnommen. Zusätzlich wurden Rhizomstücke verteilt und vergraben. Dies ist eine gängige Methode bei der Etablierung von Pflanzenbeständen.

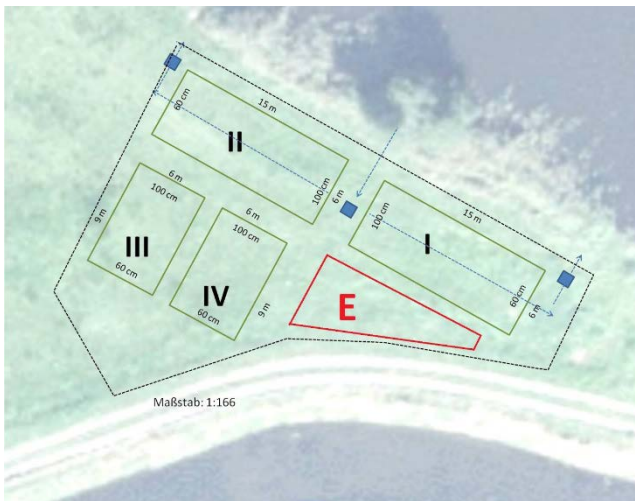


Abbildung 17: Übersicht der Versuchsbecken mit dem Becken E für den Schwertlilienversuch.



Abbildung 18: Becken E während des Baus

8.1.2 Ergebnisse

Etablierung durch Ansaat:

Etwa einen Monat nach der Ansaat konnte zunächst eine Keimung deutlich identifiziert werden (Abbildung 19). Trotz des gleichmäßigen Ausbringens der Samen zeigten sich die Jungpflanzen eher heterogen verteilt, mit großem leerstehendem Bereich dazwischen. Vermutlich kam dieses Muster durch konkurrenzbedingte Effekte zustande.

Zwei Monate später war die Vegetationsdecke aus Binsen und Gräsern dicht geschlossen und keine Jungpflanze mehr zu erkennen (Abbildung 19). Trotz der guten Ausgangsbedingungen war der Konkurrenzdruck durch andere Arten zu hoch und die Ergebnisse zeigen die Notwendigkeit einer stärkeren Vorbehandlung der Fläche auf.



Abbildung 19: Becken E ein Monat nach der Ansaat (links) und drei Monate nach der Ansaat (mitte, rechts).

Etablierung durch Pflanzung

Die gepflanzten Sumpf-Schwertlilien blieben alle erhalten und entwickelten sich sehr gut über die Vegetationsperiode 2018. Trotz der wiederkehrenden Begleitvegetation war die Etablierung erfolgreich und

auch die Trockenheit scheint keinen größeren Einfluss auf die Vitalität zu haben. Auf der restlichen Fläche war keine Keimung oder Sprossbildung aus den Samen oder Rhizomstücken zu erkennen.

Vor Ende des Projektes wurde Becken E das letzte Mal kontrolliert und das positive Ergebnis konnte bestätigt werden, da sich die Anzahl der Pflanzen auf deutlich über 20 Einzelindividuen erhöht hat. Man kann also davon ausgehen das die Wachstumsbedingungen im Becken E für die Sumpf-Schwertlilien, trotz des hohen Konkurrenzdrucks, sehr günstig sind. Über den Erfolg der eingebrachten Samen und Rhizomstücke kann keine klare Aussage getroffen werden, da Aufgrund der Gegebenheiten im Becken nicht festgestellt werden kann welche Pflanzen neu aufgewachsen sind und bei welchen es sich um Ausläufer der ursprünglich gesetzten Pflanzen handelt.

Von einer Ernte der Biomasse wurde abgesehen, da keine flächenbezogenen Ertragsmengen hätten bestimmt werden können. Die Deckung der Schwertlilie war zu gering, um aussagekräftige Daten zu gewinnen. Durch die regelmäßigen Sichtkontrollen und Zählungen wurde jedoch der Eindruck gewonnen, dass sich unter besseren Standortbedingungen ein Dominanzbestand aus Schwertlilie etablieren könnte. Weitere Forschung ist hier nötig.



Abbildung 20: : Becken E mit (links), ohne Begleitvegetation inkl. der eingesetzten Pflanzen (mitte) und ca. vier Monate nach der Pflanzung (rechts).

8.2 Versuchsbecken Duckwitz

Hintergrund

Um offenen Frage in Bezug auf den Anbau unterschiedlicher an nasse Standorte angepasster Pflanzenarten klären zu können und dabei gleichzeitig die Klärung von Hofabwasser direkt innerhalb des Projektes praxisnah abbilden zu können, wurde der Versuchsaufbau in Kleinstbecken vorgenommen. So sollte untersucht werden, inwieweit die ausgewählten Pflanzen mit dem Ziel einer Optimierung der Wertschöpfung produziert werden können. Hierbei standen folgende Fragen im Vordergrund der Untersuchungen

- Welche Arten können unter den gegebenen Bedingungen angebaut werden?
- Wie ist ihr Wuchsverhalten?
- Wie gut werden die vorhandenen Nährstoffe unter den getesteten Bedingungen genutzt?
- Wie sind die Etablierungserfolge?

Neben einigen Nachteilen des sehr kleinmaßstäbigen Versuchs, wie beispielsweise die Belastbarkeit und Übertragbarkeit der Ergebnisse, bietet er aber auch viele Vorteile, besonders hinsichtlich des Aufwandes und der flexiblen Anwendung.

Durchführung

Der Versuchsaufbau umfasst 3 Becken mit einem Durchmesser von 3 m die jeweils in der Mitte durch eine Trennwand unterteilt sind, um den Wasseraustausch zwischen den verschiedenen Wasserarten zu verhindern. Die Beschickung der Becken mit Wasser erfolgt über zwei Pumpen, die einen parallelen Wasserstrom erzeugen. Die beiden Bereiche werden mit Wasserarten von verschiedener Qualität beschickt. Das erste Wasser ist geklärtes Abwasser aus einer Pflanzenkläranlage, welches sonst direkt in ein Gewässer eingeleitet wird, da es

die gesetzlichen Bestimmungen erfüllt. Das zweite Wasser stammt aus einem See. In beiden Hälften eines Beckens befindet sich eine Pflanzenart um ihr Wachstum unter dem Einfluss der beiden verschiedenen Wasser zu untersuchen. Als Substrat dient Kies/Sand der auch in Pflanzenkläranlagen genutzt wird (Abbildung 21).

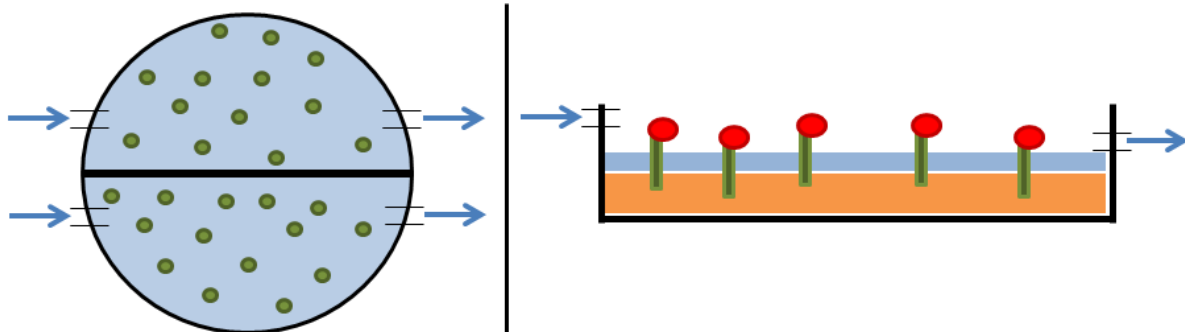


Abbildung 21_: Versuchsaufbau der Becken. Links: Vogelperspektive auf ein Becken (blaue Pfeile = Wasser, grüne Punkte = Bepflanzung); rechts: Seitenansicht eines Beckens mit Bepflanzung (braun = Substrat)

Nach der 1. Vegetationsperiode wurde eine Veränderung des Versuchsaufbaus vorgenommen, da sich die Nutzung von Seewasser aufgrund der geringen Nährstoffgehalte als nicht sehr vielversprechend herausgestellt hat. Stattdessen wurden alle Beckenhälften mit Klarwasser beschickt und außerdem weitere Pflanzenarten getestet hinsichtlich ihrer Eignung für den Anbau in CWs (Abbildung 22).



Abbildung 22: Schema der Beckenbepflanzung ab der 2. Vegetationsperiode (2018). Arten in den Beckenhälften von links nach rechts: Erzengelwurz, Beinwell, Wasserdost, Referenzbepflanzung Rohrkolben, Apfelbeere, Hirsch-Minze.

8.2.1 Ergebnisse

Vegetationsperiode 2017:

Bereits in der ersten Vegetationsperiode nach Anpflanzung und Inbetriebnahme der Versuchsbecken waren Unterschiede in der Biomasseentwicklung der Pflanze zwischen den beiden Wasserarten (Seewasser und Abwasser) zu erkennen. Alle Pflanzen die mit geklärtem Abwasser aus einer Pflanzenkläranlage bewässert wurden, wiesen einen besseren Wuchs und eine höhere Vitalität auf (Abbildung 23).

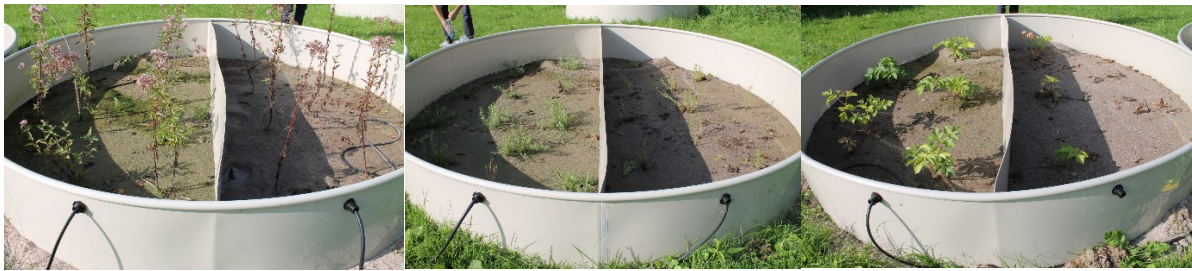


Abbildung 23: Vergleich der Pflanzenentwicklung zwischen Abwasser (linke Beckenhälfte) und Seewasser (rechte Beckenhälfte) für die Arten Erzenge lwurz, Hirsch-Minze und Wasserdost (von links nach rechts).

Anhand der Wasserproben, die in den Zu- und Abflüssen entnommen wurden, kann der Nährstoffentzug innerhalb der Becken dokumentiert werden. In den Beckenhälften, die mit Abwasser beschickt wurden, kam es zu einem deutlichen Entzug von bis zu 47 mg Nitrat-N/l und 23 mg P/l. Aufgrund der geringen Ausgangskonzentrationen im Seewasser, kam es hier zum Teil zu einer Zunahme der Nährstoffe im Abfluss. Dies ist vermutlich ein Ergebnis äußerer Einflüsse (Regen etc.) und lässt darauf schließen, dass eine gewisse Menge an Nährstoffen notwendig ist, damit es zu einem Rückhalt im Becken kommen kann. Insgesamt konnte festgestellt werden, dass eine Nitratreduktion des Klarwassers zwischen 38% und 44% sowie eine Phosphatreduktion zwischen 45% und 54% stattgefunden hat. Das zeigt, dass eine (Nach-)Nutzung von Nährstoffen aus Pflanzenkläranlagen sehr sinnvoll ist und große Potenziale birgt.

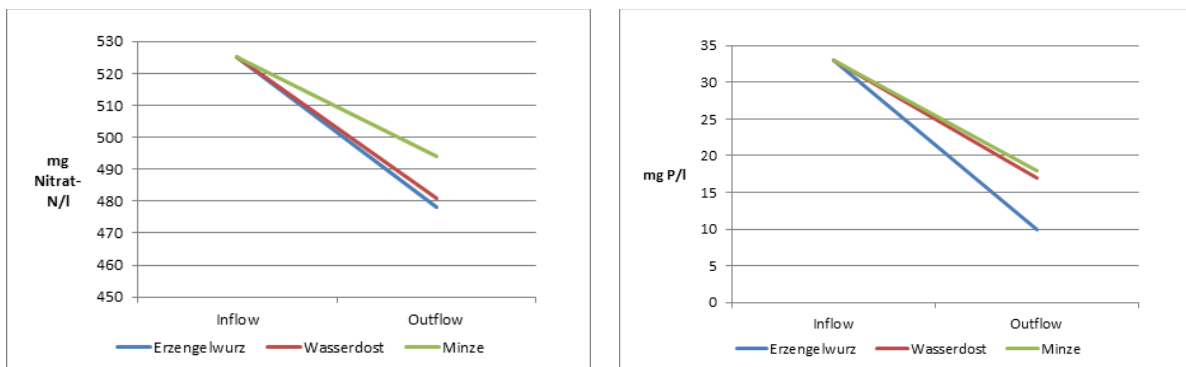


Abbildung 24: Vergleich des Nitratgehaltes (links) und des Ortho-Phosphatgehaltes (rechts) in Zufluss und Abfluss der Versuchsbecken mit Bewässerung durch Abwasser.

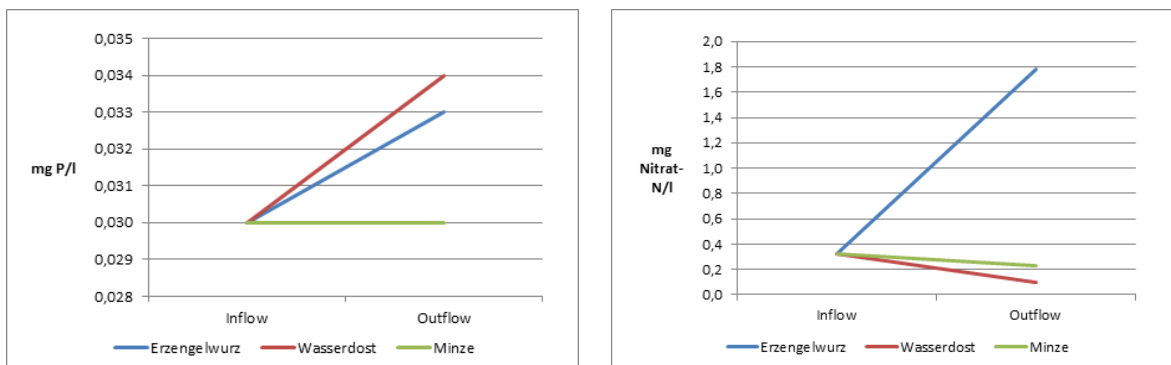


Abbildung 25: Vergleich des Nitratgehaltes (links) und des Ortho-Phosphatgehaltes (rechts) in Zufluss und Abfluss der Versuchsbecken mit Bewässerung durch Seewasser

Vegetationsperiode 2018

Aufgrund des sehr trockenen und heißen Wetters in dieser Vegetationsperiode, konnten Abweichungen in der Entwicklung der oberirdischen Biomasse festgestellt werden. Einige Arten zeigten trotz der kontinuierlichen Wasserversorgung deutliche Trockenschäden und erreichten frühzeitig das Stadium der Seneszenz. Aufgrund der ohnehin geschwächten Pflanzen wurde in diesem Jahr auf eine Ernte verzichtet. Die Nährstoffanalysen zeigen auch in dieser Vegetationsperiode wieder einen Nährstoffentzug zwischen Zu- und Abfluss (Abbildung 26).

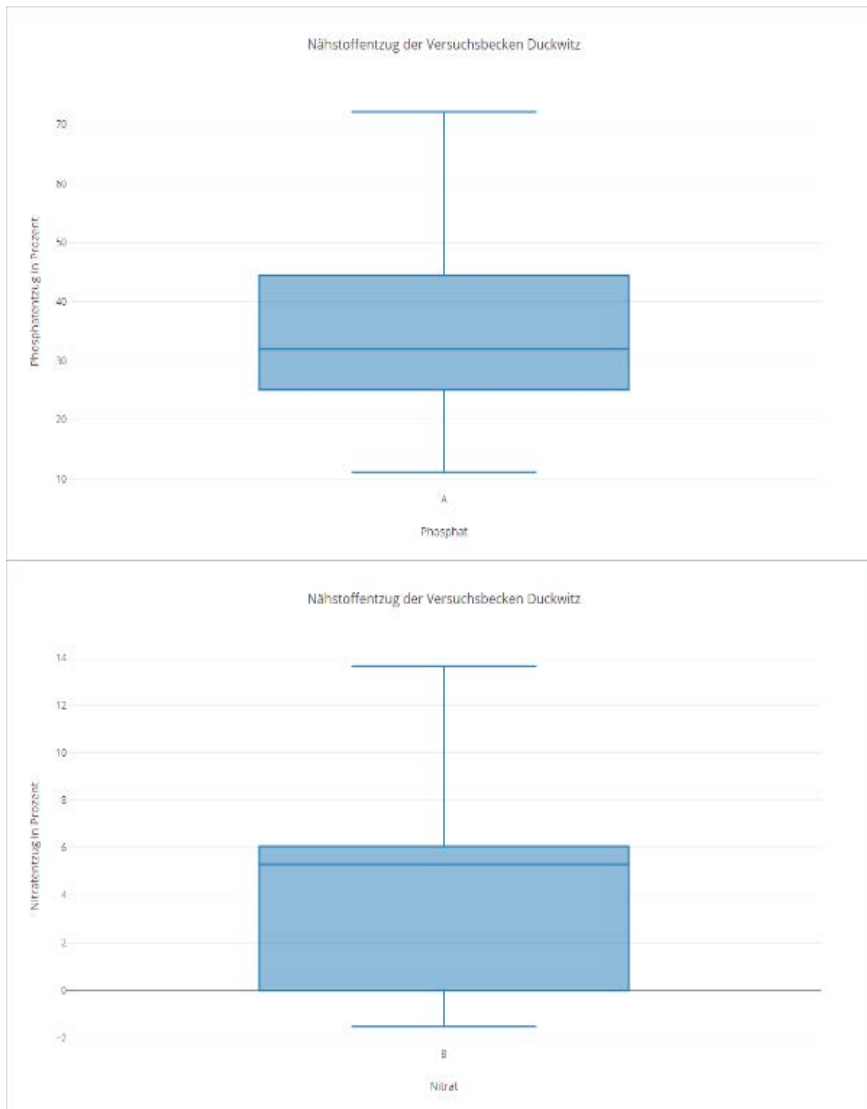


Abbildung 26: Diagramme zum Nährstoffentzug in Prozent (unten: Nitrat-N, oben: Ortho-Phosphat).

Ernte 2019

In der Mitte der Vegetationsperiode 2019, kurz vor Projektende, wurde die Biomasse von Erzengelelwurz, Wasserdost und der Referenzbepflanzung Rohrkolben geerntet. Die Apfelbeere hatte zu diesem Zeitpunkt noch keine Früchte ausgebildet und die beiden Arten Beinwell und Hirsch-Minze sind leider eingegangen. Aussagen über den Nährstoffentzug in den Becken sind in dieser Vegetationsperiode aufgrund fehlender Analysen nicht möglich gewesen.

Bei der Ernte wurden für Rohrkolben 23,1 kg frische Biomasse (13,64 kg Trockengewicht), für Wasserdost 6,4 kg (3,24 kg TG) und für Erzengelelwurz 0,94 kg (0,3 kg TG) geerntet. Bei einer Hochrechnung ergibt das einen Ertrag von ca. 39 t Trockenmasse pro Hektar für Rohrkolben und für Wasserdost ca. 9 t Trockenmasse pro Hektar. Beide Erträge liegen damit deutlich über den Werten aus der Literatur und können, aufgrund der kleinen Plots und trotz der hohen Reliabilität der Messungen, nicht als wissenschaftlich valide angesehen werden. Das Ergebnis für Erzengelelwurz ist mit Vorsicht zu betrachten, da es sich um das Gewicht einer Einzelpflanze handelt. In diesem Fall wurde daher auf eine Hochrechnung auf einen Hektarertrag verzichtet.

8.3 Akzeptanz und Umsetzungschancen

Die Akzeptanz von Innovationen bei denjenigen, die sie umsetzen können (und sollten...) in maßgeblich entscheidend für den Erfolg.

8.3.1 Interviews mit Landwirten

Um das Interesse und die aktuelle Akzeptanz von CWs unter Landwirten in der Projektregion (Mecklenburg-Vorpommern, Fokus Vorpommern-Greifswald) zu untersuchen wurden im Internet Kontaktadressen von Landwirtschaftsbetrieben recherchiert und diese für Interviews kontaktiert. Um die Landwirte gezielt befragen zu können, die Kommunikation zu verbessern und die Aussagen vergleichbar zu erfassen, wurde ein Gesprächsleitfaden erstellt. Da dieser auf eine größtenteils qualitative Befragung abzielte, sind nicht alle Ergebnisse statistisch auswertbar und werden in Textform mit veranschaulichenden Grafiken zusammenfassend dargestellt.

Kontaktaufnahme:

Telefonisch und/oder per E-Mail wurden 46 landwirtschaftliche Betriebe kontaktiert, mit einer durchschnittlichen Entfernung von 23 km zu Greifswald (min. 5 km, max. 75 km). Davon waren 39 der Kontaktaufnahmen erfolgreich und der Angerufene konnte erreicht werden. Insgesamt wurde deutlich, dass eine reine Anfrage über E-Mail nicht sehr vielversprechend ist. Bei etwa der Hälfte (21) der zustande gekommenen Kontaktaufnahmen hatten die Landwirte Zeit und Interesse für so ein Gespräch. Alle Interviews erfolgten im Zeitraum zwischen September 2017 und April 2019.

Allgemeine Informationen zu den Landwirten/Betrieben:

Die befragten Landwirte sind etwa zwischen 25 und 70 Jahre alt und entweder Betriebsinhaber, Betriebsleiter oder auch Geschäftsführer des jeweiligen Betriebes. Insgesamt haben sie zwischen 1 und 22 Mitarbeiter, je nach Saison und Größe des Betriebes. Einige Betriebe müssen Mitarbeiter im Winter freistellen und/oder haben einen Mangel an Fachkräften. Die Größe der einzelnen Betriebe in Bezug auf die landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) war sehr variabel von weniger als 100 ha bis über 1000 ha (Abbildung 27)

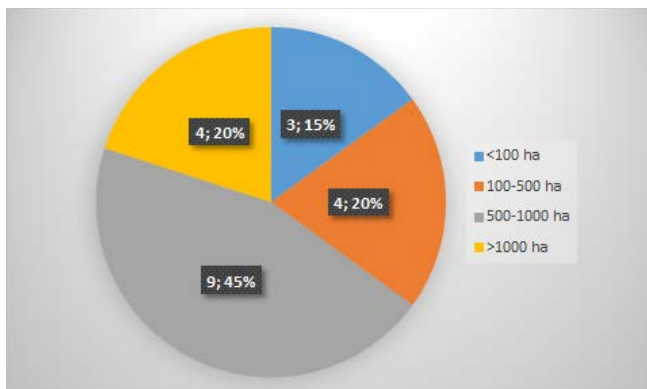


Abbildung 27: Einteilung der Betriebe nach bewirtschafteter LN

Nahezu unabhängig von der Flächenausstattung umfasst die versiegelte Hoffläche der einzelnen Betriebe zwischen 2.000 und 36.000 m² und es fallen jährliche Abwassermengen von bis zu 21.600 m³ an, hauptsächlich verursacht durch Niederschläge. Neben Ackerbau, überwiegend Marktfruchtanbau, betreiben auch fast alle (knapp 70%) Landwirte Tierhaltung, überwiegend Milchviehhaltung, Mutterkuhhaltung und Rindermast.

Interesse an Constructed Wetlands (CW):

Keiner der befragten Landwirte hatte Vorkenntnisse zu CWs und nur wenige waren über die Aktivitäten des Greifswalder Moor Centrums in Bezug auf die alternativen Nutzungsformen von nassen Niedermoorstandorten informiert. Bis auf einen haben alle Landwirte ein grundsätzliches Interesse an einem neuen Erwerbszweig bekundet und gaben an sich vorstellen zu können ein CW auf ihren Flächen umzusetzen, wenn sich das Konzept wirtschaftlich lohnt. Außerdem besteht bei den meisten ein eigenes Interesse die Nährstoffeinträge in Fließgewässer zu reduzieren. Aus den Interviews ergaben sich über 15 konkrete Flächen- und Ortsbesichtigungstermine. Die Landwirte hatten ein konkretes Interesse und so konnten im Rahmen des Projektes zahlreiche Standorte durch eine Begehung vorgeprüft werden.

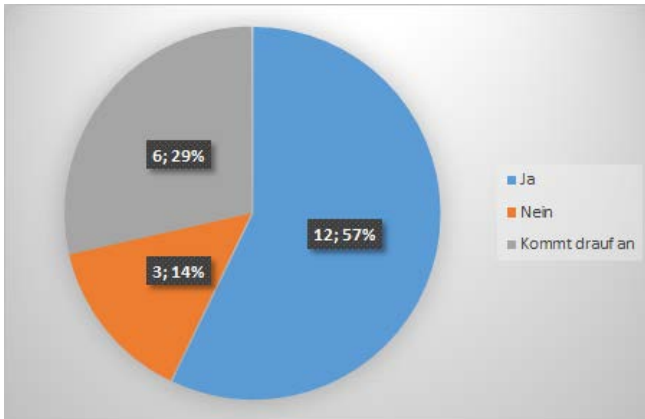


Abbildung 28: Interesse der befragten Landwirte an neuen Erwerbszweigen, z.B. CWs.

8.3.2 Ergebnisse zur Akzeptanz nach Projektgröße

Grundsätzlich ist es für Betriebe mit größerer Flächenausstattung einfacher entsprechende Flächen für den Anbau von Pflanzen in CWs aus dem laufenden Betrieb zu entbehren. Gleichzeitig haben aber auch kleinere Betriebe Interesse an CWs. Insgesamt werden in Betrieben mit Viehhaltung die Grünlandflächen auf Niedermoor häufig vollständig für die Futterproduktion benötigt. Allerdings ist es notwendig in vielen Fällen zukünftig Alternativen für diese Flächen zu finden, da sich die Futterqualität des Aufwuchses zunehmend verschlechtert. Im Folgenden wird die grundsätzliche Umsetzungsbereitschaft der einzelnen Größenordnung zusammengefasst.

Größenordnung A:

Die Einrichtung eines kleinen CWs zur Reinigung von Hofabwässern verschiedenen Ursprungs wurde sowohl von den kleineren Betrieben der Größenordnung LN <100 ha und LN 100-500 ha favorisiert, als auch von größeren Betrieben als Chance erkannt. Dabei spielt zum einen die Reduktion von Abwasserkosten, z.B. durch eine Wiederaufbereitung von Waschwasser in Stallanlagen oder eine mögliche Reduktion von Lager- und Ausbringungskosten spielten hierbei eine Rolle. Auch ökologische Gedanken, wie der Wunsch die Natur zu entlasten waren in den Gesprächen leitend. Gerade auf Betrieben mit einem konkreten Investitionsbedarf in die Hofentwässerung stießen die Ideen auf offene Ohren.

Die Idee des Anbaus von Sumpfpflanzen, wie z.B. Heilkräuter, Zierpflanzen oder auch spezieller Obst- (Aronia) und Gemüsesorten ist für die meisten Landwirte aus persönlichen und strukturellen Gründen relativ weit weg. Wenn sich hier jedoch Kooperationsmöglichkeiten mit Gärtnereien oder externen Unternehmen ergeben würden, wären viele hierfür offen. Eine interviewte Gärtnerei hat konkretes Interesse an solchen Flächen angemeldet und verwies darauf, dass z.B. die Rhizome von Rohrkolben in vielen Spitzenrestaurants als echte Delikatesse gelten. Viele Betriebe betrachten so einen Klärteich auch als Chance das Betriebsgelände zu verschönern. Insgesamt ist die Behandlung von Hofabwasser zukünftig für viele Betriebe ein wichtiges Thema.

Größenordnung B:

Das Interesse an der Einrichtung eines mittleren CWs auf einer Fläche von bis zu 2 ha bestand nur bei wenigen Betrieben. Insgesamt ist es hier schwieriger passende Flächen zu finden. Dies liegt vor allem an den verstreut in der Landschaft liegenden Areale und daran, dass diese Größenordnung besonders vielgestaltig ist. Sie reichen von natürlichen Senken in der Agrarlandschaft über kleine Niedermoorflächen und speziell konzipierten und angelegten CWs in Form von „Integrated wetland bufferzones“ oder Teichen.

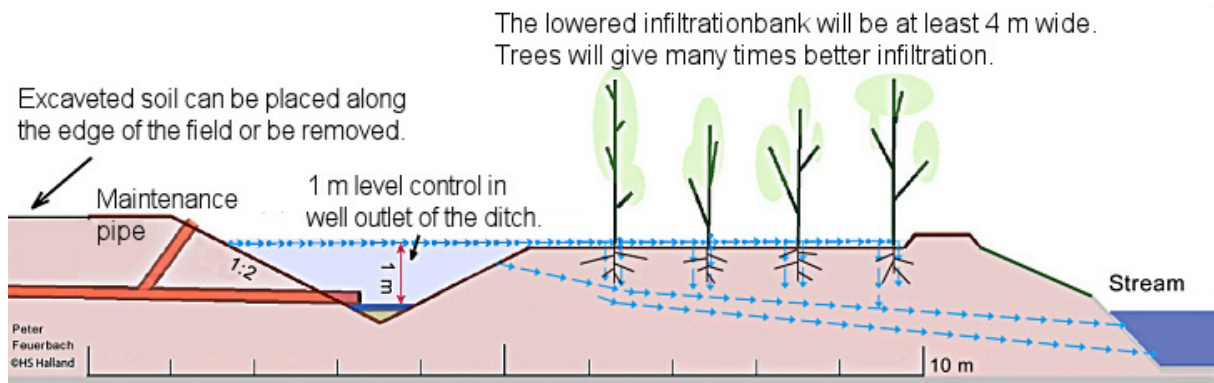


Abbildung 29: Integrated wetland bufferzone. Ein Beispiel aus Schweden. <http://www.wetlands.se>

Im Rahmen des Projektes wurden zwei konkrete Flächen/Gebiete gefunden in denen eine Umsetzung v.a. ökologisch sinnvoll wäre.

Größenordnung C:

Für die Einrichtung eines CWs in dem ein großflächiger Anbau von Sumpfpflanzen (z.B. Schilf oder Rohrkolben) für die energetische oder stoffliche Verwertung erfolgen kann, eignen sich eher große Betriebe mit einer landwirtschaftlichen Nutzfläche von über 500 oder 1000 m². Bei mehreren Landwirten bestand konkretes Interesse an einer Umsetzung und eine erste Besichtigung zeigte in vielen Fällen eine Eignung der Flächen.

Fazit:

Größenordnung C trifft bei Landwirten auf das stärkste Interesse, da hier die ökonomischen Perspektiven für Biomasse aus dem Anbau nachwachsender Rohstoffe sehr vielversprechend sind, u.a. auch weil mit mehr Fläche ein höherer Ertrag generiert werden kann. Negativ wurde in den meisten Fällen gesehen, dass mit dem gezielten Anbau von typischen Sumpfpflanzen wie Rohrkolben oder Schilf zum aktuellen Zeitpunkt die Beihilfefähigkeit der Flächen verloren geht. Zusammen mit der bisher noch nicht bestehenden langfristigen Abnahmegarantie für den Rohstoff und dem Wertverlust, der mit einer Vernässung der Fläche einher geht, entsteht somit ein unkalkulierbares wirtschaftliches Risiko. Ein weiteres Hemmnis für die flächenmäßige Umsetzung von CWs stellt nach Ansicht der Landwirte und auch anderer Experten, die auf Netzwerktreffen kontaktiert wurden, die Unklarheiten bezüglich der rechtlichen Umsetzbarkeit und der zu erwartenden Investitionskosten da. Besonders die Höhe der Investitionskosten (Planung, Genehmigung, Bau) ist für Landwirte und außerlandwirtschaftliche Investoren von hoher Bedeutung und eine wichtige Kenngröße für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen einer angestrebten Produktion von nachwachsenden Rohstoffen in CWs.

Im Rahmen der intensiven Netzwerkarbeit des Projektes MeerGewinn konnte ein regelmäßiger Austausch mit unterschiedlichen Projekten im Bereich der Umsetzung von Paludikultur in Gang gesetzt werden. In diesen Treffen wurde die Frage der Umsetzbarkeit und damit auch die Fragen nach dem o.g. Investitionsaufwand von CWs für die landwirtschaftliche Nutzung als ein gemeinsames Interesse benannt.

Resultierend aus den Interviews und der Netzwerkarbeit konnte eine Machbarkeitsstudie zur Eignung von 4 Flächen für die Einrichtung eines CW bei einem Planungsbüro beauftragt werden. Für die Finanzierung des Gutachtens haben wir mit der Seafloor GmbH einen Partner und externen Investor gefunden, der über viel Erfahrung in der Umsetzung von marinen Kompensationsmaßnahmen verfügt. Die Studie wurde auf den Standorten Kamp (bei Anklam), Heilgeisthof (bei Greifswald), Ziesetal (bei Netzeband) und Teichweide (bei Neukalen) durchgeführt. Da sich die Standorte stark unterscheiden konnten sehr differenzierte und damit auch auf andere Flächen übertragbare Ergebnisse erzielt werden.

9 Geplante und teilweise umgesetzte Projekte aus MeerGewinn

Im Projektverlauf konnten sechs beispielhafte Projekte konzeptionell und planerisch weiterverfolgt werden. Eine vollständige technische Umsetzung war aufgrund der beschränkten zeitlichen Möglichkeiten und der langen Planungsphasen leider nicht möglich.

9.1 Klärung des Abflusses einer Hofentwässerung

Eine Fachplanung auf einem Mutterkuhbetrieb mit Stallhaltung im Winter dient als exemplarische Übersichtsplanung für naturnahe Hofabwasserbehandlungsanlagen mit Bodenfiltern mit unterirdischem, flächendeckendem Beschickungssystem und umfasst die Auslegung und Dimensionierung der Vorflut als bewirtschafteten Absetzteich, des vertikal durchströmten Bodenfilters Typ Subterra und der Steuerungstechnik. Das gereinigte Wasser kann wie in der vorliegenden Grundplanung in die Vorflut abgeleitet werden – oder für den Anbau von Spezial- oder Gewächshausfrüchten genutzt werden. Der Bodenfilter kann analog zu den Ergebnissen, die im Projekt aktuell ausgewertet werden, ebenfalls wirtschaftlich genutzt werden. Die Anlage wurde anhand von einer geschätzten Belastung und der in Gesprächen und vor Ort Terminen ermittelten Flächen dimensioniert. Die Regendaten wurde dem KOSTRA Datenpool entnommen.

Die Fachplanung für die Leitungsführung, Bemessung und Dimensionierung der Leitungen bis zum Hebewerk und ab dem Ablaufschacht des Bodenfilters bis zu der Versickerungsanlage wird von dem Betreiber der Anlage ausgeführt.

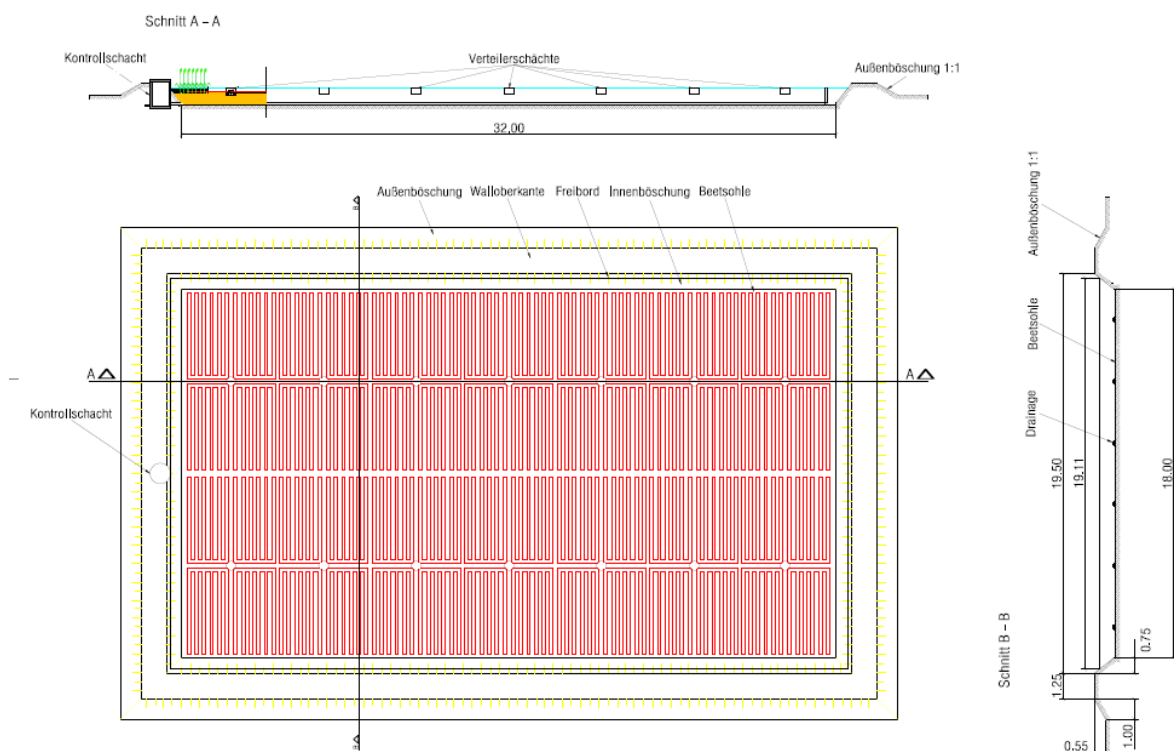


Abbildung 30: Fachplanung Klärbeet für Hofentwässerung

Die Anlage wurde im Projektverlauf bis zu einer ersten Kostenschätzung geplant.

9.2 Nutzung der Nährstoffe aus kleinen Vorflutern

9.2.1 Grünower See

Aufgabenstellung/Hintergrund: Der Grünower See liegt im Naturpark Feldberger Seenlandschaft und grenzt an die Serrahner Buchenwälder des Müritz Nationalpark. An seiner Südspitze liegt das Jugendwaldheim Steinmühle – die Jugendbildungsstätte des Nationalparkamtes Müritz. Der See ist stark mit Nährstoffen belastet. Dies führt im Sommer zu Blaualgenblüten und regelmäßig zu Badeverboten z.B. für die Kinder und Jugendlichen, die das Jugendwaldheim besuchen. Die Belastungsquellen wurden im Auftrag von EUROPARC Deutschland e.V. untersucht. Das Wasservolumen des Sees wird 5-8 Mal im Jahr durch die Zuflüsse ausgetauscht. Mit dem Hauptzufluss dem Godendorfer Mühlenbach wurden von August 2011 bis Juli 2012 1.200 kg Phosphor und 53.400 kg Stickstoff in den See eingetragen. Hinzu kommen nach einer Schätzung über

den Grundwasseranstrom im Untersuchungszeitraum noch einmal ca. 350 kg Phosphor und 17.000 kg Stickstoff.

Das Ziel einer Umsetzung am Grünower See ist es, die Nährstofffracht des Godendorfer Mühlenbachs durch die gezielte Anlage von Constructed Wetlands (CW) zu verringern und nach Möglichkeit die Nährstoffe für den Anbau von Pflanzen zu nutzen.

Aufbau des Constructed Wetlands: Im Rahmen des von EUROPARC Deutschland e.V. beauftragten Geohydrologischen Gutachten „Untersuchung der Belastungsquellen und Vorschläge für einen Sanierungsansatz des Grünower Sees“, wurden Retentionsflächen im Einzugsgebiet eingegrenzt. Von den betrachteten 30 Flächen liegen vier größere Flächen (Flächen 1, 5, 7, und 22 in Abbildung 1) mit einer Gesamtfläche von 40,6 ha direkt am Mühlbach. Eine weitere Fläche für die Anlage eines CW wurde unmittelbar an der „Mündung“ in den Grünower See im Rahmen einer Vorbegehung lokalisiert.

Durch eine Staffelung mehrerer CW entlang des Godendorfer Mühlenbachs kann die Nährstofffracht auf natürliche Weise durch Sedimentation (P-Immobilisierung) und Denitrifizierung (Abbau von Stickstoff) sowie durch die Bindung der Nährstoffe in Pflanzen (Einbindung der Nährstoffe in Stoffströme zur Produktion) reduziert werden. Die Constructed Wetlands bedürfen einen tieferen offenen Wasserbereich für die Sedimentation („Fangbecken“) sowie über einen flach überströmten mit Pflanzen bewachsenen Bereich. Je nach vorhandener Orthographie ist die Verweilzeit und die Durchströmungstrecke durch bauliche Maßnahmen (Riegel) zu vergrößern. Im Hochwasserfall muss ein zügiges Abfließen des Wassers durch Überströmen der Riegel gegeben sein um etwaige Schäden auf angrenzenden Flächen zu vermeiden. Weiterhin ist die Durchgängigkeit zu erhalten. Dies kann durch Konzentration des Abflusses in Trockenzeiten in einem vertieften Bereich gewährleistet werden.

Ziel: Die Nährstofffracht des Godendorfer Mühlenbachs kann durch die gezielte Anlage von Constructed Wetlands (CW) verringert und nach Möglichkeit das Nährstoffpotential für den Anbau von Pflanzen genutzt werden.

Wirkungsweise: Durch eine Staffelung mehrerer CW entlang des Godendorfer Mühlenbachs kann die Nährstofffracht auf natürliche Weise durch Sedimentation (P-Immobilisierung) und Denitrifizierung (Abbau von Stickstoff) sowie durch die Bindung der Nährstoffe in Pflanzen (Einbindung der Nährstoffe in Stoffströme zur Produktion) reduziert werden.

Einschätzung des Nährstoffrückhaltepotentials: Eine Meta-Analyse von Land et al. 2016 (n=112 Wetlands unterschiedlicher Ausprägung) ergab mittlere Entzugsraten für Stickstoff von $181 \text{ g m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ (TN removal rate) und für Phosphor von $13 \text{ g m}^{-2} \text{ a}^{-1}$. Um die Nährstofffracht des Godendorfer Mühlenbachs um 50% zu reduzieren, ist rein rechnerisch eine Fläche von 15 ha erforderlich. Die genaue Nährstoffretention muss im Rahmen von Modellprojekten quantifiziert werden. Die Überschlagsrechnung veranschaulicht die Machbarkeit.

Eignungsfläche für CW entlang des Godendorfer Mühlenbachs: Im Rahmen des von EUROPARC Deutschland e.V. beauftragten Geohydrologischen Gutachten „Untersuchung der Belastungsquellen und Vorschläge für einen Sanierungsansatz des Grünower Sees“, wurden Retentionsflächen im Einzugsgebiet eingegrenzt. Von den betrachteten 30 Flächen liegen vier größere Flächen (Flächen 1, 5, 7, und 22 in Abbildung 1) mit einer Gesamtfläche von 40,6 ha direkt am Mühlbach. Eine weitere Fläche für die Anlage eines CW wurde unmittelbar an der „Mündung“ in den Grünower See im Rahmen einer Vorbegehung lokalisiert.

Weiteres Vorgehen: Das Projekt konnte im Rahmen von MeerGewinn nicht weiter verfolgt werden. In erster Linie lag dies an dem tragischen Tod des Naturparkleiters Peter Wernicke mit dem vorher ein reger Austausch bestand. Aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes sowie des Biodiversitätsschutzes wird eine Weiterverfolgung des Vorhabens jedoch dringend empfohlen. Da es sich bei dem Grünower See aufgrund seiner Lage (Lage im Naturpark und angrenzend zum Nationalpark, sowie Ufer zur Jugendbildungsstätte Steinmühle) um ein Gewässer mit einer hohen gesellschaftlichen Bedeutung handelt sollten die Nährstofffrachten des Hauptzuflusses verringert werden.

Zur Umsetzung dieses Vorhabens sind folgenden Träger öffentlicher Belange (TÖB) einzubeziehen:

- Wasser- und Bodenverband

- Naturpark Feldberger Seenlandschaft
- Untere Wasserbehörde
- Untere Naturschutzbehörde
- Nationalparkamt Müritz-Nationalpark

Für eine Einschätzung der Eignung der Retentionsflächen:

- Restriktionen die sich aus Schutzstatus ergeben anhand von Kartenmaterial (Ausschluss sofern es sich um gesetzlich geschützte Biotope handelt, www.geoportal-mv.de)
- Naturräumliche Einbettung (Mikrorelief, angrenzende Schutzgüter) im Rahmen einer Begehung (ggf. Digitales Geländemodell)

Klärung der Eigentums- und Nutzungsverhältnisse:

- Bestimmung der Flurstücke (www.geoportal-mv.de)
- Abfrage der Eigentums- und Nutzungsverhältnisse über das Grundbuchamt (muss in jedem Fall gemacht werden da auch Kontakt mit Leuten aufgenommen der muss denen kleine Splitterflächen gehören)

Kontaktaufnahme zur Eigentümern- bzw. Nutzern der Flächen:

- Klärung wie Flächen genutzt werden
- Vorstellung des Vorhabens
- Eruierung des Interesses

Entwicklung von Angeboten zur Umsetzung:

- Nutzungskonzept mit CW
- Individuelle Konzeption im Betriebsmaßstab
- Entschädigung bzw. Flächenkauf

Planung der Umsetzung:

- Vorplanung bauliche Umsetzung
- Vorplanung Genehmigungsbedarf
- Vorplanung der Kosten

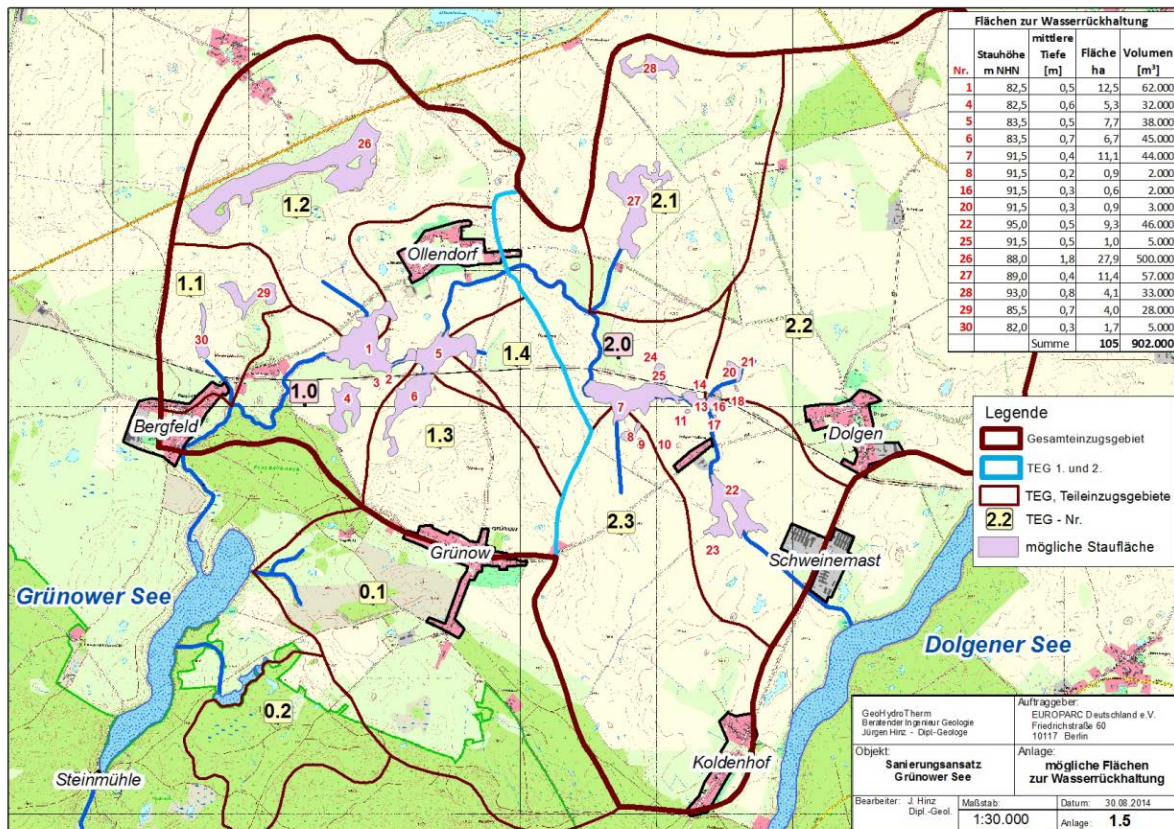


Abbildung 31: Übersicht über die Planung zum Grünower See. Aus: Gutachten

9.3 Nutzung der Nährstofffrachten größerer Vorfluter oder nährstoffreicher Gewässer

Mit diesem Ansatz werden Nährstoffe, die bereits in Oberflächengewässern sind und damit zur Eutrophierung beitragen, dem System entnommen und für den Anbau NWR genutzt. Hier dienen Niedermoore als Anbauflächen. Die Einrichtung von CW auf diesen natürlichen Standorten mit organischen Böden hat den Vorteil, dass hier mit der Einrichtung auch die Funktion als „Nieren der Landschaft“ revitalisiert wird.

9.3.1 Teichweide

Aufgabenstellung/Hintergrund: Die Teichweide ist eine gepolderte Niedermoorfläche westlich von Neukalen. Am Nordrand fließt der Vurzbach in die Teterower Peene. Der Vurzbach entspringt südlich von Altkalen, das Einzugsgebiet wird überwiegend ackerbaulich genutzt. Der ökologische Zustand wird als schlecht, der chemische als nicht gut eingestuft (<http://www.wrrl-mv.de/doku/wksteckbrief/MIPE-1400.pdf>). Er ist durch Wälle vom Niedermoor getrennt. Um die Nährstofffracht des Vurzbaches vor Eintritt in die Peene zu verringern, wäre es möglich das Wasser im Bereich Talrand bis Peene für den gezielten Anbau von Pflanzen in einem CW zu nutzen und dabei das Wasser einer Reinigung zu unterziehen.

Aufbau des Constructed Wetlands: Das Wassers des Vurzbaches oder ein Teil davon kann in den nördlichen Teil des Polders geführt werden (1). Es fließt von Norden entlang des natürlichen Höhengradientes in Richtung Peene. Im nördlichen Teil wird aufgrund der größeren Geländeneigung durch den Bau mehrerer Querriegel (4 Stück, 50m, ca. 50 cm hoch, ggf. durchgängige Dämme und mit regulierbaren Durchlass) eine Überströmung auf breiter Fläche realisiert und die Überströmungsstrecke verlängert (2). Der südliche Teil des Polders wird durch einen befahrbaren Damm (3) (ca. 350 m) vom übrigen Polder abgetrennt. Aufgrund der höheren Wasserstände im südlichen Teil (Überstau max. 40 cm) kann das Wasser ohne Schöpfaufwand in die Peene geführt werden (4). Die Gräben östlich des Damms bleiben erhalten und führen Sickerwasser zum bestehenden Schöpfwerk. Der Damm ist so zu errichten, dass er befahrbar und wasserundurchlässig ist. Die Menge des durch den Torfkörper strömenden Wassers ist im Rahmen der Projektplanung zu quantifizieren. Zum östlich angrenzenden Graben sind zwei regulierbare Stau zu errichten um ein aktives Ablassend es Wasser zu jeder

Zeit zu ermöglichen (5+6). Um zu hohe Wasserstände im südlichen Teil zu vermeiden, ist dieser durch einen Damm (7) mit regulierbarem Durchlass (8) vom nördlichen Teil abzugrenzen. Neben der biologischen Reinigung (Sedimentation und Denitrifizierung) können die Nährstoffe durch die Pflanzen aufgenommen und mit der Ernte dem System entzogen werden. Die Größe der Fläche beträgt ca. 13 ha.

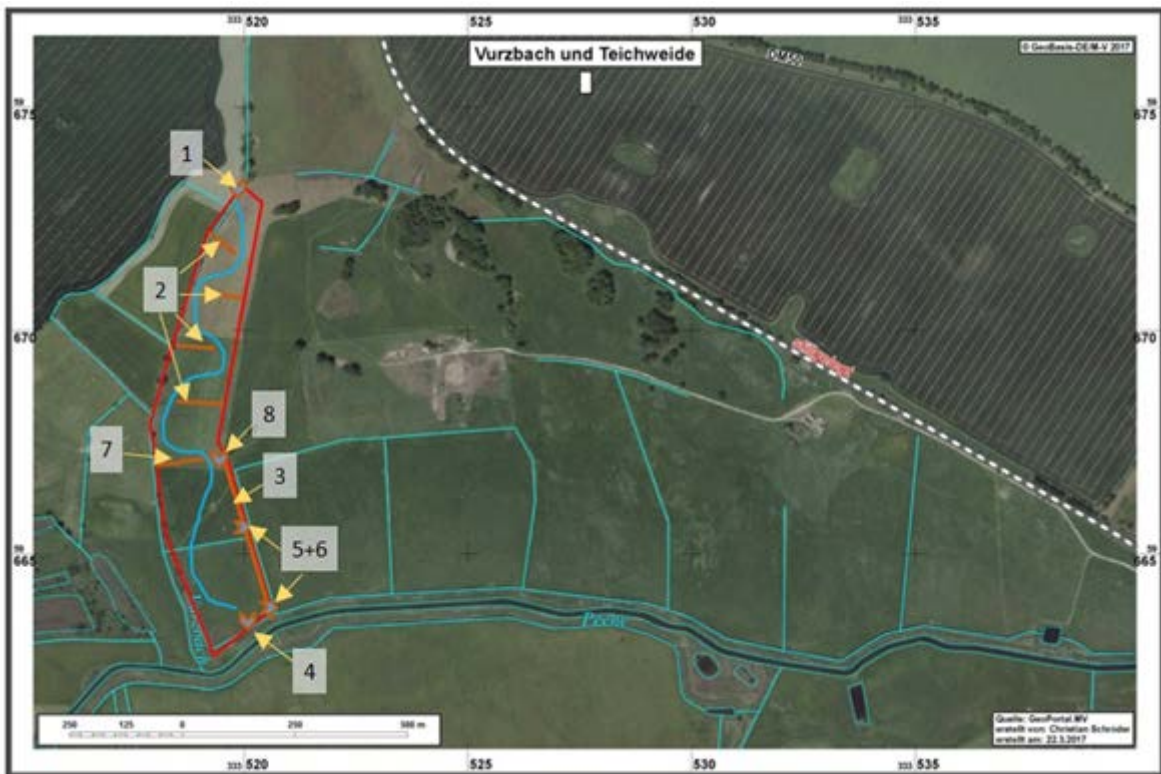


Abbildung 32: Vurzbach. Rot umrandet Teilfläche des Polders die als Constructed Wetland für die Nährstoffretention und Anbau genutzt werden könnte. Blau Überströmungsstrecke. Zahlen siehe Text.

Nährstoffretention (Einschätzung des Nährstoffrückhaltepotentials): Es werden für die Nährstoffretention aus Sedimentation und Denitrifizierung 1.000 kg N und 100 kg P je Hektar (Weisner et al. 2016) und für den Stoffexport über die Ernte 100 kg N und 30 kg P je Hektar angenommenen (Steffenhagen et al. 2009), rein rechnerisch könnten 11 t N und 1,3 t P pro Jahr zurückgehalten werden. Da die Nährstofffracht während der Überströmung kontinuierlich abnimmt, ist jedoch von einer geringeren Nährstoffretention auszugehen (1/10?).

Nutzungsmöglichkeiten: Die Fläche wurde bislang hauptsächlich als Winterweide sowie zur Futterproduktion genutzt. Für eine zukünftige Nutzung ergeben sich aufgrund der Größe des Gebietes mehrere Nutzungsoptionen und Verwertungsketten. Die Flächen sind produktiv und ermöglichen ein Biomasseaufkommen von 100-200t.

Stand der Umsetzung: Neben den ursprünglichen Vorüberlegungen konnte auf der Fläche während der Laufzeit des Projektes eine Machbarkeitsstudie für ein größeres CW durchgeführt werden und über ein im Mai 2019 gestartetes Projekt soll eine ca. 8 ha große Versuchsfläche eingerichtet werden. In einem Praxisanbau sollen die nachwachsenden Rohstoffe Rohrkolben und Schilf untersucht werden.

9.3.2 Ziese-Mühlgraben

Die landwirtschaftlichen Flächen auf Niedermoorböden an der Ziese sind meistens entwässert und benötigen in fast allen Fällen Nutzungsalternativen. Zum einen, um den natürlichen Torfböden gerecht zu werden und zum anderen um sich den sowieso schon wieder nasser werdenden Bedingungen anzupassen. Eine Bewirtschaftung ist häufig in den letzten Jahren immer schwieriger geworden. Dieses Bild konnte auch in Gesprächen mit den bewirtschaftenden Landwirten bestätigt werden. Ein weiterer wichtiger Faktor für die Einrichtung von Constructed Wetlands entlang der Ziese sind die, direkt in die Boddengewässer und damit der Ostsee, eingetragenen Nährstoffe die reduziert werden müssen. Insgesamt wurden über das Projekt mehrere Flächen

betrachtet, wovon es auch bei einer zur Durchführung einer Machbarkeitsstudie kam. Im Folgenden sind diese Fläche (A) und eine weitere geeignete Fläche (B) in der Beschreibung herausgegriffen.

Aufbau des Constructed Wetlands:



Abbildung 33: mögliche Umsetzungsfläche im Ziesetal



Abbildung 34: Plan für die Einrichtung des CW Ziese-Mühlgraben

Die Fläche liegt an einem Altarm der Ziese, ist zum Teil schon von einer Umwallung umgeben und hat eine Größe von ca. 5 ha. Um insgesamt ein möglichst homogenes Höhenniveau zu erreichen ist es notwendig zumindest Teile der Fläche einzuebnen. Wenn man beispielsweise auf knapp 3 ha den Oberboden auf 0,25 m NHN abschieben würde, können auf 85 % der Fläche Wasserstände von 10-30 cm garantiert werden. Insgesamt gilt es bei der Einebnung von solchen Flächen einen Kompromiss zwischen Zielwasserstand und möglichst geringem Arbeitsaufwand zu erzielen. Die Umwallung kann je nach Material auch zum Teil aus dem Aushub gebaut werden und muss die noch offenen Seiten umschließen. Die in der Fläche vorhandenen, ehemaligen Entwässerungsgräben können für einen besseren Durchfluss und Verteilung des Wassers belassen werden und sollen durch einen weiteren Graben an der Flächenseite verbunden werden. Zusammen mit den eingeplanten Pumpen für die Bewässerung und weiteren notwendigen Baumaßnahmen befindet sich die Baukosten etwa bei 120.000 Euro.

Stand der Umsetzung Fläche Ziese-Mühlgraben:

Für die Fläche wurde eine Machbarkeitsstudie umgesetzt und die Ergebnisse an den Bewirtschafter weitergeleitet. Eine Weiterverfolgung des Vorhabens ist geplant.

9.3.3 Fläche an der Ziese Ortslage Rappenhagen



Abbildung 35: Ziesegraben mit der angrenzenden Fläche Ortslage Rappenhagen

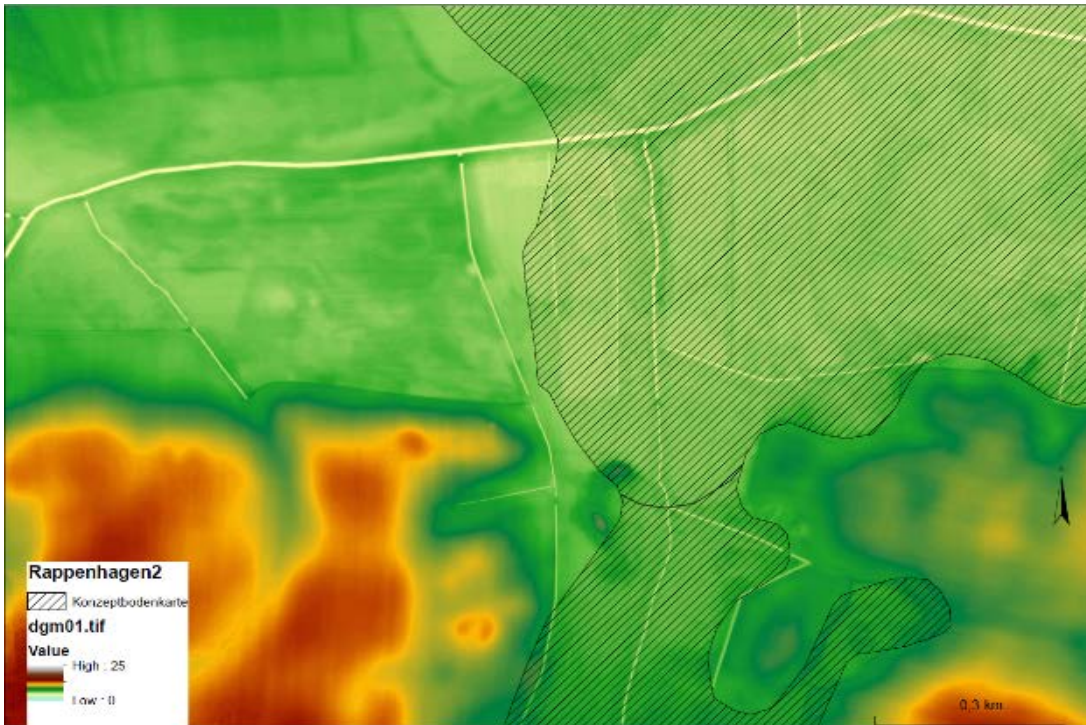


Abbildung 36: Bodenkarten potentielle CW-Fläche Ortslage Rappenhagen

Es eignet sich nur der östliche Teil der Fläche, da nur dieser eine Torfauflage ausweist, und die Fläche ist relativ schmal, d.h. in Bezug zur Flächengröße ist relativ viel Verwallung notwendig. Die Ziese liefert aber vermutlich genügend Wasser. Je nachdem wie Gefälle in der Fläche ist, könnte eine Kammerung notwendig sein, um Zielwasserstände zu erreichen.

Nach erster Einschätzung ergeben sich drei Möglichkeiten um ausreichend Wasser für eine nasse Bewirtschaftung in die Fläche zu bekommen:

1. Wasser von der Ziese in die Fläche pumpen (an der nördlichen Flächenseite) und an dann von der gegenüberliegenden Seite in Ablaufgraben zurückfließen lassen (Nachteil: die der Ziese ferner liegenden Flächen bleiben trockener)
2. Zulaufgraben am östlichen Flächenrand ziehen, so dass Wasser über gesamte Fläche zu einem Ablaufgraben (westlich der Fläche) fließen kann
3. Wasser am östlichen Flächenrand durch Rohrleitung nach oben/Süden pumpen und Wasser durch Fläche zur Ziese zurückfließen lassen (diese Möglichkeit ist wahrscheinlich am sinnvollsten)

Bei allen Planungsmöglichkeiten besteht jeweils die Gefahr, dass eine Kreislaufströmung erzeugt und das im Kreis gepumpt wird. Außerdem liegt die Fläche am Ende der Ost-Ziese, nahe der Wasserscheide der Ziese, wodurch Wassernachfuhr und Nährstoffnachfuhr gering sein könnten. Deshalb ist eine Nährstoffeinschätzung vorab besonders wichtig, um neben der Eignung auch die Nutzungsmöglichkeiten einzuschätzen zu können.

Mögliche Nutzungsoptionen:

- Nasswiese
- Wasserbüffel: könnten auch die westlich gelegenen, angrenzenden mineralische Teilfläche nutzen
- Rohrkolben: benötigen allerdings eine besonders hohe Nährstoffzufuhr

Stand der Umsetzung Fläche Ziesetal Ortlage Rappenhagen:

Es erfolgte bereits eine informelle Begehung der Fläche mit einem Planungsbüro, um erste Einschätzungen zur Flächeneignung zu erhalten. Die Ziese ist kein höher liegendes Hauptgewässer zur Fläche und ist daher gegenüber anderen Flächen in der Flächenvorbereitung kostenintensiver (z.B. Gräben ziehen, Planieren).

9.3.4 Kamp – Polder Bargischo

Die Fläche bei der Ortschaft Kamp im Polder Bargischo befand sich bis zum Jahr 2016 im Besitz eines ortsansässigen Landwirts. Durch eine fehlerhafte Umsetzung eines Straßendamms entlang der Fläche dringt seit einigen Jahren Qualmwasser durch den Damm in die Fläche. Die Erneuerung des Fanggrabens bildete einen erfolglosen Versuch die Entwässerung wiederherzustellen. Es bildete sich eine natürliche Sumpfvvegetation mit Seggen, Binsen und hauptsächlich Rohrkolben auf der Fläche. Der neue Besitzer und Kooperationspartner im Projekt, Aldert van Weeren, ist bestrebt die Fläche nass mit Hilfe eines Constructed Wetland zu bewirtschaften. Die regelrechte Wiedervernässung mit Einrichtung eines CW wurde im Projekt untersucht.

Die Gesamtfläche des Constructed Wetland soll laut Plan in zwei Teilgebiete unterteilt werden. Für die Umsetzung sind geringfügige Erdarbeiten, das aufrichten von kleineren Verwallungen und das Ziehen eines neuen Fanggrabens am Süden der Fläche notwendig. Des Weiteren soll ein größerer, befestigter Damm von der Straße aus implementiert werden. Dieser kann als öffentliche Beobachtungsinfrastruktur genutzt werden. An den Seiten des Damms und den äußersten Rändern der Fläche sind Plattenwege zur besseren Bewirtschaftung und Lagerung der Biomasse geplant. Die Bewässerung erfolgt über Pumpen aus dem angrenzenden Graben und

Nährstoffretention (Einschätzung des Nährstoffrückhaltepotentials):

Durch die Lage der Fläche im Poldergebiet eignet sie sich hervorragend als Filtrationsstandort. Ein Großteil der Entwässerung der übrigen Flächen führt entlang der Seiten, wo mit Nährstoffen belastetes Wasser entnommen werden kann. Hiermit lassen sich Nachwachsende Rohstoffe produzieren, die Gewässer reinigen und sonstige Ökosystemdienstleistungen realisieren. Genaue Zahlen zum Nährstoffentzug sind nur sehr schwer abzuschätzen. Schätzungsweise lassen sich jedoch eher große Mengen an Nährstoffen der Umwelt entziehen. Hinzu kommt der positive Effekt auf das lokale Klima, den Wasserhaushalt des Polders und auf die CO²-Bilanz durch Torferhalt.



Abbildung 37: Luftbild der Fläche bei Kamp im Polder Bargischo © 2019 Google, Bilder

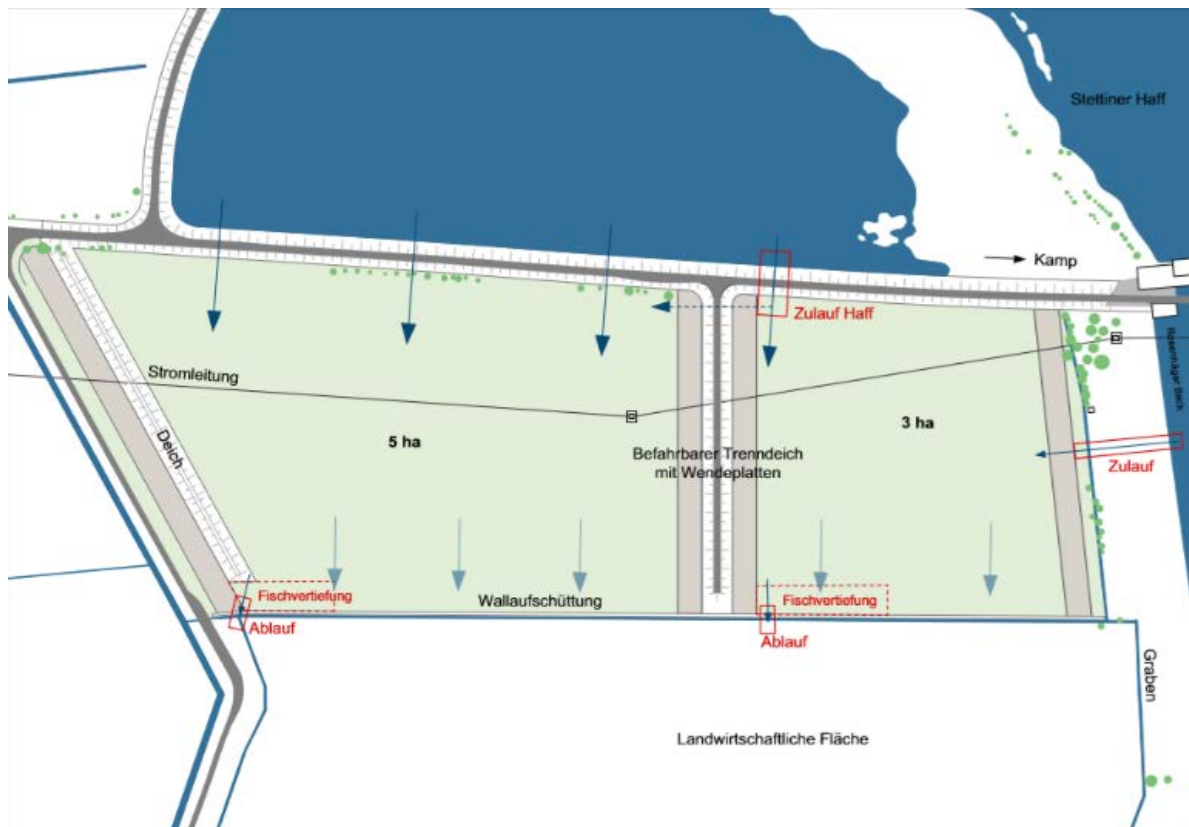


Abbildung 38: mögliche Umsetzung einer Pilotfläche für CW

Nutzungsmöglichkeiten

Der Flächennutzer Aldert van Weeren hat Interesse an der Umsetzung eines CW auf dieser Fläche. Er möchte hier zeigen, wie man nasse Moore ökonomisch rentabel bewirtschaften und dabei gleichzeitig die ökologischen Leistungen der Fläche (Nährstoffretention, Biodiversität, Kohlenstoffsенke) voll nutzen kann. Da der Rohrkolben nicht im Anhang I des Vertrages über die Arbeitsweise der Europäischen Union (AEUV) steht und damit „keine Agrarpflanze“ ist, konnten Anbau und Verarbeitung von Rohrkolben im Rahmen des Projektes nicht weiterverfolgt werden. Bilder und Beispiele sind aus anderen Projekten in Europa.

Da Qualmwasser von der überstauten Fläche nördlich der Zufahrt zur Ortslage Kamp durch die Straße drängt, ist die Fläche bereits unreguliert nass. Mit der Einrichtung einer ordentlichen Be- und Entwässerung der Fläche könnten optimal an die Bewirtschaftung angepasste Wasserstände eingestellt werden. Dadurch würden sich die Bedingungen für eine Bewirtschaftung, bei gleichzeitiger Vermeidung einer Beeinträchtigung von Nachbarflächen, deutlich verbessert.

Nutzungsmöglichkeiten:

- Nasswiese zur Produktion von Nasswiesenheu als Futter für Rauhfutterfresser
- Der Rohrkolben bedeckt zur Zeit des Projektes bereits 1/3 der Fläche durch natürliche Sukzession zur fangen bereits an die Fläche: benötigen allerdings eine besonders hohe Nährstoffzufuhr

Rohrkolben

Die Nutzung von Rohrkolben hat in nahezu sämtlichen Nutzungsbereichen eine lange Tradition, ist jedoch weitgehend in Vergessenheit geraten. Die Einrichtung von Constructed Wetlands für den Anbau von Rohrkolben bietet daher außerordentlich vielversprechenden Chancen für die Landnutzung.



Abbildung 39: Alder van Weeren zeigt die jungen Rhizome des Rohrkolbens. Die stärkehaltigen Wurzelsprosse waren früher eine wichtige Nahrungsquelle und gelten heute als Delikatesse



Abbildung 40: Aus dem Moor geernteter Rohstoff für die Weiterverarbeitung als Baustoff. Bild: © Rob Builder

Stand der Umsetzung:

Derzeit besteht ein Hemmnis zur Umsetzung der Fläche in einer Hochspannungsleitung. Da ein Hochspannungsmast in Mitten der Fläche steht, müssten die Kosten für ein Umbau der Leitung mit getragen werden. Die nötige Investition ist hierdurch enorm hoch, was womöglich zum Erliegen des Vorhabens führen wird.

9.3.5 Heilgeisthof

Innerhalb des Projektes wurde mit dem Bewirtschafter (Pächter) ein Gespräch zu Constructed Wetlands und der Nutzung der konkreten Fläche als Constructed Wetland durchgeführt. Mit einer Umsetzung werden verschiedene Ziele verfolgt. Ein wichtiger Faktor ist hier ebenfalls die Nährstoffreduktion in den angrenzenden Oberflächengewässern.

Aufbau des Constructed Wetlands:

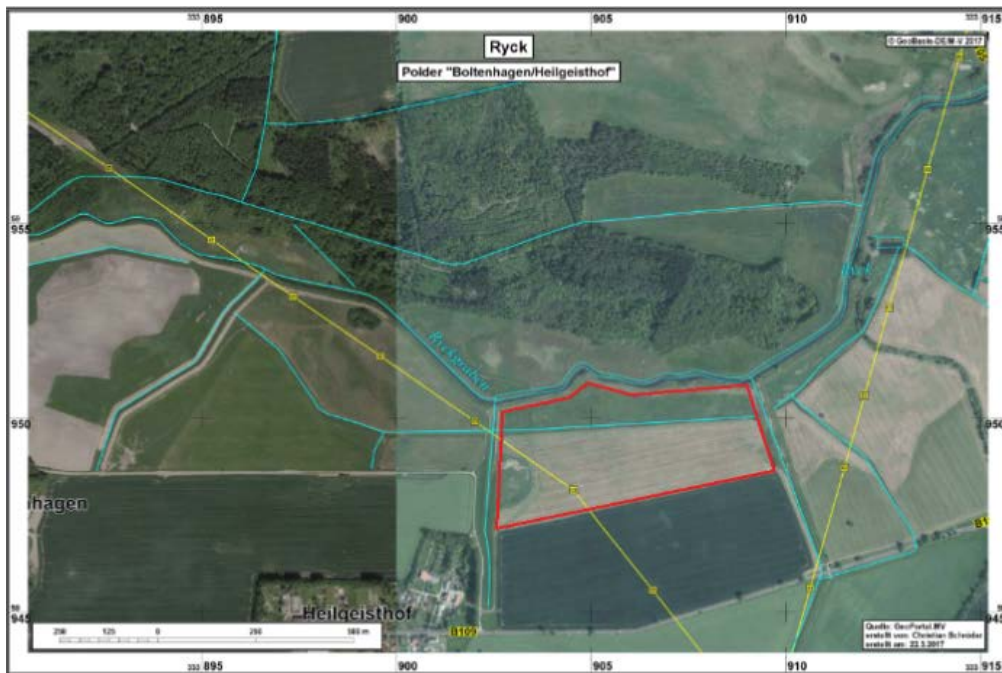


Abbildung 41: Lage der Fläche im Luftbild

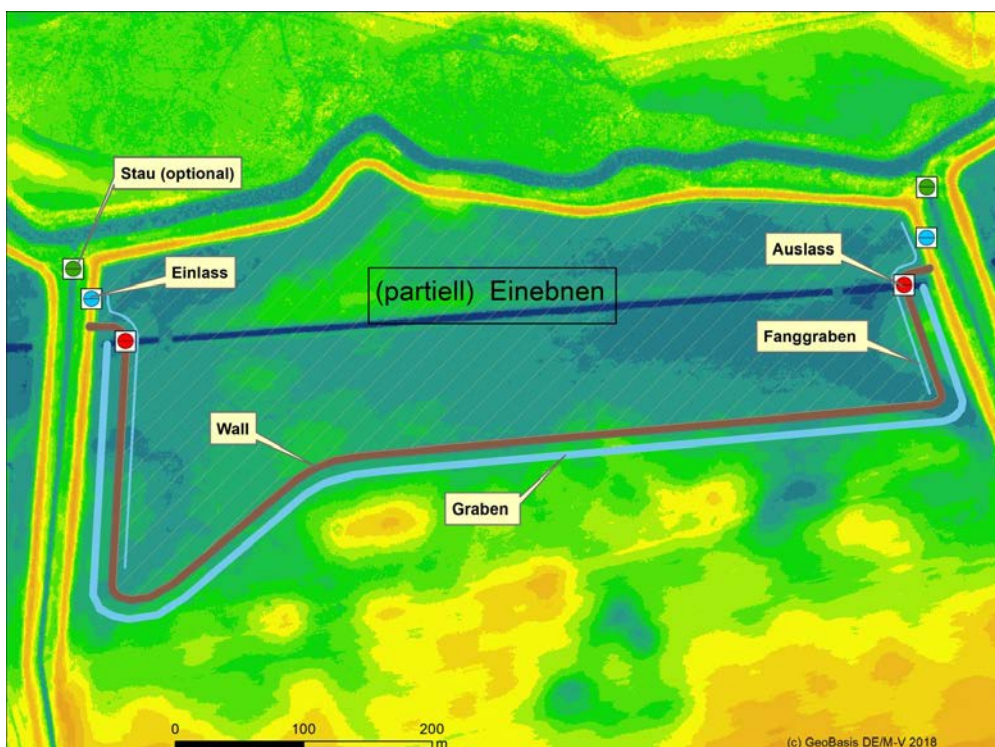


Abbildung 42: Plan für eine mögliche Umsetzung

Der Polder Heilgeisthof, mit einer Größe von etwa 15 ha, liegt westlich von Greifswald am Ryck und hat durch den Fluss und die angrenzenden Gräben ein Oberflächenwassereinzugsgebiet von ca. 185 km². Um einen möglichst gleichmäßigen Wasserüberstau von 20 cm für einen Rohrkolbenanbau zu erreichen, ist es empfehlenswert die Fläche einzuebnen. Als kostengünstige Alternative kann mit einem Abschub der höher gelegenen Bereiche auf ca. 80 % der Fläche ein Wasserstand von 10-30 cm erreicht werden. Außerdem ist es notwendig zusätzlich zum vorhandenen Deich im Norden auch an den anderen Flächenseiten eine Umwallung einzurichten. Der in der Ausgangssituation die Fläche querende Entwässerungsgraben sollte verfüllt und durch einen Graben außerhalb des Walls ersetzt werden. Das Aushubvolumen kann dabei direkt für den Wall verwendet werden. So bleibt die Entwässerung der angrenzenden Fläche unbeeinträchtigt. Nach Durchführung

der Baumaßnahmen bliebe so eine bewässerte Fläche von 11,7 ha übrig, die zum Anbau verwendet werden kann. Die Bewässerung der Anbaufläche mit Wasser aus dem Ryck kann abwechselnd über zwei gegenüberliegende Zuläufe erfolgen, wodurch die Nährstoffverteilung und die Wasserversorgung zusätzlich abgesichert werden. Insgesamt kann unter Berücksichtigung der genaueren Baumaßnahmen mit Gesamtkosten von etwa 335.000 € gerechnet werden. Eine Unsicherheit für die Umsetzung stellt u.a. die nicht eindeutig feststellbare Durchlässigkeit des Untergrundes dar, welche einen Einfluss auf den Wasserverlust durch Drängewasser hat. Der höher gelegene Bereich besteht aus sandigen Lehmen und Schluffen und die restlichen Bereiche aus unterschiedlich stark zersetzten Torfen (Mächtigkeit um ca. 0,5 m). Außerdem ist das Vorkommen von Schreiadlern und Störchen auf und in Umgebung der Fläche als naturschutzrechtliche Einschränkung zu berücksichtigen. Bei einer Flächenumwandlung müssen ausreichend Ausweichflächen zur Futtersuche vorhanden sein.

Stand der Umsetzung:

Für die hydrologischen Bedingungen und eine Umwandlung der Fläche in ein größeres Constructed Wetland wurde eine Machbarkeitsstudie durchgeführt. Die Umsetzung der Fläche wird in Zusammenarbeit mit dem Bewirtschafter weiterverfolgt.

10 Spülfelder der WSV

Die Spülfelder der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes werden vom Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Stralsund umgesetzt. Hintergrund ist die Aufgabe die Bundeswasserstraßen nach den Maßgaben Sicherheit und Nutzbarkeit umzusetzen. Hierfür sind an Land Spülfelder eingerichtet, die das Bagger- bzw. Spülgut aufnehmen. Der aufgespülte Boden dieser Felder weist hohe unter anderem hohe Konzentrationen an Phosphaten auf, die eine direkte Ausbringung verhindern.



Abbildung 43: Spülfeld Drigge

In Zuge des Projektes trat das WSA mit der Frage welche geeigneten Maßnahmen es für die Spülfelder geben könnte, an das Projektteam von MeerGewinn heran. Bei einem Besichtigungstermin des Spülfeldes Drigge bei Stralsund wurde die Anforderungen und mögliche Umsetzungen diskutiert. Die Idee CW auf den Spülfeldern einzurichten, über die Pflanzen Phosphor zu entziehen und ggf. weiter zu verwenden erschien den Anwesenden Wissenschaftlern und Praktikern eine Chance zu sein.

Aufgrund der komplexen Fragestellung und der sehr speziellen Situation der Spülfelder wurde vereinbart diese Frage in einem extra hierauf ausgerichteten Forschungsprojekt näher zu untersuchen. Da Lösungen für die der grundsätzlichen Problematik von Spülfeldern eine hohe Priorität haben wären die Ergebnisse auch überregional bedeutend.

Stand der Umsetzung

Während der Projektlaufzeit von MeerGewinn war die Vorbereitung dieses Vorhabens leider nicht möglich. Für Ende 2019 wurde ein Termin vereinbart auf diese Frage wieder aufgegriffen und weiterverfolgt werden soll. Hierfür wird eine neue Projektgruppe aus Wissenschaftlern, KMU und Trägern öffentlicher Belange gebildet, die eine Forschungs- und Entwicklungsvorhaben skizzieren wird.

11 Wissenstransfer

Die Verbreitung der Erkenntnisse des Projektes war eine wichtige Aufgabe. Hierfür wurde ein Newsletter erstellt, es wurden Veranstaltungen organisiert und national wie international Veranstaltungen besucht.

11.1 Abwassertagung in Duckwitz (09.03.17)

Im Mittelpunkt dieser Tagung standen die Möglichkeiten punktuelle Nährstoffeinträge von landwirtschaftlichen Produktionsstätten in die Landschaft durch die Anlage und Nutzung von kleinen CWs zu vermeiden.

Vortragende:

- Maximilian Wenzel, DUENE e.V., Titel: „Punktuelle Nährstoffausträge – Eine neue Chance“
- Joachim Krüger und Vivan Blank, Joachim Krüger Pflanzenkläranlagen GmbH, Titel: „Möglichkeiten und Grenzen beim Einsatz von Pflanzenkläranlagen“
- Ralph Emmerich, Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt M-V, Titel: „Hinweise zum Umgang mit Niederschlagswasser auf Biogasanlagen – aktueller Bearbeitungsstand in der Ad hoc-AG von BLAK Abwasser u. BLAK UmWS“
- H.-E. Kape, LMS Agrarberatung, Zuständige Stelle für landw. Fachrecht und Beratung (LFB), Titel: „Landwirtschaftliche Verwertung von Jauche, Sickersäften und Hofabwässer“
- Herr Lutz Herrmann, ökon Vegetationstechnik GmbH, Titel: „Erfahrungen mit schwimmenden Röhrichtinseln“

Zusammenfassung: Für das Projekt war diese Tagung sowohl in der Zusammenarbeit mit dem Innovationspartner Joachim Krüger Pflanzenkläranlagen, als auch inhaltlich und vom Netzwerkstandpunkt aus betrachtet ein Erfolg. Es konnten neue, gemeinsame Kontakte geknüpft und Hintergrundwissen ausgetauscht werden. Unter den Vortragenden und im Publikum wurde intensiv diskutiert und eine mögliche Zusammenarbeit ausgelotet. Zukünftige gemeinschaftliche Projekte werden in Betracht gezogen.

So wurden z.B. die Möglichkeiten erörtert Pflanzenkläranlagen als technische Einrichtung, wie sie von Joachim Krüger Pflanzenkläranlagen geplant und gebaut werden, so zu modifizieren, dass sie für den Pflanzenbau genutzt werden können.

Des Weiteren fanden sich unter den Teilnehmern der Fachtagung innovationsbereite Landwirte, die an einer Kooperation interessiert sind. Der Dialog mit den verschiedenen Wasser- und Bodenverbänden Mecklenburg-Vorpommerns verlief ebenfalls sehr fruchtend. Es konnten Gemeinsamkeiten in einigen wichtigen Fragestellungen extrapoliert werden.

Generell erfolgte, insbesondere innerhalb der Diskussionsrunden, ein Wissens- und Erfahrungsaustausch aller Tagungsteilnehmer.

11.2 Workshop “Nährstoffausträge - ein Problem als Chance” in Loitz

In diesem Workshop ging es um unter anderem um die Frage für welche Märkte Produkte in CW angebaut werden können.

- Maximilian Wenzel, DUENE e.V., Titel: “Impressionen einer Innovation - Vorstellung Constructed Wetlands”
- Tim Hoffmann, Institut Biota, Titel: “Umsetzung und Effizienz von Constructed Wetlands in Mecklenburg-Vorpommern”
- Aldert van Weeren, Wetland Products, Titel: “Innovationen für Vorpommern - Über die Chance von innovativen Baustoffen aus Constructed Wetlands”

- Olaf Schnelle, Schnelles Grünzeug, Titel: “Die Nische als Chance - Gespräch über den Wert von Innovationen”
- Henning Holst, DUENE e.V., Titel: “Bedingungen für die Umsetzung eines Constructed Wetland in drei unterschiedlichen Größenordnungen (Workshop-Element)”

Zusammenfassung: Im Rahmen des Workshops kamen Personen aus sehr unterschiedlichen Bereichen zusammen. Es waren sowohl Vertreter von Instituten, Vereinen und Stiftungen als auch Repräsentanten aus der Landwirtschaft und von staatlichen Einrichtungen anwesend.

Es ging zunächst darum, die Operationelle Gruppe MeerGewinn „Nährstoffrückhalt durch Produktion nachwachsender Rohstoffe in Constructed Wetlands“ vorzustellen- und die Teilnehmer an die Thematik der Nutzung von Constructed Wetlands (CW) als Möglichkeit der Bindung von diffusen und punktuellen Nährstoffausträgen und des Biomasseanbaus, heranzuführen. Dazu wurden Vorträge über CWs unterschiedlicher Größenordnungen und deren konkrete Umsetzung und Effektivität in Bezug auf Nährstoffrückhalt und weitere Nutzungsmöglichkeiten bzw. Vorteile gehalten. In diesem Zusammenhang wurde auch auf die Problematik der Nährstoffe eingegangen, die momentan hauptsächlich durch diffuse Einträge der Landwirtschaft verursacht werden. Ebenfalls wurden Hinweise für die Praxis gegeben und auf den zukünftigen Forschungsbedarf verwiesen. Durch gezielte Umfragen an die Teilnehmer konnten Informationen über eine erste Einschätzung von CWs und benötigte Lösungsansätze über bestehende Probleme eingeholt werden. Insgesamt wurde von ihnen die Einrichtung der CWs in der Theorie als positiv eingeschätzt. Es besteht aber Skepsis in Bezug auf die wirtschaftlichen Chancen und die Umsetzung der Verbindung zwischen Ökonomie und

Ökologie. Außerdem werden Einkommensalternativen für Landwirte benötigt und die diffusen Nährstoffausträge deutlich als Anliegen gesehen, um das sich mit dem größten Augenmerk gekümmert werden muss. Gerade bei großflächigen CWs bestehen Probleme, sich die Umsetzung in der Realität vorzustellen, auch wenn durchaus wirtschaftliche Aspekte und interessierte Abnehmer existieren.

In einem weiteren Vortrag über die Chance, innovative Baustoffe aus CWs zu gewinnen, wurden konkrete Beispiele für die wirtschaftliche Nutzung von geernteter Biomasse genannt, wie z.B. die Verwertung als Baustoff und Dämmmaterial. Hier können deutliche Vorteile des Materials gegenüber den bislang im konventionellen Hausbau verwendeten Baustoffen festgestellt und auch schon praktizierte funktionierende Beispiele dafür aufgeführt werden. In diesem Zusammenhang wurde wiederholt bemerkt, dass es bereits einige Abnehmer von Biomasse aus CWs gibt und es lediglich an Produzenten mangelt. Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung eines CWs und damit einer besser abschätzbaren Erwerbsoption, für beispielsweise Landwirte, fehlt es aktuell aber noch an Zahlen bzw. Erfahrungswerten.

Am Ende des Workshops wurde mit einem Kleinunternehmer ein Gespräch über den Wert von Innovationen geführt, um Chancen und Risiken von neuartigen Produkten zu diskutieren und Mut zu machen, in eine Nische zu investieren. Es wurde deutlich, dass es nicht einfach ist, eine Marktlücke zu identifizieren und einzuschätzen, ob der Markt bereit für das Produkt ist. Außerdem muss sich ein Landwirt für die Einrichtung und Unterhaltung eines CWs mehr als Unternehmer und weniger als passiver Marktteilnehmer sehen.

Als Fazit des Workshops konnten einige Ideen der Teilnehmer hinsichtlich der zukünftigen Arbeit des Projekts gesammelt werden. Ebenso konnte der Wunsch, Gräben zwischen Landwirtschaft und Naturschutz zu schließen und nach Kooperation zwischen den unterschiedlichen Akteuren identifiziert werden.

11.2.1 Ergebnisse aus Umfragen innerhalb des Workshops:

Für ein schnelles Feedback durch das Auditorium und als Moderationstechnik zur Erstellung einer interaktiven Präsentation wurde die Online Lösung „Mentimeter“ getestet.



Abbildung 44: Einschätzungen der Veranstaltungsteilnehmer zur Frage: "Für welches Problem brauchen wir aus Ihrer Sicht besonders dringend Lösungen?"

Abbildung 45: Erste Einschätzung der Veranstaltungsteilnehmer zu Constructed Wetlands.

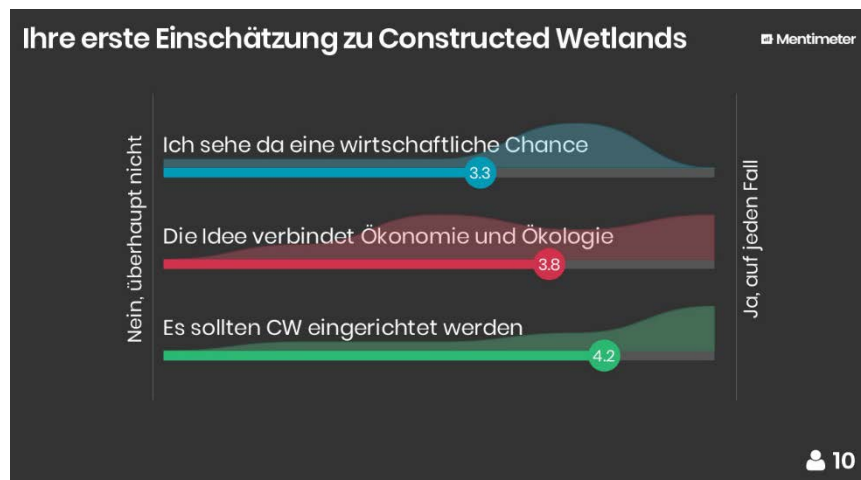


Abbildung 46: Interessante Idee?

11.3 Besuch nationaler und internationaler Tagungen, Kongresse und Workshops
Im Rahmen des Projektes wurde, im Rahmen der zeitlichen und finanziellen Möglichkeiten der nationale und internationale Austausch mit Experten gesucht und die Ergebnisse des Projektes wurden

Tabelle 1: Besuchte Tagungen und Workshopsnational international

Datum / Ort	Titel	Art der Präsentation
23.01.2018/Stralsund	EUCC-D Workshop „Möglichkeiten interner Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserqualität in Küstengewässern“	Gespräche
05.03. – 06.03.2018/Weimar	EIP-AGRI Workshop „EIP-Agri: Erste Halbzeit um, erste Ergebnisse da!“	Poster und in Workshops
30. und 31.05.2018 / Almeria	EIP-AGRI Workshop “Connecting innovative projects: water & agriculture”	Poster und in Workshops
20.11.2018/Greifswald	Tagung „Sechstes Regionales Wasserforum Vorpommern“	Gespräche
28.11.2018/Greifswald	Tagung „Landwirtschaft & Gewässerschutz – Optionen am Übergang von Fluss und Land“	Gespräche
15.03.2019/Warschau	Workshop “How can we better use and appreciate the multiple economic and ecological services of wetland buffer zones along rivers? What can be the role of wet agriculture - for nature protection as well as for the local economy? What are costs and benefits of wetland buffer zones development?”	Poster und Gespräche
19.03.2019/Gülow-Prüzen	Workshop “Drainagemessungen in MV”	Präsentation und Gespräch
20.-21.03.2019/Papenburg	Tagung „ÖKO-Innovationen mit Biomasse“	Flyer und Gespräche
17.-21. Juni 2019 / Aarhus	Tagung „8 th International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control“	Poster und Gespräche

12 Ausgewählte Literatur

Die gesamte im Projekt verwendete Literaturliste kann beim Berichtersteller, DUENE e.V., angefragt werden. In diesem Bericht wurde folgende Literatur verwendet:

anbaupartner-fuer-die-gesundheitsbeere.html.

BDB - Bundesverband der deutschen Bioethanolwirtschaft e.V. (2015). Bioethanolproduktion seit 2005. Online erhältlich unter <https://www.bdbe.de/biokraftstoff-bioethanol/zellulose-ethanol>.

Bioökonomie.de (2016). Biokunststoffe auf dem Wachstumskurs. Online erhältlich unter <https://biooekonomie.de/nachrichten/biokunststoffe-auf-wachstumskurs>.

Biopos - Forschungsinstitut Bioaktive Polymersysteme e.V. (2015). Enderbericht - Potenzialanalyse für nachhaltige organische polymere Materialien und Spezialchemikalien für die Entwicklung einer wertschöpfungsorientierten Kunststoff- und Chemieindustrie in Brandenburg.

BioPress (2016). <https://www.biopress.de/de/inhalte/details/5507/aronia-original-sucht->

Boese, L. (2006). Cultivation of cereals for starch and bio-ethanol production in Saxony-Anhalt. Use of Bioenergy in the Baltic Sea Region - Proceedings of the 2nd IBBC 2006 in Stralsund, Germany.

Brix, H. (1994). Functions of macrophytes in constructed wetlands. *Water Science and Technology*, 29(4), 71-78.

Brix, H. (1994). Functions of macrophytes in constructed wetlands. *Water Science and Technology*, 29(4), 71-78.

Brix, H. (1997). Do macrophytes play a role in constructed treatment wetlands. *Water science and technology*, 35(5), 11-17.

Brix-H. 2007. Water-Sci.-Technol. Twenty-years-experience-with-constructed-wetland-systems-in-Denmark--What-did-we-learn

Dordio, A., Carvalho, A. P., Teixeira, D. M., Dias, C. B., & Pinto, A. P. (2010). Removal of pharmaceuticals in microcosm constructed wetlands using *Typha* spp. and LECA. *Bioresource technol*

FNR - Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (2012). Roadmap Bioraffinerien im Rahmen der Aktionspläne der Bundesregierung zur stofflichen und energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe.

- GUTTERMAN, Y. (2000): Maternal effects on seeds during development. – In: FENNER, M. (ed.): Seeds: The ecology of regeneration in Plant Communities, 2nd edition.: 27-59.
- HAGER, H.A. (2004): Competitive effect versus competitive response of invasive and native wetland plant species. - *Oecologia* 139(1): 140-149.
- Kaseva, M. E. (2004). Performance of a sub-surface flow constructed wetland in polishing pre-treated wastewater—a tropical case study. *Water research*, 38(3), 681-687.
- Kaup, M. (1997). Ökonomische und ökologische Perspektiven von Hanf (*Cannabis sativa*) als nachwachsender Rohstoff in Deutschland. diplom. de.
- KEDDY, P. A. & ELLIS, T.H. (1985): Seedling recruitment of 11 wetland plant species along a water level gradient: shared or distinct response? - *Can. J. Bot.* 63: 1876-1879.
- KELLER, M. & KOLLMANN, J. (1999): Effects of seed provenance in germination of herbs for agricultural compensation sites. - *Agriculture, Ecosystems and Environment* (72): 87-99.
- KETTENRING, K.M.; MCCORMICK, M. K.; BARON, H.M. & WHIGHAM, D.F. (2010): *Phragmites australis* (Common Reed) Invasion in the Rhode River Subestuary of the Chesapeake Bay: Disentangling the Effects of Foliar Nutrients, Genetic Diversity, Patch Size, and Seed Viability. - *Estuaries and Coasts* 33: 118-126.
- Kieckbusch, J. J., & Schrautzer, J. (2007). Nitrogen and phosphorus dynamics of a re-wetted shallow-flooded peatland. *Science of the Total Environment*, 380(1-3), 3-12.
- Kivaisi, A. K. (2001). The potential for constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in developing countries a review. *Ecological engineering*, 16(4), 545-560.
- LAMBERTINI, C.; GUSTAFSSON, M. H. G.; FRYDENBERG, J.; SPERANZA, M. & BRIX, H. (2008): Genetic diversity patterns in *Phragmites australis* at the population, regional and continental scales. - *Aquatic Botany* 88(2): 160-170.
- Leffler (2007) Gaswechsel, Kohlenstoffbilanz und Biomasseproduktion bei *Typha angustifolia* L. (Dissertation)
- LENSSSEN, J.P.M., TEN DOLLE, G.E. & BLOM, C.W.P. M. (1998): The effect of flooding on the recruitment of reed marsh and tall forb plant species. - *Plant Ecology* 139(1): 13-23.
- Léon, J. (2014) Einfluss der agronomischen Maßnahmen, Umwelt und Sorte auf die wertbestimmenden Eigenschaften von Faserhanf (*Cannabis sativa* L.) in Nordrhein-Westfalen.
- Lin, Y. F., Jing, S. R., Wang, T. W., & Lee, D. Y. (2002). Effects of macrophytes and external carbon sources on nitrate removal from groundwater in constructed wetlands. *Environmental pollution*, 119(3), 4
- LIU, J.; DONG, M.; Miao, S.L.; Li, Z.Y.; Song, M.H. & Wang, R.Q. (2006): Invasive alien plants in China: role of clonality and geographical origin. – *Biological Invasions* 8: 1461-1470.
- LM M-V (2009). Konzept zum Schutz und zur Nutzung der Moore. Fortschreibung des Konzeptes zur Bestandssicherung und zur Entwicklung der Moore (Moorschutzkonzept). Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt- und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin.
- LORENZEN, B.; BRIX, H.; MENDELSSOHN, I.-A.; MCKEE, K.-L. & MIAO, S.-L. (2001): Growth, biomass allocation and nutrient use efficiency in *Cladium jamaicense* and *Typha domingensis* as affected by phosphorus and oxygen availability. - *Aquatic Botany* 70(2): 117-133.
- MANDER, Ü. & MITSCH W.J. (2009): Pollution control by wetlands. - *Ecological Engineering* 35(2): 153-158.
- MARTIKAINEN, P.J.; NYKÄNEN, H.; CRILL, P. & SILOVA, J. (1993): Effects of lowered water table on nitrous oxide fluxes from northern peatlands. - *Nature* 366: 5153.
- MCKEE, J. & RICHARDS, A.J. (1996): Variation in seed production and germinability in common reed (*Phragmites australis*) in Britain and France with respect to climate. - *New Phytologist* 133(2): 233-243.
- MCNAUGHTON, S.J. (1966): Ecotype function in the *Typha* community-type. – *Ecological Monographs* 36: 297-325.
- MOORE, D.R.J. & KEDDY, P.A. (1988): Effects of a water depth gradient in the germination of lakeshore plants. – *Can. J. Bot.* 66: 548-552.
- PFADENHAUER, J. & GROOTJANS, A.P. (1999): General aspects of wetland restoration: aims and methods. – *Applied Vegetation Science* 2: 95-106.
- Pfadenhauer, J. & Wild, U. (2001). Rohrkolbenanbau in Niedermooren - Integration von Rohstoffgewinnung, Wasserreinigung und Moorschutz zu einem nachhaltigen Nutzungskonzept. Abschlussbericht zum DBU-Projekt Nr. 10628.
- PFADENHAUER, J. (1994): Renaturierung von Niedermooren – Ziele, Probleme, Lösungsansätze. – In: BÖCKER, R. & KOHLER, A. (eds.): Feuchtgebiete – Gefährdung, Schutz, Renaturierung. - Hohenheimer Umwelttagung 26: 57-73.
- Pottier & Jabot 2016 Non-destructive biomass estimation of herbaceous plant individuals
- RAMSAR (1971): Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat. Ramsar (Iran), 2. February 1971. UN Treaty Series No. 14583. As amended by the Paris Protocol, 3. December 1982, and Regina Amendments, 28. May 1987.
- ROCHA, A.V. & GOULDEN, M.L. (2009): Why is marsh productivity so high? New insights from eddy covariance and biomass measurements in a *Typha* marsh. - *Agricultural and Forest Meteorology* 149(1): 159-168.
- SALE, P.J.M. & WETZEL, R.G. (1983): Growth and metabolism of *Typha* species in relation to cutting treatments. - *Aquatic botany* 15: 321-334.
- SAYGDEGER, S.; DOGAN M. & KESER G. (2004): Effects of lead and pH on lead uptake, chlorophyll and nitrogen content of *Typha latifolia* L. and *Ceratophyllum demersum* L. - *International Journal of Agriculture and Biology* 6(1): 168-172.
- SCHÄTZL, R.; SCHMITT, F.; WILD, U. & HOFFMANN, H. (2006): Gewässerschutz und Landnutzung durch Rohrkolbenbestände. – *Wasserwirtschaft* 11: 24-27.
- SCHMIDT, W. (1994): Über den Einfluß der Entwässerung und der Nutzung auf die Gefügeentwicklung in Niedermoorböden. – *NNA-Bericht* 7/2: 59-66.
- Seidel, K. (1966). Reinigung von Gewässern durch höhere Pflanzen. *Naturwissenschaften*, 53(12), 289-297.

- SELBO, S.M. & SNOW, A.A. (2004): The potential for hybridization between *Typha angustifolia* and *Typha latifolia* in a constructed wetland. - *Aquatic Botany* 78(4): 361-369.
- SHIPLEY, B.; KEDDY, P.A.; MOORE, D.R.J. & LEMKY, K. (1989): Regeneration and establishment strategies of emergent macrophytes. - *Journal of Ecology* 77: 1093-1110.
- Silvan, N. (2004). Nutrient retention in a restored peatland buffer.
- Stottmeister, U. et al. (2003). Effects of plants and microorganisms in constructed wetlands for wastewater treatment. Biotec
- Stuhlbacher, A., Berghold, H., Reinhofer, M., Brunner, C., & Taferner, K. (2004). Pflanzenkläranlagen für die Kreislaufschließung und Reinigung industrieller Prozesswässer.
- SUCCOW, M. & JOOSTEN, H. (Eds.) (2001): *Landschaftsökologische Moorkunde*. - Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung). 622 p.
- Tanner, C. C., Clayton, J. S., & Upsdell, M. P. (1995). Effect of loading rate and planting on treatment of dairy farm wastewaters in constructed wetlands—II. Removal of nitrogen and phosphorus. *Water research*
- TIMMERMANN, T.; WICHTMANN, W.; SUCCOW, M. & BILLWITZ, K. (eds.) (2003): *Alternative Nutzungsformen für Moorstandorte in Mecklenburg-Vorpommern*. - Greifswalder Geographische Arbeiten 31: 123 p.
- Trepel, M. (2004). Zur Wirkung von Niederungen im Landschaftswasser-und-stoffhaushalt. Band 43 Heft 1 März 2004, 51.
- Vymazal, J. (2002). The use of sub-surface constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic 10 years experience. *Ecological Engineering*, 18(5), 633-646.
- Vymazal, J. (2005). Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wetlands systems for wastewater treatment. *Ecological Engineering*, 25(5), 478-490.
- Vymazal, J. (2007). Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. *Science of the total environment*, 380(1), 48-65.
- Vymazal, J. (2008). *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment A Review*. *Proceedings of Taal2007 The 12th World Lake Conference*, 965-980
- VYMAZAL, J.; BRIX, H.; COOPER, P.F.; HABERL, R.; PERFLER, R. & LABER, J. (1998): Removal mechanisms and types of constructed wetlands. - In: VYMAZAL, J.; BRIX, H.; COOPER, P.F.; GREEN, M.B. & HABERL, R.: *Constructed wetlands for wastewater treatment in Europe*. Leiden (Backhuys Publishers): 17-66.
- Weingärtner, M. & Graage, F. (2013). *Bioökonomie in Mecklenburg-Vorpommern - Marktstudie im Rahmen des Eco4Life Projektes*, BioCon Valley, S. 1-48.
- WEISNER, S.E.B. (1993): Long-term competitive displacement of *Typha latifolia* by *Typha angustifolia* in a eutrophic lake. - *Oecologia* 94(3): 451-456.
- Wichtmann, W., Schröder, C., & Joosten, H. (2016). *Paludikultur-Bewirtschaftung nasser Moore*.
- Wiedow, D. & Burgstaler, J. (2016). Stoffliche Nutzung von Biomasse aus Paludikultur. In Wichtmann W., Schröder, C. & Joosten, H. (Hrsg.), *Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore* (S. 43). Stuttgart: Schweizerbart.
- Wiedow, D. & Müller, J. (2016). Vergärung von Bioethanol. In Wichtmann W., Schröder, C. & Joosten, H. (Hrsg.), *Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore* (S. 57). Stuttgart: Schweizerbart.
- Wiedow, D., Müller, J. & Burgstaler, J. (2016). Vergärung zu Biogas. In Wichtmann W., Schröder, C. & Joosten, H. (Hrsg.), *Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore* (S. 55). Stuttgart: Schweizerbart.
- WILD, U.; KAMP, T.; LENZ, A.; HEINZ, S. & PFADENHAUER, J. (2001): Cultivation of *Typha* spp. in constructed wetlands for peatland restoration. - *Ecological Engineering* 17: 49-54.
- WILD, U.; LENZ, A.; KAMP, T.; HEINZ, S. & PFADENHAUER, J. (2002): Vegetation development, nutrient removal and trace gas fluxes in constructed *Typha* wetlands. - In: MANDER, Ü. & JENSSEN, P. (eds.): *Natural wetlands for wastewater treatment in cold climates*. - Ashurst (Wit Pres): 101-125.
- Zak, D., Gelbrecht, J., Zerbe, S., Shatwell, T., Barth, M., Cabezas, A., & Steffenhagen, P. (2014). How helophytes influence the phosphorus cycle in degraded inundated peat soils—Implications for fen restoration. *Ecological Engineering*, 66, 82-90.